

**PROGRAMA DE MONITOREO TERRESTRE
COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA**

INFORME SEGUNDO TRIMESTRE AÑO 2008

**DE : SERPRAM
A : COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA**

SANTIAGO, JULIO DE 2008

ÍNDICE

	<u>PAG</u>
I. CAPÍTULO I	
MONITOREO TERRESTRE TIERRA AMARILLA	3
1.1 Introducción	3
1.2 Recurso Hídrico Subterráneo	4
1.3 Aguas de Recirculación	5
1.4 Calidad de Aire y Meteorología	6
II. CAPÍTULO II	
MONITOREO TERRESTRE CALDERA	22
2.1 Introducción	22
2.2 Calidad del Aire y Meteorología	22

ANEXOS

ANEXO 1 Certificados de análisis químicos

- 1.1 Análisis químico de PM10
- 1.2 Análisis químico del polvo sedimentable

ANEXO 2 Hojas con datos de terreno en monitoreo de PM10

ANEXO 3 METEOROLOGÍA

- Estación Tierra Amarilla
- Estación Mina
- Estación Caldera

CAPÍTULO I: MONITOREO TERRESTRE TIERRA AMARILLA

1.1 Introducción

SERPRAM se encuentra desarrollando, a partir del 01 de Enero de 2008, el Programa de Monitoreo Ambiental - Localidad de Tierra Amarilla para la Compañía Contractual Minera Candelaria.

Cabe hacer notar, que en los años 1995 y 1996 el programa de monitoreo fue llevado a cabo por INTEC-CHILE y a partir del año 1997 lo está realizando SERPRAM, con el mismo personal técnico y tipo de equipamiento.

El programa dice relación con la calidad del agua y cuantificación de los recursos hídricos subterráneos, calidad del aire, meteorología y monitoreo de ruido y vibraciones, según acta de acuerdos del 4 de junio de 1997, suscrita por el Servicio Agrícola Ganadero, Servicio de Salud Atacama, Dames & Moore, SERPRAM, CCMC y CONAMA, informada mediante Ordinario N° 00409 del 6 de agosto de 1997 por parte de CONAMA y modificada por las Resoluciones N° 395 del 16 de julio de 1998 y N° 453 del 12 de julio de 1999, ambas del Servicio de Salud de Atacama.

El presente informe corresponde al Segundo Informe Trimestral del Monitoreo del recurso hídrico, tanto de aguas subterráneas como de aguas mina, pique y laguna de clarificación, calidad de aire y meteorología, realizados entre los meses de Abril y Junio de 2008.

Cabe hacer notar que el monitoreo durante este trimestre se realizó bajo el mismo esquema de los años anteriores, con algunas modificaciones menores que se explican en la sección respectiva.

Las actividades desarrolladas durante este segundo trimestre se resumen a continuación:

- Medición mensual de niveles freáticos en los puntos definidos por el programa.
- Monitoreo de material particulado respirable (PM10), cada tres días, en la estación de Tierra Amarilla.
- Muestreo mensual en polvo sedimentable en los puntos definidos por el programa.
- Recuperación de datos mensuales desde las estaciones meteorológicas ubicadas en Tierra Amarilla y Mina Candelaria.

1.2 Recurso Hídrico Subterráneo

1.2.1 Identificación de los puntos de muestreo

De acuerdo al programa de monitoreo establecido, los puntos de muestreo con frecuencia semestral para agua subterránea son cuatro, los cuales se detallan a continuación:

- WB 1 Pozo de Paipote, (Pozo 11) reemplaza al pozo de observación de la Dirección General de Aguas (Pozo DGA C-17) por estar varios años totalmente seco
- WB 2 Pozos de la Compañía Contractual Minera Candelaria, sector Tierra Amarilla (Pozo CCMC)
- WB 3 Pozo de la Compañía Contractual Minera Ojos del Salado, sector Tierra Amarilla (Pozo MINOSAL)
- WB 4 Pozo de la Empresa de Servicios Sanitarios de Atacama, sector de Nantoco (Pozo EMSSAT). A partir del año 2006 esta muestra se obtiene de una llave de una casa particular.

La ubicación de estos pozos se muestra en la Figura 1.2.1.

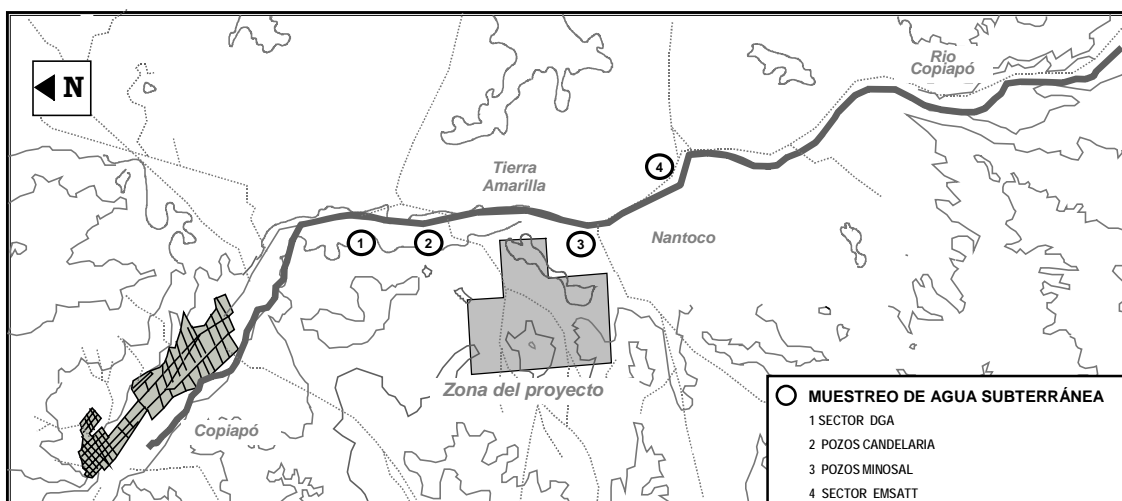


FIGURA 1.2.1
UBICACIÓN DE POZOS DE AGUA SUBTERRÁNEA
Compañía Contractual Minera Candelaria
Plan de Monitoreo Ambiental
Tierra Amarilla, III Región, Chile

1.2.2 Parámetros Analizados

De acuerdo al programa de monitoreo establecido, en este segundo trimestre del año 2008 no corresponde determinar la calidad físico química de las aguas subterráneas, sólo se midieron los niveles freáticos de los pozos de muestreo y de los cinco pozos de Candelaria.

Finalmente como dato complementario, se obtuvieron datos del caudal de agua extraída y recirculada en los pozos de Mina Candelaria. Esta información es de responsabilidad de Candelaria.

1.2.3 Resultados

En la Tabla 1.2.1 se presentan los resultados de los niveles freáticos medidos mensualmente en todos los pozos y en la Tabla 1.2.2 se presentan los resultados del agua extraída durante el segundo trimestre de 2008.

TABLA Nº 1.2.1
MUESTREO DE AGUA SUBTERRANEA TIERRA AMARILLA
MEDICION DE NIVEL FREATICO

TRIMESTRE 2: ABRIL, MAYO Y JUNIO DE 2008

POZO	COTA COLLAR (m.s.n.m.)	31.03.08		05.05.08		02.06.08	
		NIVEL FREATICO (m)	ACTIVIDAD	NIVEL FREATICO (m)	ACTIVIDAD	NIVEL FREATICO (m)	ACTIVIDAD
POZO EMSSAT	523.00	-	SI	-	SI	-	SI
POZO MINOSAL	507.08	414.11	NO	412.21	NO	411.13	NO
POZO Nº 2 CANDELARIA	482.64	397.71	NO	398.72	NO	398.7	NO
POZO Nº 3 CANDELARIA	482.64	398.00	NO	398.84	NO	398.84	NO
POZO Nº 4 CANDELARIA	482.71	-	NO	-	NO	-	NO
POZO Nº 5 CANDELARIA	484.75	399.51	NO	400.07	NO	399.85	NO
POZO Nº 6 CANDELARIA	484.46	407.62	NO	-	NO	-	NO
POZO DGA (C-17)	468.00	397.69	NO	397.17	NO	396.56	NO

TABLA Nº 1.2.2
CAUDAL DE AGUA EXTRAIDA Y RECIRCULADA
(RESUMEN MENSUAL)
TRIMESTRE 2: ABRIL, MAYO Y JUNIO DE 2008

MES	AGUA EXTRAIDA DE POZO		AGUA RECIRCULADA DE PIQUE	
	CANTIDAD (m3)	CAUDAL (L/s)	CANTIDAD (m3)	CAUDAL (L/s)
Abr-08	365,828	141.1	796,226	307.2
May-08	417,759	156.0	747,431	279.1
Jun-08	354,049	136.6	743,122	286.7

1.3 Aguas de recirculación

1.3.1 Identificación de los puntos de muestreo

En base al programa de monitoreo, durante este segundo trimestre de 2008. No corresponde realizar el muestreo de aguas en el sector de las faenas mineras, correspondientes a aguas de recirculación, cuya identificación es la siguiente:

- WM 1 Agua de mina
- WM 2 Agua de pique
- WM 3 Laguna de clarificación

1.4 Calidad del Aire y Meteorología

1.4.1 Puntos de Muestreo y Actividades Desarrolladas

1.4.1.1 Calidad de Aire

* Material Particulado Respirable (PM10)

De acuerdo al programa de monitoreo terrestre establecido en conjunto con las autoridades (Servicio de Salud Atacama, SAG, SERNAGEOMIN y CONAMA) se muestreó PM10 en estación Tierra Amarilla.

Durante este segundo trimestre de monitoreo (Abril - Junio 2008) se acondicionaron y pesaron los filtros antes y después del muestreo, en una sala con presión positiva, temperatura de 25°C y humedad relativa de 30%.

El muestreo se realizó con un muestreador de gran volumen, el que está provisto de un cabezal PM10, un controlador de flujo volumétrico (estado del arte) y un programador digital.

Algunos de los filtros recolectados fueron enviados a análisis químico para determinar el contenido de Arsénico y SiO₂ libre.

* Polvo Sedimentable (PS)

Se instalaron colectores de polvo en dos lugares los cuales tienen la siguiente identificación:

- PS3 : NANTOCO
- PS4 : SECTOR MINA

Los colectores fueron expuestos al aire ambiente durante treinta días y luego enviados al Laboratorio Químico para ser analizados por As, Cu, Fe y SiO₂ libre.

En Figura 1.4.1 se muestra la ubicación de los puntos de monitoreo.

1.4.1.2 Meteorología

Se monitoreó de acuerdo al programa velocidad y dirección del viento en Tierra Amarilla y en la Mina Candelaria. A estas estaciones se les denominó TAMA y MINA.

El monitoreo fue continuo y los datos se almacenaron en Datalogger.

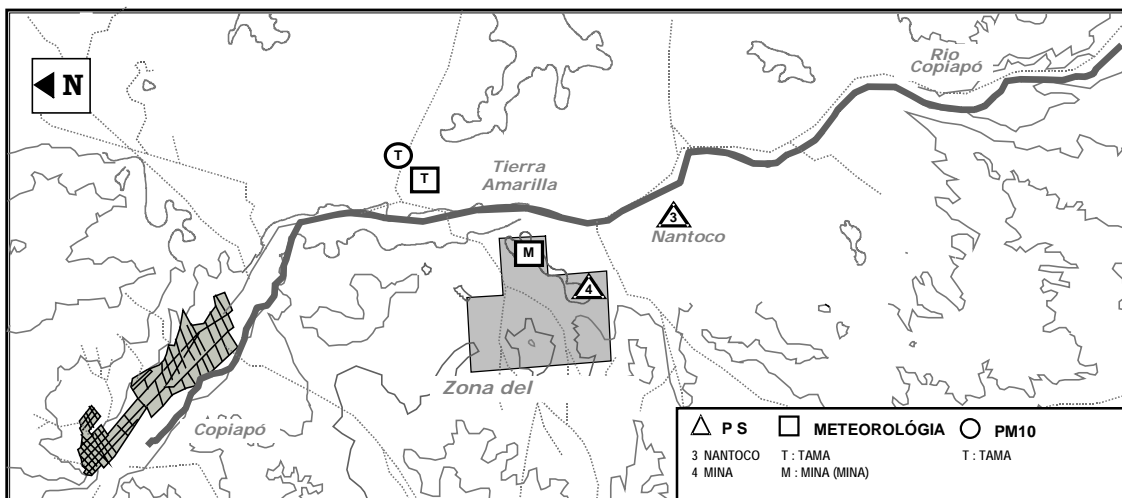


FIGURA 1.4.1
 UBICACIÓN DE ESTACIONES DE MONITOREO
 MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE (PM10), POLVO SEDIMENTABLE Y ESTACIÓN
 METEOROLÓGICA
 Compañía Contractual Minera Candelaria
 Plan de Monitoreo Ambiental
 Tierra Amarilla, III Región, Chile

1.4.2 Procedimiento de Muestreo

1.4.2.1 Calidad del aire

Las metodologías utilizadas para la operación de las redes de monitoreo terrestre son las oficiales y reconocidas por las autoridades de los respectivos Ministerios de Salud, Minería, Agricultura y Gobernación Marítima y los métodos de análisis químico son estándares y cuentan con un sistema de aseguramiento de calidad bajo las directrices de la Norma ISO 9000.

1.4.2.2 Variables Meteorológicas

La estación meteorológica está provista de una hélice que mide la velocidad del viento y de una veleta que indica la dirección del viento. El umbral de partida es de 0,4 m/s y tiene una exactitud operacional de 1% para la velocidad del viento, o sea, 0,5 m/s, y de 2% para la dirección del viento (5 grados).

El procedimiento de muestreo de variables meteorológicas consistió en la creación de un archivo mensual de datos horarios por estación y por parámetro y la obtención de:

- Promedios y valores extremos diarios
- Promedios y valores extremos para horas dadas en el mes
- Número de datos por mes (% de recuperación)
- Rosa de frecuencia de dirección para toda la serie
- Rosa de frecuencia de dirección para algunas horas a lo largo del día
- Dirección de frecuencia de direcciones

1.4.3 Resultados

1.4.3.1 Resultados Calidad del Aire

* Material particulado respirable (PM10)

En Tabla 1.4.1 se presentan los resultados de PM10 obtenidos en el período Abril - Junio 2008 en estación Tierra Amarilla (TAMA). En la Tabla se indica la fecha en que se realizaron los muestreos, las concentraciones de PM10, expresadas en $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y el contenido de arsénico y sílice libre, expresados en porcentaje en peso y en $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. En Anexo 1.1 se presentan los certificados del Laboratorio Químico con los resultados de las muestras que fueron sometidas a Análisis Químico. En Anexo 2 se presentan los datos de terreno que permitieron calcular las concentraciones de PM10.

TABLA 1.4.1

**RESULTADOS DE MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE (PM10)
Y SU CONTENIDO DE ARSÉNICO Y SILICE LIBRE
ESTACIÓN TIERRA AMARILLA
PERIODO: ABRIL - JUNIO 2008**

FECHA	CONCENTRACIÓN $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	ARSÉNICO		SÍLICE LIBRE	
		%	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$
03-04-08	75				
06-04-08	68	0.364	0.249		
09-04-08	149			1.3	1.9
12-04-08	103				
15-04-08	59				
18-04-08	118	0.024	0.029		
21-04-08	113			1.8	2.0
24-04-08	80				
27-04-08	44				
30-04-08	28				
03-05-08	75	0.310	0.233		
06-05-08	82				
09-05-08	81			0.8	0.6
12-05-08	40				
15-05-08	103	0.072	0.075		
18-05-08	92				
21-05-08	144			0.2	0.4
24-05-08	62				
27-05-08	62				
30-05-08	94				
02-06-08	97				
05-06-08	99	0.023	0.022		
09-06-08	89			1.2	1.0
11-06-08	80				
14-06-08	130				
17-06-08	150	0.047	0.071		
20-06-08	105			1.6	1.6
23-06-08	135				
26-06-08	83				
29-06-08	83				
PROMEDIO	91	0.140	0.113	1.1	1.3

* Polvo sedimentable

Los resultados de los muestreos de polvo sedimentable obtenidos en las tres estaciones de muestreo se presentan en Tabla 1.4.2. Por otra parte, en Tablas 1.4.3 al 1.4.6 se muestran los resultados del contenido de arsénico, cobre, hierro y sílice libre, que hay presente en el polvo sedimentable recolectado. En Anexo 1.2 se incluyen los certificados de los análisis químicos realizados a las muestras de polvo sedimentable.

TABLA 1.4.2

**RESULTADOS POLVO SEDIMENTABLE RED MONITOREO PROYECTO CANDELARIA
PERIODO ABRIL - JUNIO 2008
CONCENTRACIONES EXPRESADAS mg/cm²/30 días**

NUMERO MUESTRA	LUGAR DE MUESTREO	MES			PROMEDIO
		ABRIL	MAYO	JUNIO	
PS3	Nantoco	0.8083	0.7288	0.2701	0.6024
PS4	Sector Mina	1.3590	0.9630	0.9671	1.0964

TABLA 1.4.3

**CONTENIDO DE ARSÉNICO EN EL POLVO SEDIMENTABLE
PERIODO ABRIL - JUNIO 2008
CONCENTRACIONES EXPRESADAS EN PORCENTAJE EN PESO**

NUMERO MUESTRA	LUGAR DE MUESTREO	MES			PROMEDIO
		ABRIL	MAYO	JUNIO	
PS3	Nantoco	0.007	<0.001	0.011	<0.006
PS4	Sector Mina	0.011	0.008	0.007	0.009

TABLA 1.4.4

**CONTENIDO DE COBRE EN EL POLVO SEDIMENTABLE
PERIODO ABRIL - JUNIO 2008
CONCENTRACIONES EXPRESADAS EN PORCENTAJE EN PESO**

NUMERO MUESTRA	LUGAR DE MUESTREO	MES			PROMEDIO
		ABRIL	MAYO	JUNIO	
PS3	Nantoco	0.39	0.13	0.38	0.30
PS4	Sector Mina	1.33	0.95	0.53	0.94

TABLA 1.4.5

**CONTENIDO DE HIERRO EN EL POLVO SEDIMENTABLE
PERIODO ABRIL - JUNIO 2008
CONCENTRACIONES EXPRESADAS EN PORCENTAJE EN PESO**

NUMERO MUESTRA	LUGAR DE MUESTREO	MES			PROMEDIO
		ABRIL	MAYO	JUNIO	
PS3	Nantoco	2.83	4.42	3.99	3.75
PS4	Sector Mina	7.23	14.09	10.70	10.67

TABLA 1.4.6

**CONTENIDO DE SÍLICE LIBRE EN EL POLVO SEDIMENTABLE
PERIODO ABRIL - JUNIO 2008
CONCENTRACIONES EXPRESADAS EN PORCENTAJE EN PESO**

NUMERO MUESTRA	LUGAR DE MUESTREO	MES			PROMEDIO
		ABRIL	MAYO	JUNIO	
PS3	Nantoco	0.19	0.19	0.53	0.30
PS4	Sector Mina	0.25	0.11	0.21	0.19

1.4.3.2 Resultados Variables Meteorológicas

A. Estación TAMA.

En Tabla 1.4.7 se presenta el porcentaje de recuperación de datos horarios en el monitoreo de parámetros meteorológicos y en Tabla 1.4.8 se presenta un resumen de los valores medios mensuales de los parámetros medidos en Tierra Amarilla (TAMA).

Por otra parte, en Figuras 1.4.2 y 1.4.3 se presentan los gráficos de los valores medios horarios para el mes de la velocidad del viento (ciclo horario mensual) y las rosas de vientos mensuales, respectivamente, para el período de monitoreo Abril - Junio 2008 y en Anexo 3 se presentan los valores horarios y el procesamiento estadístico de cada una de las variables medidas en el monitoreo terrestre de Candelaria.

TABLA 1.4.7

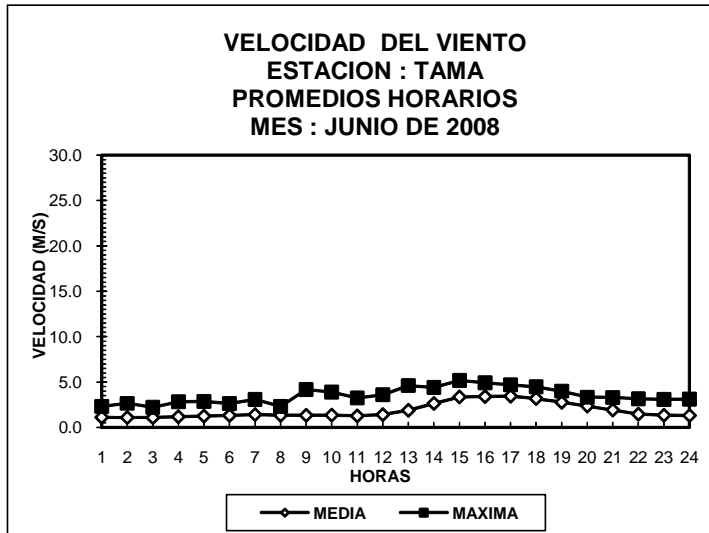
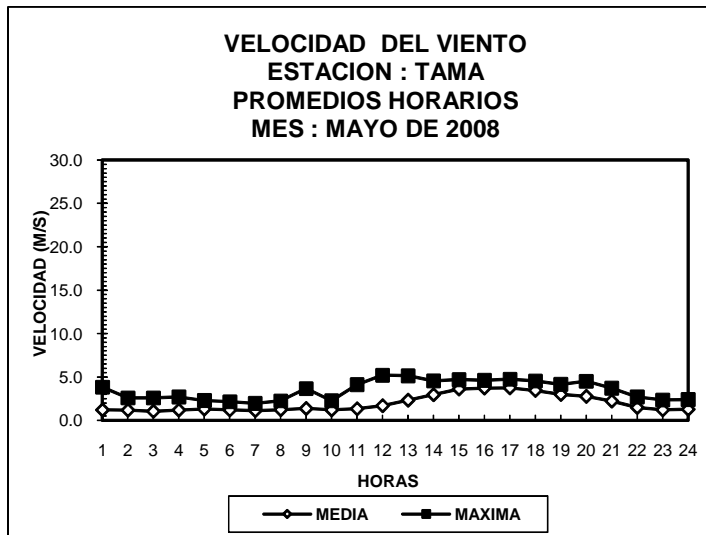
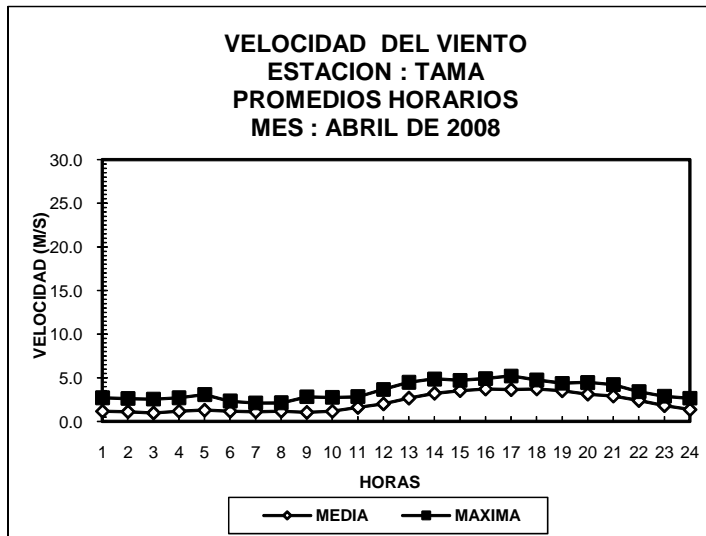
**PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE DATOS HORARIOS
MONITOREO DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS
ESTACIÓN TIERRA AMARILLA
PERIODO: ABRIL - JUNIO 2008**

PARÁMETRO	M E S		
	ABRIL	MAYO	JUNIO
Velocidad del Viento	100	100	100
Dirección del Viento	100	100	100

TABLA 1.4.8

**VALORES MEDIOS MENSUALES DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS
ESTACIÓN TIERRA AMARILLA
PERIODO: ABRIL - JUNIO 2008**

PARÁMETRO	M E S		
	ABRIL	MAYO	JUNIO
Velocidad del Viento (m/seg)	2.1	1.9	1.8
Dirección Predominante			
- Día	N, NNE	N, NNE	N, NNE, NNW
- Noche	NNW, N, NNE SSE, S, SSW	N, NNE SSE, S, SSW	N SSE, S



**FIGURA N° 1.4.2
VELOCIDAD DEL VIENTO
ESTACION TAMA
TRIMESTRE ABRIL - JUNIO DE 2008**

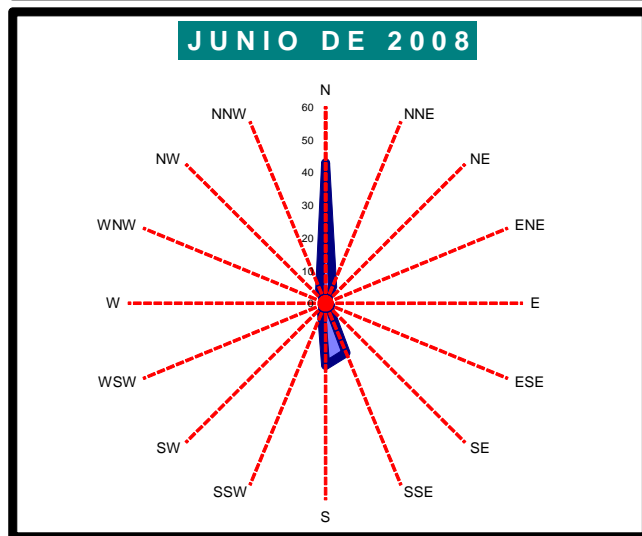
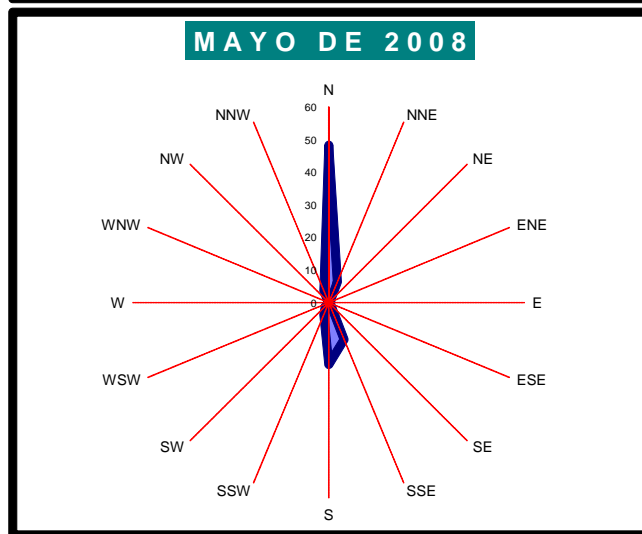
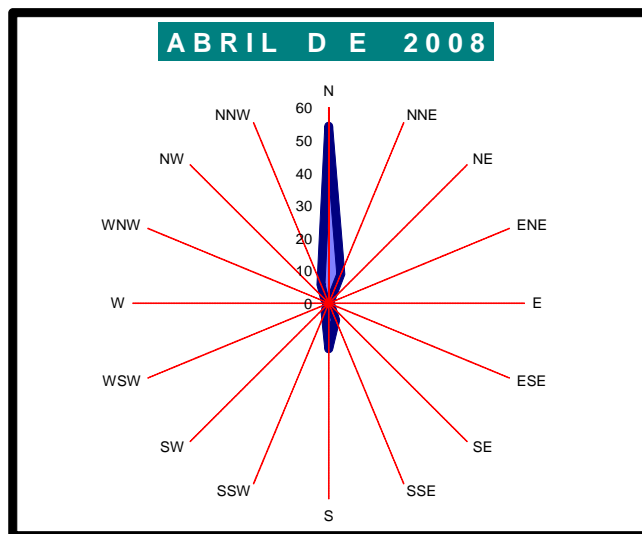


FIGURA N ° 1.4.3
ROSAS DE VIENTOS ACUMULADAS MENSUALES
ESTACION TAMA
TRIMESTRE ABRIL - JUNIO DE 2008

B. Estación MINA

Al igual que en estación Tierra Amarilla, en Tabla 1.4.9 se presenta el porcentaje de recuperación de datos horarios en el monitoreo de parámetros meteorológicos y en Tabla 1.4.10 se presenta un resumen de los valores medios mensuales de los parámetros medidos en Estación Mina (MINA).

Por otra parte, en Figuras 1.4.4 a 1.4.5 se presentan los gráficos de los valores medios horarios para el mes de la velocidad del viento (ciclo horario mensual) y las rosas de vientos mensuales, respectivamente, para el período de monitoreo Abril - Junio 2008 y en Anexo 3 se presentan los valores horarios y el procesamiento estadístico de cada una de las variables medidas en el monitoreo terrestre de Candelaria.

TABLA 1.4.9

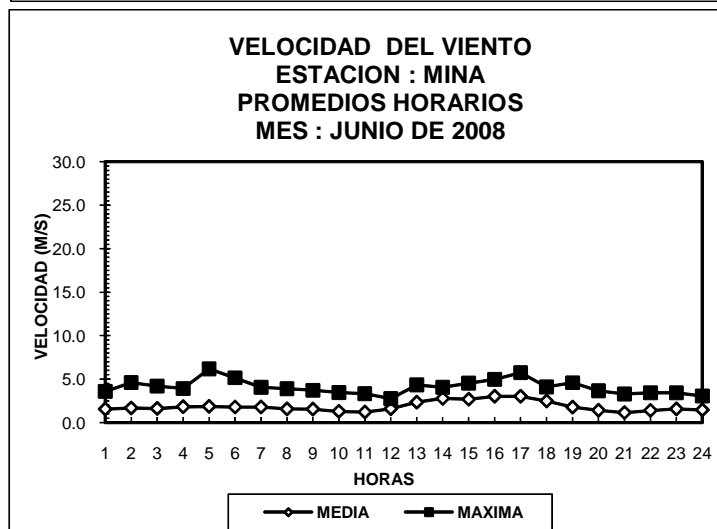
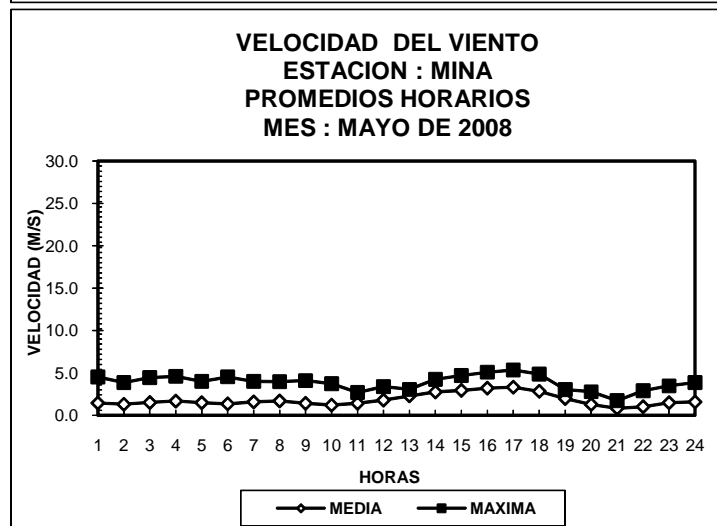
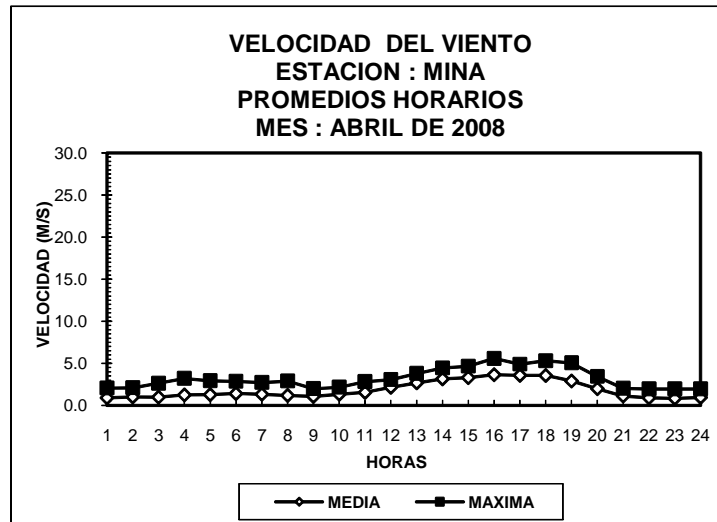
**PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE DATOS HORARIOS
MONITOREO DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS
ESTACIÓN MINA
PERIODO: ABRIL - JUNIO 2008**

PARÁMETRO	M E S		
	ABRIL	MAYO	JUNIO
Velocidad del Viento	100	100	89.7
Dirección del Viento	100	100	89.7

TABLA 1.4.10

**VALORES MEDIOS MENSUALES DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS
ESTACIÓN MINA
PERIODO: ABRIL - JUNIO 2008**

PARÁMETRO	M E S		
	ABRIL	MAYO	JUNIO
Velocidad del Viento (m/seg)	1.8	1.8	1.9
Dirección Predominante			
- Día	NNW, N, NNE, NE	N, NNE	N, NNE
- Noche	NNW, N, NNE, NE SSE, S, SSW	NNE SSE, S, SSW	SSE, S, SSW



**FIGURA N ° 1.4.4
VELOCIDAD DEL VIENTO
ESTACION MINA
GRAFICOS DE VALORES MEDIOS HORARIOS PARA EL MES
TRIMESTRE ABRIL - JUNIO DE 2008**

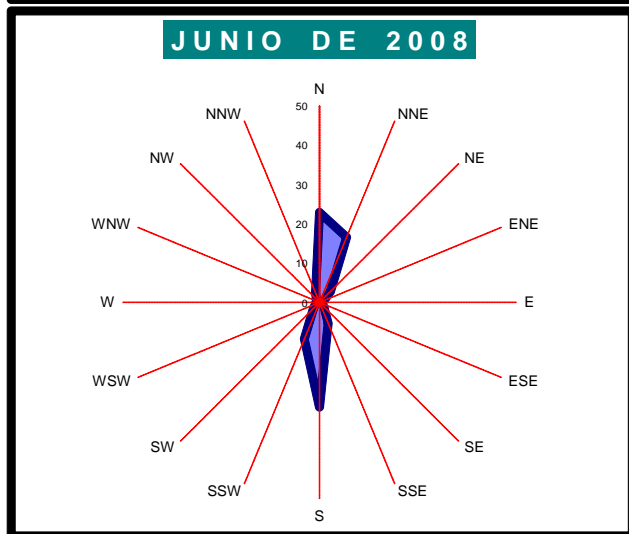
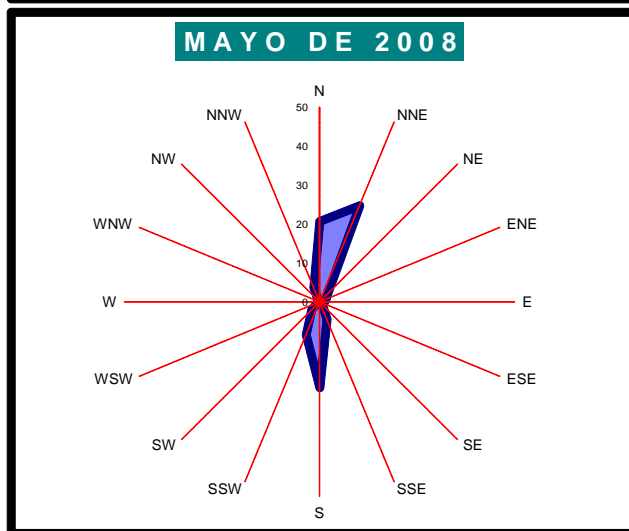
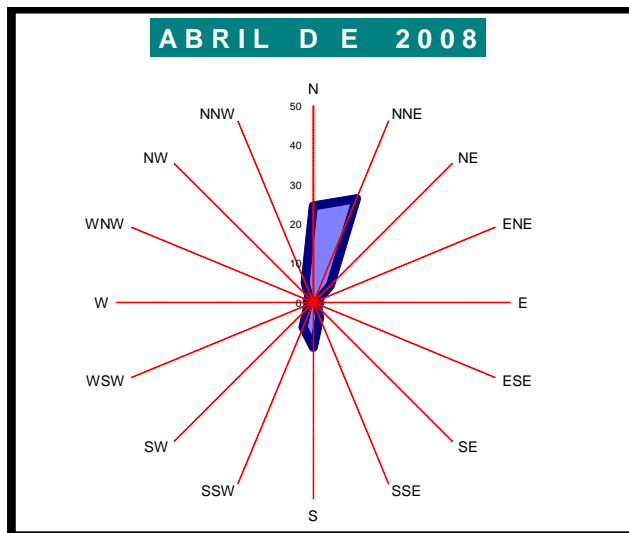


FIGURA N ° 1.4.5
ROSAS DE VIENTOS ACUMULADAS MENSUALES
ESTACION MINA
TRIMESTRE ABRIL - JUNIO DE 2008

1.4.4 Análisis de Resultados

1.4.4.1 Calidad del Aire

* Material Particulado Respirable (PM10)

El Decreto N°59, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, de fecha 16 de Marzo de 1998, establece la norma de calidad primaria para material particulado respirable PM10, en especial de los valores que definen situaciones de emergencia la norma de calidad de aire para PM10, para todo el país.

La norma de calidad para PM10 fue fijada en $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ como concentración media aritmética diaria, la cual no debe sobrepasar el percentil 98 % de los valores promedios de 24 horas, durante el período anual de cada estación monitorea, clasificada para la evaluación de exposición humana. Asimismo, si antes que concluya el período anual de mediciones y se registra en alguna de las estaciones, clasificada para la evaluación de exposición humana, un número de días con mediciones sobre el valor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ mayor que siete, esta información podrá ser usada como antecedente para la declaración de una zona, como saturada.

Por otra parte, en el artículo 1°, letra f) define una estación de monitoreo de PM10 con representatividad poblacional (EMRP) a aquella que cumple simultáneamente los siguientes criterios :

- Que exista al menos un área edificada habitada en un círculo de radio 2 km, contados de la estación.
- Que esté ubicada a más de 15 m de la calle o avenida más cercana, y a más de 50 m de la calle o avenida más cercana que tenga un flujo igual o superior a 2500 vehículos/día.
- Que esté ubicada a más de 50 m de la salida de un sistema de calefacción (que utilice carbón, leña o petróleo equivalente a petróleo - 2 o superior) o de otras fuentes fijas similares.

Una EMRP tendrá un área de representatividad para la población expuesta consistente en un círculo de radio de 2 km, contados desde la ubicación de la estación.

Según John H. Seinfeld², una atmósfera limpia contiene alrededor de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de partículas y una sucia, en áreas urbanas, de 60 a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En áreas altamente contaminadas se han alcanzado valores de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Al comparar los valores de la Tabla 1.4.1 donde se presentan las concentraciones de PM10 medidas en el área de monitoreo correspondiente a Tierra Amarilla, con las normas de calidad de aire, podemos inferir que durante el período de mediciones, Abril - Junio, el

² John H. Seinfeld "Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution", John Wiley & Sons. 1986.

valor límite fijado para promedios de 24 horas no se superó durante todo el período de monitoreo.

En estación TAMA, las concentraciones de PM10 fluctuaron entre 28 y 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ con un promedio trimestral de 91 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Al comparar el valor medio trimestral con el del año 2007, se puede inferir que es un 7 % superior.

De la misma Tabla se puede observar que el contenido de Arsénico estuvo comprendido entre 0,022 y 0,249 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, con un promedio 0,113 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, lo que equivale a un 0,140 %. Al comparar estos valores con los del año anterior en igual período, se puede inferir que son similares.

Por último, en lo que respecta al contenido de SiO_2 libre en las PM10, sólo existen normas en ambientes de trabajo, el Decreto 594 del Ministerio de Salud fijó una concentración de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SiO_2 libre en las PM10.

Los valores obtenidos de SiO_2 libre en Estación TAMA están comprendidos entre 0.4 y 2.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, con un promedio de 1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, valores inferiores a los obtenidos en el año 2007, en igual período

* Polvo Sedimentable

En la cuenca del río Copiapó no existe una norma de calidad de aire en lo que respecta a polvo sedimentable, por lo tanto, usaremos como referencia el valor límite fijado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) de 0,50 $\text{mg}/\text{cm}^2/30$ días para ciudades con el fin de proteger el medio ambiente de las personas que las habitan.

Al comparar este valor de referencia de la OPS con las mediciones realizadas en los distintos lugares de monitoreo, cuyos resultados se presentaron en Tabla 1.4.2, podemos inferir que se sobrepasó un 100 % del período en estación MINA y un 67 % en estación NANTOCO.

En el sector Mina las fuentes emisoras principales de emisión de polvo, son el polvo levantado por el tránsito de maquinaria y camiones por caminos de tierra, en las distintas faenas de la mina y concentradora, el polvo proveniente de la caída libre del mineral al stock pile, el polvo producido en la tronadura, el polvo levantado por la carga y descarga de camiones y los desbordes de la mina. Cabe hacer notar que los caminos internos y externos se riegan constantemente, lo mismo sucede con la carga de camiones en la mina, ya que normalmente hay un camión aljibes regando el frente cuando está trabajando una pala; con lo cual las emisiones de material particulado por este concepto se minimizan.

Por otra parte, de Tablas 1.4.3 a 1.4.6 donde se presenta la composición química del polvo sedimentable podemos inferir, al igual que en años anteriores, que los contenidos de As, Cu, Fe y SiO_2 libre, en las partículas son bajos y homogéneos.

1.4.4.2 Variables Meteorológicas

Estación TIERRA AMARILLA

Las velocidades medias y dirección predominantes en cada mes se presentaron en la Tabla 1.4.8. Las velocidades medias disminuyen paulatinamente a lo largo del período, lo que es típico en los meses fríos.

Las velocidades muestran un ciclo diario, con mayores valores entre 13 y 21 h. Las velocidades medias horarias sobrepasan los 3,0 m/s, entre las 14 y 19 h. Las velocidades medias mínimas horarias se producen durante el período nocturno, entre las 23 y 11 h del día siguiente, con valores medios comprendidos entre 1.0 a 1.8 m/s.

El viento, al igual que en los años anteriores, muestra un ciclo diario definido, con diferencias de dirección entre el día y la noche. El régimen de viento diurno se desarrolla en la mañana y alcanza su mayor intensidad en la tarde, con dirección desde el N y NNE, correspondiendo a flujo valle arriba. El régimen nocturno tiene dirección opuesta, con dirección desde el SSE, S y SSW, lo que representa el flujo valle abajo. En Abril, el flujo diurno valle arriba predomina entre las 11 y 03 h del día siguiente, alcanzando velocidades sobre 3.5 m/s en promedio entre las 15 h y las 19 h. El flujo nocturno valle abajo se observa, desde las 02 a las 10 h, con velocidades medias comprendidas entre 1.0 a 1.3 m/s. En Mayo, el ciclo de la dirección del viento es similar al de Abril, el período con régimen diurno se acorta, entre las 12 y 02 h del día siguiente, alcanzando velocidades medias sobre 3.0 m/s en promedio entre las 14 y 19 h; el flujo nocturno es más intenso y se observa desde las 23 a las 11 h del día siguiente, con velocidades medias comprendidas entre 1.0 a 1.4 m/s. En Junio, el período con régimen diurno es aún más corto que el del mes de Mayo, entre las 12 y 01 h del día siguiente, con velocidades medias sobre los 3.0 m/s en promedio, entre las 15 y 18 horas, el régimen nocturno con flujo valle abajo predomina entre las 23 y 11 h del día siguiente, con velocidades medias comprendidas entre 1.1 a 1.4 m/s.

Se observa un aumento del flujo nocturno valle abajo a lo largo de los meses, correspondiendo con la menor insolación recibida en esta época del año.

Estación MINA

Las velocidades medias y dirección predominantes en cada mes se presentaron en la Tabla 1.4.10. Al igual que en estación Tierra Amarilla, las velocidades medias disminuyen con respecto al trimestre anterior, manteniéndose constantes a lo largo del período abril a junio.

Las velocidades muestran un ciclo diario, con mayores valores entre 13 h y 19 h. Las velocidades medias horarias máximas durante el período diurno, sobrepasan los 3.0 m/s, entre las 15 h y 18 h. Los valores medios mínimos se producen durante el período nocturno, entre las 20 h y 11 h del día siguiente, con valores comprendidos entre 0.8 y 1.9 m/s.

En general el viento muestra un ciclo diario definido, con diferencias de dirección entre el día y la noche. El régimen de viento diurno se desarrolla en la mañana y alcanza su mayor intensidad en la tarde, con dirección desde el N y NNE, correspondiendo a flujo valle arriba. El régimen nocturno tiene dirección opuesta, con dirección desde el SSE, S y SSW,

flujo valle abajo. En Abril, el flujo diurno valle arriba predomina entre las 10 y 23 h, alcanzando velocidades sobre 3.0 m/s en promedio entre las 14 y 18 h. El flujo nocturno valle abajo, se desarrolla entre las 23 h y 09 h del día siguiente, con velocidades medias comprendidas entre 0.8 a 1.4 m/s. En Mayo, el período con régimen diurno se desarrolla entre las 11 y 21 h, con direcciones predominantes del N y NNE, alcanzando velocidades sobre 3.0 m/s en promedio entre las 15 y 17 h. El flujo nocturno es más intenso y se observa desde las 22 h a las 09 h del día siguiente, con vientos que provienen principalmente del S y SSW, con velocidades medias comprendidas entre 1.0 a 1.7 m/s. En Junio, el período con régimen diurno es más corto que el de los meses anteriores, típico en épocas de invierno, se desarrolla entre las 11 y 20 h, con velocidades medias que superan los 3,0 m/s, en promedio, entre las 16 y 17 h, el régimen nocturno con flujo valle abajo predomina entre las 21 y 11 h del día siguiente, con velocidades medias comprendidas entre 1.2 a 1.9 m/s.

1.4.5 Conclusiones y Recomendaciones

De las mediciones efectuadas en el Monitoreo Terrestre de Minera Candelaria en Tierra Amarilla, durante el segundo trimestre Abril - Junio 2008 se puede concluir lo siguiente:

- Las concentraciones de PM10 medidas en Estación Tierra Amarilla no exceden el valor fijado en el Decreto 59 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para promedios de 24 horas. El valor máximo de PM10 durante todo el período de monitoreo fue de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y el valor promedio de $91 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.
- Las concentraciones de PM10 son un 7.0 % superiores a las obtenidas en igual período en el año 2007. Se observa un aumento paulatino en el material particulado a partir del año 2002.
- El contenido de Arsénico que hay en las PM10 es similar al del año 2007 obtenido en igual período, las concentraciones estuvieron comprendidas entre 0.022 y $0.249 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.
- El contenido de sílice libre que hay en las PM10 está muy por debajo de la norma de calidad de aire fijada para ambientes de trabajo en el Decreto Supremo N° 594 del Ministerio de Salud.
- Al igual que en años anteriores, el valor límite fijado por la OPS para polvo sedimentable fue sobrepasado en los meses de abril, mayo y junio en Estación MINA. En estación NANTOCO se superó en los meses de abril y mayo.
- Al igual que en los años 1999 a 2007, los contenidos de As, Cu, Fe y SiO₂ libre en el polvo sedimentable son bajos.

II. CAPÍTULO II: MONITOREO TERRESTRE CALDERA

2.1 Introducción

La Compañía Contractual Minera Candelaria se encuentra desarrollando un programa de monitoreo en el medio ambiente de Caldera, de acuerdo a compromisos adquiridos con la Comisión Regional del Medio Ambiente (COREMA).

Minera Candelaria posee en Caldera el puerto de embarque de concentrado de cobre, el cual tiene las instalaciones modernas, con el fin de proteger el Medio Ambiente.

El programa de monitoreo terrestre consiste en medir material particulado respirable (PM10) y sedimentable (PS) y obtener parámetros meteorológicos, tales como la velocidad y dirección del viento y anualmente monitorear niveles de ruido.

2.2 Calidad del Aire y Meteorología

2.2.1 Puntos de Muestreo y Actividades Desarrolladas

2.2.1.1 Calidad de Aire

*** Material Particulado Respirable (PM10)**

En el centro de Caldera, en el techo del edificio del Cuerpo de Bomberos de Caldera se encuentra instalado un muestreador de alto volumen PM10, de características similares al utilizado en Tierra Amarilla.

Durante este segundo trimestre de monitoreo (Abril - Junio 2008) se acondicionaron los filtros antes y después del muestreo, en una sala con presión positiva, temperatura y humedad ambiente controlada.

Algunos de los filtros recolectados fueron enviados a análisis químico para determinar el contenido de Arsénico y SiO₂ libre.

*** Polvo Sedimentable (PS)**

En el recinto portuario de Minera Candelaria, al lado de la estación meteorológica, se encuentra instalado un colector de polvo sedimentable, el que es expuesto al aire ambiente durante treinta días.

El polvo recolectado del colector es sometido a análisis químico por As, Cu, Fe y SiO₂ libre.

2.2.1.2 Meteorología

En el puerto de embarque que Minera Candelaria posee en Caldera se encuentra instalada una estación meteorológica que mide velocidad y dirección del viento.

El monitoreo fue continuo y los datos almacenados en medio magnético (Data Logger).

2.2.2 Procedimiento de muestreo

Los procedimientos de muestreo utilizados para obtener los parámetros de calidad de aire y meteorología son los mismos que se utilizaron en Tierra Amarilla, y se encuentran descritos en el punto 1.4.2 del presente informe.

2.2.3 Resultados

2.2.3.1 Resultados Calidad del Aire

* Material Particulado Respirable (PM10)

En Tabla 2.2.1 se presentan los resultados de PM10 obtenidos en el segundo trimestre del año 2008.

Anexo 1.1 se presentan los certificados del Laboratorio Químico con los resultados de las muestras que fueron sometidas a Análisis Químico. En Anexo 2 se presentan los datos de terreno que permitieron calcular las concentraciones de PM10.

* Polvo Sedimentable

En Tabla 2.2.2 se presentan los resultados de las muestras de polvo sedimentables realizados en el puerto de embarque de concentrado de cobre que posee Minera Candelaria en Caldera.

La Tabla muestra para el segundo trimestre del año, la concentración de polvo sedimentable y el contenido de As, Cu, Fe y SiO₂ libre. En Anexo 1.2 se presentan los certificados del Laboratorio Químico con los resultados de los análisis realizados al polvo sedimentable recolectado.

TABLA 2.2.1

**RESULTADOS DE MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE (PM10)
Y SU CONTENIDO DE ARSÉNICO Y SÍLICE LIBRE
ESTACIÓN CALDERA
PERIODO: ABRIL - JUNIO 2008**

FECHA	CONCENTRACIÓN	ARSÉNICO		SÍLICE LIBRE	
	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$
03-04-08	34				
06-04-08	30	0.019	0.006		
09-04-08	37			2.4	0.9
12-04-08	18				
15-04-08	42				
18-04-08	43	0.020	0.009		
21-04-08	34			2.2	0.8
24-04-08	23				
27-04-08	18				
30-04-08	22				
03.05.08	26	0.027	0.007		
06.05.08	33				
09.05.08	34			1.3	0.4
12.05.08	40				
15.05.08	40	0.020	0.008		
18.05.08	21				
21.05.08	26			0.4	0.1
24.05.08	16				
27.05.08	20				
30.05.08	49				
02-06-08	48				
05-06-08	26	0.019	0.005		
09-06-08	51			1.1	0.6
11-06-08	39				
14-06-08	42				
17-06-08	39	0.020	0.008		
20-06-08	41			0.6	0.2
23-06-08	30				
26-06-08	25				
29-06-08	38				
PROMEDIO	33	0.021	0.007	1.3	0.5

TABLA 2.2.2

**RESULTADOS DE POLVO SEDIMENTABLE Y SU CONTENIDO
DE ARSÉNICO, COBRE, HIERRO Y SÍLICE LIBRE
MONITOREO TERRESTRE MINERA CANDELARIA
ESTACIÓN CALDERA**

PERIODO: ABRIL - JUNIO 2008

MES	POLVO	COMPOSICIÓN QUÍMICA POLVO SEDIMENTABLE (%)			
	SEDIMENTABLE mg/cm2/30 días	ARSENICO	HIERRO	COBRE	SILICE LIBRE
ABRIL	0.0275	0.012	13.73	1.37	3.80
MAYO	0.0305	0.006	5.09	0.64	3.73
JUNIO	0.1007	0.003	7.86	0.11	1.21
PROMEDIO	0.0529	0.007	8.89	0.71	2.91

2.2.3.2 Resultados Variables Meteorológicas

Al igual que en Tierra Amarilla y mina Candelaria, se midió la velocidad y dirección del viento, con el fin de crear un archivo mensual de datos horarios y obtener el procesamiento estadístico.

En Tabla 2.2.3 se presenta el porcentaje de recuperación de datos horarios y en Tabla 2.2.4 se muestra un resumen de los valores medios mensuales de los parámetros medidos en Estación Caldera, instalada en el puerto de embarque de concentrado de cobre.

En figuras 2.2.1 y 2.2.2 se presentan los gráficos de los valores medios horarios de velocidad del viento (ciclo horario mensual) y la rosa mensual de direcciones del viento.

Por último, en Anexo 3 se presentan los valores horarios y el procesamiento estadístico de cada una de las variables medidas en la estación meteorológica de Caldera.

TABLA 2.2.3

**PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE DATOS HORARIOS
MONITOREO DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS
MINERA CANDELARIA
ESTACIÓN CALDERA**

PERIODO: ABRIL - JUNIO 2008

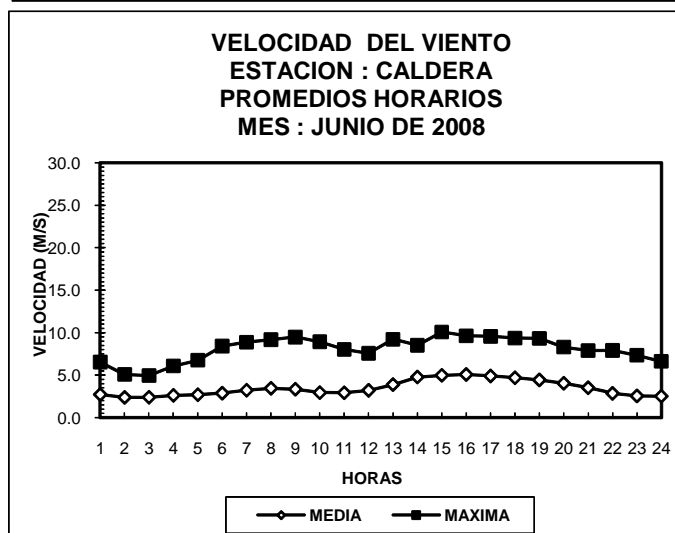
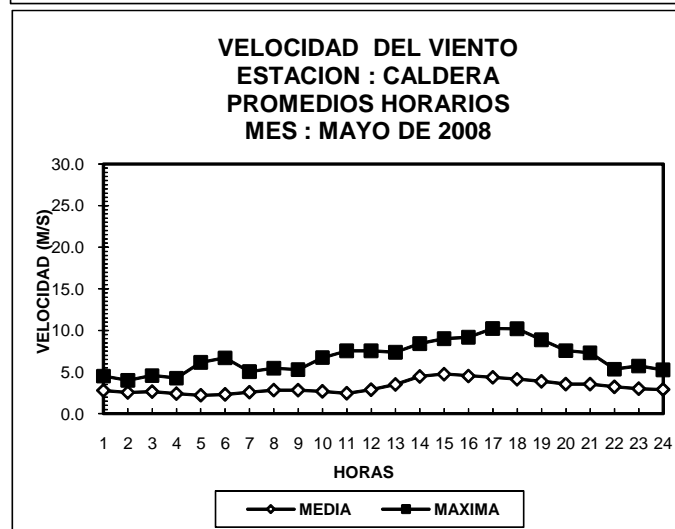
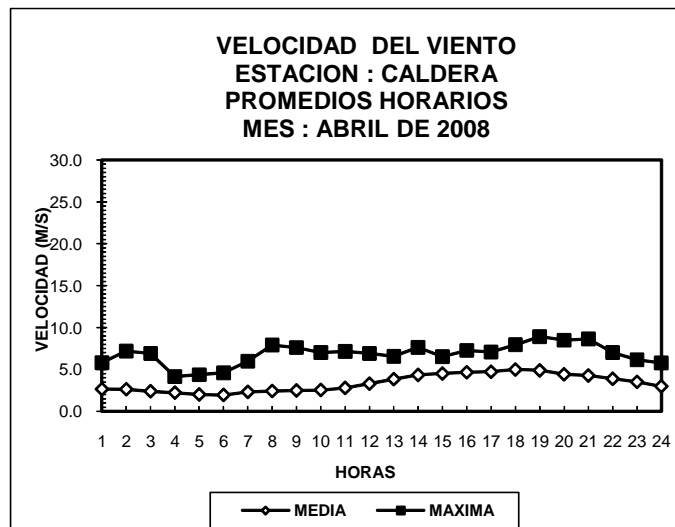
PARÁMETRO	MES		
	ABRIL	MAYO	JUNIO
Velocidad del Viento	100	100	100
Dirección del Viento	100	100	100

TABLA 2.2.4

**VALORES MEDIOS MENSUALES DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS
MONITOREO TERRESTRE MINERA CANDELARIA
ESTACIÓN CALDERA**

PERIODO: ABRIL - JUNIO 2008

PARÁMETRO	MES		
	ABRIL	MAYO	JUNIO
Velocidad del Viento (m/seg)	3.4	3.2	3.5
Dirección Predominante			
- Día	NNW, NW, WNW, W, WSW, SW	W, WSW, SW	SW, WSW, W, WNW N, NNW
- Noche	SW, SSW, S, SSE, SE, ESE, E NNE, N	SSW, S, SSE, SE, ESE	SSW, S, SSE, SE, ESE, NNE



**FIGURA N ° 2.2.1
VELOCIDAD DEL VIENTO
ESTACION CALDERA
GRAFICOS DE VALORES MEDIOS HORARIOS PARA EL
MES
TRIMESTRE ABRIL - JUNIO DE 2008**

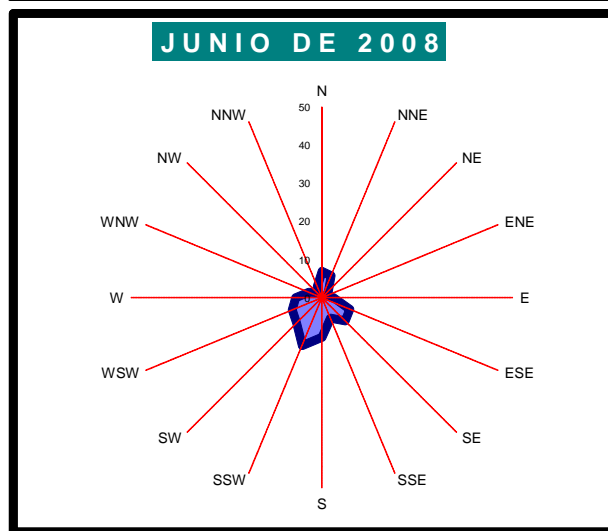
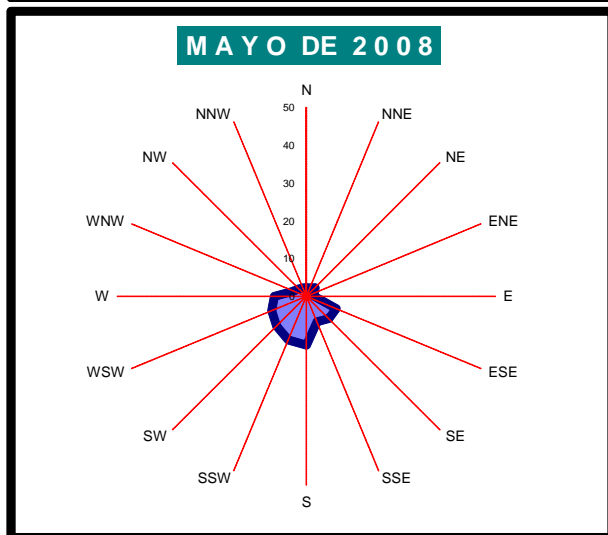
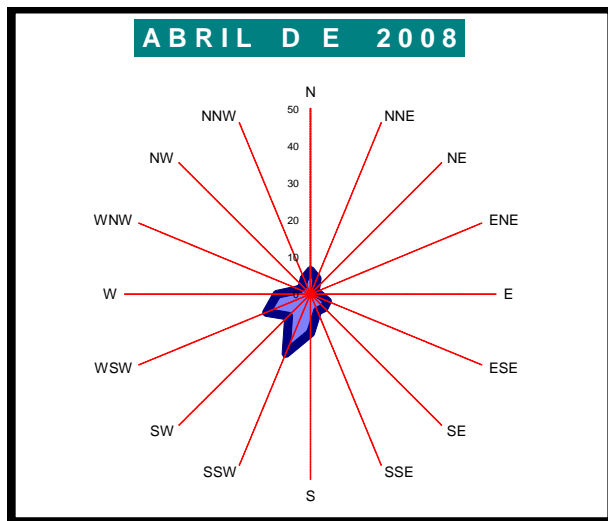


FIGURA N ° 2.2.2
ROSAS DE VIENTOS ACUMULADAS MENSUALES
ESTACION CALDERA
TRIMESTRE ABRIL - JUNIO DE 2008

2.2.4 Análisis de Resultados

2.2.4.1 Calidad de Aire

* Material Particulado Respirable (PM10)

Si se comparan los resultados de PM10 obtenidos en Estación Caldera con la norma de calidad de aire fijado por el Decreto Supremo N° 59 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para promedio de 24 horas, podemos concluir que, al igual que en los años anteriores, está muy lejos de ser alcanzada, más aún están cerca de la definición de atmósfera limpia dada por John H. Seinfeld, la que contiene alrededor de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de partículas.

De Tabla 2.2.1 se puede inferir que las concentraciones medidas fluctuaron entre 16 y $51 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, con un promedio para el trimestre de $33 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, valores un 14 % superiores al del año 2007 en igual período.

La composición química de las partículas tiene muy bajos contenidos de arsénico y sílice libre, lo que está indicando que no hay fuentes emisoras fijas importantes en la zona, que afecten la calidad del aire, en lo que respecta a estos elementos.

Las concentraciones de arsénico en las PM10 estuvieron comprendidas entre 0.005 y $0.009 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, con un promedio de $0.007 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y las de sílice libre fluctúan entre 0.1 y $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ con un promedio para el trimestre de $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

* Polvo sedimentable

Si comparamos la norma de la OPS sugerida para polvo sedimentable de $0,5 \text{ mg}/\text{cm}^2/30$ días, con las mediciones que se presentan en Tabla 2.2.2, podemos inferir que durante este segundo trimestre de 2008, al igual que el trimestre anterior, estuvo lejos de ser alcanzada.

Por otra parte, de Tabla 2.2.2 se puede observar que la composición química de las partículas, en algunos elementos, tales como el Fe y SiO_2 , difiere de un mes a otro, a causa del tipo de material recolectado, ya que dependiendo de la velocidad del viento se recolecta más o menos algunos granos de arena.

2.2.4.2 Variables meteorológicas

Las velocidades medias mensuales y dirección predominante se presentaron en Tabla 2.2.4.

En Abril, el comienzo de la brisa de mar parte de las 12 h, con direcciones del NW, WNW, W, WSW y SW hasta las 18 h. Después se observa una rotación del flujo, a SSW y S a partir de las 19 h. Durante la noche la dirección del viento es variable, predominando viento del SSW, S, SE y ESE entre las 19 y las 09 h del día siguiente. Se observa algunos días viento del NNW, N, y NNE desde las 06 a las 18 h, probablemente asociados con condiciones de mal tiempo. La brisa de mar alcanza velocidades medias sobre 4.0 m/s entre las 14 h y las 21 h. Durante la noche, las velocidades medias fluctúan entre 2.0 y 3.0 m/s.

En Mayo, se aprecia el comienzo de la brisa de mar a partir de las 11 h, con direcciones del W, WSW y SW hasta las 18 h. Después se observa una rotación del flujo, a SSW y S a partir de las 19 h. Durante la noche, predomina principalmente viento del SSW, S, SSE, SE y ESE desde las 19 a las 09 h del día siguiente. La brisa de mar alcanza velocidades medias sobre 4.0 m/s entre las 14 h y las 18 h. Durante la noche, las velocidades medias fluctúan entre 2.2 y 3.0 m/s.

En Junio el comienzo de la brisa de mar parte de las 12 h, con direcciones del WNW, W, WSW y SW hasta las 18 h. Después se observa una rotación del flujo, a SW, SSW y S a partir de las 18 h. Durante la noche la dirección del viento es variable, predominando el viento del SSW, S, SE y ESE entre las 19 y las 10 h del día siguiente. Al igual que en el mes de abril, se observa algunos días viento del NNW, N y NNE desde las 03 hasta las 21 h, probablemente asociados con condiciones de mal tiempo. La brisa de mar alcanza velocidades medias sobre 4.5 m/s entre las 14 h y las 19 h. Durante la noche, las velocidades medias fluctúan entre 2.4 y 3.5 m/s.

2.2.5 Conclusiones y Recomendaciones

De las mediciones realizadas en el Monitoreo Terrestre de Caldera, se puede concluir:

- Las concentraciones de PM10 medidas en Caldera, al igual que en años anteriores, están muy por debajo de la norma de calidad fijada en el Decreto Supremo N° 59 del Ministerio Secretaría General de la República.
- Los contenidos de Arsénico y SiO₂ libre en los PM10 son bajos y muy semejantes a valores medidos en otros lugares del país, donde la calidad del aire es buena.
- No se observan fuentes emisoras de material particulado importantes.
- Durante este segundo trimestre del año 2008, al igual que en los años anteriores, no se sobrepasó la norma de calidad de aire sugerida por la OPS para polvo sedimentable.