

APRUEBA METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES PRESENTADA POR COMPAÑÍA MINERA TECK CARMEN DE ANDACOLLO, DE ACUERDO AL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA PARA LA LOCALIDAD DE ANDACOLLO Y SECTORES ALEDAÑOS Y DEJA SIN EFECTO LA RESOLUCIÓN EXENTA N°697 DEL 21 DE AGOSTO DE 2015.

RESOLUCIÓN EXENTA N° 1479

SANTIAGO 13 DIC 2017

VISTOS:

Lo dispuesto en el artículo segundo de la Ley N° 20.417, que establece la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente; la Ley N° 19.880, que establece las Bases de los Procedimientos Administrativos que rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado; la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente; el Decreto con Fuerza de Ley N° 3, del año 2010, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que Fija la Planta de la Superintendencia del Medio Ambiente; la Resolución Exenta N°424 de 12 de mayo de 2017, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que fija la organización interna de la Superintendencia del Medio Ambiente; y en la Resolución N° 1.600 de 2008, de la Contraloría General de la República, que fija normas sobre exención del trámite de toma de razón.

CONSIDERANDO:

1° El inciso primero del artículo 2° de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, que establece que la Superintendencia es el servicio público creado para ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de los instrumentos de carácter ambiental que dispone la Ley, así como imponer sanciones en caso que se constaten infracciones de su competencia;

2° Lo dispuesto en la letra e) del artículo 3° de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, que faculta a esta Superintendencia para requerir, a los sujetos sometidos a su fiscalización, la información y datos que sean necesarios para el cumplimiento de sus funciones, concediendo un plazo que sea proporcional al requerimiento de la Superintendencia;

3° El D.S. N° 59 de 2014, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece Plan de Descontaminación Atmosférica de Andacollo y sectores aledaños, cuyo artículo 3° letra a.2. del Capítulo II dispone que: "Las fuentes emisoras mencionadas en la Tabla N° 6, deberán presentar a la Superintendencia del Medio Ambiente, para su aprobación, una metodología para el cálculo de sus emisiones. La propuesta de metodología deberá ser presentada en un plazo máximo de 3 meses, contados desde la fecha de entrada en vigencia del presente Plan y deberá obtenerse la aprobación de la metodología a más tardar dentro de los 3 meses siguientes. Las emisiones deberán calcularse a partir del día 1° del mes siguiente de la fecha de aprobación de la metodología por la mencionada Superintendencia".

4° Que, mediante Resolución Exenta N° 697 del 21 de Agosto de 2015, la Superintendencia del Medio Ambiente aprobó la metodología de Estimación de Emisiones presentada por Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo, de acuerdo al Plan de Descontaminación Atmosférica para la localidad de Andacollo y sectores aledaños.

5° Que, a través del ORD N° 1401 del 7 de Junio de 2017, la Superintendencia comunicó a Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo, que se detectaron observaciones en el cálculo de emisiones en el informe correspondiente al año 2016. Al respecto se solicitó al titular analizar cada una de las observaciones realizadas, y en virtud de ello, presentar un nuevo informe de estimación de emisiones, ajustando el cálculo de emisiones a lo dispuesto en la Resolución Exenta N° 697 de 2015 SMA, o en su defecto, presentar una propuesta de modificación de metodología de determinación de emisiones que se adapte a la actual forma de proceder.

6° Que, a través de la carta DLA-CDA-2017-036 de Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo, el titular da respuesta a ORD N° 1401 de 2017 SMA, presentando documento "Informe de Respuesta a requerimiento de información de Ordinario N° 1401 año 2017 de la Superintendencia del Medio Ambiente", el que acompaña de Anexo 1 denominado "Metodología de estimación de emisiones del MP10 Teck CDA – PDA". En este último documento se propone realizar cambios a la actual metodología, en particular a 1) La forma de obtención de eficiencia de supresores de polvo aplicados en caminos no pavimentados; 2) La obtención del parámetro contenido de Silt para la fórmula de estimación de emisiones de tránsito por caminos pavimentados y 3) El nivel de actividad para determinar las emisiones asociadas al tránsito de vehículos por caminos no pavimentados.

7° Que, la metodología de estimación de emisiones debe ser autosustentable, por tanto debe considerar todos los antecedentes y procedimientos necesarios para la estimación de emisiones, los que deben estar descritos explícitamente en el documento.

8° Que el resolvo 2° de la Resolución Exenta N° 697 de 21 de Agosto de 2015, de la Superintendencia del Medio Ambiente, señala en su numeral 1 que "Se deberán utilizar los factores y parámetros presentados. Será posible realizar cambios a éstos, siempre que sean debidamente justificados, con el fin de mejorar su ajuste a la realidad" y en su numeral 3 que "Deberán informarse las mejoras tecnológicas que se puedan implementar en el transcurso del tiempo, tanto a los sistemas de abatimiento de emisiones, como al proceso productivo y que sean motivo de modificación de la metodología presentada".

9° Que los antecedentes presentados con la propuesta de modificación de la metodología a través de la carta DLA-CDA-2017-036, son insuficiente para realizar la evaluación de la modificación de la metodología.

10° Que, mediante Resolución Exenta N° 1.193 del 10 de octubre de 2017, la Superintendencia del Medio Ambiente requirió a la compañía Minera Teck Carmen de Andacollo información complementaria respecto de la metodología de estimación de emisiones en base a observaciones realizadas al documento remitido a través de la carta DLA-CDA-2017-036, e instruye la forma y el modo de presentación de estos antecedentes. Dicha información se relaciona con 1) la justificación técnica de los parámetros a utilizar, 2) detalle respecto de los factores de emisión, 3) detalle respecto a los niveles de actividad y 4) la determinación de las eficiencias.

11° Que a través de la carta DLA-CDA-2017-047 de Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo, el titular da respuesta a la Resolución Exenta N° 1193 de 2017 SMA, presentando el documento "Informe de Respuesta a requerimiento de información de Resolución Exenta N° 1193 año 2017 de la Superintendencia de Medio Ambiente", con el Anexo 1 denominado "Metodología de estimación de emisiones del MP10 Teck CDA – PDA", Anexo 1A "Procedimiento para el Cálculo de Eficiencias de Supresores de Polvo en Caminos de Faena Teck CDA" y Anexo 1B "INSTRUCTIVO OPERACIONAL MEDICIONES DE EFICIENCIA EN PLANTAS DE CHANCADO".

12° Que a través de la carta DLA-CDA-2017-053 de Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo, el titular complementa el Anexo 1 denominado "Metodología

de estimación de emisiones del MP10 Teck CDA –PDA” con antecedentes que permiten precisar ciertos criterios y facilitar la comprensión de la metodología.

RESUELVO:

PRIMERO. Aprueba metodología. Apruébese el documento técnico “Metodología de estimación de emisiones del MP10 Teck CDA – PDA” presentado a través de la carta DLA-CDA-2017-047 y su complemento presentado por carta DLA-CDA-2017-053 por la Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo, cuyo texto íntegro acompaña a la presente resolución, entendiéndose formar parte de la misma.

SEGUNDO. Condiciones. La citada metodología deberá aplicarse considerando lo siguiente:

1. Se deberán utilizar los factores y parámetros presentados. Sin perjuicio de lo anterior, será posible realizar cambios a éstos, siempre que sean debidamente justificados, con el fin de mejorar el ajuste a la realidad. Dichos cambios deberán ser reportados en los informes de seguimiento correspondientes, con el objeto de modificar la metodología, en la medida de que sea pertinente.

2. Será posible incluir nuevas fuentes que se implementen en el transcurso del tiempo, únicamente con la finalidad de mejorar el ajuste de las metodologías. Para esto deberán indicarse claramente las coordenadas y características de las mismas. Dichos cambios deberán ser reportados en los informes de seguimiento correspondientes, con el objeto de modificar la metodología, en la medida de que sea pertinente.

3. Deberán informarse las mejoras tecnológicas que se puedan implementar en el transcurso del tiempo, tanto a los sistemas de abatimiento de emisiones, como al proceso productivo y que sean motivo de modificación de la metodología presentada.

TERCERO. Deja sin efecto. Déjase sin efecto la Resolución Exenta N° 697 de 21 de agosto de 2015, la Superintendencia del Medio Ambiente, que aprobó la metodología de estimación de emisiones presentada por Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo, de acuerdo al Plan de Descontaminación Atmosférica para la localidad de Andacollo y sectores aledaños.

CUARTO. Notificación. Notifíquese la presente resolución por carta certificada.

ANÓTESE, COMUNÍQUESE, NOTIFÍQUESE Y CÚMPLASE.



RUBÉN VERDUGO CASTILLO
JEFE DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN
SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE



DHE/ML/CPH/JRF/VMT

DISTRIBUCIÓN:

Notifíquese por carta certificada a Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo Camino Chepiquilla S/N Casilla 3, Andacollo, IV Región, Chile.

C.C.:

1. SEREMI de Medio Ambiente de la Región de Coquimbo
2. Oficina de Coquimbo, SMA
3. Oficina de Partes, SMA

Compañía Minera Teck
Carmen de Andacollo
Camino a Chepiquilla s/n
Casilla 3, Andacollo
Coquimbo, Chile

+56 51 431 589 Tel
+56 51 431 587 Fax
www.teck.com

Teck

DLA-CDA-2017-047

Santiago, 31 de octubre de 2017

Señor

Cristian Franz Thorud

Superintendente de Medio Ambiente

PRESENTE

ANT: Resolución Exenta N° 1193 de fecha 10 de octubre de 2017, notificada el 16 de octubre, que solicita información complementaria.

MAT: Da respuesta a requerimiento de información.

De mi consideración:

Francisco Allendes Barros, en representación de Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo, ambos domiciliados para estos efectos en Av. Isidora Goyenechea, número 2800, oficina 802, comuna de Las Condes, Santiago, a Usted respetuosamente expongo:

Por medio de esta carta damos respuesta al solicitud de información contenida en el documento de ANT. mediante documeto adjunto denominado *"Informe de Respuesta a requerimiento de información complementaria de Resolución Exenta N° 1193 de fecha 10 de octubre del año 2017 de la Superintendencia de Medio Ambiente"*.

En caso de requerir antecedentes adicionales, estamos a su disposición a través de contacto con Ximena Retamal, Superintendente de Medio Ambiente de Faena Carmen de Andacollo, al celular +56942421093 o a su correo electrónico: ximena.retamal@teck.com; y de la abogada María Isabel Reinoso al celular +56942508009 o al correo electrónico maria.reinoso@teck.com.

Sin otro particular, saluda muy atentamente a usted,

FRANCISCO ALLENDES BARROS

Representante Legal

P. Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo

Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo

31 de octubre de 2017

Informe de Respuesta a requerimiento de información de Resolución Exenta N°1193 año 2017 de la Superintendencia de Medio Ambiente.

Teck

Informe de Respuesta a requerimiento de información de Resolución Exenta N°1193 año 2017 de la Superintendencia de Medio Ambiente.

COMPAÑÍA MINERA TECK CARMEN DE ANDACOLLO

El siguiente documento presenta los antecedentes complementarios solicitados por la Superintendencia del Medio Ambiente ("SMA") a través de la Resolución Exenta N°1193 año 2017 respecto de la metodología de estimación de emisiones presentadas por Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo ("CMTCDA") con fecha 27 de julio de 2017 por medio de carta DLA-CDA-2017-036.

Para el correcto entendimiento, la Autoridad podrá acceder a la documentación adjunta donde se encuentran los respectivos Anexos digitales que serán citados en el presente informe de respuesta. Estos corresponden a:

- Anexo N°1: Metodología de estimación de emisiones del MP10 Teck CDA.
- Anexo 1.A: Procedimiento para el Cálculo de Eficiencias de Supresores de Polvo en Caminos.
- Anexo 1.B: Instructivo Operacional Mediciones de Eficiencia en Plantas de Chancado.

En el Anexo N°1 indicado en el punto anterior se incorporan las modificaciones realizadas a la Metodología de Estimación de Emisiones del PM10 Teck CDA, las que corresponden principalmente a:

- La forma de obtención de la eficiencia de los supresores de polvo aplicados en caminos no pavimentados. Se propone que este sea obtenido en base a mediciones realizadas en terreno, lo cual a su vez se basa en un método de cálculo que se explica detalladamente en el Anexo 1.A.
- Por otra parte para el cálculo del contenido de Silt en caminos pavimentados se utilizará un factor de referencia extraído del AP-42, Quinta Edición, Volumen I, Capítulo 13: Fuentes Misceláneas, 13.2.1 Paved Roads, Tabla 13.2.1-3, Industry "Quarry". En caminos no pavimentados se utilizará un factor de referencia extraído del AP-42, Quinta Edición, Volumen I, Capítulo 13: Fuentes Misceláneas, 13.2.2 Unpaved Roads, Tabla 13.2.2-1, Industry "Stone Quarrying and processing".
- En relación al número de viajes para determinar las emisiones asociadas al tránsito de vehículos por caminos no pavimentados, se utilizará el valor real obtenido de la base de datos interna extraída del

sistema de despacho (Sistema de Administración y Gestión de la operación) del área de operaciones mina.

- En relación al número de viajes para determinar las emisiones asociadas al tránsito de vehículos por caminos pavimentados, se utilizará:
 - El valor promedio diario obtenido del número de viajes obtenidos de los registros de control de acceso y registros de empresas colaboradoras, que incorporan la hora de inicio, hora de término y kilómetros recorridos de cada viaje por cada vehículo de transporte de pasajeros.
 - Para el número de viajes de las camionetas de empresas colaboradoras y propias se utiliza un valor promedio de acuerdo a la flota que ingresa y sale de faena por día, lo anterior es por medio de un registro de ingreso y salida que se lleva en control de acceso de Teck.
 - Para los camiones de concentrado se utiliza un valor promedio diario de viajes (ida y vuelta) obtenido de una planilla diaria completada en el control de acceso de faena en donde se registra la hora de ingreso y salida de los camiones.

Respuesta a requerimientos señalados en Res. Ex. N°1193 año 2017 de la SMA

Requerimiento 1: *“Justificar técnicamente las diferencias entre la propuesta para la determinación de parámetros y nivel de actividad de las emisiones provenientes de los caminos pavimentados y caminos no pavimentados.*

- *En particular, deberá justificar técnicamente la diferencia propuesta para obtener el parámetro “contenido de Silt” en caminos pavimentados y “contenido de fino” en camino no pavimentados.*
- *Adicionalmente, se deberá aclarar si la propuesta para determinar el nivel de actividad en caminos, dado por el número de viajes, será en base a la información recopilada en los GPS de los vehículos, tanto para los caminos pavimentados como para los no pavimentados. En caso de ser diferente deberá justificarlo técnicamente”.*

Respuesta CMTCDA: Respecto a las diferencias existentes a la obtención del parámetro “Contenido de Silt”, se debe indicar que se utilizarán los parámetros de Silt establecidos en el AP-42, Fifth Edition, Volume 1, Chapter 13: Miscellaneous Sources, Paved Road and Unpaved Road.

Los parámetros indicados corresponden a una referencia utilizada internacionalmente para la determinación del contenido de silt tanto para caminos pavimentados y no pavimentados.

Respecto al nivel de actividad en caminos, se aclara que el número de viajes para determinar las emisiones asociadas al tránsito de vehículos por caminos no pavimentados y caminos pavimentados, se obtienen de bases de datos diferentes. Esto dado que los camiones de alto tonelaje y equipos mina poseen un sistema propio de georreferenciación a diferencia de los vehículos menores que transitan por caminos pavimentados.

A continuación, se explica la obtención de la información para cada uno de ellos:

Caminos No Pavimentados

En relación al número de viajes para determinar las emisiones asociadas al tránsito de vehículos por caminos no pavimentados, se utilizará el valor real obtenido de los GPS de los vehículos cuyo dato se almacena en la base de datos interna extraída del sistema de despacho (en adelante “Dispatch”) del área de operaciones mina.

Caminos Pavimentados:

En relación al número de viajes para determinar las emisiones asociadas al tránsito de vehículos por caminos pavimentados, se utilizará:

- El valor promedio diario obtenido del número de viajes obtenidos de los registros de control de acceso y registros de empresas colaboradoras, que incorporan la hora de inicio, hora de término y kilómetros recorridos de cada viaje por cada vehículo de transporte de pasajeros.

- Para el número de viajes de las camionetas de empresas colaboradoras y propias se utiliza un valor promedio de acuerdo a la flota que ingresa y sale de faena por día, lo anterior es por medio de un registro de ingreso y salida que se lleva en control de acceso de Teck.
- Para los camiones de concentrado se utiliza un valor promedio diario de viajes (ida y vuelta) obtenido de una planilla diaria completada en el control de acceso de faena en donde se registra la hora de ingreso y salida de los camiones.

En la *Metodología de estimación de emisiones de MP10 Teck CDA* que se adjunta al presente informe en el Anexo N° 1, en el capítulo N°6 "Parámetros de Emisión" se incorpora lo indicado en los párrafos anteriores.

Requerimiento 2: "En el capítulo "Factores de emisión", además de detallar los factores de emisión a utilizar, se deberán describir los parámetros de emisión utilizados. Para lo anterior, se requiere que para cada uno de los parámetros se indique la metodología para su determinación, con las referidas y justificaciones que correspondan. Se deberá considerar el siguiente formato para la descripción:

| Fuente de emisión | Nombre de parámetro | Tipo de determinación | Forma de determinación del parámetro | Referencia de forma de determinación | Valor del parámetro | Frecuencia de la actualización |
|-------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------|
|-------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------|

Respuesta CMTCDA: En la *Metodología de estimación de emisiones de MP10 Teck CDA* que se adjunta al presente informe en el Anexo N° 1, en el capítulo N°5 "Factores de emisiones", se detallan los factores a utilizar. Por otra parte, en el capítulo N°6 "Parámetros de Emisión", se integra la tabla solicitada de acuerdo a lo indicado en el punto 2 del requerimiento, teniendo presente las indicaciones detalladas en las letras a, b, c, d y e de dicha solicitud.

Requerimiento 3: "Respecto del Nivel de actividad. Presentar la referencia de cómo se determinarán los niveles de actividad para cada uno de los procesos identificados como fuentes de emisión, indicando el periodo base en que se calcula el nivel de actividad (días, horas, etc.) y explicitando los cálculos y transformaciones de unidades correspondientes. Se deberá considerar el siguiente formato para la descripción:

| Fuente de emisión | Nivel de actividad | Tipo de determinación | Forma de obtención | Medida de verificación |
|-------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|------------------------|
|-------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|------------------------|

Respuesta CMTCDA: Respecto al "Nivel de actividad", en el capítulo N°7 de *Metodología de estimación de emisiones del MP10 Teck CDA* (Anexo N° 1 del presente informe), se integra la tabla solicitada de acuerdo a lo indicado en el punto 3 del requerimiento, teniendo presente las indicaciones detalladas en las letras a, b y c de dicha solicitud.

Requerimiento 4.1: "Respecto a la eficiencia, presentar como se determinará el porcentaje de eficiencia de reducción de emisiones para cada fuente de emisión. Se deberá considerar el siguiente formato para la descripción:

| | | | |
|-------------------|--|---------------------------------|------------------------|
| Fuente de emisión | Forma de cuantificación de la eficiencia | Cuantificación de la eficiencia | Medida de verificación |
|-------------------|--|---------------------------------|------------------------|

Respuesta CMTCDA: Respecto a la "Eficiencia" y de acuerdo al requerimiento 4, se detalla en el capítulo N°8 de Metodología de estimación de emisiones del MP10 Teck CDA (Anexo N° 1 del presente informe), en donde se integra la tabla solicitada de acuerdo a lo indicado en el punto 4 del requerimiento, teniendo presente las indicaciones detalladas en las letras a, b y c de dicha solicitud.

Requerimiento 4.2: "En el caso la eficiencia de supresores de polvo en caminos de faena, para que esta sea reconocida se deberá adjuntar documento anexo explicativo con la metodología para el cálculo de eficiencia, que señale claramente, como se determina la línea base o nivel basal de concentraciones de MP10, y como se realizan las mediciones posteriores a la aplicación de la medida de mitigación y la ruta de cálculo para la obtención de la eficiencia final. En cuanto al Anexo 1, "Calendario de Mediciones" se deberá incorporar los campos: alternativa de mitigación para el tramo medido, valor de línea base, valor medido (indicando unidades) y eficiencia, quedando el formato de la siguiente forma:

| N° | Fecha de medición | Hora de medición | Lugar de medición | Alternativa de mitigación | Fue realizada la medición | | Valor de la línea base | Valor de la medición | Eficiencia obtenida |
|----|-------------------|------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|----|------------------------|----------------------|---------------------|
| | | | | | Si | No | | | |

Respuesta CMTCDA: Respecto a la "Eficiencia de supresores de polvo en camino" y de acuerdo al requerimiento 4, esta se detalla en el Procedimiento para el Cálculo de Eficiencias de Supresores de Polvo en Caminos (Anexo N° 1.A del presente informe). Además se incorpora la tabla solicitada de acuerdo a lo indicado en el punto 4 del requerimiento.

Metodología de Estimación de Emisiones de
MP10 Teck CDA - PDA

Teck

CONTENIDO

| | | |
|----|---|----|
| 1 | INTRODUCCION | 1 |
| 2 | ANTECEDENTES GENERALES | 2 |
| | 2.1 Descripción del Proceso Productivo..... | 3 |
| 3 | ASPECTOS GENERALES DE LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE EMISIONES | 5 |
| 4 | FUENTES DE EMISION | 5 |
| 5 | FACTORES DE EMISIÓN | 8 |
| 6 | PARÁMETROS DE EMISIÓN..... | 9 |
| 8 | EFICIENCIAS EN EL CONTROL DE EMISIONES | 12 |
| 9 | REPORTES A LA AUTORIDAD | 13 |
| 10 | REFERENCIAS..... | 13 |
| 11 | ANEXO | 13 |
| - | Anexo 1A, Procedimiento para el Cálculo de Eficiencias de Supresores de Polvo en Caminos de Faena Teck CDA..... | 13 |
| - | Anexo 1B, Instructivo Operacional de Mediciones de Eficiencia en Plantas de Chancado. | 13 |

1 INTRODUCCION

El año 2009, la Localidad de Andacollo fue declarada zona saturada por MP10 en sus métricas de 24 horas y media anual, por tal motivo, la autoridad ambiental elaboró un Plan de Descontaminación, el cual tiene por objetivo reducir las emisiones de MP10, con el fin de recuperar la calidad del aire que asegure la protección a la salud de sus habitantes.

El Plan de Descontaminación Atmosférica para la localidad de Andacollo y sectores aledaños (PDA), establece una serie de medidas para el control de emisiones de MP10 a las fuentes del área y en especial a las faenas mineras.

Además, el PDA establece entre otras medidas, que Teck CDA debe elaborar una metodología de cálculo o estimación de sus emisiones de MP10, la cual debe ser presentada a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) para que sea aprobada dentro de un plazo de 3 meses. Una vez aprobada la metodología por parte de la SMA, Teck CDA la utilizará con la finalidad de realizar la estimación de emisiones anuales.

Respecto de lo anterior, se debe indicar que con fecha 12 de agosto del año 2015 la SMA a través de Resolución Exenta N°697 aprobó la metodología propuesta en ese mismo año, correspondiendo el presente documento a una modificación de la versión aprobada y se ampara en el Resuelvo *SEGUNDO Condiciones* de la Res.Ex.697/2017 de la SMA.

Junto con lo anterior, el presente documento contiene la propuesta de modificación de la metodología actualmente vigente de cálculo de emisiones, en virtud de la Resolución Exenta N°1193/2017.

2 ANTECEDENTES GENERALES

La faena minera de Teck CDA se encuentra ubicada en la localidad de Andacollo, la cual se localiza en la Región de Coquimbo, provincia del Elqui, comuna de Andacollo, a una altitud promedio de 1.040 metros sobre el nivel del mar y a 53 kilómetros al Sur-Este de La Serena. Para acceder a Andacollo se debe tomar las rutas asfaltadas 43 y D-51, las cuales conectan la capital regional (La Serena) con Andacollo. La lamina 1 muestra la localización en el contexto regional. La lamina 2 muestra el polígono del área declarada como zona saturada por MP10.

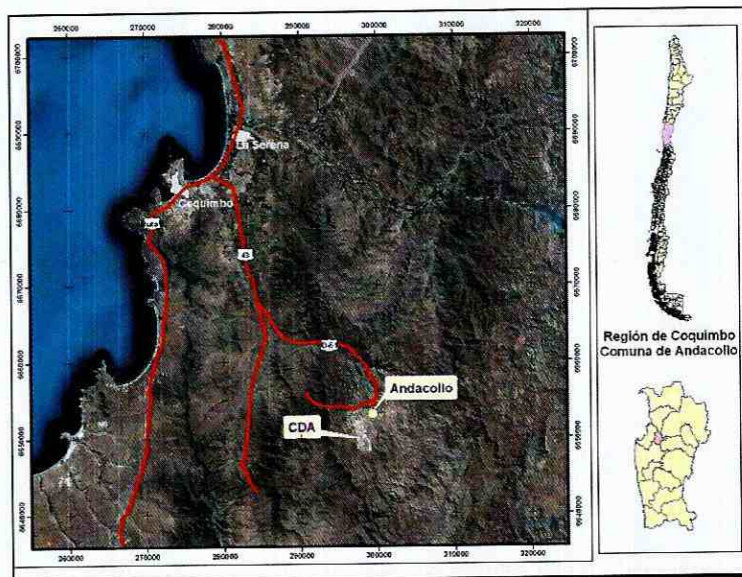


Lámina 1: Localización Andacollo

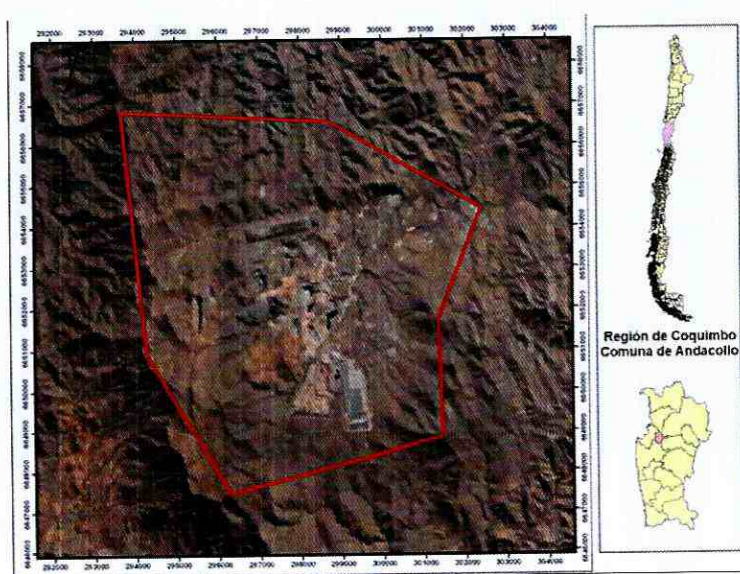


Lámina 2: Zona (polígono) declarado como zona saturada por MP10 en Andacollo

2.1 Descripción del Proceso Productivo

La faena corresponde a una mina de cobre explotada por el método de rajo abierto y corresponde a un pórfido cuprífero que posee una alteración secundaria en su parte superior (mineral supérgeno) y una mineralización hipógena o primaria localizada por debajo de la mineralización descrita anteriormente. La mineralización supérgena o enriquecimiento secundario corresponde a la zona superior de explotación del yacimiento que es procesada en la planta de hidrometalurgia pasando por los procesos de chancado y aglomeración, lixiviación (LIX), extracción por solventes (SX) y electro-obtención (EW), hasta la obtención de cátodos de cobre. El proceso supérgeno tiene una capacidad nominal de producción de 10 ktpd¹ de mineral.



Lámina 3: Representación del proceso de producción de cátodos de cobre (Supérgeno)

La mineralización hipógena o primaria, se localiza inmediatamente debajo de la zona supérgeno. Este procesamiento se realiza mediante chancado, molienda, flotación y manejo de reactivos, espesamiento y filtrado de concentrados, con una línea también de espesamiento y conducción de relaves.

El mineral extraído de la mina es descargado por camiones al chancador primario giratorio, y su producto, es transportado al acopio de gruesos que alimenta al proceso posterior, que es la molienda. En la molienda se reduce el tamaño de los gruesos que produce el chancado primario hasta un rango de 150 μm , tamaño necesario para alimentar la etapa siguiente del proceso, la flotación. La flotación recibe el mineral fino de la molienda y es procesado en diferentes etapas; flotación primaria, flotación de primera limpieza, flotación de segunda limpieza y flotación de barrido o scavenger.

La flotación primaria genera un primer concentrado con contenidos de cobre entre 3 y 10% que son posteriormente procesados en circuito cerrado en las demás etapas, hasta obtener un concentrado de cobre con leyes alrededor de 26%, que constituye el producto final del proceso. Estos concentrados son posteriormente

¹ Ktpd: miles de toneladas por día.

enviados a una etapa de espesamiento y filtración donde se reduce su contenido de humedad, recuperando de esta manera agua para reciclarla al proceso. En el área de filtrado de concentrado se realiza las actividades de acopio de concentrado, para su posterior carguío y despacho a puerto en camiones.

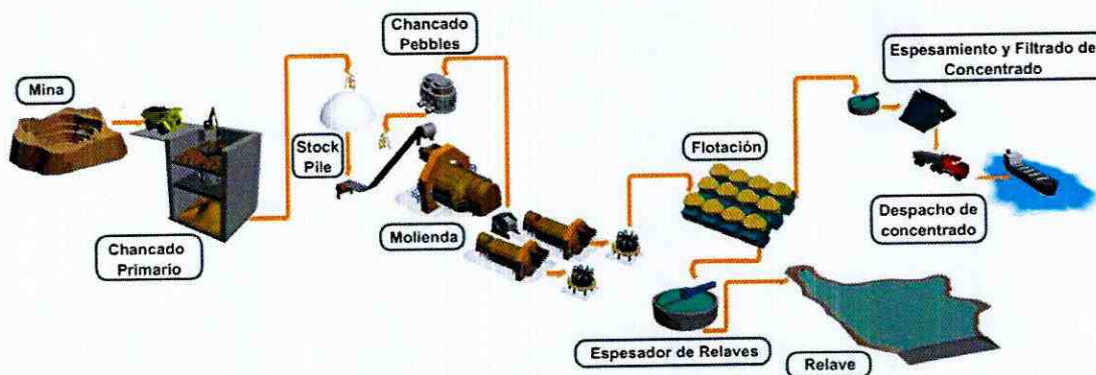


Lámina 4: Representación del proceso de producción de concentrado de cobre (Hipógeno)

3 ASPECTOS GENERALES DE LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE EMISIONES

La emisión de un contaminante (Tasa de Emisión), corresponde a la masa de ese contaminante liberada a la atmósfera por unidad de tiempo. Normalmente se expresa en términos de toneladas al año, kilogramos al día, o gramos por segundo.

La ecuación general para la estimación de emisiones de una fuente dada es la siguiente:

$$E = FE * A * \left(1 - \frac{RE}{100}\right)$$

Dónde:

- E* : Tasa de emisión (masa/tiempo)
- FE* : Factor de emisión (masa/nivel de actividad)
- A* : Nivel de actividad (depende de la fuente)
- RE* : Eficiencia de reducción de emisiones, expresada en %

Los factores de emisión corresponderán a valores representativos que relacionan la cantidad de un contaminante liberado a la atmósfera con la actividad asociada a la generación de ese contaminante. Estos factores se expresarán generalmente como el peso del contaminante dividido por una unidad de peso, volumen, distancia, o duración de la actividad emisora.

Los niveles de actividad dependerán del tipo de fuente, y estos corresponderán a la cantidad procesada (chancada o transferida), kilómetros recorridos, número de perforaciones al día, número de tronaduras al día, consumo de combustible, etc.

La eficiencia de reducción de emisiones, corresponderá al porcentaje de captura de las emisiones, asociado a un sistema de control de emisión. La eficiencia dependerá del equipo de control, de su operación, frecuencia de uso, etc.

4 FUENTES DE EMISION

Es necesario indicar que la estimación de MP10 se hará en base a las fuentes consideradas en el informe técnico que da sustento al PDA elaborado por el Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA).

La Tabla 4.1 muestra las fuentes de emisión de MP10 a considerar, y la Tabla 4.2 describe el origen del material particulado asociado a cada fuente.

Tabla 4.1: Fuentes de MP10 consideradas

| Área Productiva | Fuentes de emisión |
|-----------------|--------------------------------------|
| Mina | Tronadura |
| | Tránsito de camiones |
| | Manejo y almacenamiento pila Origen |
| | Manejo y almacenamiento pila Destino |
| Planta | Descarga chancado Hipógeno |
| | Descarga chancado Supérgeno |
| | Chancado 1º Hipógeno |
| | Chancado 1º Supérgeno |
| | Chancado 2º Supérgeno |
| | Chancado 3º Supérgeno |

Tabla 4.2: Descripción de las fuentes de MP10

| Fuentes de Emisión | Descripción de la Fuente |
|---|--|
| Tronadura | Polvo generado en el proceso de fragmentación de la roca por efecto de la liberación de energía del explosivo. |
| Tránsito de camiones | Polvo levantado por acción de las ruedas de los camiones al transportar el material desde un punto de origen a un destino. Considera transporte con y sin carga. |
| Manejo y almacenamiento pila Origen y Destino (Transferencia de material) | Polvo levantado al transferir material y depositarlo en un sector determinado para procesar. Origen son las fases de explotación y Destinos los stocks de almacenamiento |
| Descarga chancado Hipógeno | Polvo generado al descargar el mineral de sulfuros en la tolva de chancado. |
| Descarga chancado Supérgeno | Polvo generado al descargar el mineral de óxidos en la tolva de chancado. |
| Chancado 1º Hipógeno | Polvo generado en el proceso de reducción de tamaño en el chancador de sulfuros |
| Chancado 1º Supérgeno | Polvo generado en el proceso de reducción de tamaño en el Chancador primario de óxidos. |
| Chancado 2º Supérgeno | Polvo generado en el proceso de reducción de tamaño en el Chancador secundario de óxidos. |
| Chancado 3º Supérgeno | Polvo generado en el proceso de reducción de tamaño en el Chancador terciario de óxidos. |

La Tabla 4.3 muestra en forma referencial las coordenadas de las fuentes. Cabe notar que por la dinámica de una operación minera, varias fuentes cambian de localización, tales como, las tronaduras, caminos, transferencias, etc.

Tabla 4.3: Localización de fuentes en UTM WGS-84*

| Fuentes de emisión | Este (m) | Norte (m) |
|--------------------------------------|--------------|-----------|
| Tronadura | 297.968 | 6.652.059 |
| Tránsito de camiones | Ver Figura 1 | |
| Manejo y almacenamiento pila Origen | 297.969 | 6.652.059 |
| Manejo y almacenamiento pila Destino | 297.853 | 6.651.529 |
| Descarga chancado Hipógeno | 298.926 | 6.651.221 |
| Descarga chancado Supérgeno | 298.655 | 6.650.967 |
| Chancado 1º Hipógeno | 298.948 | 6.651.174 |
| Chancado 1º Supérgeno | 298.681 | 6.650.936 |
| Chancado 2º Supérgeno | 298.790 | 6.650.880 |
| Chancado 3º Supérgeno | 298.799 | 6.650.874 |

*: Coordenadas referenciales

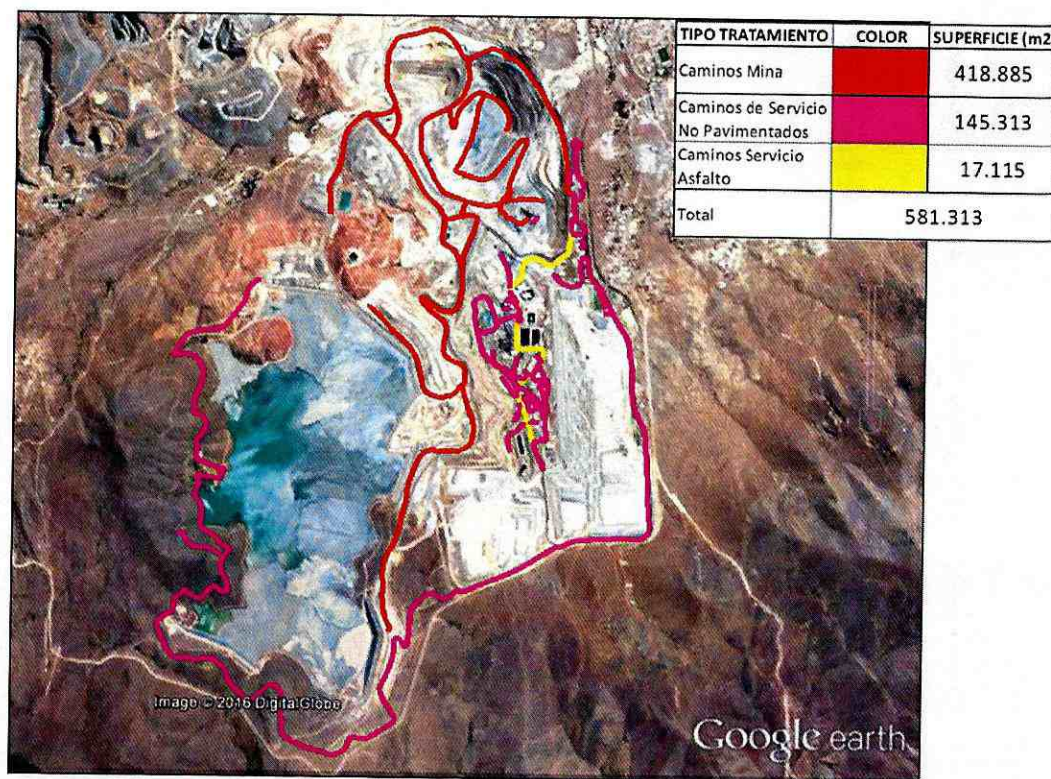


Figura 1: Red Actual de Caminos Teck Cda. (Fuente imagen Google Earth)

La figura N°1 corresponde a una imagen de referencia, ya que los caminos pueden variar en el tiempo por estar insertos en una operación minera dinámica.

5 FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión que se utilizarán, corresponden a los empleados por el estudio CENMA "Diagnostico de Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación, Andacollo", del año 2011 utilizado como línea base para el Plan de Descontaminación Atmosférico de Andacollo y Sectores aledaños.

La Tabla 5.1, entrega un detalle de los factores de emisión que serán utilizados en esta metodología.

Tabla 5.1: Factores de Emisión de MP10²

| Fuente de emisión | Factor de emisión | Parametros | | Nivel de actividad | | | |
|---|---|---|--------------------------------|--|---------------------------------|--|---------|
| | | Descripción | Unidad | Descripción | Unidad | | |
| Tránsito por caminos no pavimentados | $Fe = 281.9 * k * \left(\frac{S}{12}\right)^{0.9} * \left(\frac{W}{3}\right)^{0.45}$ | Fe: Factor de emisión MP ₁₀ k: coeficiente de tamaño de partícula emitida, para MP ₁₀ ; k=1.5 S: contenido de finos del camino (%) W: Peso promedio de la flota de vehículos que transitan por la vía (t) | gr/veh-km | Total de kilómetros transitados por la flota de vehículos transitado al día | Veh-km/día | | |
| Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización 2006, Capítulo 13, Sección 13.2.2, ec.(1a) | | | | | | | |
| Tránsito por caminos pavimentados | $Fe = k * \left(\frac{Sp}{2}\right)^{0.65} * \left(\frac{W}{3}\right)^{1.5}$ | Fe: Factor de emisión MP ₁₀ k: coeficiente de tamaño de partícula emitida, para MP ₁₀ . k=4.6 (g/km) Sp: Contenido de Silt del camino, partículas con diámetro aerodinámico menor o igual a 75 µm (g/m ²) W: Peso promedio de la flota de vehículos que transitan por la vía (t) | gr/veh-km | Total de kilómetros transitados por la flota de vehículos transitado al día | Veh-km/día | | |
| Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización 2006, Capítulo 13, Sección 13.2.1 | | | | | | | |
| Transferencia de material (carga y descarga) | $Fe = 0.0016 * k * \left(\frac{U}{3.2}\right)^{1.5} * \left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}$ | Fe: Factor de emisión de MP ₁₀ k: Coeficiente de tamaño de partícula emitida, para MP ₁₀ ; k=0.35 U: Velocidad del viento (m/s) M: Contenido de humedad (%) | Kg/Ton de material transferido | Toneladas de material transferidas en un día | Ton/día | | |
| Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización 2003, Capítulo 13, Sección 13.2.4.1 | | | | | | | |
| Descarga en planta | $Fe = f * 0.0029 * \frac{d^{0.7}}{M^{0.2}}$ | Fe: Factor de emisión de MP ₁₀ f: 0.75 d: altura de descarga (m) M: Contenido de humedad (%) | Kg/m ³ | Volumen de material descargado | m ³ /día | | |
| Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42, Capítulo 11, Sección 11.9, Tabla 11.9.2 | | | | | | | |
| Tronadura | $Fe = f * 0.00022 * A^{1.5}$ | Fe: Factor de emisión de MP ₁₀ f: 0.52 A: area a tronar (m ²) | Kg/tronadura | N° de tronadura | Tron./día | | |
| Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42, Capítulo 11, Sección 11.9, Tabla 11.9.2 | | | | | | | |
| Chancadores | Tipo chancador | Fe | Fe_cont | Fe: Factor de emisión de MP ₁₀ Fe_cont: Factor de emisión de MP ₁₀ controlado | Lbs/ton de material transferido | Toneladas de material cargadas en un día | Ton/día |
| | Primario SCC 3-05-020-01 | 0.00071 | 0.0000355 | | | | |
| | Secundario SCC 3-05-020-01 | 0.0024 | 0.00054 | | | | |
| | Terciario SCC 3-05-020-01 | 0.0024 | 0.00054 | | | | |
| Environmental Protección Agency USA (EPA), Stone processing operations, January 3, 2005. | | | | | | | |

²Fuente: Informe Final CENMA,2011

6 PARÁMETROS DE EMISIÓN

Los parámetros de emisión son valores asociados a las ecuaciones de los factores de emisión indicadas en esta metodología. Algunos parámetros se obtienen de registros meteorológicos de la zona, otros de características de los materiales (humedad y contenido de finos), y otros asociados al flujo vehicular (peso promedio de la flota).

La Tabla 5.2, entrega un detalle de los parámetros de emisión que se utilizarán en esta metodología.

Tabla 5.2: Parámetros de Emisión de MP10

| Fuente de Emisión | Nombre del Parámetro | Tipo de Determinación | Forma de Determinación del Parámetro | Referencia Forma de Determinación | Valor del Parámetro | Frecuencia de Actualización |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|---|--|--|-----------------------------|
| Tronaduras | Área de Tronadura | Medición | Se calcula un polígono trazado por fuera de los pozos a una distancia de medio Burden (Distribución en fila de Pozos) y el software ShotPlus Professional (software para diseño de tronadura) genera el resultado del área. | Elaboración Propia por Empresa colaboradora a cargo de tronaduras | Valor obtenido de la suma de las áreas tronadas por día, es un valor variable dependiendo de las tronaduras ejecutadas | Diaria |
| Carga | Humedad del Material | Valor de Referencia | Estudio CENMA "Diagnostico de Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación, Andacollo" del año 2011, Tabla 2-2 "Parámetros Utilizados en los Factores de Emisión", Ítem Contenido de Humedad Mineral. | Centro Nacional del Medio Ambiente | 4,8% | Permanente |
| | Velocidad del Viento | Medición | Registro en línea de velocidad del viento medida en Estación Urmeneta. | Plataforma de Calidad del Aire interna (Ambilogger) | Valor promedio de los registros en línea obtenidos diariamente, no es un valor fijo. | Diaria |
| Descarga | Humedad del Material | Valor de Referencia | Estudio CENMA "Diagnostico de Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación, Andacollo" del año 2011, Tabla 2-2 "Parámetros Utilizados en los Factores de Emisión", Ítem Contenido de Humedad Mineral. | Centro Nacional del Medio Ambiente | 4,8% | Permanente |
| | Velocidad del Viento | Medición | Registro en línea de velocidad del viento medida en Estación Urmeneta. | Plataforma de Calidad del Aire interna (Ambilogger) | Valor promedio de los registros en línea obtenidos diariamente, no es un valor fijo. | Diaria |
| Descarga en Planta | Humedad del Material | Valor de Referencia | Estudio CENMA "Diagnostico de Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación, Andacollo" del año 2011, Tabla 2-2 "Parámetros Utilizados en los Factores de Emisión", Ítem Contenido de Humedad Mineral. | Centro Nacional del Medio Ambiente | 4,8% | Permanente |
| | Altura de Descarga | Valor de Referencia | Estudio CENMA "Diagnostico de Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación, Andacollo" del año 2011. | Centro Nacional del Medio Ambiente | 3,2 metros | Permanente |
| Transito en camino Pavimentado | Peso Medio | Estimación | El peso medio se calcula en base a la siguiente fórmula: (1) $PPP=PPC*PV$ (2) $PPR=IPPP$ Donde: PPP: Proporción del peso por tipo de vehículo. PPR: Peso medio (ton) de toda la flota que circula por un tramo de la ruta. PPC: Peso medio asignado a cada tipo de vehículo (ton) (Peso de la tara + (peso de la tara + carga))/2) PV: Peso asignado por número de viajes. (Viajes totales por tipo de vehículo) / (total de viajes de flota) | AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13: Miscellaneous Sources, Paved Road | Valor definido según Tramo | Diaria |
| | Silt | Valor de Referencia | AP-42, Compilación de Factores de Emisión para Contaminantes Atmosféricos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. | AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13: Miscellaneous Sources, Paved Road, Tabla 13.2.1-3, Industry "Quarry" | 8,2 g/m2 | Permanente |
| Transito en camino no pavimentado | Peso Medio | Estimación | El peso medio se calcula en base a la siguiente fórmula: (1) $PPP=PPC*PV$ (2) $PPR=IPPP$ Donde: PPP: Proporción del peso por tipo de vehículo. PPR: Peso medio (ton) de toda la flota que circula por un tramo de la ruta. PPC: Peso medio asignado a cada tipo de vehículo (ton) (Peso de la tara + (peso de la tara + carga))/2) PV: Peso asignado por número de viajes. (Viajes totales por tipo de vehículo) / (total de viajes de flota) | AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13: Miscellaneous Sources, unpaved Road | Valor definido según Tramo | Diaria |
| | Silt | Valor de Referencia | AP-42, Compilación de Factores de Emisión para Contaminantes Atmosféricos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. | AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13: Miscellaneous Sources, Unpaved Road, Tabla 13.2.2-1, Industry "Stone Quarrying and Processing" | Caminos Planta 10%. Caminos desde y hacia el rajo o pit 8.3% | Permanente |

7 NIVELES DE ACTIVIDAD

Los niveles de actividad de una operación minera, varían según el tipo de fuente emisora de MP10.

La fuente principal de obtención de los niveles de actividad está centralizada en el sistema de despacho de camiones (en adelante "dispatch"). Esta corresponde al registro horario y georreferenciado de los movimientos de material al interior de la operación minera. De esta base de datos se obtienen las toneladas cargadas a camión, transportadas a pilas, transportadas a stocks, muros, y a la planta de chancado. Además, del dispatch se obtiene los kilómetros recorridos entre orígenes y destinos, número de viajes realizados, así como la ruta seguida.

La Tabla 5.3, entrega un detalle de los niveles de actividad que se utilizarán en esta metodología.

Tabla 5.3: Niveles de Actividad

| Fuente de Emisión | Nivel de Actividad | Tipo de Determinación | Forma de Obtención | Medio de Verificación |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|---|
| Tronaduras | Cantidad de Tronaduras | Medición | Software para diseño de Tronaduras | Registro Interno área Perforación y Tronadura |
| Carga | Material Transportado | Medición | A través del software de control del proceso se obtienen los valores de transferencia de materiales que son medidos en las plantas, luego estos valores son registrados en un programa, para su posterior rescate de registros. | Registro Interno Despacho Mina |
| Descarga | Material Transportado | Medición | A través del software de control del proceso se obtienen los valores de transferencia de materiales que son medidos en las plantas, luego estos valores son registrados en un programa, para su posterior rescate de registros. | Registro Interno Despacho Mina |
| Descarga en Planta | Material Transportado | Medición | A través del software de control del proceso se obtienen los valores de transferencia de materiales que son medidos en las plantas, luego estos valores son registrados en un programa, para su posterior rescate de registros. | Registro Interno Despacho Mina |
| Chancadores | Material Chancado | Medición | A través del software de control del proceso se obtienen los valores de transferencia de materiales que son medidos en las plantas, luego estos valores son registrados en un programa, para su posterior rescate de registros. | Registro Interno Despacho Mina |
| Transito en Camino Pavimentado | Vehiculos por kilometro recorrido | Medición | N° Viajes al mes y kilómetros recorridos registrados por GPS de los Vehículos, obtenido mediante la formula: KTR: VT * DR Dónde: KTR: Kilómetros totales recorridos al mes. VT: Viajes totales (ida + vuelta) al mes por tipo de vehículo. DR: Distancia recorrida en cada viaje de ida. | Registro en reportes de control de acceso y Reporte de empresas colaboradoras |
| Transito en Camino No pavimentado | Vehiculos por kilometro recorrido | Medición | N° Viajes al mes y kilómetros recorridos registrados por GPS de los Vehículos, obtenido mediante la formula: KTR: VT * DR Dónde: KTR: Kilómetros totales recorridos. VT: Viajes totales (ida + vuelta) por tipo de vehículo. DR: Distancia recorrida en cada viaje de ida. | Registro Interno Despacho Mina |

8 EFICIENCIAS EN EL CONTROL DE EMISIONES

Teck CDA utiliza en su operación variados sistemas o medidas de mitigación de sus emisiones, entre ellas, el uso de aditivos o riego en caminos, stock pile cubierto con domo, humectación de frentes de carga, tolvas de chancado encapsuladas, uso de aspersores en plantas de chancado que aplican agua como también la aplicación de espuma.

Para los caminos asfaltados, caminos tratados con supresores y caminos regados con agua, se considerarán las eficiencias reales de supresión medidas en la red de caminos de TECK CDA, en Anexo N°1A se adjunta Metodología para el Cálculo de Eficiencias de Supresores de Polvo en Caminos de Faena Teck CDA.

La eficiencia en el control del MP10 en los chancadores, se obtendrá a través de una campaña de medición realizada por una empresa externa competente, para lo cual se requerirá tomar muestras de MP10 con los sistemas de control encendidos y apagados en los chancadores, en Anexo 1B se adjunta Instructivo Operacional de Mediciones de Eficiencia en Plantas de Chancado de empresa externa.

La Tabla 5.4, entrega un detalle de cómo se cuantifica la eficiencia que se utilizarán en esta metodología.

Tabla 5.3: Cuantificación de la Eficiencia en Control de Emisiones

| Fuente de Emisión | Forma de Cuantificación de Eficiencia | Cuantificación de la Eficiencia | Medio de Verificación |
|-------------------------|---------------------------------------|---|-----------------------|
| Chancados | Medición | La campaña de medición se realiza en forma anual mediante la cuantificación del material particulado con los sistemas de supresión apagados y con sistemas de supresión encendidos en las Plantas de Chancado por un periodo de 1 hr (30 min funcionando con medidas de supresión y 30 min funcionando sin medidas de supresión), de esta forma se calcula la eficiencia bajo la fórmula indicada en el capítulo 5, ítem 5.5 del Anexo 1B "Instructivo Operacional Mediciones de Eficiencia en Plantas de Chancado" | Informes de medición |
| Caminos Pavimentados | Medición | La campaña de medición de material particulado se realiza a través de un equipo Dustmate ubicado en la rueda trasera del vehículo para medir el haz de polvo generado producto de la interacción del neumático con la superficie del caminos. Esta se mide en 4 tramos de caminos pavimentados 2 veces a la semana en un horario cercano a las 14:00 hrs. Ver Anexo 1A Metodología para el Cálculo de Eficiencias de Supresores de Polvo en Caminos de Faena Teck Cda. | Informes de medición |
| Caminos no Pavimentados | Medición | La campaña de medición de material particulado se realiza a través de un equipo Dustmate ubicado en la rueda trasera del vehículo para medir el haz de polvo generado producto de la interacción del neumático con la superficie del caminos. Esta se mide en 4 tramos de caminos pavimentados 2 veces a la semana en un horario cercano a las 14:00 hrs. Ver Anexo 1A Metodología para el Cálculo de Eficiencias de Supresores de Polvo en Caminos de Faena Teck Cda. | Informes de medición |

9 REPORTES A LA AUTORIDAD

El Informe de emisiones de MP10 de Teck CDA contendrá una descripción del proceso productivo del año en cuestión, la cantidad de mineral y lastre movido en el año, los niveles de actividad, las eficiencias de los sistemas de control y las emisiones de MP10 en toneladas al año. Dicho informe, se entregará dentro de los primeros quince días del mes de marzo de cada año, tal como lo exige el PDA.

10 REFERENCIAS

- AP-42 de la USEPA. <http://www.epa.gov/ttn/chief>
- Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana. Seremi Medio Ambiente Región Metropolitana, 2012.
- BS Consultores, Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire para el Servicio de Evaluación Ambiental, 2015.
- AP-42 de la USEPA. Capítulo 13.2.1 Paved Roads
- AP-42 de la USEPA. Capítulo 13.2.2 Unpaved Roads
- Estudio CENMA "Diagnostico de Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación, Andacollo", año 2011.

11 ANEXO

- **Anexo 1A**, Procedimiento para el Cálculo de Eficiencias de Supresores de Polvo en Caminos de Faena Teck CDA
- **Anexo 1B**, Instructivo Operacional de Mediciones de Eficiencia en Plantas de Chancado.

ANEXO 1A

**Procedimiento para el Cálculo de Eficiencias de Supresores de Polvo en Caminos
de Faena Teck CDA**

ANEXO 1B

Instructivo Operacional de Mediciones de Eficiencia en Plantas de Chancado



Procedimiento para el Cálculo de Eficiencias de Supresores de Polvo en Caminos de Faena Teck CDA

| REV | FECHA | ELABORADO | REVISADO | CONTROL DE CAMBIOS |
|-------------------|-----------------------------|---|----------|---|
| 0 | 2017-05-26 | A.Pinto | F.Halles | |
| 1 | 2017-09-27 | A.Pinto | F.Halles | Ajustes a observaciones realizadas entidad medioambiental |
| 2 | 2017-10-17 | A.Pinto | F.Halles | Ajustes y recomendaciones realizadas por SMA – Reunión 26-09-17 |
| 3 | 2017-10-23 | A.Pinto | F.Halles | Observaciones Resolución SMA N° 1193 |
| 4 | 2017-10-25 | A.Pinto | F.Halles | Incl. Observaciones P.Puentes. |
| Mandante: | Teck CDA | | | |
| Código Documento: | TSP-2017-Ing-TeckCDA-IT-001 | | | |
| Área: | Gerencia Minería | Número de Páginas Documento: 19 Incluidos Anexos | | |

FICHA TÉCNICA

| | |
|---|---|
| 1. Tipo Informe Procedimiento Interno | 2. Fecha Informe 25 de Octubre de 2017 |
| 3. Título del Proyecto Metodología para el Cálculo de Eficiencias de Supresores de Polvo en Caminos de Faena Teck CDA | 4. Autor (es) Astrid Pinto Raúl Mundaca Felipe Halles |
| 5. Mandante Teck CDA | 6. Contraparte Técnica Paulina Puentes |
| 7. Resumen Ejecutivo <p>En este documento se presenta la metodología utilizada para calcular la eficiencia de los supresores de polvo que se aplican en caminos de faena de Teck CDA.</p> <p>La eficiencia se calcula sobre base del monitoreo del nivel de emisiones de polvo que generan los vehículos al transitar por los caminos de la red. El monitoreo de los niveles de polvo se realiza de forma dinámica utilizando la tecnología DustMate®, en todos los tramos de la red que poseen tránsito de vehículos. Los resultados, que se procesan semanalmente para cada tramo de la red, son comparados con la línea base, la cual corresponde al nivel de emisiones de polvo de tramos de la red de caminos de la faena Teck CDA que no estaban tratados con supresores de polvo ni agua. Ambos datos sirven para determinar el nivel de eficiencia del plan de mitigación de polvo.</p> <p>En este documento se entrega el detalle de las actividades realizadas en terreno y del procesamiento de los datos, junto a los fundamentos y respaldos técnicos utilizados en todo el proceso.</p> | |

INDICE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | REFERENCIAS | 4 |
| 2 | RESPONSABLES | 4 |
| 3 | DEFINICIONES | 5 |
| 4 | DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD | 5 |
| 4.1 | ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS TÉCNICOS | 5 |
| 4.2 | DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE MONITOREO Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE POLVO | 6 |
| 4.3 | LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE | 8 |
| 4.4 | ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE EMISIÓN DE POLVO | 9 |
| 4.5 | CÁLCULO DE LA EFICIENCIA | 11 |
| 4.6 | REPORTE DE LA INFORMACIÓN | 12 |
| 5 | PLATAFORMA GEOREFERENCIADA | 12 |
| 6 | ANEXOS | 14 |

1 REFERENCIAS

- OTM-34,2014: Environmental Protection Agency (EPA). Other Test Method – 34: “Method to Quantify Road Dust Particulate Matter Emissions (PM10 and/or PM2.5) from Vehicular Travel on Paved and Unpaved Roads”. Agosto, 2014.
- TSP Chile. Procedimiento Interno. “Levantamiento de Material Particulado en Caminos No Pavimentados”. 2011.
- Thenoux G., Bellolio J.P. y Halles F. “Development of a Methodology for Vehicles Dust Emission Measurement on Unpaved Roads”. Vol 1989 / 2007. Pag. 36-41. Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board. 2007.
- Bellolio, Juan Pablo. Tesis de Magister en Ciencias de la Ingeniería. “Metodología para la medición del polvo generado por vehículos en caminos no pavimentados”. Pontificia Universidad Católica de Chile. Agosto, 2005.

2 RESPONSABLES

- **ADMINISTRADOR DE CONTRATO:** Aprobar, entregar, controlar y verificar el cumplimiento de este procedimiento en la faena, considerando en todo momento las recomendaciones impartidas por el Asesor HSEC del servicio y las señaladas en los informes e inspecciones de seguridad relacionadas con las tareas aquí descritas.
- **INGENIERO SENIOR DE CAMINOS:** Controlará el cumplimiento de este procedimiento cada vez que se encuentre en faena, pudiendo instruir al personal que desarrolla la tarea o detenerla si no se encuentran las condiciones para su correcta ejecución.
- **INGENIERO DE CAMINOS:**
 - Ejecutar este procedimiento, en conjunto con los responsables de las tareas complementarias definidas en el Servicio.
 - Verificar el cumplimiento de los planes por parte del área de realización del servicio.
 - Reportar al Asesor HSEC de todo incidente que ocurra durante la realización de las tareas.
 - Generar reportes con los indicadores de gestión de las tareas descritas en este procedimiento.
 - Representar en su ausencia, al Administrador de Contrato en las actividades que el cliente requiera.
- **ASESOR HSEC:**
 - Asesoría al Administrador de Contrato y al Ingeniero de Caminos en la implementación y desarrollo de lo establecido en este procedimiento.
 - Asistencia técnica a los actores del servicio dando debido cumplimiento de la normativa legal y las que defina el cliente.
 - Verificar y registrar el cumplimiento de las medidas correctivas que hayan sido definidas.
 - Mantener una comunicación cercana y directa con Prevención de Riesgos de TSP Chile y del Cliente, de manera de revisar en conjunto y en forma continua los procedimientos de trabajo.

3 DEFINICIONES

- a. **Metodología:** forma especificada para llevar a cabo una actividad o proceso.
- b. **Material Particulado PM10:** partículas en suspensión de diámetro menor o igual a 10 micrones.
- c. **Micrones:** micrómetro, micrón o micra es una unidad de longitud equivalente a una milésima parte de un milímetro. Su símbolo es μm .
- d. **Eficiencia:** capacidad del supresor de polvo para disminuir la emisión de material particulado en un camino.
- e. **Pcc:** partículas por centímetro cúbico.
- f. **GPS:** sistema americano de navegación y localización mediante satélites.
- g. **Dustmate:** equipo diseñado para cuantificar la concentración de partículas de tamaño menor a PM10.
- h. **Línea Base:** nivel de concentración de emisiones de material particulado que genera el tránsito de un vehículo sobre un camino que no está tratado con ningún aditivo supresor de polvo y que se encuentra en una condición de superficie seca.
- i. **Nivel de Servicio Objetivo:** nivel máximo absoluto de concentración de material particulado para los caminos mineros definido sobre la base de la eficiencia requerida por la autoridad para el uso de los supresores de polvo en el plan de descontaminación de Andacollo.

4 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

4.1 Antecedentes y Fundamentos Técnicos

Los supresores de polvo son componentes que al ser aplicados sobre un camino no pavimentado permiten que el material fino (o particulado) de la carpeta de rodado se mantenga adherido a ésta, disminuyendo por lo tanto la emisión de polvo que genera un vehículo al transitar sobre este. La efectividad de estos supresores – en términos de lograr mitigar esta emisión de polvo - es limitada en el tiempo, por lo tanto para lograr que un plan de mitigación de polvo sea efectivo, el o los supresores de polvo deben ser aplicados frecuentemente.

El **nivel de efectividad o eficiencia** que se puede lograr con un plan de mitigación de polvo dependerá de una serie de variables, entre las que destacan la frecuencia de aplicación, las tasas de aplicación de los supresores de polvo, las dosis totales, la composición del camino en cuanto a materialidad, las condiciones climáticas, el tipo y cantidad de tránsito de vehículos, etc.

Para medir la **eficiencia de los supresores de polvo**, se debe medir y cuantificar el nivel de emisiones de material particulado que producen los vehículos. El nivel (o cantidad) de emisiones de polvo que produce un vehículo al transitar por un tramo con supresor en un momento y

lugar determinado, debe compararse con el nivel de emisiones de polvo que genera el mismo vehículo siguiendo el mismo protocolo de medición, pero en tramos de la red de caminos mina, es decir, que no hayan sido tratado con ningún supresor de polvo, de igual composición y que se encuentren en condiciones naturales. Este nivel de emisiones de polvo se le denomina **Línea Base**.

En el caso de faena Teck CDA los tramos utilizados para definir la Línea Base corresponden a caminos de operación mina de igual composición en cuanto a la materialidad del camino. El año 2014, la EPA (Environmental Protection Agency) elaboró el protocolo Other Test Method – 34: “Method to Quantify Road Dust Particulate Matter Emissions (PM10 and/or PM2.5) from Vehicular Travel on Paved and Unpaved Roads”. (en adelante “OTM-34,2014”) para cuantificar las emisiones de material particulado PM10 y PM2,5 que producen los vehículos al transitar en caminos no pavimentados y pavimentados, y que sigue los mismos criterios que el documento que aquí se define.

4.2 Descripción del Procedimiento de Monitoreo y Cuantificación de las Emisiones de Polvo

El procedimiento de monitoreo y cuantificación de las emisiones de polvo en los caminos de faena Teck CDA se lleva a cabo siguiendo los lineamientos indicados en la sección 4.1 (Antecedentes y Fundamentos Técnicos).

Las mediciones se llevan a cabo utilizando el equipo DustMate® certificado y con sus respectivas mantenciones (Ver Figura N°1) especialmente diseñado para cuantificar la concentración de partículas de tamaño menor a PM10, en una frecuencia de hasta 1 muestra por segundo. El parámetro PM(x) define la cantidad de partículas de tamaño menor a (x) micrones que posee un centímetro cúbico de aire. El equipo posee una bomba interna de 600 cc/min de capacidad, capaz de obtener directamente una muestra del aire circundante. Las partículas que posee la muestra de aire son analizadas por un fotómetro láser, el cual permite cuantificar la cantidad de partículas según el tamaño especificado.

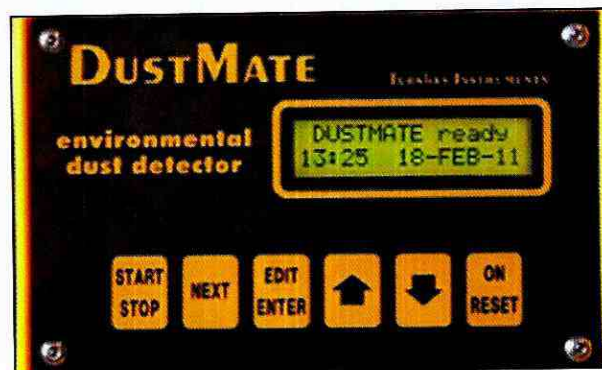


Figura N°1: Imagen Equipo de Medición DustMate®

La muestra de aire se toma en el haz de polvo que se genera detrás de la rueda trasera del vehículo producto de la interacción del neumático con la superficie del camino, según se muestra en la **Figura N°2**. El equipo toma la información de la cantidad de partículas por cm^3 (pcc) segundo a segundo a medida que el vehículo recorre el camino.

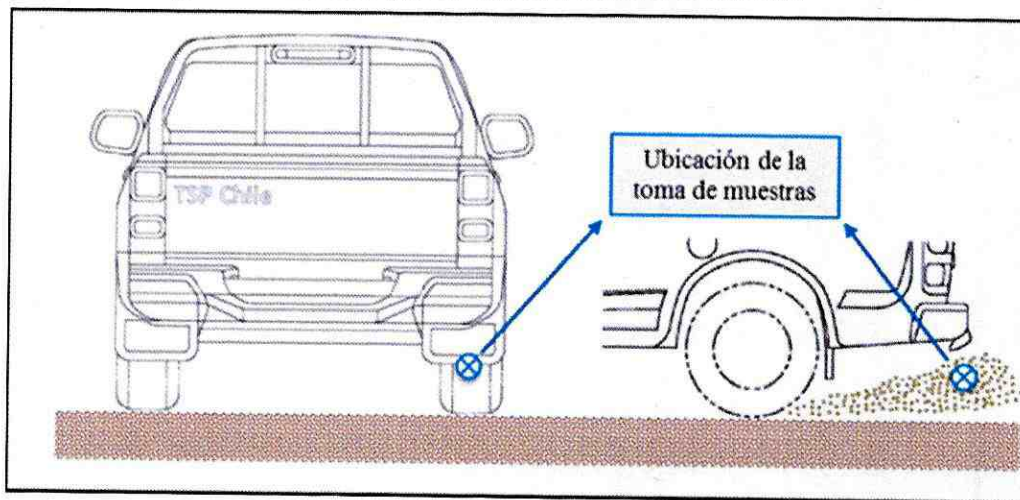


Figura N°2: Esquema del Procedimiento de Cuantificación de la Emisión de Polvo

La ubicación del dispositivo que toma la muestra es siempre la misma, debido a que la concentración de material particulado en el haz de polvo que produce la rueda del vehículo es variable según la posición donde se tome. Esta hipótesis fue validada tanto en los estudios realizados en Chile como en los estudios internacionales que dieron origen a el documento de la EPA OTM-34, 2014.

Los levantamientos se realizan en conjunto con un GPS de alta resolución, lo que permite obtener la velocidad instantánea del vehículo. Con ambos datos, es posible construir curvas de emisión de polvo v/s distancia para cada tramo evaluado. Para el caso de la faena de Teck CDA, el monitoreo se focaliza en el parámetro PM10, es decir, se cuantifica todo el material particulado bajo 10 micrones.

Los estudios realizados tanto en Chile como en el extranjero, indicaron que la cantidad de material particulado que se produce depende significativamente de la velocidad del vehículo (ver referencia Environmental Protection Agency (EPA). Other Test Method – 34: "Method to Quantify Road Dust Particulate Matter Emissions (PM10 and/or PM2.5) from Vehicular Travel on Paved and Unpaved Roads". Agosto, 2014). Para el caso de la faena Teck CDA, el procedimiento de monitoreo se realiza en un rango de velocidad de 35 a 45 kph con una velocidad objetivo de 40 kph establecida en el documento de la EPA OTM-34,2014. Los valores de cantidad de material particulado que se obtienen a velocidades fuera del rango, son descartados.

Respecto a la frecuencia de monitoreo, en el caso de la faena de Teck CDA, se realizan al menos 2 levantamientos diurnos por semana, en días no consecutivos, en un horario cercano a las 14:00 hrs, siempre y cuando las condiciones climáticas lo permitan. Este horario representa en promedio las condiciones más desfavorables que se presentan durante el día, debido a que a esa hora se registran las temperaturas más altas y las humedades relativas del ambiente más bajas.

Aspectos a considerar para la validación de datos de monitoreo:

- Al realizar levantamientos a 40 kph, se obtiene 1 dato cada 11 m, es decir, se obtienen 180 datos por cada km recorrido (en ambos sentidos). El número de datos obtenidos (muestra) a esta velocidad, permite afirmar que los datos son con un nivel de confianza mínimo de un 95% y un margen de error de 5%.
- Respecto al número mínimo de datos válidos que se requiere obtener para validar la muestra, este es de 120 datos por kilómetro para un sector que posee tramos con 2000 m de longitud total (considerando un 95% de confiabilidad y un error de 5%). Sectores con tramos que poseen longitudes totales mayores, el tamaño muestral por km recorrido es menor.

4.3 Levantamiento de la Línea Base

Se le denomina Línea Base al nivel de concentración de emisiones de material particulado que genera el tránsito de un vehículo sobre caminos en condiciones naturales, es decir, sobre un camino que no posee ningún tipo de aplicación de supresor de polvo y que se encuentra en condiciones superficiales secas.

En el caso de la faena Teck CDA, para obtener la Línea Base se realizaron 15 levantamientos en caminos de igual composición a los caminos mina y siguiendo el procedimiento indicado en Sección 4.2 de este documento. Los detalles son los siguientes:

- Los levantamientos se realizaron en dos tramos de la red de caminos mina de Teck CDA, denominados tramo 7-8 y tramo 21-23. El tramo 7-8 tiene una longitud de 750 m, mientras que el tramo 21-23 tiene una longitud de 800 m. **Ver Figura N°3**
- Previo a la toma de datos en cada uno de los tramos de la línea base, estos fueron perfilados hasta eliminar cualquier contaminación superficial y no se les aplicó agua por un período de 7 días.
- Los levantamientos se realizaron en ambos sentidos de tránsito y a una velocidad de 40 kph, lo cual significa que se obtiene un dato de PM10 cada 11 m de distancia.
- Los levantamientos fueron realizados los días 18, 23 y 25 de Febrero del 2015. Se realizaron 5 levantamientos diarios, en las fechas indicadas, en cada uno de los dos caminos considerados para la línea base.

El valor de la Línea Base, se calculó tomando el promedio de la totalidad de los datos recolectados en cada uno de los tramos y en los distintos días en que se desarrollaron los levantamientos. El valor para faena Teck CDA fue de 4877 pcc.

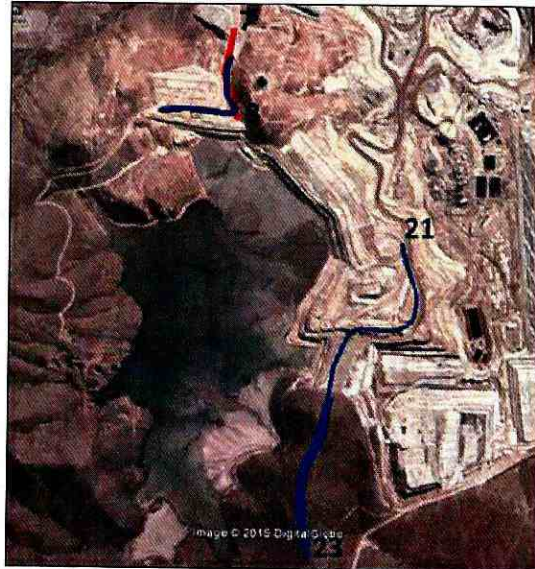


Figura N°3: Tramos de Línea Base.

4.4 Análisis y Procesamiento de los Datos de Emisión de Polvo

Los datos recopilados por el equipo medidor de polvo (DustMate) se presentan en una planilla Excel que contiene la fecha, hora y el nivel de emisiones de polvo, cada 1 segundo, de los parámetros PM10 y PM2,5 en unidad de Pcc (Partículas por centímetro cúbico) (Ver Figura N°4).

| | A | B | C |
|---|------------------|----------------|-----------------|
| 1 | TimeStamp | PM10 particles | PM2.5 particles |
| 2 | | per cc | per cc |
| 3 | 18-04-2017 13:48 | 88,3 | 48,2 |
| 4 | 18-04-2017 13:48 | 115,7 | 64 |
| 5 | 18-04-2017 13:48 | 161,3 | 85,2 |
| 6 | 18-04-2017 13:48 | 195,2 | 103,6 |
| 7 | 18-04-2017 13:48 | 266,5 | 132,4 |

Figura N°4: Ejemplo Datos Brutos Arrojadados por el Equipo Medidor de Polvo

Para la obtención de los datos finales, se aplican los siguientes criterios:

- Solo se consideran válidos los datos de emisión de polvo tomados a velocidades dentro del rango de 35 a 45 kph. Los datos obtenidos fuera de ese rango son descartados de la planilla y del análisis.

- El parámetro de PM_{2,5} se usa como elemento de validación de los datos obtenidos, por lo tanto los valores de PM_{2,5} siempre deben ser menores a los de PM₁₀, ya que el parámetro PM₁₀ incluye los valores de PM_{2,5}. Cuando el equipo se satura, es posible que esta regla no se cumpla, por lo tanto antes de procesar los datos se debe revisar la consistencia de ambos parámetros, en aquellos puntos que presenten valores alterados el dato de PM₁₀ se ajusta al máximo valor obtenido en todo el levantamiento.

Notas Importantes: Normalmente los datos descartados corresponden a puntos donde la velocidad de monitoreo es menor a 35 kph, lo que se origina debido a tres factores: a) Restricciones de velocidad o intersecciones en circuitos de la mina; b) condiciones geométricas que no permiten el tránsito seguro de vehículos y c) Detenciones obligadas para chequear y limpiar el filtro en caso que haya habido circulación por sectores saturados de agua (presencia de barro). Datos a menores velocidades, entregan resultados de emisiones de polvo más bajas que las que se obtendrían si es que el vehículo transitara en el rango de velocidad predefinido. Si estos puntos no fuesen filtrados entonces las eficiencias obtenidas serían mayores, razón por la cual los resultados obtenidos luego de la aplicación de este filtro en particular, son conservadores.

Para efectos de la definición del valor promedio diario de la red de caminos de faena Teck CDA, solo se consideran aquellos tramos que efectivamente han tenido tránsito en la última semana. Es decir, los caminos de la red que no están siendo utilizados, no son considerados para el cálculo de nivel de emisiones de polvo promedio de la red.

Nota: Las operaciones mineras son dinámicas dependiendo de las fases de extracción que considere el plan minero, lo cual modifica (diariamente, semanalmente o mensualmente) los circuitos de transporte.

El valor(promedio) de las emisiones de polvo de un tramo particular, se obtiene promediando la totalidad de los datos PM₁₀ obtenidos segundo a segundo en ese tramo. La siguiente fórmula es la que se aplica para cada tramo de la red.

$$\text{Promedio Tramo (pcc)} = \frac{\sum PM_{10}}{n}$$

Donde

n: Número total de datos tomado en el Tramo

PM₁₀: Datos de PM₁₀ segundo a segundo obtenido en el Tramo

Los datos de PM₁₀ de cada tramo, se agrupan según distintos criterios: a) por el tipo de supresor que se usa en el tramo; b) según el área en que se desea determinar el valor promedio de PM₁₀, como por ejemplo en rajo, en planta, en caminos a botadero, etc.; c) otros criterios. Para la obtención del valor de un sector específico, como por ejemplo de todos los tramos que

son tratados con un aditivo particular, se promedian la totalidad de datos obtenidos en cada uno de los tramos que son parte del grupo de interés.

Luego, para obtener los datos de dos o más levantamientos realizados en horas o fechas distintas, el valor se obtiene promediando todos los datos de uno o más tramos particulares, obtenidos en el período de análisis. Por ejemplo, para obtener el dato promedio mensual de la red de caminos tratados con el Aditivo A, se promedian todos los datos obtenidos en los tramos donde se utiliza el Aditivo A, en los distintos levantamientos realizados durante el período de interés, es decir, durante los 8 o más levantamientos realizados durante el mes de análisis.

En **Anexo N° 1** se presenta un ejemplo de la forma en que se procesan los datos de un levantamiento.

4.5 Cálculo de la Eficiencia

Para el cálculo de la eficiencia diaria, semanal o mensual, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia (x)} = 1 - \left[\frac{\text{Pcc(x)}}{\text{Pcc(LB)}} \right]$$

Unidad: Porcentaje (%)

donde,

Pcc(x) corresponde al valor de PM10 de un tramo, de un conjunto de tramos o de la red completa según se requiera.

Pcc(LB) corresponde al valor de PM10 de la línea base.

La eficiencia diaria se obtiene utilizando los valores promedio diarios de PM10, mientras que la eficiencia semanal o mensual se obtiene utilizando los valores semanales o mensuales de PM10 respectivamente.

La **Figura N°5** muestra un esquema que describe gráficamente lo indicado anteriormente.

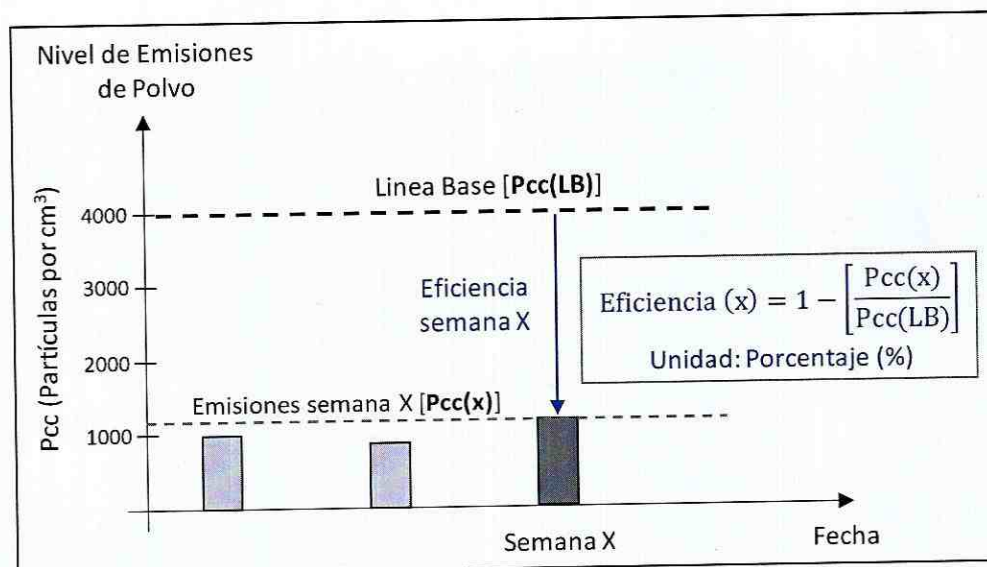


Figura N° 5: Esquema que define cálculo eficiencia supresor de polvo en semana (X)

4.6 Reporte de la Información

Luego del análisis de la información de cada una de las mediciones, TSP Chile genera un reporte donde se presentan en forma detallada las emisiones de polvo y eficiencias obtenidas en cada tramo de la red de caminos, diferenciando además el tipo de supresor que se utiliza en cada uno de ellos, con el objetivo de poder identificar los tramos que no cumplen con el nivel de servicio objetivo (nivel máximo de concentración de material particulado obtenido sobre la base de la eficiencia establecida por la autoridad para los supresores de polvo en el plan de descontaminación de Andacollo). En **Anexo N° 2** se presenta un ejemplo de estos reportes.

Para el caso de la faena de Teck CDA, se realizan dos levantamientos semanales, normalmente los días Martes y Jueves de cada semana en turno día. En **Anexo N° 3** se presenta el calendario de mediciones.

Finalmente se elabora un reporte mensual, el cual agrupa toda la información obtenida (promedios diarios) de cada uno de los levantamientos realizados durante el mes, y que se utilizan para definir la *Eficiencia Mensual del Plan de Mitigación en Caminos de Faena Teck CDA*.

5 PLATAFORMA GEOREFERENCIADA

Adicionalmente TSP Chile utiliza una plataforma georreferenciada de desarrollo propio que permite desplegar los resultados en forma gráfica, en un plano actualizado de caminos de la mina, mostrando en un *gráfico de calor* cada uno de los datos de PM10 tomados segundo a segundo a lo largo de los tramos de la red.

Para la construcción del plano, se utilizan 3 colores, verde – amarillo – rojo, según el siguiente criterio:

- **Verde:** El punto evaluado cumple con el nivel de servicio objetivo
- **Amarillo:** El punto evaluado está cercano a dejar de cumplir con el nivel de servicio objetivo
- **Rojo:** El punto evaluado no cumple con el nivel de servicio objetivo

Las Figuras N°6 y N°7 presentan un ejemplo de esta plataforma georeferenciada, en la cual se almacena toda la información obtenida de los levantamientos realizados.

Esta forma de despliegue de datos, permite identificar fácilmente los puntos o subtramos de la red donde las emisiones de polvo cumplen o no con el nivel de servicio objetivo.



TSP
Ingeniería de Caminos

apinto@tspchile.cl ***** Entrar

Necesitas ingresar o registrarte para continuar.

MineRoAd, Ingeniería Aplicada para la Optimización de la Productividad y Seguridad de los Caminos Mineros

MineRoAd ofrece caminos más productivos y seguros para la empresa y para la comunidad, mediante la Ingeniería Aplicada y técnicas no tradicionales para el diseño, construcción y mantenimiento de caminos no pavimentados.

En la industria minera, la condición de la red de caminos cumple un rol preponderante en los niveles de productividad, costos de la operación, impactos medioambientales y niveles de seguridad. Lo anterior hace necesario que cualquier tipo de solución aplicada sea objetiva y cuidadosamente evaluada. El Servicio MineRoAd será un partner estratégico de las compañías mineras, entregándoles las herramientas que les permitan seleccionar la alternativa más costo-eficiente.

MineRoAd es un servicio de Ingeniería y Gestión de Caminos Mineros que se basa en la aplicación de tecnologías de monitoreo y evaluación de la condición de caminos no pavimentados con tránsito de camiones mineros (Ca-Ex). El servicio MineRoAd basa su accionar en el seguimiento de una serie de parámetros de la condición funcional y estructural del camino no pavimentado. Estos parámetros, adaptados específicamente para caminos mineros, permiten establecer de forma cuantitativa el Nivel de Servicio de un camino en un momento determinado de su vida útil. De la misma forma, permiten definir y monitorear el cumplimiento del plan de trabajo que permita alcanzar el Nivel de Servicio objetivo que se quiere cumplir.

El servicio MineRoAd utiliza una metodología especialmente diseñada para cuantificar en terreno, de forma dinámica, el nivel de emisión de material particulado que un vehículo produce en el camino no pavimentado en condiciones de circulación específicas. También cuenta con equipos especialmente diseñados para monitorear la regularidad superficial (IRI) de caminos no pavimentados, lo cual permite identificar los tramos que presentan problemas y realizar seguimiento a las actividades de conservación realizadas.

Plataforma de Análisis

Todos los levantamientos de la condición de los caminos de la red se realizan bajo una plataforma georeferenciada, lo cual permite desplegar los resultados gráficamente en una interfase web de fácil uso para el usuario y cliente. Esta herramienta permite ver de forma online la condición de una red de caminos específica, en la cual se muestran tabulados en colores cada uno de los tramos según el parámetro definido y el nivel de servicio que tenían al momento de ser evaluados.

Más información en <http://www.tspchile.cl/> / <https://www.altavia.cl/>

Figura N°6: Plataforma Georreferenciada que posee TSP Chile



Figura N°7: Concentración Geográfica Emisiones de Polvo por Tramo

6 ANEXOS

- **Anexo 1:** Ejemplo del procesamiento de los datos
- **Anexo 2:** Informe de Avance por levantamiento. "Eficiencias Plan de Mitigación".
- **Anexo 3:** Calendario de Mediciones.

ANEXO 1: Ejemplo del Procesamiento de los datos

La siguiente planilla muestra los datos levantados en 3 tramos de una red de caminos mina y el correspondiente procesamiento para obtener los valores por tramo, por área, por tipo de aditivo y para toda la mina.

El procedimiento es el siguiente:

- a. Los datos del levantamiento quedan ordenados según el tiempo en que fueron obtenidos cada 1 segundo.
- b. En la planilla se incorporan los datos del tramo al cual pertenecen los datos, además del área de la operación donde se ubica el tramo y el tipo de supresor utilizado.
- c. Se aplican los filtros para definir los datos que son válidos de acuerdo a los siguientes criterios:
 - ✓ Filtro por velocidad: Se descartan los datos que están fuera del rango de velocidad definido entre 35 y 45 kph
 - ✓ Filtro por saturación: Se descartan los datos en que el PM10 es menor al PM2,5

Nota: Detalles de las razones por las cuales se aplican estos filtros, se presentan en sección 4.4 de este documento

- d. Con los datos válidos, se realizan los cálculos del Promedio de Emisiones por Tramo, por Area (grupo de tramos que pertenecen a un área específica) o por Aditivo utilizado.

Nota: Los promedios de emisiones se calculan utilizando la totalidad de los datos que componen los tramos.

- e. Con los valores de las emisiones representativas, se calcula la eficiencia del tramo, área, tipo de supresor de polvo o red completa, utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{Eficiencia (x)} = 1 - \left[\frac{\text{Pcc(x)}}{\text{Pcc(LB)}} \right]$$

Unidad: Porcentaje (%)

donde,

Pcc(x) corresponde al valor de PM10 de un tramo, de un conjunto de tramos o de la red completa según se requiera.

Pcc(LB) corresponde al valor de PM10 de la línea base.

| TimeStamp | PM10 (pcc) | PM2,5 (pcc) | Veloc. (kph) | Tramo | Area | Supresor | Datos Válidos | Criterios de Descarte |
|-----------------------------|------------|-------------|--------------|---------|------|----------|---------------|-----------------------|
| 10-04-2017 13:48:13 | 594 | 178 | 38 | 19 - 15 | Mina | Agua | 594 | |
| 10-04-2017 13:48:14 | 554 | 166 | 37 | 19 - 15 | Mina | Agua | 554 | |
| 10-04-2017 13:48:15 | 537 | 161 | 36 | 19 - 15 | Mina | Agua | 537 | |
| 10-04-2017 13:48:16 | 523 | 157 | 35 | 19 - 15 | Mina | Agua | 523 | |
| 10-04-2017 13:48:17 | 510 | 153 | 34 | 19 - 15 | Mina | Agua | --- | vel. < 35 kph |
| 10-04-2017 13:48:18 | 526 | 158 | 33 | 19 - 15 | Mina | Agua | --- | vel. < 35 kph |
| 10-04-2017 13:48:19 | 533 | 160 | 34 | 19 - 15 | Mina | Agua | --- | vel. < 35 kph |
| 10-04-2017 13:48:20 | 499 | 150 | 36 | 19 - 15 | Mina | Agua | 499 | |
| 10-04-2017 13:48:21 | 472 | 142 | 37 | 19 - 15 | Mina | Agua | 472 | |
| 10-04-2017 13:48:22 | 462 | 139 | 38 | 19 - 15 | Mina | Agua | 462 | |
| 10-04-2017 13:48:23 | 416 | 125 | 39 | 19 - 15 | Mina | Agua | 416 | |
| Promedio PM10 Tramo 19 - 15 | | | | | | | 507 | |

Datos descartados porque velocidad es menor a 35 kph

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----|-----|----|---------|------|------|-----|--------------|
| 10-04-2017 13:53:48 | 341 | 102 | 43 | 12 - 13 | Mina | Agua | 341 | |
| 10-04-2017 13:53:49 | 374 | 112 | 44 | 12 - 13 | Mina | Agua | 374 | |
| 10-04-2017 13:53:50 | 391 | 117 | 43 | 12 - 13 | Mina | Agua | 391 | |
| 10-04-2017 13:53:51 | 393 | 118 | 42 | 12 - 13 | Mina | Agua | 393 | |
| 10-04-2017 13:53:52 | 407 | 122 | 43 | 12 - 13 | Mina | Agua | 407 | |
| 10-04-2017 13:53:53 | 277 | 113 | 43 | 12 - 13 | Mina | Agua | 277 | |
| 10-04-2017 13:53:54 | 113 | 145 | 42 | 12 - 13 | Mina | Agua | --- | PM10 < PM2,5 |
| 10-04-2017 13:53:55 | 54 | 160 | 41 | 12 - 13 | Mina | Agua | --- | PM10 < PM2,5 |
| 10-04-2017 13:53:56 | 96 | 153 | 40 | 12 - 13 | Mina | Agua | --- | PM10 < PM2,5 |
| 10-04-2017 13:53:57 | 125 | 151 | 40 | 12 - 13 | Mina | Agua | --- | PM10 < PM2,5 |
| Promedio PM10 Tramo 12 - 13 | | | | | | | 364 | |

Datos descartados porque valor de PM10 < PM 2,5 (indica saturación equipo)

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----|----|----|---------|------|----------|-----|---------------|
| 10-04-2017 13:57:02 | 207 | 62 | 42 | 10 - 11 | Mina | Dustbloc | 207 | |
| 10-04-2017 13:57:03 | 224 | 67 | 43 | 10 - 11 | Mina | Dustbloc | 224 | |
| 10-04-2017 13:57:04 | 229 | 69 | 45 | 10 - 11 | Mina | Dustbloc | 229 | |
| 10-04-2017 13:57:05 | 224 | 67 | 46 | 10 - 11 | Mina | Dustbloc | --- | vel. > 45 kph |
| 10-04-2017 13:57:06 | 212 | 64 | 44 | 10 - 11 | Mina | Dustbloc | 212 | |
| 10-04-2017 13:57:07 | 206 | 62 | 43 | 10 - 11 | Mina | Dustbloc | 206 | |
| 10-04-2017 13:57:08 | 202 | 61 | 41 | 10 - 11 | Mina | Dustbloc | 202 | |
| 10-04-2017 13:57:09 | 211 | 63 | 40 | 10 - 11 | Mina | Dustbloc | 211 | |
| 10-04-2017 13:57:10 | 197 | 59 | 39 | 10 - 11 | Mina | Dustbloc | 197 | |
| Promedio PM10 Tramo 10 - 11 | | | | | | | 211 | |

Datos descartados porque velocidad es mayor a 45 kph

| Promedios por Tramo | | Resumen Fecha: 10 - 04 - 17 | | | |
|---------------------|---------------------|-----------------------------|----------|------------------|----------------|
| Tramo | PM10 Promedio (pcc) | Area | Supresor | Línea Base (pcc) | Eficiencia (%) |
| 19 - 15 | 507 | Mina | Agua | 4877 | 90% |
| 12 - 13 | 364 | Mina | Agua | 4877 | 93% |
| 10 - 11 | 211 | Mina | Dustbloc | 4877 | 96% |

Nota:

El valor promedio de la mina se obtiene promediando todos los datos validos obtenidos en los tramos 19-15, 12 - 13 y 10 - 11. NO SE OBTIENE promediando los valores promedio obtenidos para aplicación de Agua y DustBloc. Lo anterior se debe a que el número de puntos válidos obtenidos en cada tramo es distinto. Los datos utilizados se muestran en la tabla lateral.

| Promedio Emisiones Area Mina con Agua | Promedio Emisiones Area Mina con DustBloc | Promedio Emisiones Mina |
|---------------------------------------|---|-------------------------|
| 594 | 207 | 594 |
| 554 | 224 | 554 |
| 537 | 229 | 537 |
| 523 | 212 | 523 |
| 499 | 206 | 499 |
| 472 | 202 | 472 |
| 462 | 211 | 462 |
| 416 | 197 | 416 |
| 341 | --- | 341 |
| 374 | --- | 374 |
| 391 | --- | 391 |
| 393 | --- | 393 |
| 407 | --- | 407 |
| 277 | --- | 277 |
| --- | --- | 207 |
| --- | --- | 224 |
| --- | --- | 229 |
| --- | --- | 212 |
| --- | --- | 206 |
| --- | --- | 202 |
| --- | --- | 211 |
| --- | --- | 197 |
| 446 | 211 | 360 |

Eficiencia (%) según Criterio

| Area Mina con Agua | Area Mina con DustBloc | Mina |
|--------------------|------------------------|------|
| 91% | 96% | 93% |

ANEXO 2: Informe de Avance. Levantamiento diario. "Eficiencias Plan de Mitigación".

Teck Servicio de Ingeniería, Monitoreo, Análisis y Reporte para la Gestión de los Planes de Mitigación de Polvo en Caminos

Informe de Avance
Eficiencia Plan de Mitigación

02 de Mayo de 2017

Presentado por: Astrid Pinto
apinto@tspchile.cl
www.tspchile.cl

MineRoAd
MINING ROAD ADMINISTRATION

Reconocimiento, Dimensionamiento y Tramificación por Sectores Homogéneos

| TIPO DE TRAMITACIÓN | COLOR | SUPERFICIE (m ²) |
|----------------------|----------|------------------------------|
| Camino Mina Duro | Rojo | 361.438 |
| Camino Mina Agua | Amarillo | 214.878 |
| Camino Servicio Duro | Verde | 13.928 |
| Camino Servicio Agua | Azul | 172.362 |

Reconocimiento, Dimensionamiento y Tramificación por Sectores Homogéneos

| NOMBRE CAMINO | TIPO DE TRAMITACIÓN | TIPO DE PAVIMENTACIÓN | LARGO (m) | ANCHO (m) | SUPERFICIE (m ²) | NOMBRE CAMINO | TIPO DE TRAMITACIÓN | TIPO DE PAVIMENTACIÓN | LARGO (m) | ANCHO (m) | SUPERFICIE (m ²) |
|---------------|---------------------|-----------------------|-----------|-----------|------------------------------|---------------|---------------------|-----------------------|-----------|-----------|------------------------------|
| 1-3 | Duro | Gravel | 2.534 | 27 | 37.658 | 1-16 | Duro | Gravel | 181 | 7 | 1.267 |
| 1-9 | Duro | Gravel | 1.027 | 27 | 13.360 | 17-18 | Duro | Gravel | 2528 | 7 | 14.448 |
| 1-4 | Duro | Gravel | 887 | 27 | 23.389 | 19-20 | Duro | Gravel | 338 | 7 | 1.886 |
| 1-6 | Duro | Gravel | 248 | 27 | 6.586 | 21-23 | Duro | Gravel | 1332 | 7 | 12.864 |
| 1-10a | Duro | Gravel | 321 | 27 | 8.697 | 23-24 | Duro | Gravel | 336 | 7 | 1.652 |
| 1-10b | Duro | Gravel | 477 | 27 | 12.978 | 25-27 | Duro | Gravel | 342 | 7 | 1.540 |
| 1-8 | Duro | Gravel | 365 | 27 | 9.855 | 14-18 | Asfalto | Gravel | 822 | 7 | 5.804 |
| 10-18 | Duro | Gravel | 1716 | 27 | 46.332 | 19-21 | Asfalto | Gravel | 354 | 7 | 2.478 |
| 1-11 | Duro | Gravel | 633 | 27 | 17.094 | 21-23 | Asfalto | Gravel | 361 | 7 | 2.527 |
| 1-12a | Asfalto | Gravel | 427 | 27 | 11.529 | | | | | | |
| 10-10 | Asfalto | Gravel | 831 | 32 | 26.592 | | | | | | |
| 10-13 | Asfalto | Gravel | 646 | 32 | 20.640 | | | | | | |
| 13-14 | Asfalto | Gravel | 1317 | 32 | 42.144 | | | | | | |

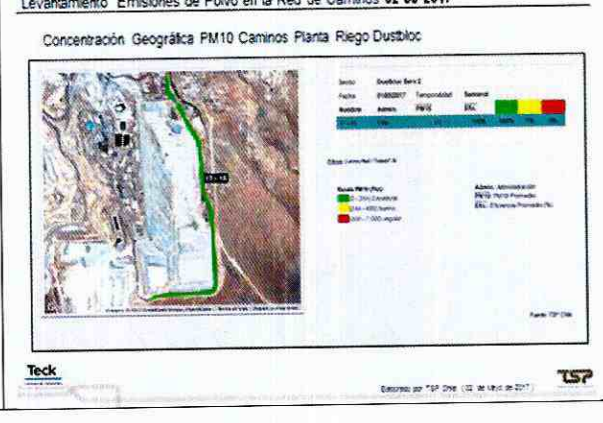
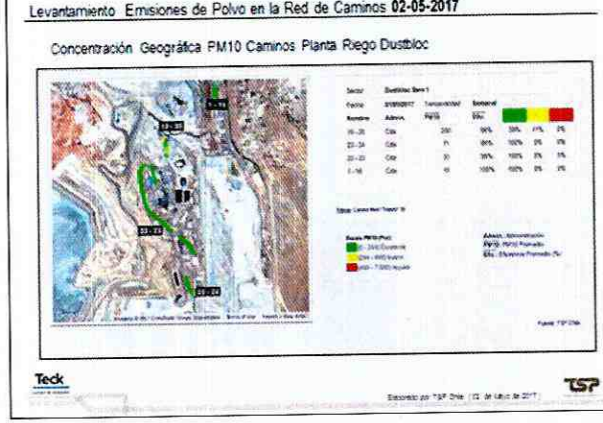
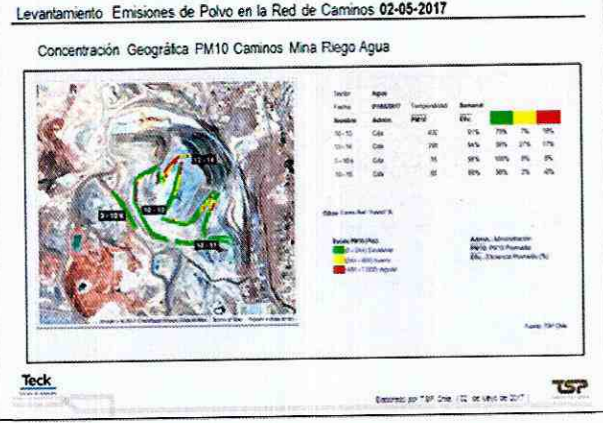
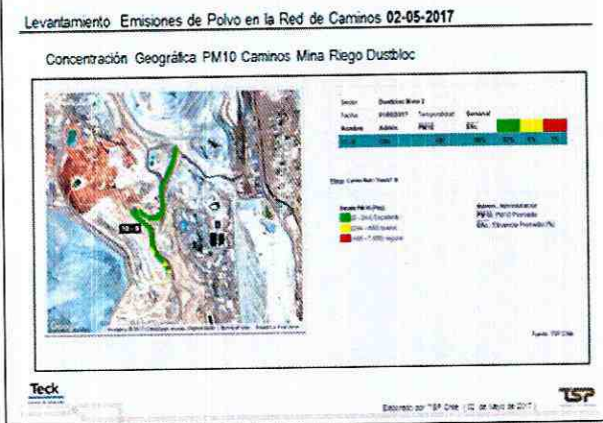
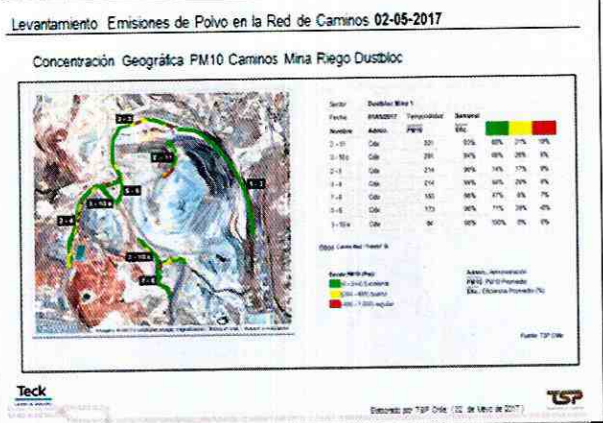
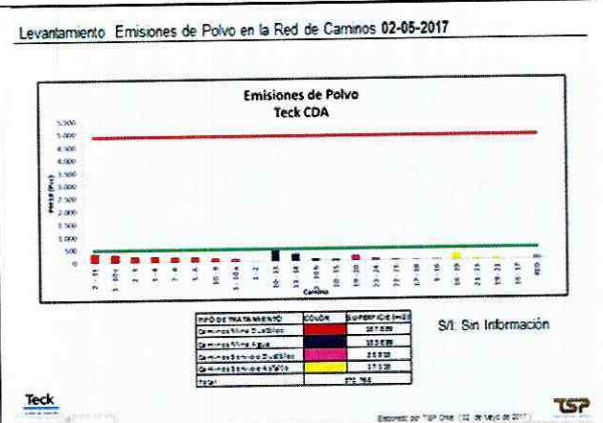
Levantamiento Emisiones de Polvo en la Red de Caminos - DIARIO

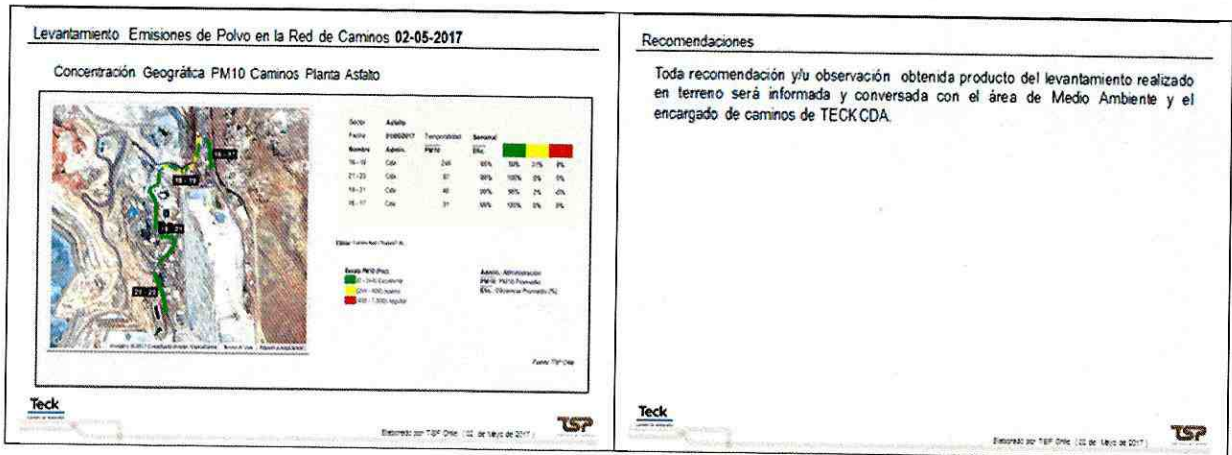
Pcc: Particulas por Centimetro Cubico

Levantamiento Emisiones de Polvo en la Red de Caminos 02-05-2017

Levantamiento Emisiones de Polvo en la Red de Caminos 02-05-2017

Linea Base: 4.877 Pcc
Nivel de Servicio Objetivo: 488 Pcc correspondiente a un 90% de Eficiencia
Pcc: Particulas por Centimetro Cubico






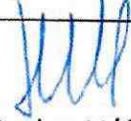
ANEXO 3: Calendario de Mediciones


| N° | Fecha de Medición | Hora de Medición | Lugar de Medición (tramo) | Alternativa de Mitigación | Fue realizada la Medición | | Valor de la Línea Base | Valor de la Medición | Eficiencia Obtenida |
|----|-------------------|------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----|------------------------|----------------------|---------------------|
| | | | | | Si | No | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

| | | |
|--|--|---|
|  OPERATIVO | INSTRUCTIVO OPERACIONAL MEDICIONES DE EFICIENCIA EN PLANTAS DE CHANCADO | Gerencia Técnica, I + D |
| | EDICIÓN:00 | |

INDICE DE CONTENIDOS

| | | |
|----------|---|---|
| 1 | PROPOSITO DE GESTIÓN..... | 2 |
| 2 | ALCANCE Y APLICACION..... | 2 |
| 3 | RESPONSABILIDAD EJECUTIVA | 2 |
| | 3.1 JEFE ZONAL / SUPERVISOR..... | 2 |
| | 3.2 PERSONAL TÉCNICO | 2 |
| 4 | SISTEMAS, EQUIPOS Y MATERIALES CRÍTICOS..... | 3 |
| 5 | DESCRIPCIÓN DEL PROCESO..... | 4 |
| | 5.1 LUGARES DE MUESTREO | 4 |
| | 5.2 PREPARACIÓN DEL EQUIPO DE MUESTREO..... | 4 |
| | 5.3 TIEMPOS DE MUESTREO..... | 4 |
| | 5.4 DESARROLLO DEL MUESTREO..... | 5 |
| | 5.5 DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS SUPRESORES EN PLANTA DE CHANCADO..... | 5 |
| | 5.6 TRATAMIENTO DE DATOS | 6 |
| 6 | REFERENCIAS | 6 |
| 7 | CONTROL DE REGISTROS Y ANEXOS..... | 6 |

| | |
|---|--|
| Revisado:  Nombre: Sebastián Díaz Cargo: Ingeniero de Proyectos | Aprobado:  Nombre: Juan Carlos Yáñez C. Cargo: Gerente Técnico |
|---|--|

| | | |
|---|--|------------------------------------|
|  | INSTRUCTIVO OPERACIONAL MEDICIONES DE EFICIENCIA EN PLANTAS DE CHANCADO | Gerencia Técnica, I + D |
| | OPERATIVO | EDICIÓN:00 |

1 PROPOSITO DE GESTIÓN

El presente instructivo operacional establece acciones clave a considerar durante el desarrollo del programa de mediciones en plantas de chancado en Minera Teck CDA.

2 ALCANCE Y APLICACION

Este instructivo es aplicable al personal encargado de las actividades de la campaña de muestreo en terreno. Los principales alcances son:

- Planificar las mediciones y coordinación con el cliente
- Identificar los peligros y controlar los riesgos
- Usar EPP
- Preparar los equipos de muestreo
- Realizar las mediciones según este instructivo, manuales del fabricante y aplicar las mejores prácticas
- Traslado de muestreos e ingreso al laboratorio

3 RESPONSABILIDAD EJECUTIVA

3.1 Jefe Zonal / Supervisor

- Establecer contacto directo con la Contraparte que defina el Mandante e informar del trabajo a realizar y personal involucrado.

3.2 Personal Técnico

- Ingenieros del área de modelación y mantención

| | | |
|-------------------|--|------------------------------------|
| Algoritmos | INSTRUCTIVO OPERACIONAL MEDICIONES DE EFICIENCIA EN PLANTAS DE CHANCADO | Gerencia Técnica, I + D |
| | OPERATIVO | EDICIÓN:00 |

4 SISTEMAS, EQUIPOS Y MATERIALES CRÍTICOS

Los equipos principales son para muestreo de material particulado (MP). Un indicador continuo de partículas (PDR) que incluye filtro; y una bomba de muestreo personal (GilAir).

| Equipo | Descripción | Función Principal |
|----------------------------------|---|---|
| Laptop | Computador personal | Con programa rescate de datos PDR. AL término de cada jornada proceder al rescate de datos de la memoria del equipo |
| PDR | Indicador continuo de partículas, con ciclón MP ₁₀ ; con filtro para determinación gravimétrica de partículas | Medir en tiempo real las fluctuaciones de las emisiones de MP ₁₀ en los puntos de traspaso de mineral en las líneas de chancado |
| GilAir | Bomba portátil muestreo de polvo total en filtro | Tomar una muestra de polvo total para determinar en laboratorio la concentración promedio del período |
| Sonda de muestreo | Sonda de muestreo | Tomar las muestras de MP a la salida de los chutes de traspaso por donde sale la emisión de polvo |
| Líneas de muestreo | Manguera de silicona, 9 mm Ø x 6 m largo. Se fija a la sonda de muestreo y se conecta al equipo PDR o GilAir. En este último caso, el porta filtro va en el extremo inicial | Conducir en forma continua la muestra de MP hasta el filtro del equipo PDR. En el equipo GilAir el filtro va al inicio de la línea de muestreo. |
| Filtros | Porta filtros con filtros tarados e identificados | Captar las partículas de polvo para su posterior análisis gravimétrico en laboratorio |
| Herramientas y materiales varios | Pinzas para filtros PDR | Para tomar los filtros del PDR |
| | Guantes látex desechables | Para manipular los filtros del PDR |
| | Atornillador perillero | Ajuste del rotámetro de la bomba GilAir |
| | 2 Brochas de limpieza 2" | Limpieza para retirar el polvo de portafiltro |
| | Amarras plásticas y cinta eléctrica adhesiva | Para sujeción de cartridge y líneas de muestreo a la sonda |
| | Pilas AA para equipo PDR | Energía para PDR |
| | Baterías recargables equipo GilAir | Energía para GilAir |
| | Laucha | Para limpieza de líneas de muestreo |

| | | |
|---------------------|--|------------------------------------|
| <i>Algoritmos</i> → | INSTRUCTIVO OPERACIONAL MEDICIONES DE EFICIENCIA EN PLANTAS DE CHANCADO | Gerencia Técnica, I + D |
| | OPERATIVO | EDICIÓN:00 |

5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

5.1 Lugares de Muestreo

Los sitios de muestreo se ubican en distintos puntos de traspasos y descargas de las plantas de chancado.

5.2 Preparación del Equipo de Muestreo

- Los equipos deben ser entregados por el área de Mantenimiento en buenas condiciones calibrados y certificados.
- Los filtros deben ser solicitados al Laboratorio.
- La preparación y montaje del sistema de muestreo, así como los cambios de filtros se debe hacer en sala limpia para evitar contaminación cruzada.

5.3 Tiempos de Muestreo

Durante la operación de las plantas de chancado con supresores de polvo encendidos, se tendrán bajas concentraciones de MP. A la inversa, si los supresores están apagados, se tendrán concentraciones altas.

En el siguiente cuadro se establecen los tiempos estimados de duración de los muestreos.

| Supresores de polvo Planta de Chancado | Concentración MP (mg/m ³) | Flujos (L/min) | Tiempo de muestreo (Minutos) | Volumen muestreo (Litros) PDR/GilAir |
|---|--|-------------------|------------------------------------|--|
| Encendidos | ≤ 0,1 | 2,65 PDR | 30 min | 80/120 |
| Apagados | ≥ 1 | 4 GilAir | 30 min | 80/120 |

| | | |
|---------------------|--|------------------------------------|
| <i>Algoritmos</i> → | INSTRUCTIVO OPERACIONAL MEDICIONES DE EFICIENCIA EN PLANTAS DE CHANCADO | Gerencia Técnica, I + D |
| OPERATIVO | EDICIÓN:00 | |

5.4 Desarrollo del Muestreo

Diariamente se debe realizar coordinación con personal de la planta chancado, según el programa de muestreo. Solo se realizarán las mediciones en condiciones normales de operación.

- Completar registros según Planta y Punto de Muestreo. Ver Anexo
- Instalar sonda en el punto de muestreo. Afianzar en estructuras cercanas
- Encender equipos PDR y GilAir
- Chequeo de fugas
- Habilitar corrección por humedad relativa en PDR
- Captura de datos PDR cada 10 segundos
- Ajustar flujos de muestreo (PDR=2,65 L/min; GilAir=4 L/min)
- Definir tiempo de muestreo según tabla del punto 5.3
- Limpieza de sondas y portafiltro entre mediciones
- Rescate de datos del PDR por medición

5.5 Determinación de la Eficiencia de los Supresores en Planta de Chancado


Para obtener las eficiencias operacionales de los supresores de polvo, en cada punto de muestreo situado en las plantas de chancado, se utilizó la siguiente ecuación:

$$Eficiencia (\%) = \left(\frac{\overline{C_{SS}} - \overline{C_{CS}}}{\overline{C_{SS}}} \right) \cdot 100$$

Dónde:

$\overline{C_{SS}}$: Concentración promedio monitoreada sin funcionamiento de supresor de polvo (ug/m³)

$\overline{C_{CS}}$: Concentración promedio monitoreada con funcionamiento de supresor de polvo (ug/m³)

| | | |
|---|--|------------------------------------|
|  | INSTRUCTIVO OPERACIONAL MEDICIONES DE EFICIENCIA EN PLANTAS DE CHANCADO | Gerencia Técnica, I + D |
| OPERATIVO | EDICIÓN:00 | |

5.6 Tratamiento de datos

Una vez realizadas las mediciones en los distintos puntos, los datos son rescatados desde el equipo de monitoreo continuo (PDR) como archivo en formato texto plano (txt).

Posteriormente, estos son ingresados a una planilla Excel donde se analiza el comportamiento de los registros. Con las concentraciones promedio para cada punto de muestreo en cada caso (con supresor de polvo activo y sin supresor de polvo), se procede luego calcular la eficiencia por cada punto de muestreo.

Finalmente los valores de eficiencia obtenidos con el equipo de monitoreo continuo (PDR), son contrastados con el análisis gravimétrico del MP10 capturado por el equipo GillAir.

6 REFERENCIAS


- Manuales de Fabricantes.

7 CONTROL DE REGISTROS Y ANEXOS

CAMPAÑA DE MEDICIONES DE EFICIENCIA EN PLANTAS DE CHANCADO

Cliente **Minera Teck CDA**
Planta _____
Fecha _____
Proyecto **ATM084-16**
Equipo **Bomba GilAir polvo total**

| ID | Identificación Filtros | Lugar de Muestreo | Observaciones |
|----|------------------------|-------------------|---------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| | | |
|---|--|------------------------------------|
|  | INSTRUCTIVO OPERACIONAL MEDICIONES DE EFICIENCIA EN PLANTAS DE CHANCADO | Gerencia Técnica, I + D |
| | OPERATIVO | EDICIÓN:00 |

CAMPAÑA DE MEDICIONES DE EFICIENCIA EN PLANTAS DE CHANCADO

Cliente **Minera Teck CDA**
Planta _____
Fecha _____
Proyecto ATM084-16
Equipo PDR ciclón MP10

| ID | Identificación Filtros | Lugar de Muestreo | Observaciones |
|----|------------------------|-------------------|---------------|
| 1 | PDR-CAT-0001 | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Teck

DLA-CDA-2017-053

Santiago, 27 de noviembre de 2017

Señor

Cristian Franz Thorud

Superintendente de Medio Ambiente

PRESENTE



De mi consideración:

Francisco Allendes Barros, en representación de Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo, ambos domiciliados para estos efectos en Av. Isidora Goyenechea, número 2800, oficina 802, comuna de Las Condes, Santiago, a Usted respetuosamente expongo:

A fin de precisar aspectos contenidos en la carta DLA-CDA-2017-047, adjunto a usted documento denominado "Complemento Anexo N°1 Metodología de Estimación de Emisiones de MP10 Teck CDA" para complementar la información enviada en el documento denominado "Informe de Respuesta a requerimiento de información de Resolución Exenta N° 1193 de fecha 10 de octubre del año 2017 de la Superintendencia de Medio Ambiente".

En caso de requerir antecedentes adicionales, estamos a su disposición a través de contacto con Ximena Retamal, Superintendente de Medio Ambiente de Faena Carmen de Andacollo, al celular +56942421093 o a su correo electrónico: ximena.retamal@teck.com.

Sin otro particular, saluda muy atentamente a usted,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Francisco Allendes Barros", written over a horizontal line.

FRANCISCO ALLENDES BARROS

Representante Legal

P. Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo

Complemento Anexo 1: Metodología de
Estimación de Emisiones de MP10 Teck CDA
- PDA

Teck

CONTENIDO

| | | |
|----|---|-------------|
| 1 | INTRODUCCION..... | <u>14</u> |
| 2 | ANTECEDENTES GENERALES | <u>2</u> |
| | 2.1 Descripción del Proceso Productivo | <u>33</u> |
| 3 | ASPECTOS GENERALES DE LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE EMISIONES | <u>55</u> |
| 4 | FUENTES DE EMISION..... | <u>55</u> |
| 5 | FACTORES DE EMISIÓN..... | <u>88</u> |
| 6 | PARÁMETROS DE EMISIÓN | <u>99</u> |
| 8 | EFICIENCIAS EN EL CONTROL DE EMISIONES..... | <u>1312</u> |
| 9 | REPORTES A LA AUTORIDAD..... | <u>1413</u> |
| 10 | REFERENCIAS | <u>1413</u> |
| 11 | ANEXO | <u>1413</u> |
| - | Anexo 1A, Procedimiento para el Cálculo de Eficiencias de Supresores de Polvo en Caminos de Faena Teck CDA..... | <u>1413</u> |
| - | Anexo 1B, Instructivo Operacional de Mediciones de Eficiencia en Plantas de Chancado. | <u>1413</u> |

1 INTRODUCCION

El año 2009, la Localidad de Andacollo fue declarada zona saturada por MP10 en sus métricas de 24 horas y media anual, por tal motivo, la autoridad ambiental elaboró un Plan de Descontaminación, el cual tiene por objetivo reducir las emisiones de MP10, con el fin de recuperar la calidad del aire que asegure la protección a la salud de sus habitantes.

El Plan de Descontaminación Atmosférica para la localidad de Andacollo y sectores aledaños (PDA), establece una serie de medidas para el control de emisiones de MP10 a las fuentes del área y en especial a las faenas mineras.

Además, el PDA establece entre otras medidas, que Teck CDA debe elaborar una metodología de cálculo o estimación de sus emisiones de MP10, la cual debe ser presentada a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) para que sea aprobada dentro de un plazo de 3 meses. Una vez aprobada la metodología por parte de la SMA, Teck CDA la utilizará con la finalidad de realizar la estimación de emisiones anuales.

Respecto de lo anterior, se debe indicar que con fecha 12 de agosto del año 2015 la SMA a través de Resolución Exenta N°697 aprobó la metodología propuesta en ese mismo año, correspondiendo el presente documento a una modificación de la versión aprobada y se ampara en el Resuelvo *SEGUNDO Condiciones* de la Res.Ex.697/2017 de la SMA.

Junto con lo anterior, el presente documento contiene la propuesta de modificación de la metodología actualmente vigente de cálculo de emisiones, en virtud de la Resolución Exenta N°1193/2017.

2 ANTECEDENTES GENERALES

La faena minera de Teck CDA se encuentra ubicada en la localidad de Andacollo, la cual se localiza en la Región de Coquimbo, provincia del Elqui, comuna de Andacollo, a una altitud promedio de 1.040 metros sobre el nivel del mar y a 53 kilómetros al Sur-Este de La Serena. Para acceder a Andacollo se debe tomar las rutas asfaltadas 43 y D-51, las cuales conectan la capital regional (La Serena) con Andacollo. La lamina 1 muestra la localización en el contexto regional. La lamina 2 muestra el polígono del área declarada como zona saturada por MP10.

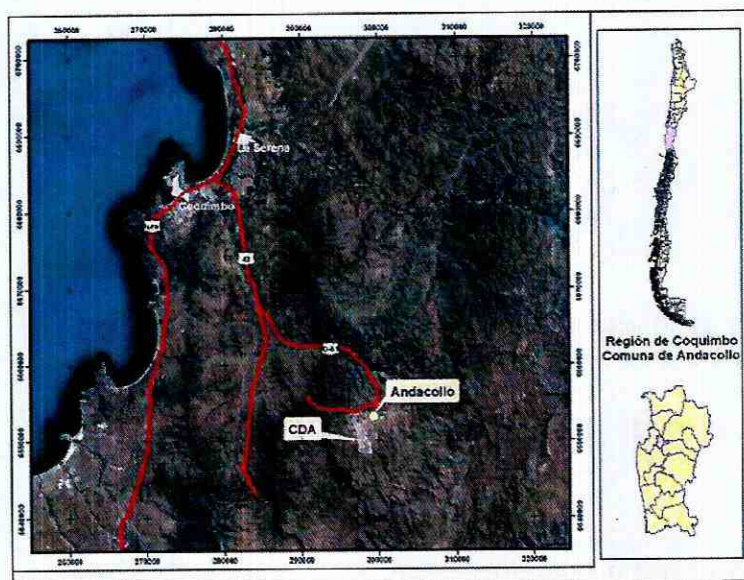


Lámina 1: Localización Andacollo

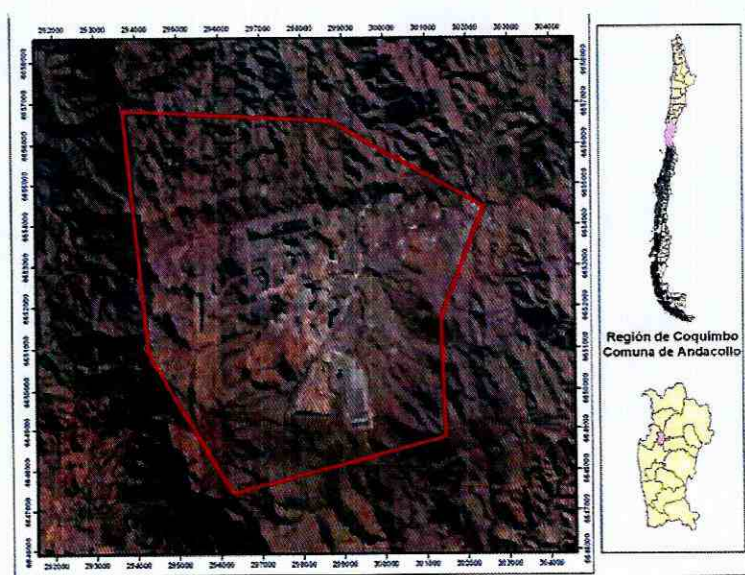


Lámina 2: Zona (polígono) declarado como zona saturada por MP10 en Andacollo

2.1 Descripción del Proceso Productivo

La faena corresponde a una mina de cobre explotada por el método de rajo abierto y corresponde a un pórfido cuprífero que posee una alteración secundaria en su parte superior (mineral supérgeno) y una mineralización hipógena o primaria localizada por debajo de la mineralización descrita anteriormente. La mineralización supérgena o enriquecimiento secundario corresponde a la zona superior de explotación del yacimiento que es procesada en la planta de hidrometalurgia pasando por los procesos de chancado y aglomeración, lixiviación (LIX), extracción por solventes (SX) y electro-obtención (EW), hasta la obtención de cátodos de cobre. El proceso supérgeno tiene una capacidad nominal de producción de 10 ktpd¹ de mineral.

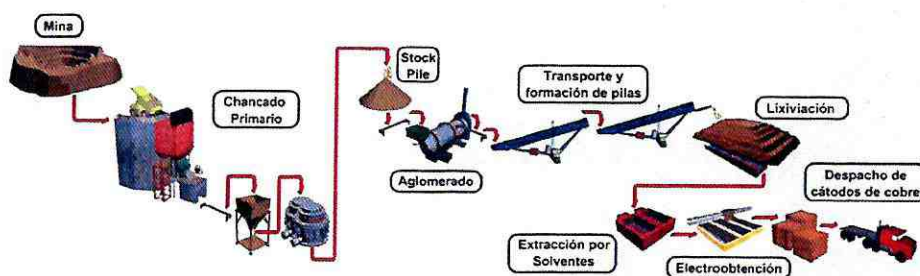


Lámina 3: Representación del proceso de producción de cátodos de cobre (Supérgeno)

La mineralización hipógena o primaria, se localiza inmediatamente debajo de la zona supérgeno. Este procesamiento se realiza mediante chancado, molienda, flotación y manejo de reactivos, espesamiento y filtrado de concentrados, con una línea también de espesamiento y conducción de relaves.

El mineral extraído de la mina es descargado por camiones al chancador primario giratorio, y su producto, es transportado al acopio de gruesos que alimenta al proceso posterior, que es la molienda. En la molienda se reduce el tamaño de los gruesos que produce el chancado primario hasta un rango de 150 μm , tamaño necesario para alimentar la etapa siguiente del proceso, la flotación. La flotación recibe el mineral fino de la molienda y es procesado en diferentes etapas; flotación primaria, flotación de primera limpieza, flotación de segunda limpieza y flotación de barrido o scavenger.

La flotación primaria genera un primer concentrado con contenidos de cobre entre 3 y 10% que son posteriormente procesados en circuito cerrado en las demás etapas, hasta obtener un concentrado de cobre con leyes alrededor de 26%, que constituye el producto final del proceso. Estos concentrados son posteriormente

¹ Ktpd: miles de toneladas por día.

enviados a una etapa de espesamiento y filtración donde se reduce su contenido de humedad, recuperando de esta manera agua para reciclarla al proceso. En el área de filtrado de concentrado se realiza las actividades de acopio de concentrado, para su posterior carguío y despacho a puerto en camiones.

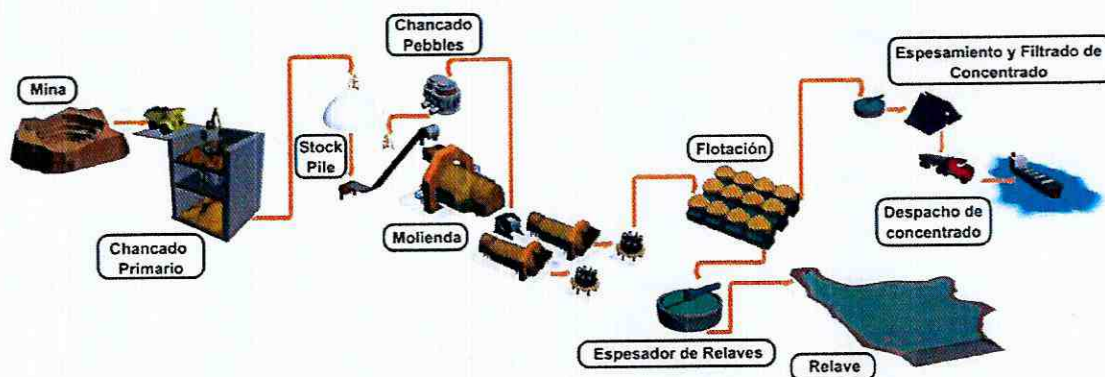


Lámina 4: Representación del proceso de producción de concentrado de cobre (Hipógeno)

3 ASPECTOS GENERALES DE LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE EMISIONES

La emisión de un contaminante (Tasa de Emisión), corresponde a la masa de ese contaminante liberada a la atmósfera por unidad de tiempo. Normalmente se expresa en términos de toneladas al año, kilogramos al día, o gramos por segundo.

La ecuación general para la estimación de emisiones de una fuente dada es la siguiente:

$$E = FE * A * \left(1 - \frac{RE}{100} \right)$$

Dónde:

- E* : Tasa de emisión (masa/tiempo)
- FE* : Factor de emisión (masa/nivel de actividad)
- A* : Nivel de actividad (depende de la fuente)
- RE* : Eficiencia de reducción de emisiones, expresada en %

Los factores de emisión corresponderán a valores representativos que relacionan la cantidad de un contaminante liberado a la atmósfera con la actividad asociada a la generación de ese contaminante. Estos factores se expresarán generalmente como el peso del contaminante dividido por una unidad de peso, volumen, distancia, o duración de la actividad emisora.

Los niveles de actividad dependerán del tipo de fuente, y estos corresponderán a la cantidad procesada (chancada o transferida), kilómetros recorridos, número de perforaciones al día, número de tronaduras al día, consumo de combustible, etc.

La eficiencia de reducción de emisiones, corresponderá al porcentaje de captura de las emisiones, asociado a un sistema de control de emisión. La eficiencia dependerá del equipo de control, de su operación, frecuencia de uso, etc.

4 FUENTES DE EMISION

Es necesario indicar que la estimación de MP10 se hará en base a las fuentes consideradas en el informe técnico que da sustento al PDA elaborado por el Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA).

La Tabla 4.1 muestra las fuentes de emisión de MP10 a considerar, y la Tabla 4.2 describe el origen del material particulado asociado a cada fuente.

Tabla 4.1: Fuentes de MP10 consideradas

| Área Productiva | Fuentes de emisión |
|-----------------|--------------------------------------|
| Mina | Tronadura |
| | Tránsito de camiones |
| | Manejo y almacenamiento pila Origen |
| | Manejo y almacenamiento pila Destino |
| Planta | Descarga chancado Hipógeno |
| | Descarga chancado Supérgeno |
| | Chancado 1° Hipógeno |
| | Chancado 1° Supérgeno |
| | Chancado 2° Supérgeno |
| | Chancado 3° Supérgeno |

Tabla 4.2: Descripción de las fuentes de MP10

| Fuentes de Emisión | Descripción de la Fuente |
|---|--|
| Tronadura | Polvo generado en el proceso de fragmentación de la roca por efecto de la liberación de energía del explosivo. |
| Tránsito de camiones | Polvo levantado por acción de las ruedas de los camiones al transportar el material desde un punto de origen a un destino. Considera transporte con y sin carga. |
| Manejo y almacenamiento pila Origen y Destino (Transferencia de material) | Polvo levantado al transferir material y depositarlo en un sector determinado para procesar. Origen son las fases de explotación y Destinos los stocks de almacenamiento |
| Descarga chancado Hipógeno | Polvo generado al descargar el mineral de sulfuros en la tolva de chancado. |
| Descarga chancado Supérgeno | Polvo generado al descargar el mineral de óxidos en la tolva de chancado. |
| Chancado 1° Hipógeno | Polvo generado en el proceso de reducción de tamaño en el chancador de sulfuros |
| Chancado 1° Supérgeno | Polvo generado en el proceso de reducción de tamaño en el Chancador primario de óxidos. |
| Chancado 2° Supérgeno | Polvo generado en el proceso de reducción de tamaño en el Chancador secundario de óxidos. |
| Chancado 3° Supérgeno | Polvo generado en el proceso de reducción de tamaño en el Chancador terciario de óxidos. |

La Tabla 4.3 muestra en forma referencial las coordenadas de las fuentes. Cabe notar que por la dinámica de una operación minera, varias fuentes cambian de localización, tales como, las tronaduras, caminos, transferencias, etc.

Tabla 4.3: Localización de fuentes en UTM WGS-84*

| Fuentes de emisión | Este (m) | Norte (m) |
|--------------------------------------|--------------|-----------|
| Tronadura | 297.968 | 6.652.059 |
| Tránsito de camiones | Ver Figura 1 | |
| Manejo y almacenamiento pila Origen | 297.969 | 6.652.059 |
| Manejo y almacenamiento pila Destino | 297.853 | 6.651.529 |
| Descarga chancado Hipógeno | 298.926 | 6.651.221 |
| Descarga chancado Supérgeno | 298.655 | 6.650.967 |
| Chancado 1º Hipógeno | 298.948 | 6.651.174 |
| Chancado 1º Supérgeno | 298.681 | 6.650.936 |
| Chancado 2º Supérgeno | 298.790 | 6.650.880 |
| Chancado 3º Supérgeno | 298.799 | 6.650.874 |

*: Coordenadas referenciales

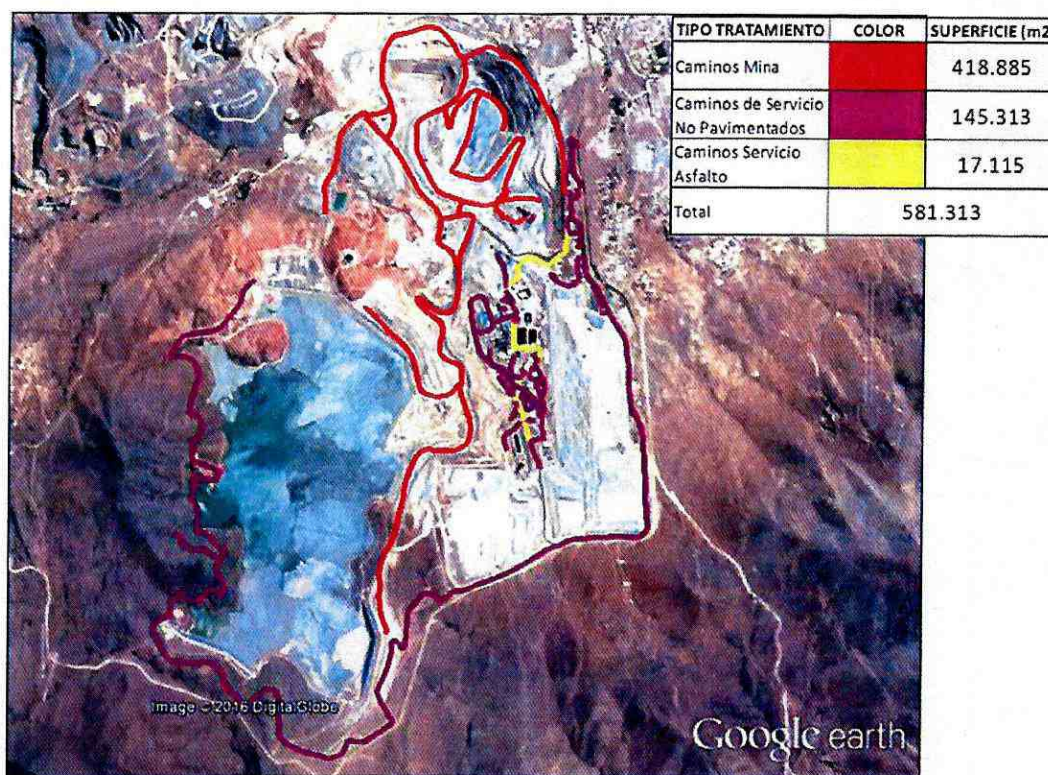


Figura 1: Red Actual de Caminos Teck Cda. (Fuente imagen Google Earth)

La figura N°1 corresponde a una imagen de referencia, ya que los caminos pueden variar en el tiempo por estar insertos en una operación minera dinámica.

5 FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión que se utilizarán, corresponden a los empleados por el estudio CENMA "Diagnostico de Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación, Andacollo", del año 2011 utilizado como línea base para el Plan de Descontaminación Atmosférico de Andacollo y Sectores aledaños.

La Tabla 5.1, entrega un detalle de los factores de emisión que serán utilizados en esta metodología.

Tabla 5.1: Factores de Emisión de MP10²

| Fuente de emisión | Factor de emisión | Parámetros | | Nivel de actividad | | | |
|---|---|--|--------------------------------|--|---------------------------------|--|---------|
| | | Descripción | Unidad | Descripción | Unidad | | |
| Tránsito por caminos no pavimentados | $Fe = 281.9 \cdot k \cdot \left(\frac{S}{12}\right)^{0.69} \cdot \left(\frac{W}{3}\right)^{0.45}$ | Fe: Factor de emisión MP ₁₀ k: coeficiente de tamaño de partícula emitida para MP ₁₀ ; k=1.5 S: contenido de finos del camino (%) W: Peso promedio de la flota de vehículos que transitan por la vía (t) | gr/veh-km | Total kilómetros transitados por la flota de vehículos transitado al día | Veh-km/día | | |
| Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización 2006, Capítulo 13, Sección 13.2.2, ec.(1a) | | | | | | | |
| Tránsito por caminos pavimentados | $Fe = k \cdot \left(\frac{Sp}{2}\right)^{0.65} \cdot \left(\frac{W}{3}\right)^{1.5}$ | Fe: Factor de emisión MP ₁₀ k: coeficiente de tamaño de partícula emitida para MP ₁₀ ; k=4.6 (g/Km) Sp: Contenido de Silt del camino, partículas con diámetro aerodinámico menor o igual a 75 µm (g/m ²) W: Peso promedio de la flota de vehículos que transitan por la vía (t) | gr/veh-km | Total kilómetros transitados por la flota de vehículos transitado al día | Veh-km/día | | |
| Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización 2006, Capítulo 13, Sección 13.2.1 | | | | | | | |
| Transferencia de material (carga y descarga) | $Fe = 0.0016 \cdot k \cdot \left(\frac{v}{2.2}\right)^{1.5} \cdot \left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}$ | Fe: Factor de emisión de MP ₁₀ k: Coeficiente de tamaño de partícula emitida, para MP ₁₀ ; k=0.35 v: Velocidad del viento (m/s) M: Contenido de humedad (%) | Kg/Ton de material transferido | Toneladas de material transferidas en un día | Ton/día | | |
| Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42 Actualización 2003, Capítulo 13, Sección 13.2.4.1 | | | | | | | |
| Descarga en planta | $Fe = f \cdot 0.0029 \cdot \frac{d^{0.7}}{M^{0.4}}$ | Fe: Factor de emisión de MP ₁₀ f: 0.75 d: altura de descarga (m) M: Contenido de humedad (%) | Kg/m ³ | Volumen de material descargado | m ³ /día | | |
| Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42, Capítulo 11, Sección 11.9, Tabla 11.9.2 | | | | | | | |
| Tronadura | $Fe = f \cdot 0.00022 \cdot A^{1.5}$ | Fe: Factor de emisión de MP ₁₀ f: 0.52 A: area a tronar (m ²) | Kg/tronadura | Nº de tronadura | Tron./día | | |
| Environmental Protección Agency USA (EPA), Reporte AP-42, Capítulo 11, Sección 11.9, Tabla 11.9.2 | | | | | | | |
| Chancadores | Tipo chancador | Fe | Fe_cont | Fe: Factor de emisión de MP ₁₀ Fe_cont: Factor de emisión de MP ₁₀ controlado | Lbs/ton de material transferido | Toneladas de material cargadas en un día | Ton/día |
| | Primario SCC 3-05-020-01 | 0.00071 | 0.0000355 | | | | |
| | Secundario SCC 3-05-020-01 | 0.0024 | 0.00054 | | | | |
| | Terciario SCC 3-05-020-01 | 0.0024 | 0.00054 | | | | |
| Environmental Protección Agency USA (EPA), Stone processing operations, January 3, 2005. | | | | | | | |

²Fuente: Informe Final CENMA, 2011

6 PARÁMETROS DE EMISIÓN

Los parámetros de emisión son valores asociados a las ecuaciones de los factores de emisión indicadas en esta metodología. Algunos parámetros se obtienen de registros meteorológicos de la zona, otros de características de los materiales (humedad y contenido de finos), y otros asociados al flujo vehicular (peso promedio de la flota).

La Tabla 5.2, entrega un detalle de los parámetros de emisión que se utilizarán en esta metodología.

Tabla 5.2: Parámetros de Emisión de MP10

| Fuente de Emisión | Nombre del Parámetro | Tipo de Determinación | Forma de Determinación del Parámetro | Referencia forma de Determinación | Valor del Parámetro | Frecuencia de Actualización |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|--|--|--|-----------------------------|
| Tronaduras | Área de Tronadura | Medición | Se calcula un polígono trazado por fuera de los pozos a una distancia de medio Burden (Distribución en fila de Pozos) y el software ShotPlus Professional (software para diseño de tronadura) genera el resultado del área. | Elaboración Propia por Empresa colaboradora a cargo de tronaduras | Valor obtenido de la suma de las áreas tronadas por día, es un valor variable dependiendo de las tronaduras ejecutadas | Diaria |
| Carga | Humedad del Material | Valor de Referencia | Estudio CENMA "Diagnostico de Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación, Andacollo" del año 2011, Tabla 2-2 "Parámetros Utilizados en los Factores de Emisión", ítem Contenido de Humedad Mineral. | Centro Nacional del Medio Ambiente | 4,8% | Permanente |
| | Velocidad del Viento | Medición | Registro en línea de velocidad del viento medida en Estación Urmeneta. | Plataforma de Calidad del Aire interna (Ambilogger) | Valor promedio de los registros en línea obtenidos diariamente, no es un valor fijo. | Diaria |
| Descarga | Humedad del Material | Valor de Referencia | Estudio CENMA "Diagnostico de Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación, Andacollo" del año 2011, Tabla 2-2 "Parámetros Utilizados en los Factores de Emisión", ítem Contenido de Humedad Mineral. | Centro Nacional del Medio Ambiente | 4,8% | Permanente |
| | Velocidad del Viento | Medición | Registro en línea de velocidad del viento medida en Estación Urmeneta. | Plataforma de Calidad del Aire interna (Ambilogger) | Valor promedio de los registros en línea obtenidos diariamente, no es un valor fijo. | Diaria |
| Descarga en Planta | Humedad del Material | Valor de Referencia | Estudio CENMA "Diagnostico de Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación, Andacollo" del año 2011, Tabla 2-2 "Parámetros Utilizados en los Factores de Emisión", ítem Contenido de Humedad Mineral. | Centro Nacional del Medio Ambiente | 4,8% | Permanente |
| | Altura de Descarga | Valor de Referencia | Estudio CENMA "Diagnostico de Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación, Andacollo" del año 2011. | Centro Nacional del Medio Ambiente | 3,2 metros | Permanente |
| Transito en camino Pavimentado | Peso Medio | Estimación | El peso medio se calcula en base a la siguiente formula: (1) $PPP=PPC*PV$ (2) $PPR=IPPP$ Donde: PPP: Proporción del peso por tipo de vehículo. PPR: Peso medio (ton) de toda la flota que circula por un tramo de la ruta. PPC: Peso medio asignado a cada tipo de vehículo (ton) (Peso de la tara + (peso de la tara + carga))/2) PV: Peso asignado por número de viajes. (Viajes totales por tipo de vehículo)/ (total de viajes de flota) | AP 42, Fifth Edition, Volume 1, Chapter 13: Miscellaneous Sources, Paved Road | Valor definido según Tramo | Diaria |
| | Silt | Valor de Referencia | AP-42, Compilación de Factores de Emisión para Contaminantes Atmosféricos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. | AP 42, Fifth Edition, Volume 1, Chapter 13: Miscellaneous Sources, Paved Road, Tabla 13.2.1-3, Industry "Quarry" | 8,2 g/m ² | Permanente |
| Transito en camino no pavimentado | Peso Medio | Estimación | El peso medio se calcula en base a la siguiente formula: (1) $PPP=PPC*PV$ (2) $PPR=IPPP$ Donde: PPP: Proporción del peso por tipo de vehículo. PPR: Peso medio (ton) de toda la flota que circula por un tramo de la ruta. PPC: Peso medio asignado a cada tipo de vehículo (ton) (Peso de la tara + (peso de la tara + carga))/2) PV: Peso asignado por número de viajes. (Viajes totales por tipo de vehículo)/ (total de viajes de flota) | AP 42, Fifth Edition, Volume 1, Chapter 13: Miscellaneous Sources, unpaved Road | Valor definido según Tramo | Diaria |
| | Silt | Valor de Referencia | AP-42, Compilación de Factores de Emisión para Contaminantes Atmosféricos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. | AP 42, Fifth Edition, Volume 1, Chapter 13: Miscellaneous Sources, Unpaved Road, Tabla 13.2.2-1, Industry "Stone Quarrying and Processing" | Caminos Planta 10%, Caminos desde y hacia el rajo o pit 8.3% | Permanente |

7 NIVELES DE ACTIVIDAD

Los niveles de actividad de una operación minera, varían según el tipo de fuente emisora de MP10.

La fuente principal de obtención de los niveles de actividad está centralizada en el sistema de despacho de camiones (en adelante "dispatch"). Esta corresponde al registro horario y georreferenciado de los movimientos de material al interior de la operación minera. De esta base de datos se obtienen las toneladas cargadas a camión, transportadas a pilas, transportadas a stocks, muros, y a la planta de chancado.

Además, del dispatch se obtiene los kilómetros recorridos entre orígenes y destinos, número de viajes realizados con lo cual podemos determinar las emisiones asociadas a el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados, así como la ruta seguida.

Para el caso del número de viajes para determinar las emisiones de caminos pavimentados se utilizará

- El valor promedio diario obtenido del número de viajes de los registros de control de acceso y registros de empresas colaboradoras, que incorporan la hora de inicio, hora de término y kilómetros recorridos de cada viaje por cada vehículo de transporte de pasajeros.
- Para el número de viajes de las camionetas de empresas colaboradoras y propias se utiliza un valor promedio de acuerdo a la flota que ingresa y sale de faena por día, lo anterior es por medio de un registro de ingreso y salida que se lleva en control de acceso de Teck.
- Para los camiones de concentrado se utiliza un valor promedio diario de viajes (ida y vuelta) obtenido de una planilla diaria completada en el control de acceso de faena en donde se registra la hora de ingreso y salida de los camiones.

La Tabla 5.3, entrega un detalle de los niveles de actividad que se utilizarán en esta metodología.

Tabla 5.3: Niveles de Actividad

| Fuente de Emisión | Nivel de Actividad | Tipo de Determinación | Forma de Obtención | Medio de Verificación |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|---|
| Tronaduras | Cantidad de Tronaduras | Medición | Software para diseño de Tronaduras | Registro Interno área Perforación y Tronadura |
| Carga | Material Transportado | Medición | A través del software de control del proceso se obtienen los valores de transferencia de materiales que son medidos en las plantas, luego estos valores son registrados en un programa, para su posterior rescate de registros. | Registro Interno Despacho Mina |
| Descarga | Material Transportado | Medición | A través del software de control del proceso se obtienen los valores de transferencia de materiales que son medidos en las plantas, luego estos valores son registrados en un programa, para su posterior rescate de registros. | Registro Interno Despacho Mina |
| Descarga en Planta | Material Transportado | Medición | A través del software de control del proceso se obtienen los valores de transferencia de materiales que son medidos en las plantas, luego estos valores son registrados en un programa, para su posterior rescate de registros. | Registro Interno Despacho Mina |
| Chancadores | Material Chancado | Medición | A través del software de control del proceso se obtienen los valores de transferencia de materiales que son medidos en las plantas, luego estos valores son registrados en un programa, para su posterior rescate de registros. | Registro Interno Despacho Mina |
| Transito en Camino Pavimentado | Vehiculos por kilometro recorrido | Medición | N° Viajes al mes y kilómetros recorridos registrados por GPS de los Vehículos, obtenido mediante la formula: KTR: VT * DR Dónde: KTR: Kilómetros totales recorridos al mes. VT: Viajes totales (ida + vuelta) al mes por tipo de vehículo. DR: Distancia recorrida en cada viaje de ida. | Vehículos transporte de pasajeros: Registros de control de acceso y registros de empresas colaboradoras, que incorporan la hora de inicio, hora de término y kilómetros recorridos de cada viaje por cada vehículo. Vehículos Livianos o Camionetas: Registro de control de acceso de ingreso y salida de faena por día. Transporte de Concentrado: Registro de Control de Acceso diario en donde se registra la hora de ingreso y salida de los camiones |
| Transito en Camino No pavimentado | Vehiculos por kilometro recorrido | Medición | N° Viajes al mes y kilómetros recorridos registrados por GPS de los Vehículos, obtenido mediante la formula: KTR: VT * DR Dónde: KTR: Kilómetros totales recorridos. VT: Viajes totales (ida + vuelta) por tipo de vehículo. DR: Distancia recorrida en cada viaje de ida. | Registro Interno Despacho Mina en donde se obtiene el valor real obtenido de los GPS de los vehículos que operan en la mina. |

8 EFICIENCIAS EN EL CONTROL DE EMISIONES

Teck CDA utiliza en su operación variados sistemas o medidas de mitigación de sus emisiones, entre ellas, el uso de aditivos o riego en caminos, stock pile cubierto con domo, humectación de frentes de carga, tolvas de chancado encapsuladas, uso de aspersores en plantas de chancado que aplican agua como también la aplicación de espuma.

Para los caminos asfaltados, caminos tratados con supresores y caminos regados con agua, se considerarán las eficiencias reales de supresión medidas en la red de caminos de TECK CDA, en Anexo N°1A se adjunta Metodología para el Cálculo de Eficiencias de Supresores de Polvo en Caminos de Faena Teck CDA.

La eficiencia en el control del MP10 en los chancadores, se obtendrá a través de una campaña de medición realizada por una empresa externa competente, para lo cual se requerirá tomar muestras de MP10 con los sistemas de control encendidos y apagados en los chancadores, en Anexo 1B se adjunta Instructivo Operacional de Mediciones de Eficiencia en Plantas de Chancado de empresa externa.

La Tabla 5.4, entrega un detalle de cómo se cuantifica la eficiencia que se utilizarán en esta metodología.

Tabla 5.4: Cuantificación de la Eficiencia en Control de Emisiones

| Fuente de Emisión | Forma de Cuantificación de Eficiencia | Cuantificación de la Eficiencia | Medio de Verificación |
|-------------------------|---------------------------------------|---|-----------------------|
| Chancados | Medición | La campaña de medición se realiza en forma anual mediante la cuantificación del material particulado con los sistemas de supresión apagados y con sistemas de supresión encendidos en las Plantas de Chancado por un periodo de 1 hr (30 min funcionando con medidas de supresión y 30 min funcionando sin medidas de supresión), de esta forma se calcula la eficiencia bajo la fórmula indicada en el capítulo 5, ítem 5.5 del Anexo 1B "Instructivo Operacional Mediciones de Eficiencia en Plantas de Chancado" | Informes de medición |
| Caminos Pavimentados | Medición | La campaña de medición de material particulado se realiza a través de un equipo Dustmate ubicado en la rueda trasera del vehículo para medir el haz de polvo generado producto de la interacción del neumático con la superficie del caminos. Esta se mide en 4 tramos de caminos pavimentados 2 veces a la semana en un horario cercano a las 14:00 hrs. Ver Anexo 1A Metodología para el Cálculo de Eficiencias de Supresores de Polvo en Caminos de Faena Teck Cda. | Informes de medición |
| Caminos no Pavimentados | Medición | La campaña de medición de material particulado se realiza a través de un equipo Dustmate ubicado en la rueda trasera del vehículo para medir el haz de polvo generado producto de la interacción del neumático con la superficie del caminos. Esta se mide en 4 tramos de caminos pavimentados 2 veces a la semana en un horario cercano a las 14:00 hrs. Ver Anexo 1A Metodología para el Cálculo de Eficiencias de Supresores de Polvo en Caminos de Faena Teck Cda. | Informes de medición |

9 REPORTE A LA AUTORIDAD

El Informe de emisiones de MP10 de Teck CDA contendrá una descripción del proceso productivo del año en cuestión, la cantidad de mineral y lastre movido en el año, los niveles de actividad, las eficiencias de los sistemas de control y las emisiones de MP10 en toneladas al año. Dicho informe, se entregará dentro de los primeros quince días del mes de marzo de cada año, tal como lo exige el PDA.

10 REFERENCIAS

- AP-42 de la USEPA. <http://www.epa.gov/ttn/chief>
- Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana. Seremi Medio Ambiente Región Metropolitana, 2012.
- BS Consultores, Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire para el Servicio de Evaluación Ambiental, 2015.
- AP-42 de la USEPA. Capítulo 13.2.1 Paved Roads
- AP-42 de la USEPA. Capítulo 13.2.2 Unpaved Roads
- Estudio CENMA "Diagnostico de Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación, Andacollo", año 2011.

11 ANEXO

- **Anexo 1A**, Procedimiento para el Cálculo de Eficiencias de Supresores de Polvo en Caminos de Faena Teck CDA
- **Anexo 1B**, Instructivo Operacional de Mediciones de Eficiencia en Plantas de Chancado.