

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

**INFORME PRIMER TRIMESTRE AÑO 2008**

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

**SANTIAGO, ABRIL DE 2008**

## INDICE

	<u>PAG</u>
<b>I. CAPITULO I: TIERRA AMARILLA</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción	1
1.2 Recurso Hídrico Subterráneo	2
1.3 Aguas de Recirculación	8
1.4 Control de Calidad de los Análisis en Muestra de Agua	10
1.5 Calidad de Aire y Meteorología	11
1.6 Ruido y Vibraciones	25
<b>II. MONITOREO TERRESTRE CALDERA</b>	<b>47</b>
2.1 Introducción	47
2.2 Calidad del Aire y Meteorología	47
2.3 Ruido	55

### **ANEXOS**

ANEXO 1 Certificados de laboratorio de análisis químicos realizados a muestras aguas, PM10 y polvo sedimentable.

ANEXO 2 Hojas con datos de terreno en monitoreo de PM10

ANEXO 3 METEOROLOGÍA

Estación Tierra Amarilla  
Estación Mina  
Estación Caldera

## **CAPITULO I: 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 Primer 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; y monitoreo de ruido y vibraciones, realizados entre los meses de Enero y Marzo 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 primer trimestre se resumen a continuación:

- Campaña semestral (Marzo 2008) de muestreo de aguas subterráneas, aguas mina, pique y laguna de clarificación para determinación de calidad físico-química y 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.
- Campaña anual de ruido y vibraciones desarrolladas en el mes de Enero de 2008.

- Confección de los informes mensuales (Enero y Febrero) de los resultados obtenidos de las diferentes campañas para recursos hídricos, calidad de aire, meteorología y ruidos y vibraciones.

## **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.

Hay que indicar que en el caso del PUNTO 2, correspondiente a los pozos de Minera Candelaria (cinco en total), la muestra para calidad de agua se toma en el pozo 8.

Cabe hacer notar, que en el PUNTO 3, pozo MINOSAL, la muestra se toma de un pozo activo el N° 9.

### 1.2.2 Parámetros Analizados

De acuerdo al programa de monitoreo establecido, los parámetros analizados en el primer trimestre del año 2008, en todos los pozos descritos, son los indicados en la Tabla 1.2.1, en la cual se indica además la frecuencia del muestreo.

La temperatura y pH se miden en terreno y los restantes se analizan en los Laboratorios de DICTUC.

Adicionalmente, se midieron los niveles freáticos de los pozos de muestreo y de los cinco pozos de Candelaria.

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

### 1.2.3 Procedimientos de muestreo

El programa de monitoreo, toma de muestras y mediciones de nivel freático, se realizaron de acuerdo a las normas establecidas para cada caso. La toma de muestras de agua, el tipo de envase, los preservantes y el transporte, se basan en el "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" de la APHA, AWWA y WPCF.

### 1.2.4 Resultados

Los resultados obtenidos del análisis de los parámetros fisicoquímicos para el trimestre, se muestran en la Tabla 1.2.2. En Anexo 1.1 se presentan los certificados del Laboratorio Químico con los resultados de las muestras que fueron sometidas a Análisis Químico.

En la Tabla 1.2.3 se presentan los resultados de los niveles freáticos medidos mensualmente en todos los pozos y en la Tabla 1.2.4 se presentan los resultados del agua extraída durante el primer trimestre de 2008.

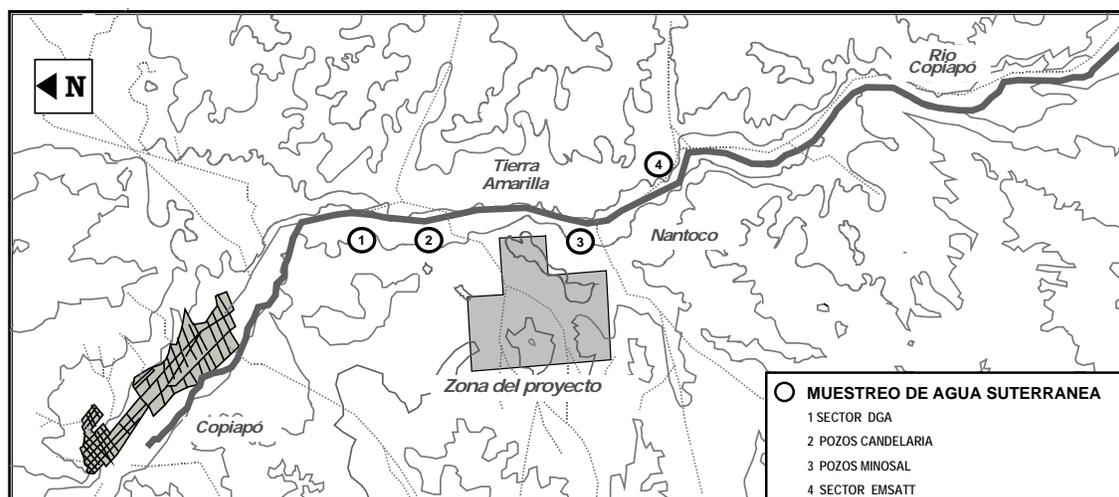


FIGURA 1.2.1  
UBICACIÓN DE POZOS DE AGUA SUBTERRANEA  
Compañía Contractual Minera Candelaria  
Plan de Monitoreo Ambiental  
Tierra Amarilla, III Región, Chile

**TABLA 1.2.1**

**MUESTREO DE AGUAS SUBTERRANEAS, AGUAS MINA, AGUA PIQUE Y LAGUNA CLARIFICACION  
PROGRAMA DE MONITOREO TERRESTRE MINERA CANDELARIA  
PARAMETROS ANALIZADOS Y FRECUENCIA DE MUESTREO**

PARAMETRO	UNIDAD	FRECUENCIA MUESTREO
<b>a) Análisis Físico-Químico</b>		
Aluminio	mg/L	Anual
Amonio como N	mg/L	Anual
Arsénico (*)	mg/L	Anual
Bario	mg/L	Anual
Berilio(*)	mg/L	Anual
Boro	mg/L	Semestral
Cadmio (*)	mg/L	Anual
Cianuro (*)	mg/L	Anual
Cloruro (*)	mg/L	Anual
Cobalto (*)	mg/L	Anual
Cobre (*)	mg/L	Semestral
Cromo (*)	mg/L	Anual
Detergentes como SAAM	mg/L	Anual
Fenoles	mg/L	Anual
Fluor	mg/L	Anual
Hierro (*)	mg/L	Semestral
Litio (*)	mg/L	Anual
Magnesio(*)	mg/L	Anual
Manganeso (*)	mg/L	Semestral
Mercurio (*)	mg/L	Anual
Molibdeno (*)	mg/L	Anual
Niquel (*)	mg/L	Anual
Nitrato como N	mg/L	Anual
Nitrito como N	mg/L	Anual
Plata (*)	mg/L	Anual
Plomo (*)	mg/L	Anual
Selenio (*)	mg/L	Anual
Sodio Porcentual	%	Anual
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	Semestral
Sulfato	mg/L	Semestral
Vanadio (*)	mg/L	Anual
Cinc (*)	mg/L	Anual
Conductividad Especifica	umho/cm	Semestral
pH	--	Semestral
Oxígeno Disuelto	mg/L	Semestral
Temperatura	°C	Semestral
Color	Escala Pt-Co	Anual
Turbiedad	NTU	Anual
<b>b) Análisis Microbiológico</b>		
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	Anual
Coliformes Totales	NMP/100 mL	Anual
<b>c) Nivel Freático</b>		
	m	Mensual

\* Concentraciones Totales

**TABLA N° 1.2.2**  
**MUESTREO DE AGUA SUBTERRANEA TIERRA AMARILLA**  
**PROGRAMA DE MONITOREO TERRESTRE**  
**COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA**  
**MUESTREO SEMESTRAL**  
**Fecha de muestreo : 04/03/08**

PARAMETRO	UNIDAD	POZO				MAXIMOS PERMITIDOS	
		PAIPOTE	CANDELARIA	MINOSAL	EMSSAT	NCH 1333	NCH 409
Aluminio	mg/L	0.19	0.01	0.18	0.01	5.00	
Amonio	mg/L	0.08	<0.05	<0.05	<0.05		1.5
Arsénico	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	0.10	0.01
Bario	mg/L	0.02	0.02	0.03	0.03	4.00	
Berilio	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.10	
Boro	mg/L	1.58	1.24	1.43	1.52	0.75	
Cadmio	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.010	0.01
Cianuro	mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.20	0.05
Cloruro	mg/L	280.3	237.5	465.5	418	200.00	400
Cobalto	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.002	0.050	
Cobre	mg/L	0.05	0.01	<0.01	0.02	0.20	2.0
Cromo total	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.10	0.05
Detergente	mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05		0.50
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		0.002
Fluor	mg/L	0.3	0.5	0.4	0.80	1.00	1.5
Hierro	mg/L	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	5.00	0.3
Litio	mg/L	1.13	0.57	1.00	0.98	2.50	
Magnesio	mg/L	108	108	108	90		125
Manganeso	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.20	0.10
Mercurio	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.001
Molibdeno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.010	
Níquel	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.20	
Nitrato	mg/L	33.5	24.5	68.87	50.38		50
Nitrito	mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05		3.0
Plata	mg/L	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.20	
Plomo	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	5.00	0.05
Selenio	mg/L	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.020	0.01
Sodio Porcentual	%	16.6	21.77	19.49	23.7	35.00	
Solidos Totales Disueltos	mg/L	2,090	1,300	2,010	1,980	500	1,500
Sulfato	mg/L	1,217	680	994	644	250.00	500
Vanadio	mg/L	0.22	0.15	0.22	0.20	0.10	
Zinc	mg/L	0.02	0.05	0.04	0.02	2.00	3.0
Conductividad Específica	umho/cm	2,970	2,060	3,010	2,980	750	
pH		7.6	7.2	7.1	7.3	5,5-9,0	6,5-8,5
Oxígeno Disuelto	mg/L	8.9	4.95	5.15	6.35		
Temperatura	°C	21.1	21.6	21.7	22.1		
Color	Escala Pt-Co	<5	<5	<5	<5		20
Turbiedad	NTU	0.87	0.62	0.23	0.07		2
Coliformes Fecales	NMP/100ml	<1	<1	<1	<1	1,000	exenta
Coliformes Totales	NMP/100ml	<1	<1	<1	<1		

Notas : - Los metales estan expresados como concentraciones totales

**TABLA Nº 1.2.3**  
**MUESTREO DE AGUA SUBTERRANEA TIERRA AMARILLA**  
**MEDICION DE NIVEL FREATICO**

TRIMESTRE 1: ENERO, FEBRERO Y MARZO DE 2008

POZO	COTA COLLAR m.s.n.m.	31.12.07		04.02.08		03.03.08	
		NIVEL FREATICO (m)	ACTIVIDAD	NIVEL FREATICO (m)	ACTIVIDAD	NIVEL FREATICO (m)	ACTIVIDAD
POZO EMSSAT	523.00	-	SI	-	SI	-	SI
POZO MINOSAL	507.08	420.16	NO	417.98	NO	415.78	NO
POZO Nº 2 CANDELARIA	482.64	400.50	NO	399.44	NO	397.16	NO
POZO Nº 3 CANDELARIA	482.64	-	NO	399.88	NO	398.37	NO
POZO Nº 4 CANDELARIA	482.71	400.85	NO	399.79	NO	398.20	NO
POZO Nº 5 CANDELARIA	484.75	402.77	NO	401.58	NO	399.48	NO
POZO Nº 6 CANDELARIA	484.46	407.68	NO	407.61	NO	407.36	NO
POZO Nº 11 (reemplaza a DGA)	468.00	400.35	NO	399.07	NO	398.19	NO

**TABLA Nº 1.2.4**  
**MUESTREO DE AGUA SUBTERRANEA TIERRA AMARILLA**  
**CAUDAL DE AGUA EXTRAIDA Y RECIRCULADA**  
**(RESUMEN MENSUAL)**  
**TRIMESTRE 1: ENERO, FEBRERO Y MARZO DE 2008**

MES	AGUA EXTRAIDA DE POZO		AGUA RECIRCULADA DE PIQUE	
	CANTIDAD (m3)	CAUDAL (L/s)	CANTIDAD (m3)	CAUDAL (L/s)
<b>ene-08</b>	807,147	301.4	816,633	304.9
<b>feb-08</b>	762,794	304.4	778,884	310.9
<b>mar-08</b>	676,669	252.6	824,988	308.0

### 1.2.5 Comentarios

De acuerdo a los requerimientos del programa de monitoreo, la calidad de las aguas subterráneas durante este monitoreo, debe ser comparada con la Norma Chilena Oficial NCh 1333/78 para agua de riego, modificada en 1987, y por la Norma Chilena Oficial NCh 409/2005.

Con respecto a los parámetros analizados semestralmente (Marzo de 2008) para calidad de agua, en este primer semestre se puede indicar para cada uno de ellos lo siguiente:

a) pH

Para todos los puntos muestreados el pH está dentro de los rangos permitidos por ambas normas de calidad de agua. Si se compara con los resultados obtenidos de las campañas de 1994 a 2007, el pH presenta igual comportamiento.

b) Oxígeno disuelto (OD)

Si bien no existe una norma con la cual comparar los resultados obtenidos, en los cuatro puntos monitoreados se midieron rangos de OD similares a los de los años anteriores.

c) Conductividad específica (CE)

La norma NCh 1333 para agua de riego, considera que bajo 750  $\mu\text{mho/cm}$  no se observan efectos perjudiciales, y que entre 750 y 1500  $\mu\text{mho/cm}$  las aguas pueden tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles y entre 1500 y 3000  $\mu\text{mho/cm}$  los efectos pueden ser adversos en muchos cultivos.

Bajo estos conceptos todos los puntos muestreados presentan durante el trimestre, valores entre 2060 y 3010  $\mu\text{mho/cm}$ , similares a los medidos en el año 2007, por tanto las aguas presentan cierta restricción de uso en cultivos sensibles.

La CE más alta se presentó en el pozo MINOSAL, con un valor de 3010  $\mu\text{mho/cm}$ .

d) Sólidos disueltos totales (SDT)

De acuerdo a la Norma NCh 1333 para agua de riego, con contenidos de SDT bajo 500 mg/L no se observan efectos perjudiciales, entre 500 y 1000 mg/L pueden existir efectos perjudiciales en cultivos sensibles y entre 1000 y 2000 mg/L los efectos son adversos en muchos cultivos.

Por otro lado, la Norma NCh 409 para agua potable, tiene como límite máximo 1500 mg/L, pero el Ministerio de Salud puede aceptar eventualmente un contenido mayor.

Todos los pozos analizados en el trimestre presentan contenidos entre 1300 y 2090 mg/L, valores similares a los obtenidos en el año 2007, por lo tanto para agua de riego presentan cierto grado de restricción, al igual que para consumo como agua potable.

El valor más altos se presenta en el pozo PAIPOTE (2090 mg/L).

e) Sulfato

La norma de calidad de agua para sulfato es de 250 mg/L para riego y de 500 mg/L para agua potable. Todos los pozos analizados durante el trimestre superan ambas normas. Los valores fluctúan entre 680 y 1217 mg/L, valores similares a los obtenidos en el año 2007.

Los valores más altos se presentan en el pozo PAIPOTE (1217 mg/L).

f) Boro

El boro en todos los pozos monitoreados presentan contenidos superiores a la norma de calidad de agua para riego (0,75 mg/L). Los valores fluctúan entre 1.24 y 1.58 mg/L.

g) Cobre

Los contenidos de cobre para todos los puntos monitoreados están dentro de las normas de calidad de agua y su comportamiento es similar al de los años anteriores.

h) Hierro

Los contenidos de hierro de los pozos PAIPOTE, CANDELARIA, MINOSAL y EMSSAT presentan contenidos que cumplen las normas de calidad de agua.

i) Manganeseo

Los contenidos de manganeseo de los pozos PAIPOTE, CANDELARIA, MINOSAL y EMSSAT presentan contenidos que cumplen las normas de calidad de agua.

j) Otros análisis químicos

En cuanto al análisis anual completo de las normas NCH 1333 y NCH 409, realizado en el mes de Marzo de 2008, se detectó que los contenidos de cloruros sobrepasan ambas normas en los pozos MINOSAL y EMSSAT y sobrepasan la norma NCH 1333 en los pozos PAIPOTE y CANDELARIA. Los niveles de nitratos superan la norma NCH 409 en los pozos MINOSAL y EMSSAT. Por último, el vanadio en los cuatro pozos monitoreados supera los niveles exigidos por la norma NCH 1333

### 1.3 Aguas de recirculación

#### 1.3.1 Identificación de los puntos de muestreo

En base al programa de monitoreo, se midieron durante el primer semestre de 2008 tres puntos de muestreo en el sector de las faenas mineras, correspondientes a aguas de recirculación, cuya identificación es la siguiente:

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

#### 1.3.2 Parámetros analizados

De acuerdo al programa de monitoreo establecido, los parámetros analizados en este semestre para los tres puntos, son los mismos que se indicaron en la Tabla 1.2.1, en la cual se indicó además la frecuencia del muestreo.

La temperatura y pH se miden en terreno y los restantes se analizan en los Laboratorios de DICTUC.

#### 1.3.3 Procedimientos de Muestreo

El programa de monitoreo, se realizó de acuerdo a las normas establecidas para cada caso. La toma de muestra de agua, el tipo de envase, los preservantes y el transporte, se basan en el "Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater" de la APHA, AWWA y WPCF.

### 1.3.4 Resultados

Los resultados obtenidos en el primer semestre de la campaña de muestreo de 2008, se presentan en la Tabla 1.3.1. En Anexo 1.1 se presentan los certificados del Laboratorio Químico con los resultados de las muestras que fueron sometidas a Análisis Químico.

**TABLA N° 1.3.1**  
**MUESTREO DE AGUA RECIRCULADA SECTOR MINA**  
**PROGRAMA DE MONITOREO TERRESTRE**  
**COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA**  
**TRIMESTRE 1: ENERO Y MARZO DE 2007**  
**Fecha de muestreo: 04/03/08**

PARAMETRO	UNIDAD	MINA (*)	PIQUE	LAGUNA DE CLARIFICACION	MAXIMOS PERMITIDOS
					NCH 1333
Aluminio	mg/L	0.18	0.04	0.50	5.00
Amonio	mg/L	257.8	0.06	0.47	
Arsénico	mg/L	<0.006	0.009	0.01	0.10
Bario	mg/L	0.07	0.02	0.10	4.00
Berilio	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	0.10
Boro	mg/L	7.63	2.89	2.56	0.75
Cadmio	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	0.010
Cianuro	mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	0.20
Cloruro	mg/L	1516.6	869.3	855.1	200.00
Cobalto	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	0.050
Cobre	mg/L	0.08	0.02	0.02	0.20
Cromo VI	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	0.10
Detergente	mg/L	0.18	<0.05	<0.05	
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	
Fluor	mg/L	0.70	0.80	1.1	1.00
Hierro	mg/L	0.44	0.07	0.68	5.00
Litio	mg/L	0.47	1.22	1.40	2.50
Magnesio	mg/L	61.7	33	24.7	
Manganeso	mg/L	0.36	<0.01	0.03	0.20
Mercurio	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	0.001
Molibdeno	mg/L	0.05	0.06	0.07	0.010
Níquel	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	0.20
Nitrato	mg/L	2620	26.96	39.82	
Nitrito	mg/L	10.53	<0.05	<0.05	
Plata	mg/L	<0.01	0.04	0.02	0.20
Plomo	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	5.00
Selenio	mg/L	0.01	<0.004	<0.004	0.020
Sodio Porcentual	%	51.88	46.28	37.24	35.00
Solidos Totales Disueltos	mg/L	7,710	4,210	4,310	500
Sulfato	mg/L	2,075	1,891	2,550	250.00
Vanadio	mg/L	0.12	0.09	0.06	0.10
Zinc	mg/L	0.01	0.46	0.13	2.00
Conductividad Específica	umho/cm	11280	6,180	6,220	750
pH		7.89	7.33	7.62	5,5-9,0
Oxígeno Disuelto	mg/L	8.65	5.2	6.3	
Temperatura	°C	28.8	21.0	23.4	
Color	Escala Pt-Co	15	<5	<5	
Turbiedad	NTU	8.15	0.9	9.25	
Coliformes Fecales	NMP/100ml	<1	<1	<2	1,000
Coliformes Totales	NMP/100ml	<1	<1	8	

(\*) Muestra se tomó el 13 de marzo de 2008

### 1.3.5 Comentarios

Las aguas de mina, pique y laguna de clarificación, sólo de modo referencial, se pueden comparar con la norma para agua de riego, o comparar su calidad con la calidad del agua superficial y subterránea.

Los resultados obtenidos para este primer semestre del año 2008 muestran para los puntos de muestreo en el Sector Mina, lo siguiente:

a) Aguas de Mina

El agua de Mina presenta contenidos altos de SDT, CE, sulfato y boro.

El análisis químico completo anual, realizado en el mes de Marzo, adicionalmente a los parámetros ya mencionados, presentó contenidos altos de amonio, cloruros, molibdeno, nitratos, nitritos, sodio porcentual, vanadio y color.

b) Agua de Pique

El agua de Pique presenta contenidos altos de SDT, CE, sulfato y boro.

El análisis químico completo anual, realizado en el mes de Marzo, adicionalmente a los parámetros ya mencionados, presentó contenidos altos de cloruros, molibdeno y sodio porcentual.

c) Laguna de Clarificación

Al igual que las aguas de Mina y Pique, los resultados de los análisis químicos presentan contenidos altos en SDT, CE, sulfato y boro. Adicionalmente, el análisis químico completo anual, realizado en el mes de Marzo, mostró contenidos altos de cloruros, flúor, molibdeno y sodio porcentual.

#### **1.4 Control de Calidad de los Análisis en Muestra de Agua**

Como parte del Programa de Aseguramiento de Calidad, se contempla el control de calidad de los análisis de las muestras de agua. Durante el año 2008 el control se realiza en forma anual con un control intralaboratorio e interlaboratorio.

En el primer semestre de 2008 no correspondió realizar un control intralaboratorio e interlaboratorio

## 1.5 Calidad del Aire y Meteorología

### 1.5.1 Puntos de Muestreo y Actividades Desarrolladas

#### 1.5.1.1 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 primer trimestre de monitoreo (Enero - Marzo 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 SiO<sub>2</sub> 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 SiO<sub>2</sub> libre.

En Figura 1.5.1 se muestra la ubicación de los puntos de monitoreo.

#### 1.5.1.2 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.

### 1.5.2 Procedimiento de Muestreo

#### 1.5.2.1 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.

### 1.5.2.2 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

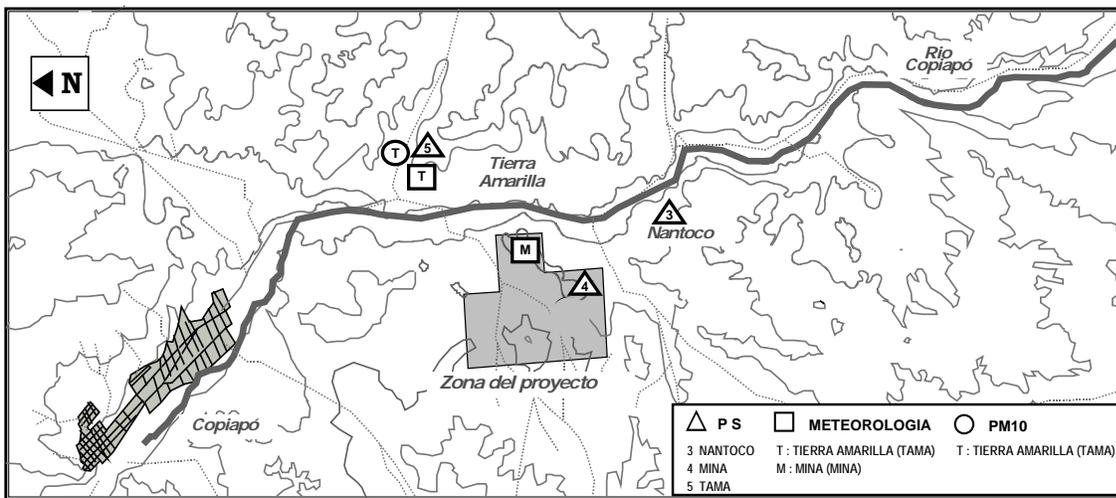


FIGURA 1.5.1  
UBICACIÓN DE ESTACIONES DE MONITOREO  
MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE (PM10), POLVO SEDIMENTABLE Y ESTACION  
METEOROLOGICA

Compañía Contractual Minera Candelaria  
Plan de Monitoreo Ambiental  
Tierra Amarilla, III Región, Chile

### 1.5.3 Resultados

#### 1.5.3.1 Calidad del Aire

\* Material particulado respirable (PM10)

En Tabla 1.5.1 se presentan los resultados de PM10 obtenidos en el período Enero - Marzo 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 1.2 se presentan los certificados del Laboratorio Químico con los resultados de las muestras que fueron sometidas a Análisis Químico.

**TABLA 1.5.1**

**RESULTADOS DE MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE (PM10)  
Y SU CONTENIDO DE ARSÉNICO Y SÍLICE LIBRE  
ESTACIÓN TIERRA AMARILLA  
PERIODO: ENERO-MARZO 2008**

FECHA	CONCENTRACIÓN $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	ARSÉNICO		SÍLICE LIBRE	
		%	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$
01-01-08	46	0.062	0.029		
04-01-08	85	0.036	0.031		
07-01-08	54	0.044	0.024	1.3	0.7
10-01-08	80	0.015	0.012		
13-01-08	36	0.015	0.006		
16-01-08	49	0.147	0.073		
19-01-08	83	0.093	0.077	0.9	0.8
22-01-08	60				
25-01-08	43	0.034	0.015		
28-01-08	59	0.045	0.027		
03-02-08	62	0.136	0.084		
06-02-08	57	0.008	0.004		
09-02-08	67	0.015	0.010	0.6	0.4
12-02-08	57	0.125	0.071		
15-02-08	65	0.085	0.056		
18-02-08	81	0.113	0.091		
21-02-08	75	0.019	0.014	0.01	0.01
24-02-08	84	0.066	0.056		
27-02-08	89	0.107	0.095		
01-03-08	80				
04-03-08	46				
07-03-08	70			5.6	3.9
10-03-08	92	0.233	0.215		
13-03-08	107				
16-03-08	71				
19-03-08	105			5.6	5.9
22-03-08	69				
25-03-08	113	0.053	0.060		
28-03-08	71				
31-03-08	89				
<b>PROMEDIO</b>	<b>71</b>	<b>0.073</b>	<b>0.052</b>	<b>2.3</b>	<b>1.9</b>

\* Polvo sedimentable

Los resultados de los muestreos de polvo sedimentable obtenidos en las dos estaciones de muestreo se presentan en Tabla 1.5.2. Por otra parte, en Tablas 1.5.3 al 1.5.6 se muestran los resultados del contenido de arsénico, cobre, hierro y sílice libre, que hay presente en el polvo sedimentable recolectado. En Anexo 1.3 se presentan los certificados del Laboratorio Químico con los resultados de las muestras que fueron sometidas a Análisis Químico.

**TABLA 1.5.2**

**RESULTADOS POLVO SEDIMENTABLE  
RED MONITOREO PROYECTO CANDELARIA  
PERIODO ENERO-MARZO 2008  
CONCENTRACIONES EXPRESADAS mg/cm<sup>2</sup>/30 días**

NUMERO MUESTRA	LUGAR DE MUESTREO	MES			PROMEDIO
		ENERO	FEBRERO	MARZO	
PS3	Nantoco	0.8778	0.8422	0.9174	0.8791
PS4	Sector Mina	0.9009	0.7743	1.1672	0.9475

**TABLA 1.5.3**

**CONTENIDO DE ARSÉNICO EN EL POLVO SEDIMENTABLE  
RED MONITOREO PROYECTO CANDELARIA  
PERIODO ENERO-MARZO 2008  
CONCENTRACIONES EXPRESADAS EN PORCENTAJE EN PESO**

NUMERO MUESTRA	LUGAR DE MUESTREO	MES			PROMEDIO
		ENERO	FEBRERO	MARZO	
PS3	Nantoco	0.008	0.008	0.007	0.008
PS4	Sector Mina	0.009	0.009	0.015	0.011

**TABLA 1.5.4**

**CONTENIDO DE COBRE EN EL POLVO SEDIMENTABLE  
RED MONITOREO PROYECTO CANDELARIA  
PERIODO ENERO-MARZO 2008  
CONCENTRACIONES EXPRESADAS EN PORCENTAJE EN PESO**

NUMERO MUESTRA	LUGAR DE MUESTREO	MES			PROMEDIO
		ENERO	FEBRERO	MARZO	
PS3	Nantoco	0.33	0.53	0.33	0.40
PS4	Sector Mina	0.78	0.86	0.92	0.85

**TABLA 1.5.5**

**CONTENIDO DE HIERRO EN EL POLVO SEDIMENTABLE  
RED MONITOREO PROYECTO CANDELARIA  
PERIODO ENERO-MARZO 2008  
CONCENTRACIONES EXPRESADAS EN PORCENTAJE EN PESO**

NUMERO MUESTRA	LUGAR DE MUESTREO	MES			PROMEDIO
		ENERO	FEBRERO	MARZO	
PS3	Nantoco	4.91	7.95	4.04	5.63
PS4	Sector Mina	9.41	13.00	6.61	9.67

**TABLA 1.5.6**

**CONTENIDO DE SÍLICE LIBRE EN EL POLVO SEDIMENTABLE  
RED MONITOREO PROYECTO CANDELARIA  
PERIODO ENERO-MARZO 2008  
CONCENTRACIONES EXPRESADAS EN PORCENTAJE EN PESO**

NUMERO MUESTRA	LUGAR DE MUESTREO	MES			PROMEDIO
		ENERO	FEBRERO	MARZO	
PS3	Nantoco	0.23	0.36	0.14	0.24
PS4	Sector Mina	0.23	0.20	0.08	0.17

1.5.3.2 Variables Meteorológicas

A. Estación TAMA.

En Tabla 1.5.7 se presenta el porcentaje de recuperación de datos horarios en el monitoreo de parámetros meteorológicos y en Tabla 1.5.8 se presenta un resumen de los valores medios mensuales de los parámetros medidos en Tierra Amarilla (TAMA).

Por otra parte, en Figuras 1.5.2 y 1.5.3 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 Enero - Marzo 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 1.5.7**

**PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE DATOS HORARIOS  
MONITOREO DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS  
MINERA CANDELARIA  
ESTACIÓN TIERRA AMARILLA  
PERIODO: ENERO-MARZO 2008**

PARÁMETRO	M E S		
	ENERO	FEBRERO	MARZO
Velocidad del Viento	100	100	100
Dirección del Viento	100	100	100

**TABLA 1.5.8**

**VALORES MEDIOS MENSUALES DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS  
MONITOREO TERRESTRE MINERA CANDELARIA  
ESTACIÓN TIERRA AMARILLA  
PERIODO: ENERO-MARZO 2008**

PARÁMETRO	M E S		
	ENERO	FEBRERO	MARZO
Velocidad del Viento promedio (m/seg)	2.6	2.5	2.3
Dirección Predominante			
- Día	NNE, N, NNW, NW, WNW	NNE, N, NNW, NW	N, NNE
- Noche	NNW, N, NNE	NNE, N, NNW S, SSE	N, NNW S, SSE

**B. Estación MINA**

Al igual que en estación Tierra Amarilla, en Tabla 1.5.9 se presenta el porcentaje de recuperación de datos horarios en el monitoreo de parámetros meteorológicos y en Tabla 1.5.10 se presenta un resumen de los valores medios mensuales de los parámetros medidos en Estación Mina (MINA).

Por otra parte, en Figuras 1.5.4 a 1.5.5 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 Enero - Marzo 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 1.5.9**

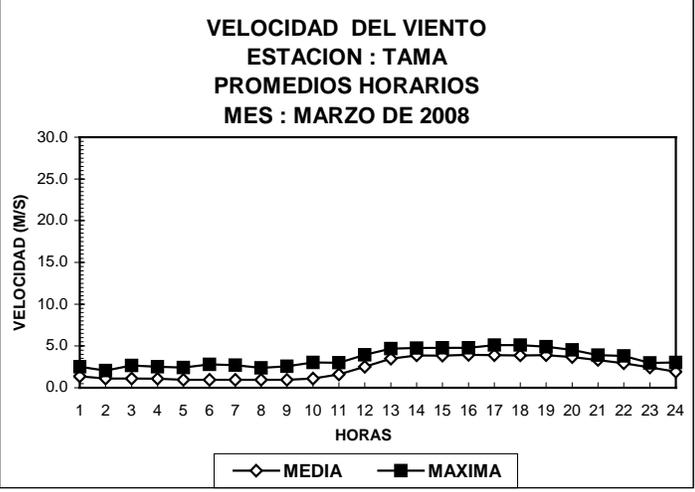
**PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE DATOS HORARIOS  
MONITOREO DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS  
MINERA CANDELARIA  
ESTACIÓN MINA  
PERIODO: ENERO - MARZO 2008**

PARÁMETRO	M E S		
	ENERO	FEBRERO	MARZO
Velocidad del Viento	100	100	100
Dirección del Viento	100	100	100

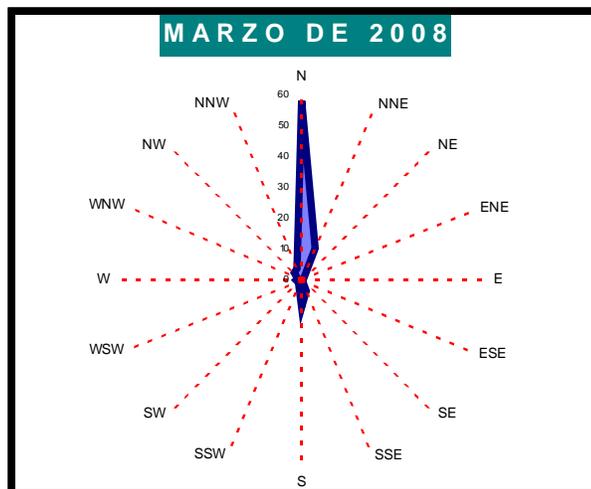
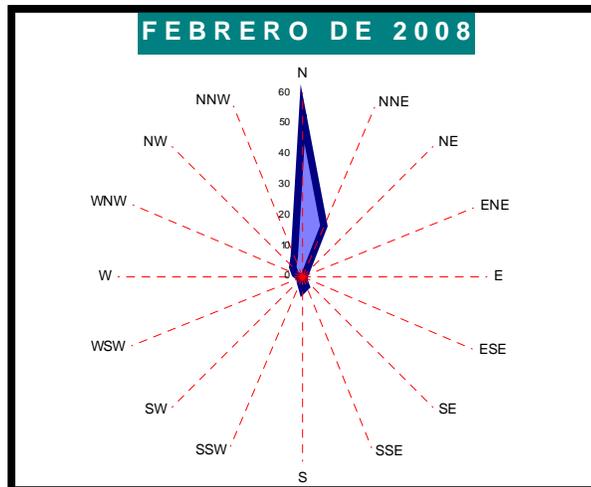
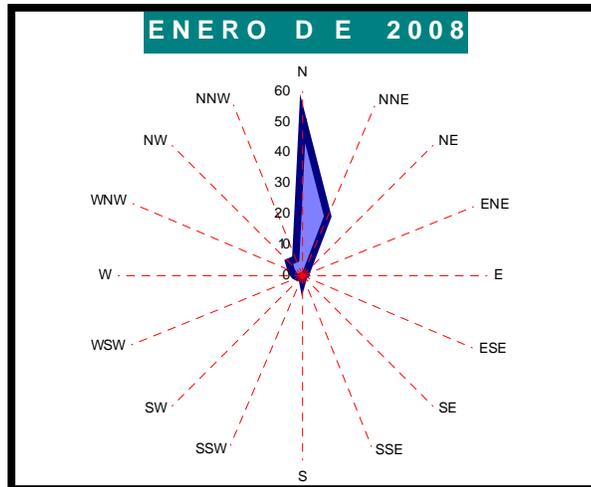
**TABLA 1.5.10**

**VALORES MEDIOS MENSUALES DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS  
MONITOREO TERRESTRE MINERA CANDELARIA  
ESTACIÓN MINA  
PERIODO: ENERO - MARZO 2008**

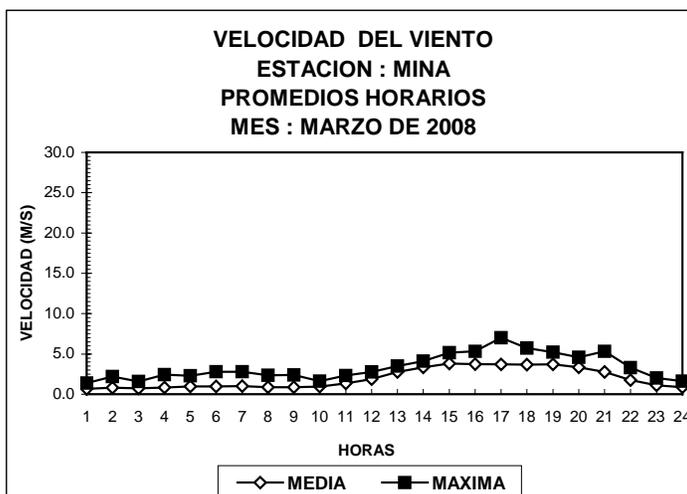
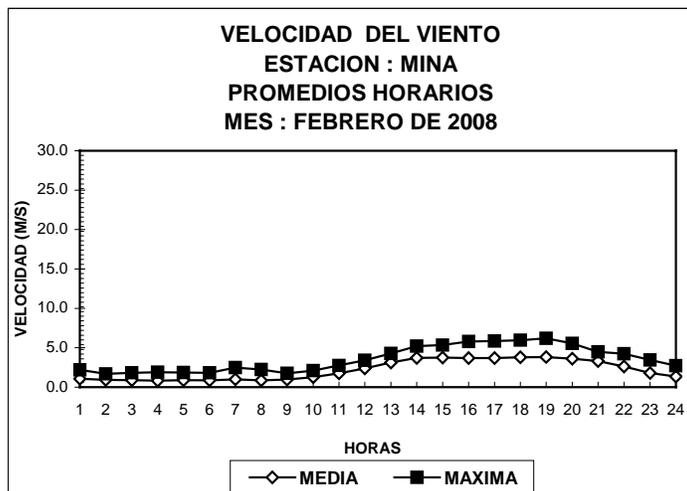
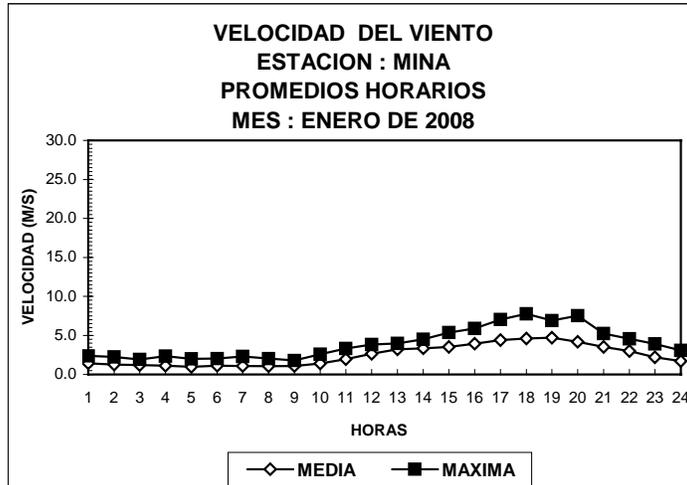
PARÁMETRO	M E S		
	ENERO	FEBRERO	MARZO
Velocidad del Viento promedio (m/seg)	2.4	2.2	1.9
Dirección Predominante - Día	W, WNW, NNW, N, NNE, NE	W, WNW, NW, NNW, N, NNE, NE	NNW, N, NNE, NE
- Noche	N, NNE	N, NNE SSW, S	NNW, N, NNE, NE SSW, S



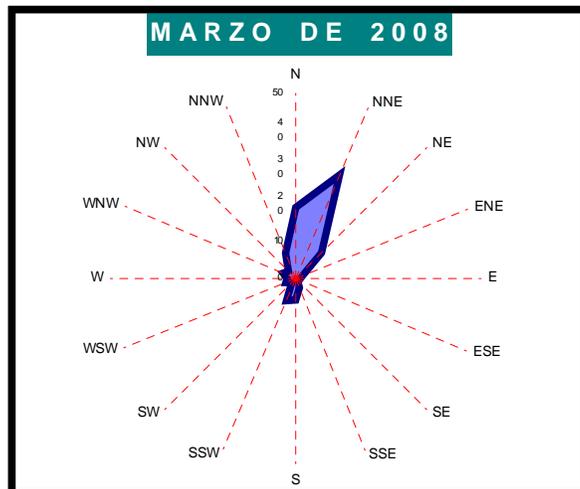
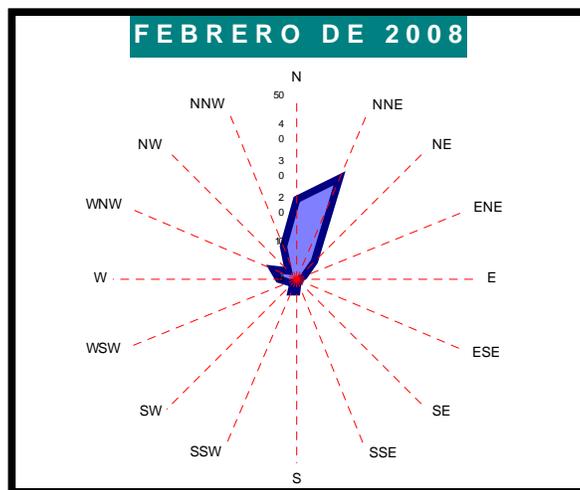
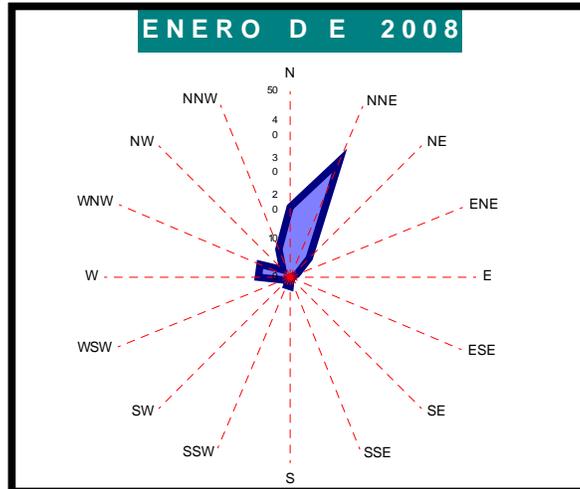
**FIGURA N ° 1.5.2**  
**VELOCIDAD DEL VIENTO**  
**ESTACION TAMA**  
**TRIMESTRE ENERO - MARZO DE 2008**



**FIGURA N ° 1.5.3**  
**ROSAS DE VIENTOS ACUMULADAS MENSUALES**  
**ESTACION TAMA**  
**TRIMESTRE ENERO - MARZO DE 2008**



**FIGURA N ° 1.5.4**  
**VELOCIDAD DEL VIENTO**  
**ESTACION MINA**  
**GRAFICOS DE VALORES MEDIOS HORARIOS PARA EL MES**  
**TRIMESTRE ENERO - MARZO DE 2008**



**FIGURA N ° 1.5.5**  
**ROSAS DE VIENTOS ACUMULADAS MENSUALES**  
**ESTACION MINA**  
**TRIMESTRE ENERO - MARZO DE 2008**

## 1.5.4 Análisis de Resultados

### 1.5.4.1 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. Seinfeld<sup>2</sup>, 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 Tablas 1.5.1 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 Enero - Marzo no se superó.

En estación TAMA, las concentraciones de PM10 fluctuaron entre 36 y  $113 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  con un promedio trimestral de  $71 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ . Al comparar estos valores con los del año 2007, se puede inferir

---

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

que son superiores (un 7.5 %). Una probable causa es el aumento de la actividad minera y la sequía que está afectando en la zona.

De la misma Tabla se puede observar que el contenido de Arsénico estuvo comprendido entre 0,004 y 0,215  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , con un promedio 0,052  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , lo que significa que 0,073 % de las PM10 tiene arsénico, valores similares a los del año 2007.

Por último, en lo que respecta al contenido de  $\text{SiO}_2$  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  $\text{SiO}_2$  libre en las PM10.

Los valores obtenidos de  $\text{SiO}_2$  libre en Estación TAMA están comprendidos entre menor que 0.01 y 5.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , con un promedio de 1.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , valores inferiores a los del año 2007.

#### \* 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 con las mediciones realizadas en los distintos lugares de monitoreo, cuyos resultados se presentaron en Tabla 1.5.2, podemos inferir que se sobrepasó en un 100 % en estaciones MINA y NANTOCO, valores inferiores a los obtenidos en el año 2007.

En el sector Mina las fuentes emisoras principales de emisiones 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 durante el día y la noche, 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 hacen mínimas.

Por otra parte, de Tablas 1.5.3 a 1.5.6 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  $\text{SiO}_2$  libre, en las partículas son bajos y homogéneos.

#### 1.5.4.2 Variables Meteorológicas

##### Estación TIERRA AMARILLA

Las velocidades medias y direcciones predominantes registradas en Tierra Amarilla se presentaron en la Tabla 1.5.8. Las velocidades medias disminuyen paulatinamente durante el período. La dirección predominante es N y NNE durante las 24 horas del día.

De figura 1.5.2 y anexo 3.1 se puede inferir lo siguiente: las velocidades muestran un ciclo diario, con mayores valores entre 12 y 23 h; las velocidades máximas sobrepasan los 3 m/s, entre las 14 y 21 h; los valores mínimos se producen entre las 02 y 14 h, con valores medios que fluctúan entre 0.8 y 2.2 m/s; y los períodos de calma (vientos con velocidad inferior a 0.5 m/s) son de un 7.0 %, promedio para todo el período y generalmente se producen entre las 02 y 10 h.

De figura 1.5.3 y anexo 3.1 se puede observar que las direcciones de viento en Tierra Amarilla no muestran grandes variaciones a lo largo del día. Las direcciones predominantes son N y NNE, y representan el 71 % de las observaciones. En el período de vientos más débiles, en la noche y la mañana, aparecen otras direcciones, con menos frecuencia. Entre las 01 y 08 horas, aparece la dirección SSE, S y SSW, mostrando la ocurrencia de viento nocturno valle abajo. En las horas de mayor velocidad del flujo, la componente predominante es N y NNE.

### Estación MINA

Las velocidades medias y dirección predominantes en cada mes se presentaron en la Tabla 1.5.10. Al igual que en estación Tierra Amarilla, las velocidades medias disminuyen paulatinamente a lo largo del período y los valores son similares.

De figura 1.5.4 y anexo 3.2 se puede inferir lo siguiente: las velocidades muestran un ciclo diario, con mayores valores entre 12 y 22 h; las velocidades máximas superan los 3 m/s entre las 13 y 21 h; los valores mínimos se producen entre las 23 y 10 h del día siguiente, con valores medios que fluctúan entre 0.7 y 2.2 m/s; y los períodos de calma (vientos con velocidad inferior a 0.5 m/s) son de un 7.5 %, promedio para todo el período y generalmente se producen entre las 23 y 10 h del día siguiente.

En general el viento muestra un ciclo diario definido, similar al de Tierra Amarilla, con muy pocas diferencias de dirección entre el día y la noche. De acuerdo a la figura 1.5.5 y anexo 3.2, el régimen de viento diurno se desarrolla en la mañana y alcanza su mayor intensidad en la tarde, con dirección predominante desde el N, NNE y NE, correspondiendo a flujo valle arriba. A algunas horas de la tarde, 15 a 20 h, se observan direcciones del W, WNW, NW y NNW.

El régimen nocturno tiene dirección predominante desde el N, NNE y NE, indicando que en esta época del año durante todo el día el flujo es valle arriba. Al igual que en TAMA, en el período de vientos más débiles, en la noche y la mañana, aparecen otras direcciones, con menos frecuencia, entre las 01 y 09 h, aparece la dirección S y SSW, mostrando la ocurrencia de viento nocturno valle abajo.

### 1.5.5 Conclusiones y Recomendaciones

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

- Las concentraciones de PM10 medidas en Estación Tierra Amarilla no exceden la norma de calidad de aire fijada 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, más aún está lejos de alcanzarla. El valor máximo de PM10 durante todo el período de monitoreo fue de  $113 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ .

- Las concentraciones de PM10 son un 7.5 % superiores a las obtenidas en igual período en el año 2007.
- El contenido de Arsénico que hay en las PM10 es similar al obtenido en el año 2007. Las concentraciones estuvieron comprendidas entre 0.004 y 0.215  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ .
- 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 594 del Ministerio de Salud.
- El valor límite fijado por la OPS para polvo sedimentable fue sobrepasado durante el 100 % del período en estaciones MINA y NANTOCO, valores inferiores a los obtenidos en el año 2007 en igual período.
- Al igual que en los años 1999 a 2007, los contenidos de As, Cu, Fe y  $\text{SiO}_2$  libre en el polvo sedimentable son bajos.

## 1.6 Ruido y Vibraciones

### 1.6.1 Introducción

El presente informe corresponde a la Campaña Anual de Monitoreo de ruido y vibraciones, realizada en el mes de Enero de 2008, en Tierra Amarilla como parte del programa de monitoreo ambiental implementado por la Compañía Contractual Minera Candelaria.

El objetivo es evaluar las emisiones acústicas de las faenas de Candelaria que pudieran afectar áreas urbanizadas en el entorno, producto del ruido y vibraciones generadas por la operación minera.

El alcance del programa cubre áreas urbanas actuales y futuras de Tierra Amarilla, según el plan regulador de la comuna.

Las mediciones de ruido estarán orientadas a la aplicación del Decreto Supremo N° 146 de 1997 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República y a la identificación y caracterización de fuentes de ruido.

Las mediciones de vibración estarán orientadas a la aplicación de la Norma ISO 2631-2 de 1989 "Continuous and shock-induced vibration in buildings".

### 1.6.2 Puntos de Medición

Los criterios para la selección de puntos auxiliares fueron los siguientes:

- Elegir puntos en diversas zonas de uso del suelo
- Incluir zonas de futura expansión urbana
- Incluir lugares sensibles como viviendas, escuelas y hospitales
- Elegir puntos que representen faenas de Candelaria

El Punto Base de Tierra Amarilla se ubicó en la estación meteorológica de Candelaria, en Avda. Le Meur, donde registra el flujo vehicular a través de Tierra Amarilla.

Las zonas urbanas existentes y proyectadas se muestran en la Figura 1.6.1, con sus respectivos usos de suelo asignados. Por otro lado fue también preponderante en la elección de los puntos de medición evaluar aquellos ya medidos en los anteriores informes de monitoreo, ya que de esta manera se puede realizar una comparación de la situación pasada con la actual.

Los siguientes 7 puntos auxiliares fueron seleccionados en Tierra Amarilla:

- 1** Acera Norte de Avda. El Parque al extremo Poniente del Parque Municipal. Zona de Areas Verdes consolidada. Representa una zona sin viviendas, expuesta al flujo vehicular hacia las faenas mineras y a corta distancia de la mina.
- 2** Costado Sur de entrada al Cementerio. Zona C7 consolidada destinada exclusivamente a Cementerio. Representa un área con bajo ruido de fondo y a corta distancia de la mina.
- 3** Acera Norte de Avda. El Parque al extremo Oriente del Parque Municipal. Zona U1 de extensión urbana, urbanizable de 1ª prioridad. Representa el área con viviendas expuesta al flujo vehicular.
- 6** Camino bordeando la ribera Poniente del Río Copiapó, frente a Municipalidad. Zona U1 de extensión urbana, urbanizable de 1ª prioridad. Representa un área actualmente rural, sin fuentes de ruido, que potencialmente podría urbanizarse.
- 7** Acera Poniente calle Manuel Montt frente al Liceo. Zona C1 consolidada, Centro. Representa un área céntrica sensible por la proximidad del Liceo y Escuela F-40.
- 11** Camino a la Mina Candelaria, en mirador sobre tranque de relave en construcción. Representa un lugar que recibe directa y exclusivamente ruido de faenas de Candelaria.
- 21** Plaza interior del nuevo sector habitacional, sector Luis Uribe, con un total de 98 lotes (evaluado a partir del año 2002).

En forma especial, para el monitoreo de este año se solicitó realizar mediciones en un nuevo punto auxiliar, ubicado en la continuación de la calle Manuel Montt, hacia el norte, en la entrada a un sitio eriazado que actualmente se encuentra en construcción. La final de este monitoreo es obtener niveles actuales de ruido en el lugar, con y sin actividades de construcción. El punto en cuestión fue caracterizado como “A”. Se realizaron mediciones los días martes 15 y miércoles 16, en período diurno y nocturno. No se realizaron mediciones de vibraciones en dicho punto.

Las ubicaciones de los puntos auxiliares en Tierra Amarilla se muestran en la Figura 1.6.1

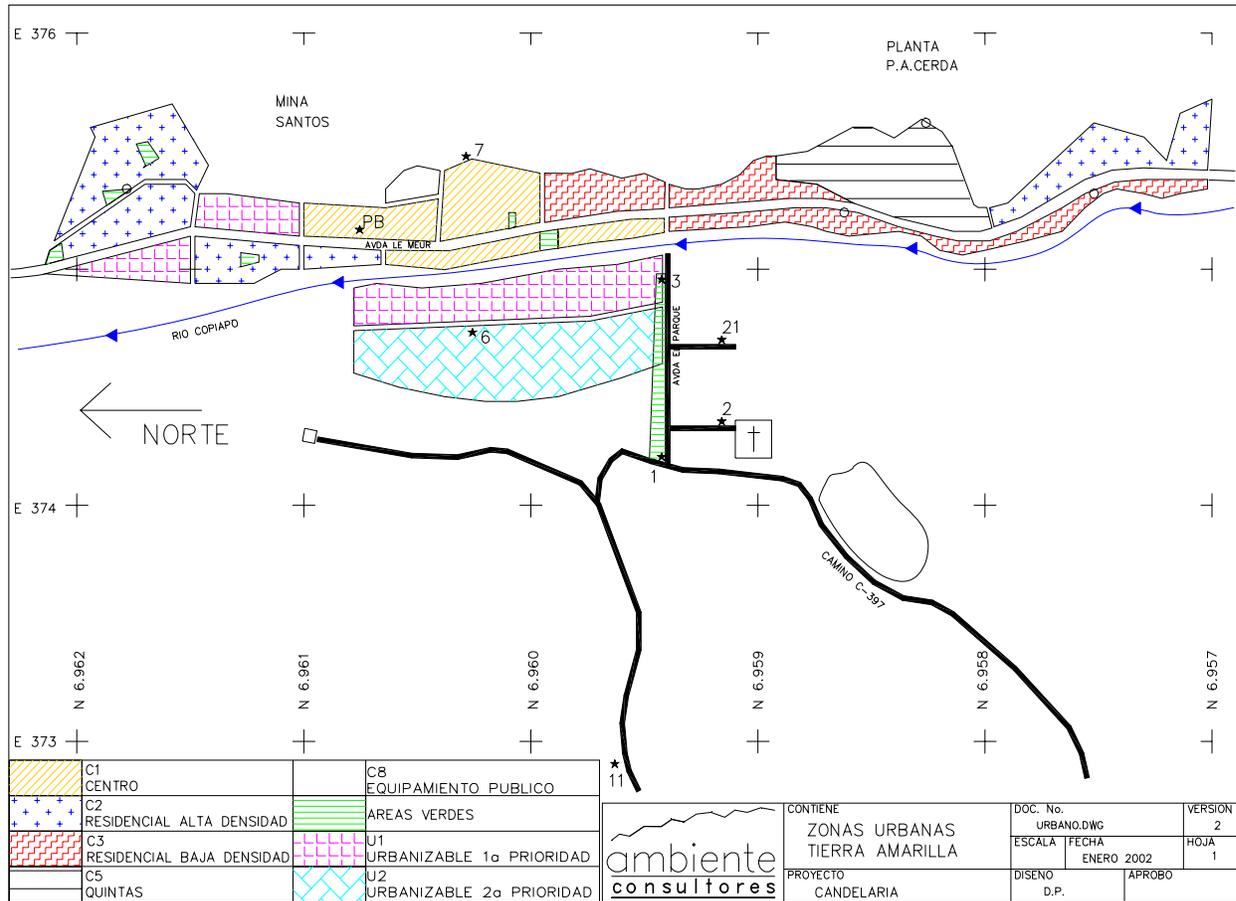
### 1.6.3 Horario de Muestreo

El monitoreo continuo de ruido y vibración en Tierra Amarilla se realizó desde el Lunes 14 de Enero desde las 00:00 horas hasta el jueves 17 de Enero a las 11:08 hrs.

El muestreo en los puntos auxiliares se realizó en el siguiente horario:

Tierra Amarilla	14 de Enero	15 de Enero	16 de Enero
	10:37 – 18:30 22:16 - 01:55	11:39 – 18:20 21:50 – 01:16	10:43 – 17:53 21:17 – 01:13

Se observaron tronaduras los días 14, 15 y 16 de Enero.



**FIGURA 1.6.1**  
**ZONAS URBANAS Y PROYECTADAS DE TIERRA AMARILLA**

#### 1.6.4 Sistema de muestreo

Durante los períodos de muestreo continuo automático en el Punto Base, para obtener los datos de vibración se digitalizaron y almacenaron en memoria muestras de aceleración cada 2 segundos.

Excepcionalmente, en los horarios en que se realizaron tronaduras se digitalizaron muestras cada 1 segundo para tener un registro más detallado del evento. Este registro se realizó durante un período que abarcó, aproximadamente, desde unos 15 minutos antes hasta 15 minutos después de realizada la tronadura.

Para los datos de ruido se digitalizaron muestras de Nivel Continuo Equivalente cada 15 segundos.

Durante el procesamiento, tanto los datos de ruido como de vibración se redujeron a un valor cada 60 segundos y se agruparon en períodos de 24 horas.

En los puntos auxiliares se obtuvieron lecturas de Nivel Equivalente Leq con filtro A en períodos de 10 a 30 minutos, de acuerdo a lo establecido por el DS 146/97, registrándose además el nivel máximo y el de fondo con respuesta lenta.

En estos puntos se obtuvo también el espectro de octavas, tanto para ruido de fondo como para fuentes de ruido específicas. En Tierra Amarilla se obtuvieron espectros de aceleración vertical en el suelo.

### 1.6.5 Fuentes de Ruido y Vibración

Las fuentes de ruido detectadas este año fueron las mismas que habían sido determinadas en campañas de mediciones anteriores, es decir, las fuentes de ruido predominantes en todos los puntos son los vehículos en circulación, en especial los camiones pesados que transitan por los caminos tanto interurbanos como dentro de la ciudad. El resto del flujo son microbuses, camiones livianos, camionetas, automóviles, furgones, colectivos y buses.

Tal como el año anterior el flujo se concentra en mayor medida en las avenidas Le Meur y Costanera, y en menor grado en Av. El Parque. Es predominantemente interurbano, de paso por Tierra Amarilla. Un flujo bastante menor, especialmente de vehículos livianos, se observa en las calles y caminos transversales.

Las fuentes de mayor nivel de ruido son los camiones que transitan tanto cargados como vacíos, a velocidades de 50 a 60 km/hr que cruzan el área urbana por Avenida Costanera y Buses que circulan por la Avenida Le Meur.

En el Punto Base se percibe el ruido de los filtros PM10, que operan durante 24 horas en forma periódica.

También las viviendas que están ubicadas frente al Parque Municipal, se pueden considerar como fuentes de ruido las cuales inciden directamente sobre los puntos de muestreo 3 y 21.

La fuente de mayor nivel de vibración en el punto base es el paso de buses o camiones pesados, en ocasiones estacionados cerca del punto base.

## 1.6.6 Niveles de Ruido

### \* Punto Base

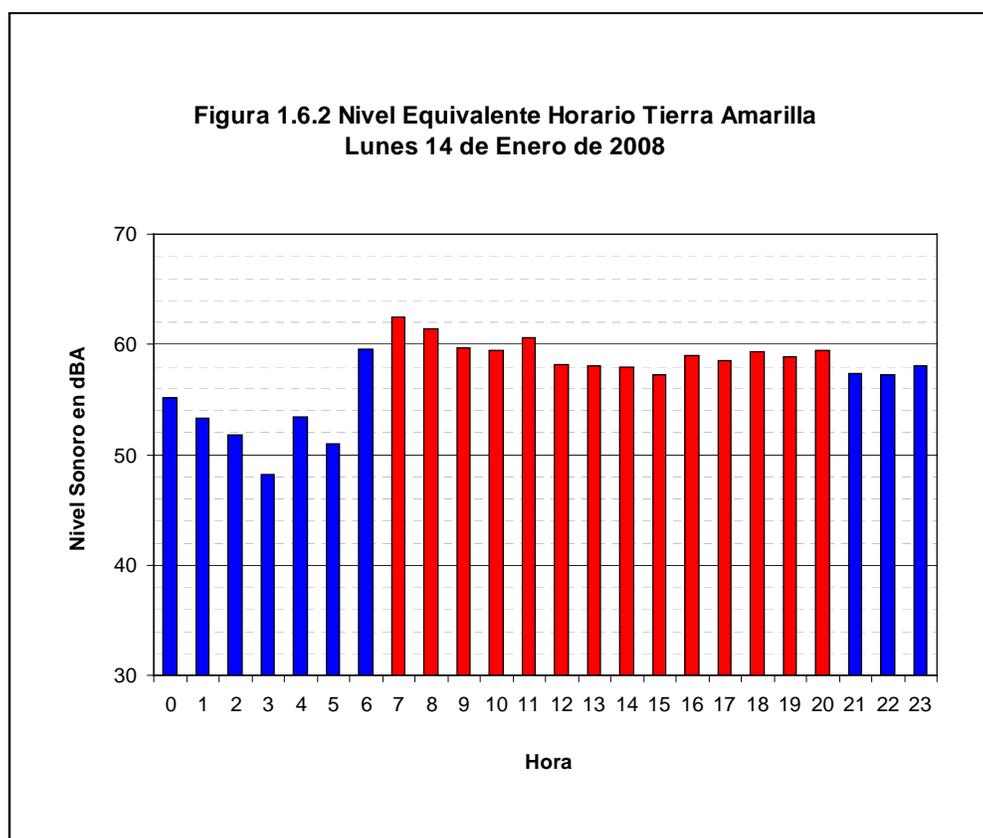
La medición efectuada en el punto base se extendió entre las 00:00 horas del lunes 14 de Enero y las 11:08 horas del jueves 17 de Enero.

Los niveles diurnos de ruido instantáneos oscilan típicamente entre 55 y 60 dBA en horarios no punta y entre 55 y 65 dBA en la mañana y al final de la tarde.

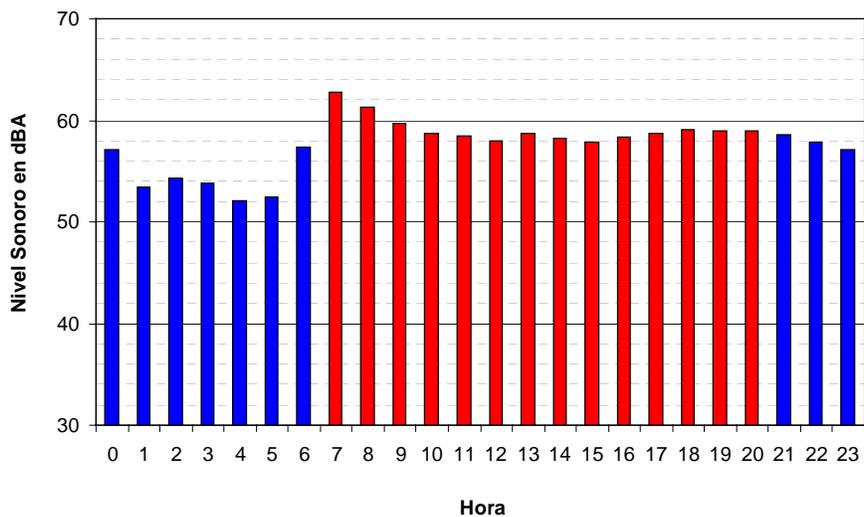
Los niveles nocturnos están entre 40 y 60 dBA. Al igual que en la campaña pasada los niveles mas bajos se presentan entre las 02:00 y las 05:00 lo que es un comportamiento normal de una zona urbana. Estos niveles de ruido más bajos en horario nocturno oscilaron fundamentalmente entre de 40 y 60 dBA. Dicha situación representa una disminución de 10 dB en el nivel mínimo registrado, con respecto al año 2007 donde los niveles nocturnos oscilaron entre 50 y 60 dBA.

Las variaciones instantáneas y los niveles máximos se deben tal como el año anterior al paso de vehículos o ruidos en viviendas vecinas Los niveles de fondo corresponden a períodos sin paso de vehículos, donde se registra el nivel de ruido generado por el filtro PM10 y/o de viviendas vecinas

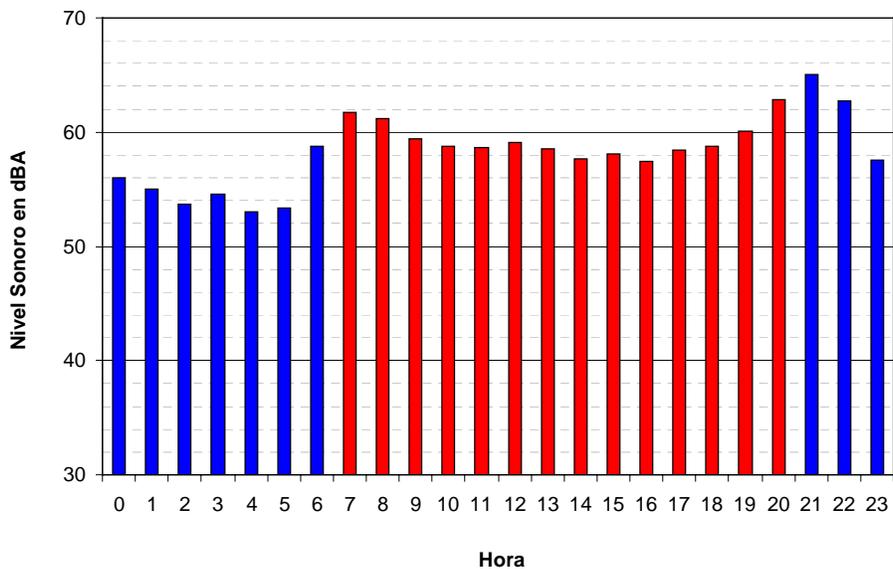
En Figuras 1.6.2 a 1.6.5 se muestran los gráficos que resumen los valores equivalentes para cada hora del registro.

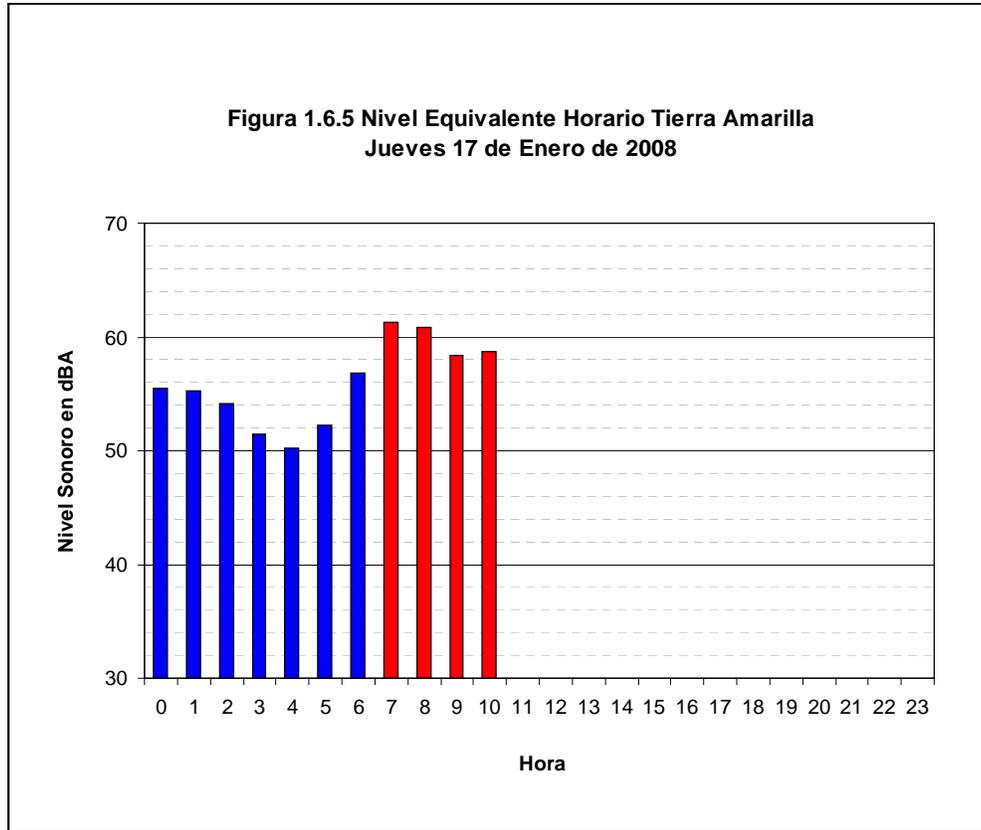


**Figura 1.6.3 Nivel Equivalente Horario Tierra Amarilla  
Martes 15 de Enero de 2008**



**Figura 1.6.4 Nivel Equivalente Horario Tierra Amarilla  
Miércoles 16 de Enero de 2008**





De estas figuras se puede inferir que los Niveles Equivalentes horarios de ruido diurnos representados por las barras rojas, típicamente oscilan entre los 57 y 62 dBA, manteniéndose una tendencia similar en los distintos días del período de monitoreo continuo.

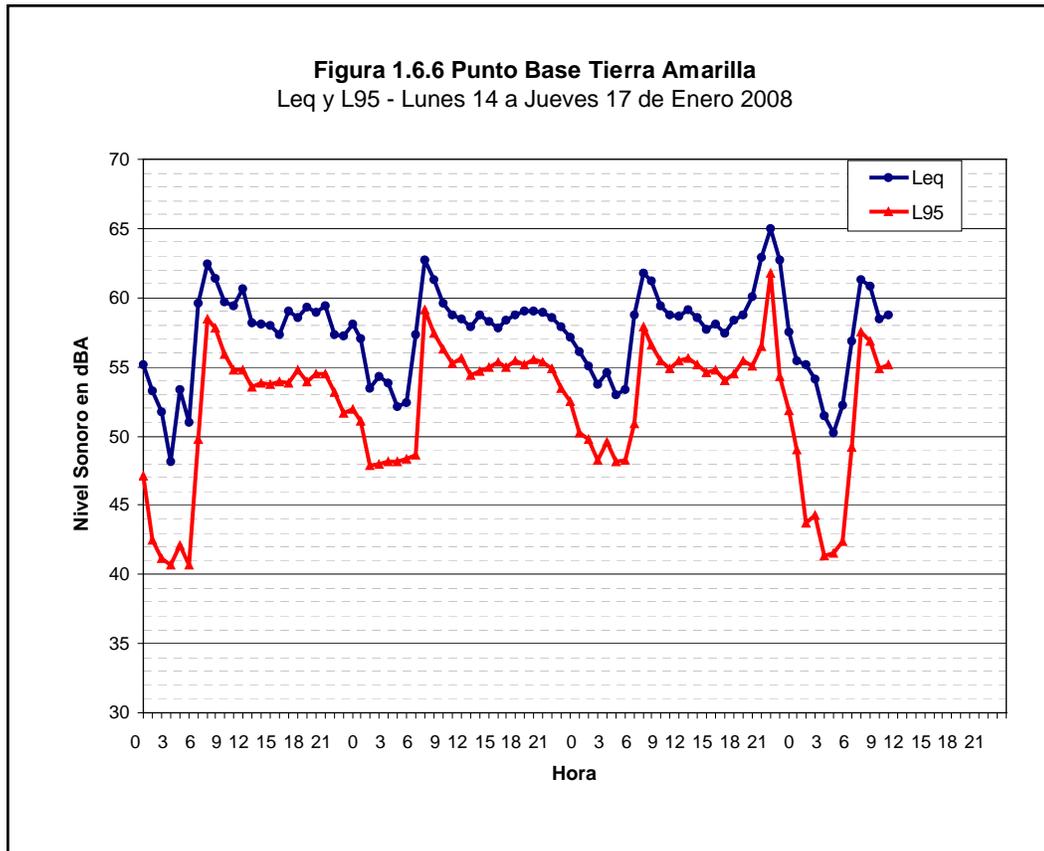
El Nivel Equivalente horario máximo de 63 dBA fue alcanzado el día miércoles 16 de Enero a las 20:00 hrs, presentando una diferencia de 3 dB con respecto al máximo del año 2007, donde el nivel alcanzó los 66 dB el martes a las 19:00 hrs.

Los Niveles Equivalentes de ruido nocturnos, representados por las barras de color azul, oscilan entre los 48 y 65 dB, comportamiento similar a la de los años 2006 y 2007. El Nivel Equivalente Mínimo nocturno osciló en torno a 48 dBA a las 3:00 horas del lunes 14, mientras que el Máximo fue cercano a 65 dB el miércoles a las 21:00 horas. Estos niveles en el punto base durante el período nocturno pueden tener su origen en el funcionamiento de los filtros PM-10 ubicados junto al punto de medición, aunque no se debe descartar que se deban a la reproducción de un equipo de música, a volumen considerable, en una residencia vecina, tendencia que se observó permanentemente durante todo el monitoreo hasta avanzadas horas de la noche.

Cabe destacar que los Niveles Equivalentes horarios diurnos se comportan como en cualquier centro urbano siendo mayores en las mañanas y las tardes al final del horario diurno, lo cual se debe al aumento en el flujo de vehículos y de personas.

Los Niveles Equivalentes horarios nocturnos máximos se presentan, tal como en años anteriores, al inicio del período nocturno debido a la presencia de un importante flujo vehicular que se arrastra desde el fin del horario diurno y al final del horario nocturno cuando se inician muy temprano las actividades de la zona.

En Figura 1.6.6 se presenta la gráfica de los valores obtenidos en el punto base para Leq y L95.



Comparando el Nivel de Fondo (Percentil L95, o sea, aquel nivel que fue superado el 95% del tiempo), con respecto al Nivel Equivalente horario, se observa que en promedio este es inferior en aproximadamente 5 dBA, similar a lo ocurrido en los años 2006 y 2007. Nuevamente la diferencia mayor fue de 11 dB y se produjo el día jueves en el horario de la 1:00 de la madrugada.

\* Puntos Auxiliares

Los niveles de ruido obtenidos por las muestras en los 8 Puntos Auxiliares para los días Lunes, Martes y Miércoles se presentan en Tabla 1.6.1

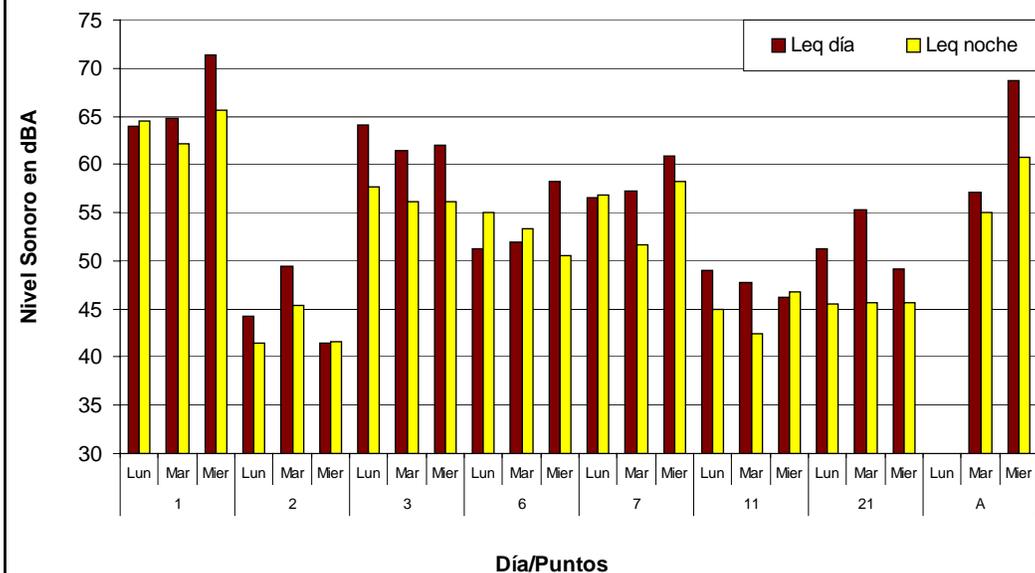
Por otra parte, en Figuras 1.6.7 y 1.6.8 se muestran las comparaciones entre el valor Leq y el nivel de fondo para cada punto de medición, en horario diurno y nocturno respectivamente.

TABLA 1.6.1

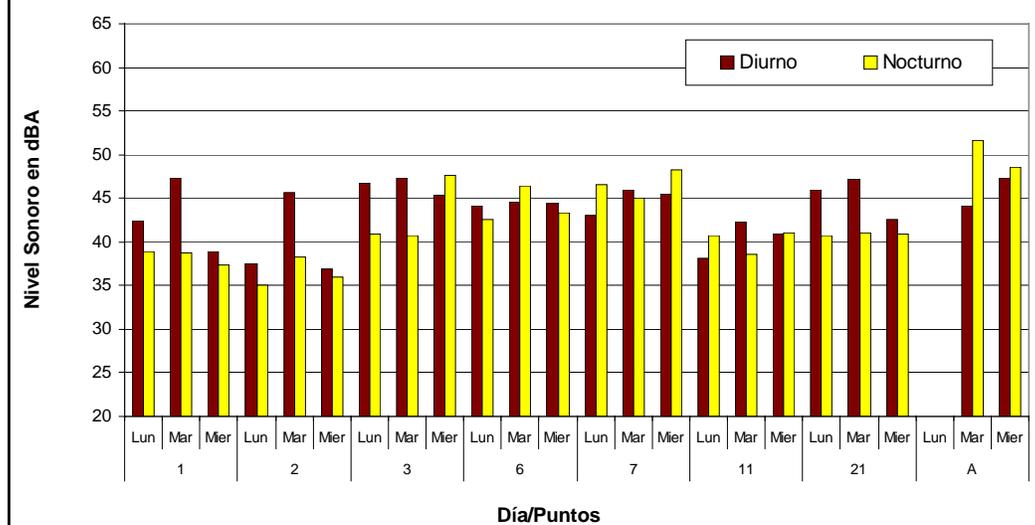
NIVELES EQUIVALENTES Y FONDO EN PUNTOS AUXILIARES TIERRA AMARILLA

PTO	DESTINO	FECHA	HORA	LEQ	NIVEL FONDO	MAX	Leq Promedio Día	Leq Promedio Noche
1	Área Verde	14/01/08	18:11	63,9	42,4	80,9	66,7	64,1
			01:41	64,5	38,9	83,5		
		15/01/08	16:50	64,8	47,3	80,9		
			22:29	62,2	38,8	84,2		
		16/01/08	16:31	71,3	38,9	89,5		
	22:34	65,6	37,3	86,8				
2	Cementerio	14/01/08	15:28	44,3	37,5	64,4	45,0	42,8
			01:14	41,5	35,0	58,2		
		15/01/08	15:45	49,4	45,7	62,3		
			23:01	45,4	38,3	63,7		
		16/01/08	15:41	41,4	36,9	61,7		
	23:04	41,6	36,0	56,4				
3	Expansión	14/01/08	16:59	64,1	46,8	80,8	62,5	56,7
			00:28	57,7	40,9	77,4		
		15/01/08	17:31	61,4	47,3	73,5		
			00:45	56,1	40,8	74,4		
		16/01/08	17:42	62,0	45,3	74,8		
	00:27	56,2	47,7	73,4				
6	Expansión	14/01/08	11:14	51,2	44,1	61,2	53,8	53,0
			00:03	55,0	42,6	75,6		
		15/01/08	12:52	52,0	44,5	68,0		
			23:31	53,4	46,4	65,7		
		16/01/08	12:17	58,2	44,4	79,6		
	23:29	50,6	43,4	61,7				
7	Comercial	14/01/08	10:37	56,5	43,1	74,4	58,2	55,6
			22:16	56,9	46,6	72,4		
		15/01/08	11:39	57,3	46,0	74,0		
			00:25	51,7	45,1	69,3		
		16/01/08	10:52	60,9	45,5	79,6		
	23:58	58,2	48,3	75,5				
11	Rural	14/01/08	11:58	49,0	38,1	66,1	48,4	44,7
			23:09	44,9	40,8	56,8		
		15/01/08	12:19	47,8	42,3	64,9		
			21:50	42,5	38,6	54,5		
		16/01/08	11:27	46,2	40,9	63,1		
	21:53	46,8	41,0	65,1				
21	Expansión	14/01/08	16:32	51,3	46,0	61,6	51,9	45,6
			00:54	45,5	40,7	56,2		
		15/01/08	17:13	55,3	47,2	72,4		
			01:02	45,7	41,0	57,4		
		16/01/08	17:11	49,1	42,6	61,9		
	00:59	45,6	40,9	56,8				
A	Expansión	15/01/08	18:08	57,1	44,1	76,6	62,9	57,9
			23:59	55,0	51,7	64,7		
		16/01/08	15:12	68,7	47,4	86,8		

**Figura 1.6.7 Puntos de Medición Tierra Amarilla**  
Niveles Equivalentes Diurnos y Nocturnos, Enero 2008



**Figura 1.6.8 Puntos de Medición Tierra Amarilla**  
Niveles de Fondo Diurnos y Nocturnos, Enero 2008



En Figuras 1.6.9 y 1.6.10 se presenta una gráfica con la distribución de los valores de los niveles equivalentes, período diurno y nocturno, para los días Lunes, Martes y Miércoles en cada Punto Auxiliar.

Se observa que los niveles son dependientes de la proximidad de los puntos a las vías de tránsito, y no dependen de la proximidad a las faenas mineras. En particular, los valores obtenidos en los puntos 2 y 11 son sustancialmente más bajos que el resto, aún cuando están relativamente más cerca de la Mina Candelaria. Esto indica que las faenas realizadas en la Mina no inciden en los puntos de medición de Tierra Amarilla.

Los puntos 3 y 7 presentan niveles equivalentes diurnos similares de entre 57 y 64 dBA ya que están más expuestos tanto al flujo vehicular, como de personas. Sin embargo, se observa un incremento en los niveles en el punto 3, debido principalmente a la presencia de peatones en el parque, realizando actividades.

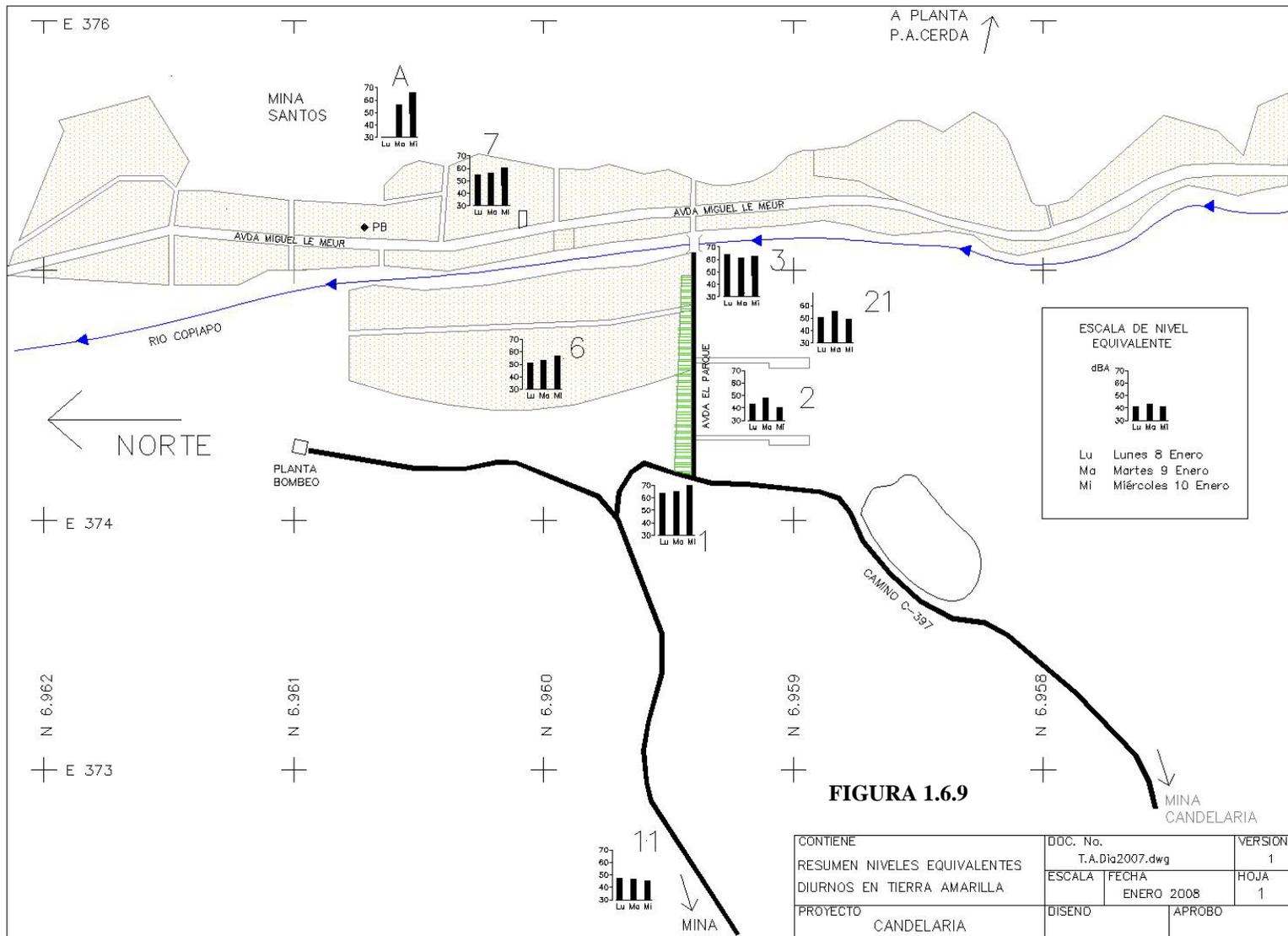
El punto 21 se encuentra en una zona de mucho movimiento de peatones así como actividades comunitarias, lo cual constituye la razón principal de los niveles de ruido medidos.

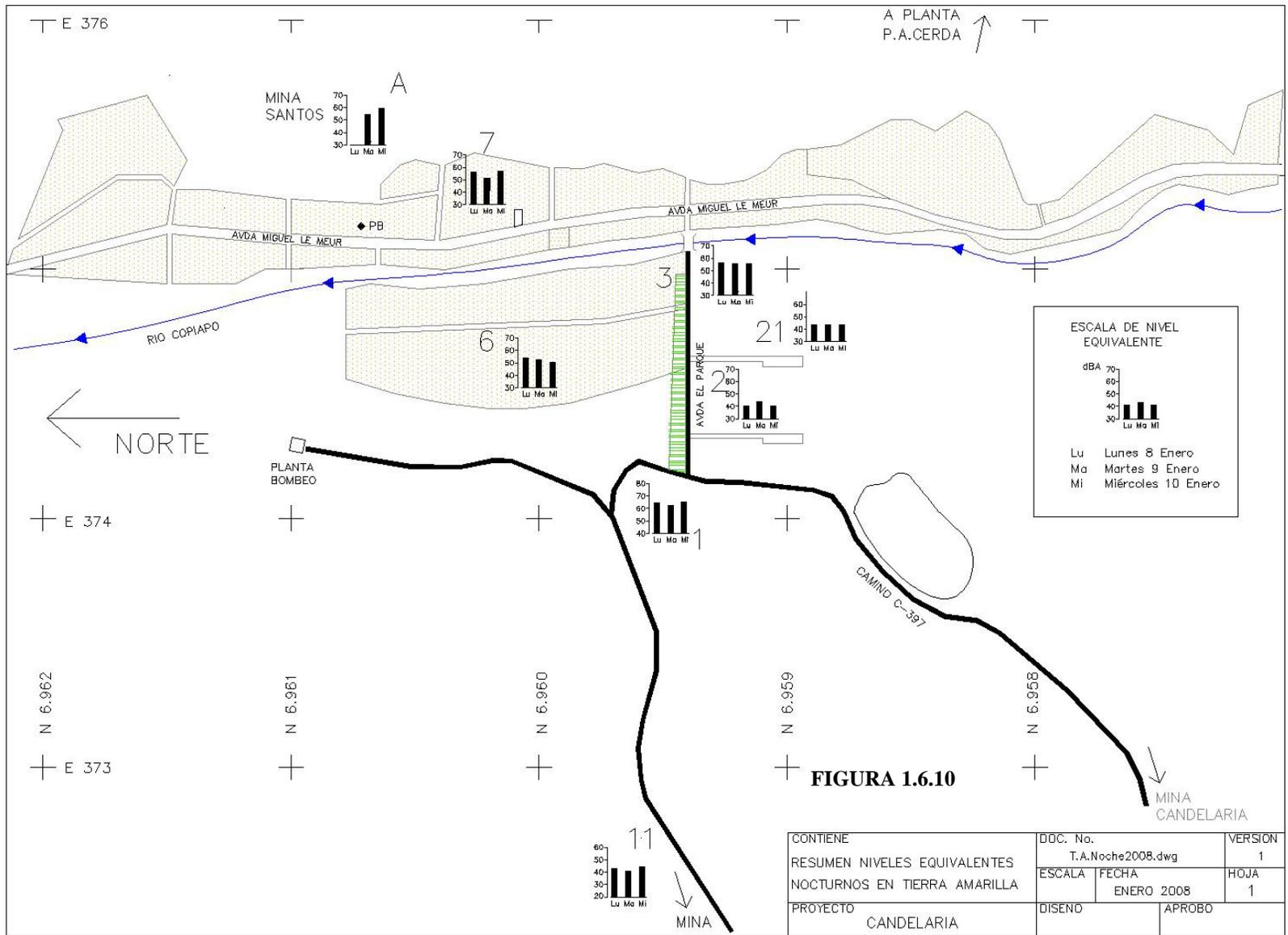
El punto 1 presenta los niveles de ruido más altos tanto de día como de noche los cuales oscilan entre 62 y 71 dB debido a su exposición constante a vehículos de gran tonelaje que llegan al cruce con Avenida El Parque ya sea en dirección hacia las faenas mineras o provenientes de las mismas. Este año, se presentó una diferencia con campañas anteriores, debido a que en el camino de acceso a la mina se presentaron faenas de reparación del camino, por lo cual, existió la presencia de autos en espera, debido a un banderillero.

Comparando el nivel equivalente de ruido medido en el punto 11, que tiene tránsito exclusivo de la Mina Candelaria, con respecto al punto 1, se puede establecer que los primeros son significativamente menores (del orden de 10 dBA). Esta situación se asemeja a la observada en las campañas anteriores, sin embargo, se presenta una diferencia menor, debido principalmente a las faenas en el camino y los autos en espera por banderillero en el punto 11.

Por otro lado en los puntos 2 y 11 es donde se presentan, en general, los niveles equivalentes más bajos. En el punto 2, se percibió una baja circulación de camiones mineros, en comparación al año 2007, junto con una baja presencia de peatones en el sector. En el punto 11, los bajos niveles se explican debido a que este punto queda poco expuesto a la influencia de ruidos producidos tanto por faenas mineras como por el paso de vehículos por el camino hacia la mina Candelaria.

Los niveles de fondo diurnos oscilan entre 37 y 47 dBA. Los niveles de fondo nocturnos oscilan típicamente entre 35 y 48 dBA, manteniéndose un comportamiento similar al año 2007. En el punto 2 se registran niveles de fondo nocturnos menores al del resto de los puntos debido a la baja presencia de circulación de camiones y de peatones en el sector.





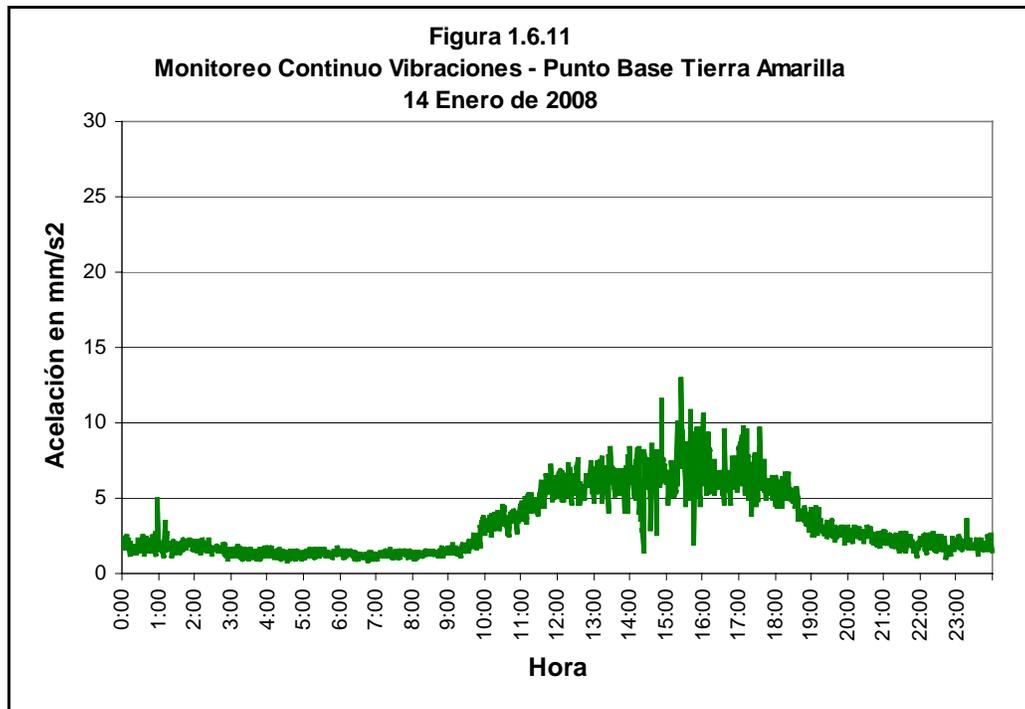
**FIGURA 1.6.10**

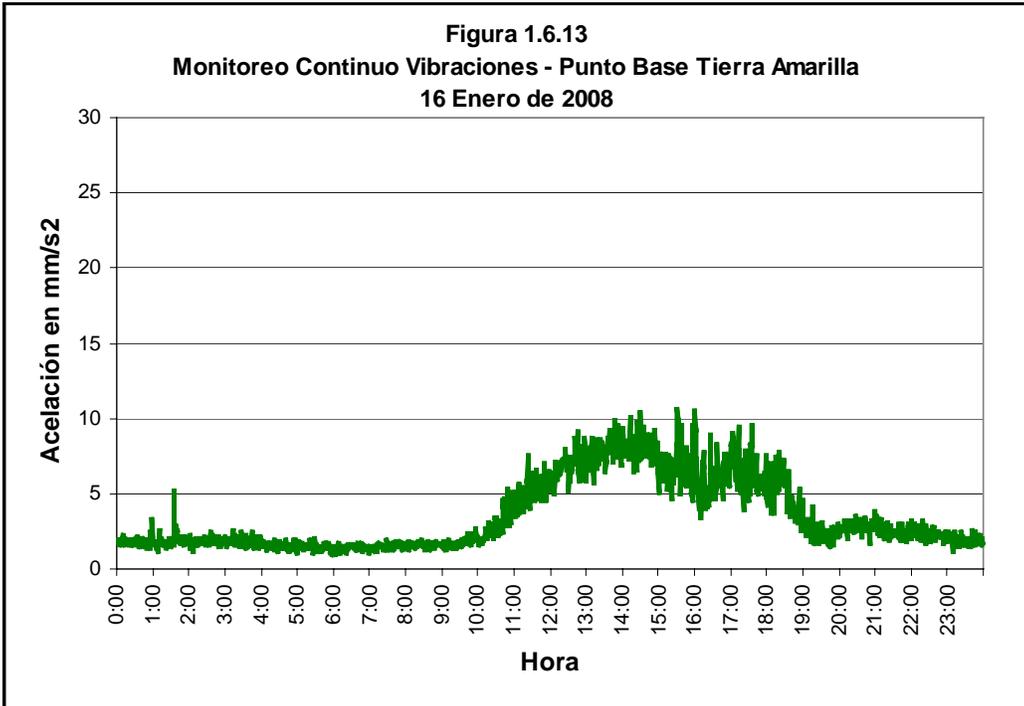
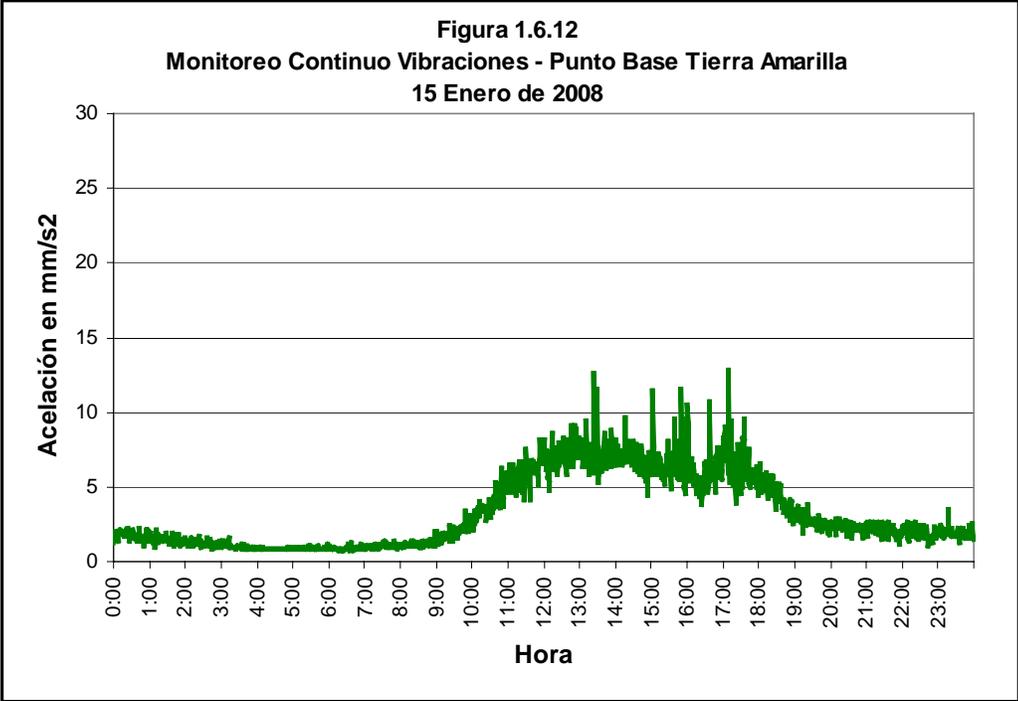
## 1.6.7 Vibraciones

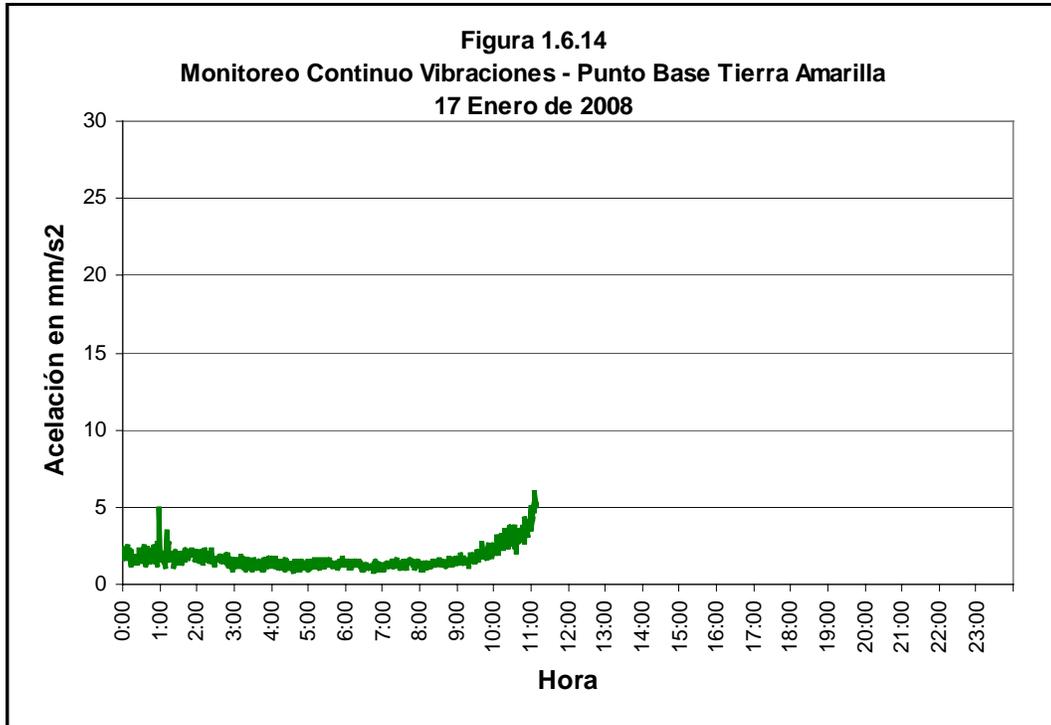
### \* Punto Base

En Figuras 1.6.11 a 1.6.14 se presenta la gráfica de los niveles de vibración con respuesta lenta obtenidos en el punto base de Tierra amarilla.

Los niveles de aceleración vertical en el Punto Base presentan valores instantáneos típicos entre 1 y 17 mm/s<sup>2</sup>, manteniéndose la tendencia de los años 2006 y 2007.







\* Puntos Auxiliares

Los niveles de vibración obtenidos por las diferentes muestras en los 7 puntos auxiliares no muestran fuentes fijas significativas, y son directamente proporcionales a la proximidad al paso de vehículos y se encuentran bajo los límites de molestias.

En la Tabla 1.6.2 siguiente se resumen los valores observados de todas las muestras de vibración, incluyendo aquellas en que no se detectaron niveles en el rango mínimo de sensibilidad del acelerómetro.

**TABLA 1.6.2**

**NIVELES DE VIBRACIÓN EN PUNTOS AUXILIARES TIERRA AMARILLA**  
**(aceleración vertical del suelo en mm/s<sup>2</sup>)**

Punto	Destino	Fecha	Hora	dBA	mm/s <sup>2</sup>
1	Area Verde	14/01/08	18:13	44	6,5
			01:47	43	5,9
		15/01/08	16:54	53	16,0
			22:37	48	9,7
		16/01/08	16:32	55	19,6
		22:51	50	11,9	
2	Cementerio	14/01/08	15:52	41	4,8
			01:23	41	4,8
		15/01/08	16:13	42	5,3
			23:06	41	4,8
		16/01/08	16:00	42	5,3
		23:15	41	5,3	
3	Expansión	14/01/08	17:06	43	5,9
			00:41	41	4,8
		15/01/08	17:38	41	4,8
			00:30	42	5,3
		16/01/08	17:45	45	7,2
		00:34	42	5,3	
6	Comercial	14/01/08	11:24	42	5,3
			00:14	41	4,8
		15/01/08	13:02	42	5,3
			23:41	41	4,8
		16/01/08	12:20	42	5,3
		23:39	41	4,8	
7	Expansión	14/01/08	10:49	45	7,2
			22:29	42	5,3
		15/01/08	11:54	42	5,3
			00:35	43	5,9
		16/01/08	10:57	44	6,5
		00:09	40	4,4	
11	Rural	14/01/08	12:12	42	5,3
			23:19	41	4,8
		15/01/08	12:28	43	5,9
			22:00	42	5,3
		16/01/08	11:42	42	5,3
		22:08	40	4,4	
21	Expansión	14/01/08	16:38	41	4,8
			01:02	41	4,8
		15/01/08	17:19	41	4,8
			01:10	41	4,8
		16/01/08	17:26	46	8,0
		01:08	41	4,8	

(FR indica fuera de rango mínimo de sensibilidad del acelerómetro)

\* Tronaduras

Las tronaduras fueron registradas en la estación meteorológica de Candelaria frente a la Av. Le Meur y fueron las siguientes:

- Lunes 14 de Enero:
  - Hora 16:11
  - Tronadura en bajo rango.
- Martes 15 de Enero
  - Hora 16:23
  - Tronadura en bajo rango
- Miércoles 16 de Enero:
  - Hora: 16:10
  - Tronadura en bajo rango

En Figuras 1.6.15 a 1.6.17 se muestran los registros de aceleración vertical en respuesta rápida en el Punto Base de Tierra Amarilla, que indican los siguientes niveles RMS x  $\text{mm/s}^2$ .

DIA	NIVEL PEAK ( $\text{mm/s}^2$ )	FONDO TÍPICO ( $\text{mm/s}^2$ )
Lunes 14	No se observa	2 - 16
Martes 15	No se observa	1 - 11
Miércoles 16	No se observa	2 - 13

Las tronaduras se encuentran enmascaradas por las vibraciones de fondo correspondientes al tránsito vehicular por la Av. Le Meur. Esta tendencia se mantiene con respecto a los monitoreos realizados en los años 2004 al 2007. Dicha situación se condice con la baja percepción que se ha tenido del evento cuando se ha estado en terreno en el momento que se producen las tronaduras de Mina Candelaria.

Estos valores no exceden las recomendaciones de la norma ISO 2631-2, no superando el límite para vibración ocasional diurna, el que sería aplicable en este caso.

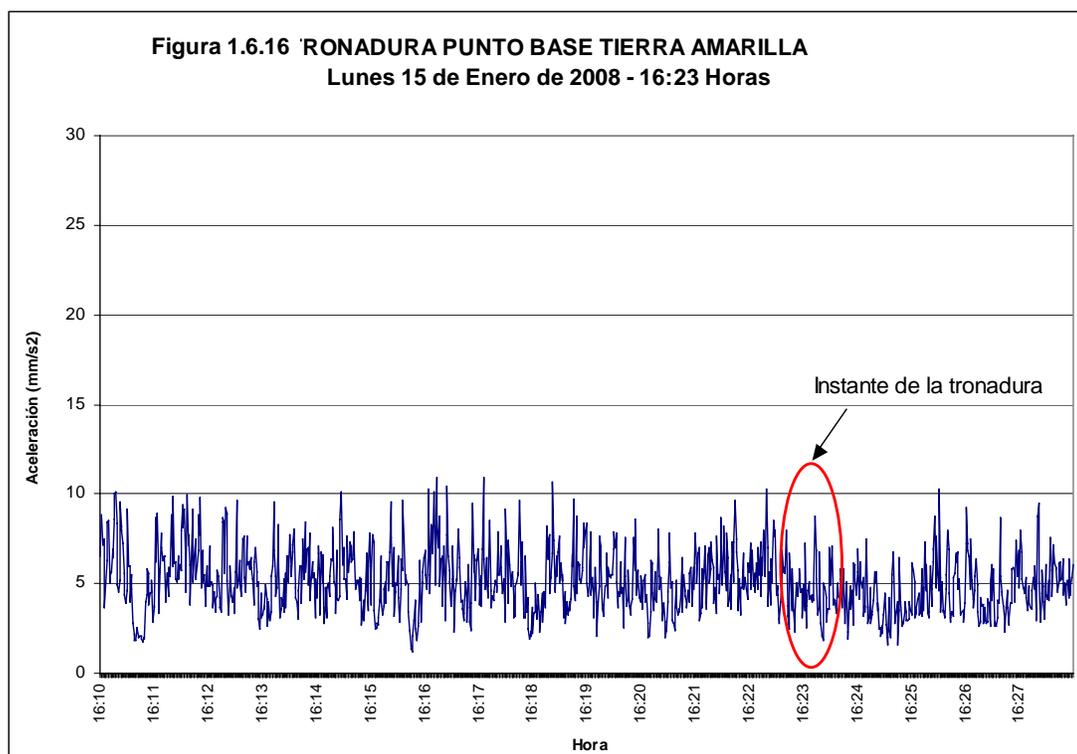
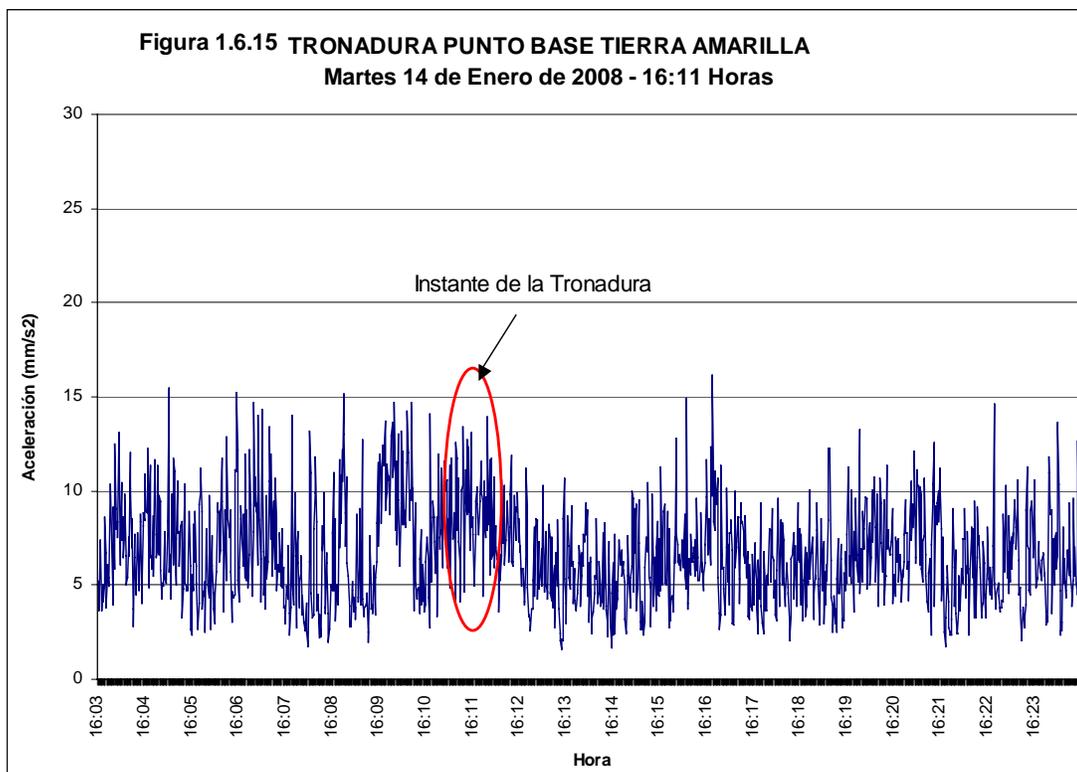
En el cuadro siguiente se presentan los límites considerados por esta norma para vibraciones ocasionales que producen molestia, expresados como aceleración en  $\text{m/s} \times 10^{-3}$ .

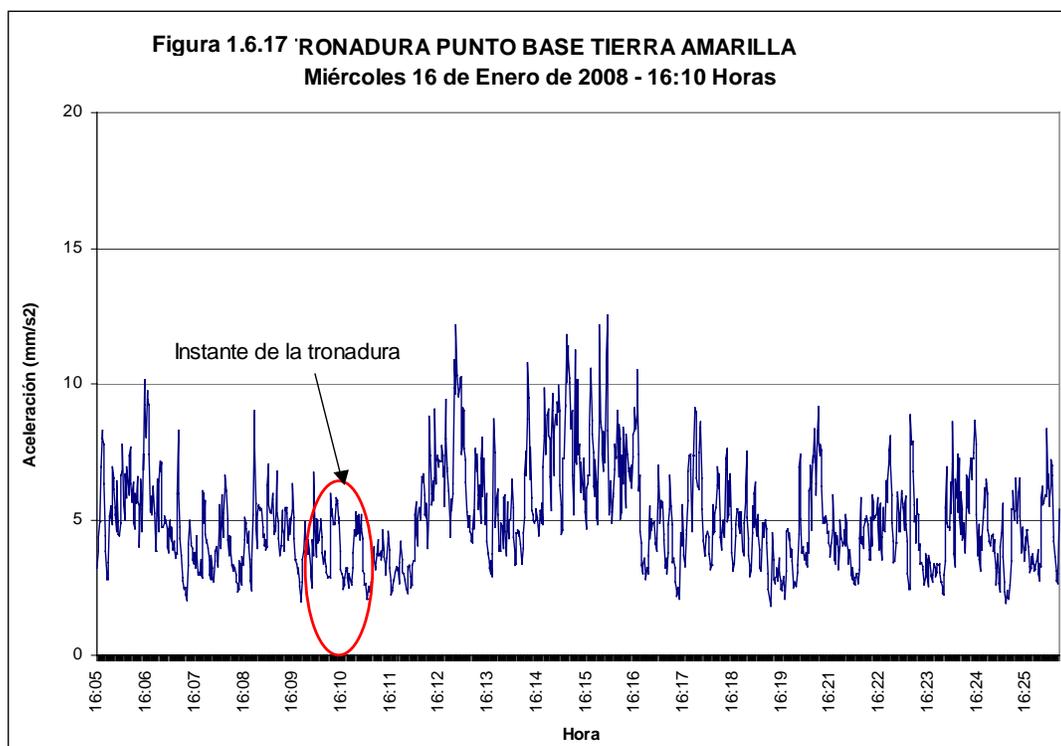
LIMITE OCASIONAL DIA	LIMITE OCASIONAL NOCHE
100	20

En las siguientes Figuras 1.6.15 a 1.6.17, de aceleración vibratoria, obtenidas a partir de un registro cada 1 segundo, realizado excepcionalmente durante el horario de tronaduras, se señala el instante correspondiente al evento de tronaduras.

Se observa un comportamiento normal del fenómeno de vibraciones en el punto base, desde antes, durante y después de realizada la tronadura.

No se distingue un evento significativo que se diferencie del resto de los niveles medidos, ni en amplitud ni en la forma de la curva.





### 1.6.8 Conclusiones

- En Tierra Amarilla tanto los niveles de ruido como de vibración están dominados por fuentes móviles. El mayor aporte proviene de los vehículos pesados. Los cuales transitan por las vías tanto interurbanas como locales en estas dos ciudades.
- Los niveles diurnos de ruido instantáneos en todo este período oscilan típicamente entre 55 y 65 dBA sobrepasando en ocasiones los 70.
- Los niveles nocturnos están entre 40 y 60 dBA. Dicha situación representa una disminución de 10 dB en el nivel mínimo registrado, con respecto al año 2007 donde los niveles nocturnos oscilaron entre 50 y 60 dBA.
- Al igual que en la campaña pasada los niveles mas bajos se presentan entre las 02:00 y las 05:00 lo que es un comportamiento normal de una zona urbana. Estos niveles de ruido más bajos en horario nocturno oscilaron fundamentalmente entre de 42 y 58 dBA, siendo pocas veces inferior a 45 dBA.
- Los Niveles Equivalentes horarios de ruido diurnos, típicamente oscilan entre los 57 y 62 dBA, manteniéndose una tendencia similar en los distintos días del período de monitoreo continuo, similar al año 2007.
- Los Niveles Equivalentes horarios de ruido nocturnos oscilan entre los 48 y 65 dBA, comportamiento similar a la de los años 2006 y 2007.

- El Nivel Equivalente Mínimo nocturno osciló en torno a 48 dBA a las 03:00 horas del lunes 14, mientras que el Máximo fue cercano a 65 dBA el miércoles a las 21:00 horas. Estos niveles en el punto base durante el período nocturno pueden tener su origen en el funcionamiento de los filtros PM-10 ubicados junto al punto de medición, aunque no se debe descartar que se deban a la reproducción de un equipo de música, a volumen considerable, en una residencia vecina, tendencia que se observó permanentemente durante todo el monitoreo hasta avanzadas horas de la noche.
- Los Niveles Equivalentes horarios nocturnos máximos se presentan, tal como en años anteriores, al inicio del período nocturno debido a la presencia de un importante flujo vehicular que se arrastra desde el fin del horario diurno y al final del horario nocturno cuando se inician muy temprano las actividades de la zona.
- Con respecto a los niveles medidos en los puntos auxiliares, se observa que los niveles son dependientes de la proximidad de los puntos a las vías de tránsito, y no dependen de la proximidad a las faenas mineras. En particular, los valores obtenidos en los puntos 2 y 11 son sustancialmente más bajos que el resto, aún cuando están relativamente más cerca de la Mina Candelaria. Esto indica que las faenas realizadas en la Mina no inciden en los puntos de medición de Tierra Amarilla.
- Los puntos 3 y 7 presentan niveles equivalentes diurnos similares de entre 57 y 64 dBA ya que están más expuestos tanto al flujo vehicular, como de personas. Sin embargo, se observa un incremento en los niveles en el punto 3, debido principalmente a la presencia de peatones en el parque, realizando actividades.
- El punto 1 presenta los niveles de ruido más altos tanto de día como de noche los cuales oscilan entre 62 y 71 dB debido a su exposición constante a vehículos de gran tonelaje que llegan al cruce con Avenida El Parque ya sea en dirección hacia las faenas mineras o provenientes de las mismas. Este año, se presentó una diferencia con campañas anteriores, debido a que en el camino de acceso a la mina se presentaron faenas de reparación del camino, por lo cual, existió la presencia de autos en espera, debido a un banderillero.
- Comparando el nivel equivalente de ruido medido en el punto 11, que tiene tránsito exclusivo de la Mina Candelaria, con respecto al punto 1, se puede establecer que los primeros son significativamente menores (del orden de 10 dBA). Esta situación se asemeja a la observada en las campañas anteriores, sin embargo, se presenta una diferencia menor, debido principalmente a las faenas en el camino y los autos en espera por banderillero en el punto 11.
- Los niveles de fondo diurnos oscilan entre 37 y 47 dBA.
- Los niveles de fondo nocturnos oscilan típicamente entre 35 y 48 dBA, manteniéndose un comportamiento similar al año 2007. En el punto 2 se registran niveles de fondo nocturnos menores al del resto de los puntos debido a la baja presencia de circulación de camiones y de peatones en el sector.
- No se observan fuentes de ruido fijas que excedan el DS 146/97.

- Los niveles de vibración por tronaduras en no exceden los límites ocasionales diurnos de la norma ISO 2631-2.
- De los registros realizados en terreno se infiere que las tronaduras, en el Punto Base, se encuentran enmascaradas por las vibraciones de fondo correspondientes al tránsito vehicular por la Av. Le Meur. Esta tendencia se mantiene con respecto a los monitoreos realizados el 2004, 2005, 2006 y 2007. Dicha situación se condice con la baja percepción que se ha tenido cuando se ha estado en terreno en el momento que se producen las tronaduras de Mina Candelaria.
- Los niveles de aceleración vertical en el Punto Base de Tierra Amarilla presentan valores instantáneos típicos entre 1 y 17 mm/s<sup>2</sup>, manteniéndose la tendencia del año 2006 y 2007.
- Estos valores no exceden las recomendaciones de la norma ISO 2631-2, no superando el límite para vibración ocasional diurna, el que sería aplicable en este caso.
- No se observan fuentes fijas significativas, y los niveles son directamente proporcionales a la proximidad al paso de vehículos pesados.

## 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 semestralmente 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 se encuentra instalado un muestreador de gran volumen PM10, de características similares al utilizado en Tierra Amarilla y Mina.

Durante este primer trimestre de monitoreo (Enero - Marzo 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 SiO<sub>2</sub> 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 SiO<sub>2</sub> 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 1.5.2 del presente informe.

### 2.2.3 Resultados

#### 2.2.3.1 Calidad del Aire

##### \* Material Particulado Respirable (PM10)

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

En Anexo 1.2 se presentan los certificados del Laboratorio Químico, con los resultados de las muestras que fueron sometidas a análisis químico.

##### \* Polvo Sedimentable

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

La Tabla muestra para el primer trimestre del año, la concentración de polvo sedimentable y el contenido de As, Cu, Fe y SiO<sub>2</sub> libre.

**TABLA 2.2.1**

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

FECHA	CONCENTRACIÓN	ARSÉNICO		SÍLICE LIBRE	
	µg/m <sup>3</sup> N	%	µg/m <sup>3</sup> N	%	µg/m <sup>3</sup> N
01-01-08	18				
04-01-08	18	0.027	0.005		
07-01-08	21			1.9	0.4
10-01-08	22				
13-01-08	20				
16-01-08	15	0.039	0.006		
19-01-08	21			2.2	0.5
22-01-08	23				
25-01-08	22				
28-01-08	24				
31-01-08	21				
03-02-08	24				
06-02-08	24	<0.015	<0.004		
09-02-08	34			2.0	0.7
12-02-08	33				
15-02-08	29				
18-02-08	27				
21-02-08	36			2.7	1.0
24-02-08	30	<0.012	<0.004		
27-02-08	24				
01-03-08	26				
04-03-08	23				
07-03-08	27			4.3	1.2
10-03-08	25	<0.015	<0.004		
13-03-08	26				
16-03-08	20				
19-03-08	25			8.3	2.1
22-03-08	24				
25-03-08	23	<0.015	<0.004		
28-03-08	24				
31-03-08	27				
<b>PROMEDIO</b>	<b>24</b>	<b>&lt;0.020</b>	<b>&lt;0.00&lt;</b>	<b>3.6</b>	<b>1.0</b>

**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: ENERO-MARZO 2008**

MES	POLVO SEDIMENTABLE mg/cm <sup>2</sup> /30 días	COMPOSICIÓN QUÍMICA POLVO SEDIMENTABLE (%)			
		ARSÉNICO	HIERRO	COBRE	SÍLICE LIBRE
ENERO	0.0510	0.003	5.86	0.41	3.48
FEBRERO	0.0466	0.004	4.51	0.19	9.33
MARZO	0.0517	0.004	7.44	0.24	1.13
PROMEDIO	0.0498	0.004	5.94	0.28	4.65

2.2.3.2 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 a 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: ENERO-MARZO 2008**

PARÁMETRO	MES		
	ENERO	FEBRERO	MARZO
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: ENERO-MARZO 2008**

PARÁMETRO	MES		
	ENERO	FEBRERO	MARZO
Velocidad del Viento (m/seg)	3.7	4.1	3.6
Dirección Predominante			
- Día	SW, WSW, W, WNW	SW, WSW, W	SW, WSW, W, WNW, NW, NNW
- Noche	S, SSW, SW	SW, SSW, S, SSE	SW, SSW, S, SSE

## 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 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 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  $15$  y  $36 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , con un promedio para el trimestre de  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , inferior en un 4 % al del año 2007.

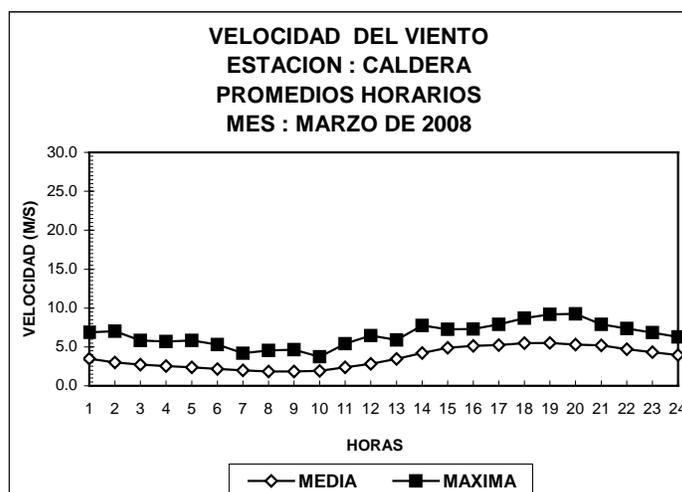
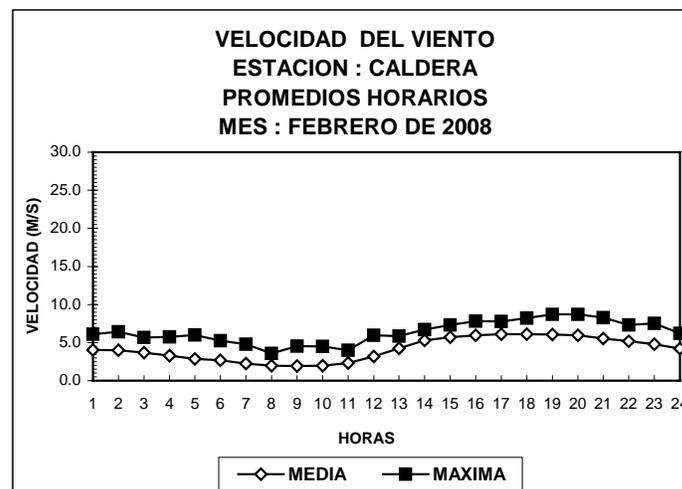
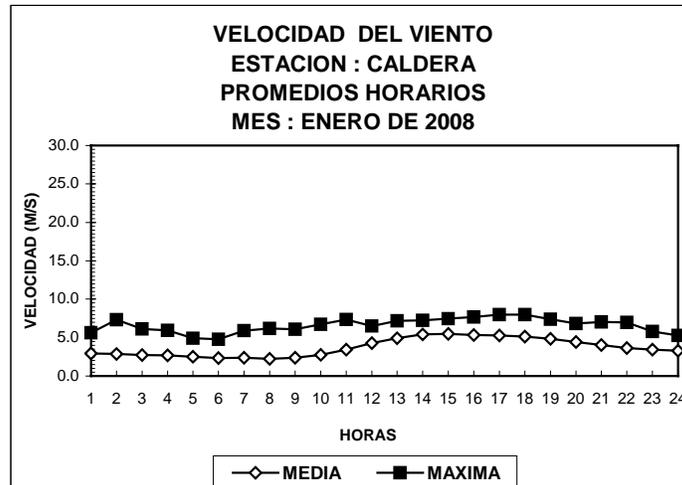
La composición química de las partículas tiene muy bajos contenidos de arsénico y sílice libre, lo que está indicando que no hay fuentes emisoras fijas importantes en la zona, que afecten la calidad del aire, en lo que respecta a estos elementos.

Las concentraciones de arsénico en las PM10 fluctúan entre  $<0.004$  y  $0.006 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  y las de sílice libre entre  $0.4$  y  $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ .

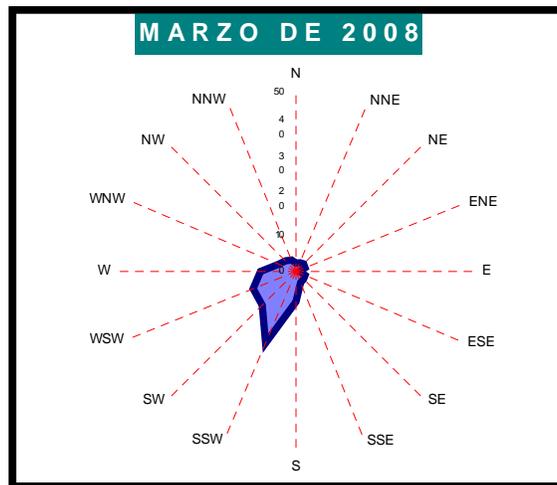
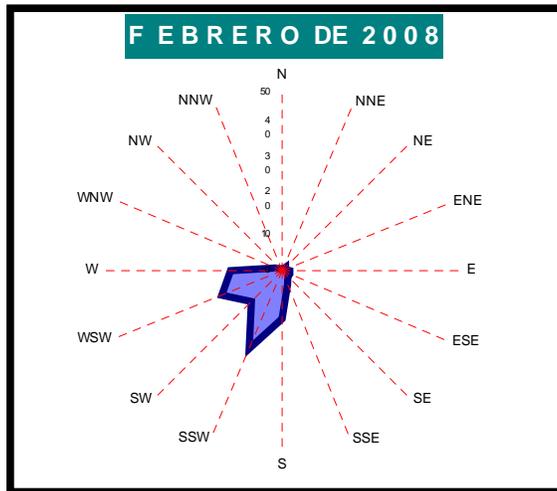
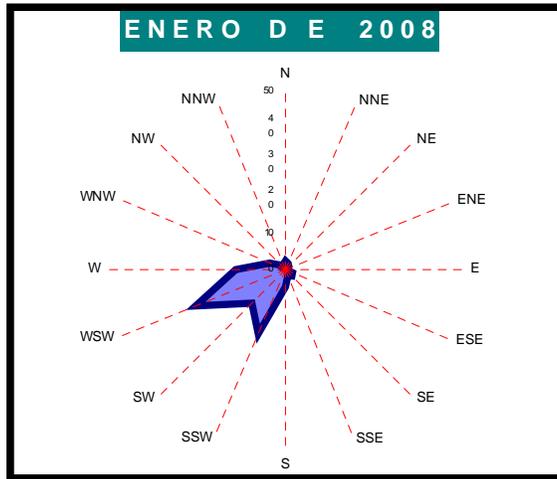
#### \* Polvo sedimentable

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 primer trimestre de 2008 está lejos de ser alcanzada.

Por otra parte, de Tabla 2.2.2 se puede observar, que la composición química de las partículas difiere de un mes a otro, lo que se debe principalmente a la escasez de polvo sedimentable en el lugar.



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



**FIGURA N ° 2.2.2**  
**ROSAS DE VIENTOS ACUMULADAS MENSUALES**  
**ESTACION CALDERA**  
**TRIMESTRE ENERO - MARZO DE 2008**

#### 2.2.4.2 Variables meteorológicas

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

Las velocidades medias disminuyen paulatinamente durante el período. Las direcciones de viento más frecuentes están comprendidas entre el W y S, con predominio de WSW, W y WNW en el día; y S, SW y SSW en la noche.

De figura 2.2.1 y anexo 3.3 se puede observar que las velocidades y direcciones del viento muestran un ciclo diario característico. El ciclo diario de velocidades no es simétrico: muestra un mínimo en la mañana cerca de las 09-10 h, luego aumenta rápidamente la intensidad entre las 11 h y 12 h y alcanza un máximo cerca de las 17-20 h, para descender posteriormente en forma paulatina hasta alcanzar el mínimo de la mañana siguiente.

En Enero, se aprecia la brisa del mar durante todo el día, con direcciones S, SSW, SW, WSW y W. En el período diurno predominan las direcciones SW, WSW y W. Durante la noche, la dirección predominante es S, SSW y SW. La brisa del mar alcanza velocidades medias sobre 5,0 m/s entre las 13 y 19 h. Durante la noche las velocidades medias varían entre 2,2 y 2,9 m/s.

En Febrero, el ciclo diario del viento es parecido al del mes de Enero. El período diurno comienza cerca de las 11 h. desde el W y WSW, para rotar hasta la dirección SW desde las 19 h. En la noche, la dirección predominante es SW, SSW, S y SSE. Las velocidades medias, durante el día alcanzan valores medios sobre 5,0 m/s entre las 14 y 22 h. Durante la noche las velocidades medias varían entre 1,9 y 4,2 m/s.

Durante el mes de Marzo, la brisa del mar se observa desde las 11 h., con dirección W y WSW hasta rotar a dirección SW y SSW a partir de las 19 h. Durante la noche predominan los vientos del SW, SSW, S y SSE. Las velocidades medias, durante el día alcanzan valores sobre 5,0 m/s entre las 15 y 21 h. Durante la noche las velocidades medias varían entre 1,8 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 59 del Ministerio Secretaría General de la República.
- Los contenidos de Arsénico y SiO<sub>2</sub> libre en las PM10 son bajos y muy semejantes a valores medidos en otros lugares del país, donde la calidad del aire es muy buena.
- No se observan fuentes emisoras de material particulado importantes.
- Durante este primer trimestre del año 2008 no se sobrepasó la norma de calidad de aire sugerida por la OPS para polvo sedimentable.

### 2.3 Ruido

### 2.3.1 Introducción

El presente informe corresponde a la Campaña Anual de monitoreo de ruido realizada durante el mes de Enero de 2008 en Caldera, como parte del programa de monitoreo ambiental implementado por la Compañía Contractual Minera Candelaria.

El objetivo es evaluar regularmente las emisiones acústicas de las faenas de Candelaria que pudieran afectar áreas urbanizadas en el entorno.

El alcance del programa cubre áreas urbanas actuales y futuras de Caldera, según el plan regulador de la comuna.

Las mediciones de ruido estarán orientadas a la aplicación del Decreto Supremo N° 146 de 1997 del Ministerio Secretaría General de la República y a la identificación y caracterización de fuentes de ruido donde las hubiere.

### 2.3.2 Puntos de Muestreo

Los criterios para la selección de puntos auxiliares fueron los siguientes:

- Elegir puntos en diversas zonas de uso del suelo
- Incluir zonas de futura expansión urbana
- Incluir lugares sensibles como viviendas, escuelas y hospitales
- Elegir puntos que representen faenas de Candelaria

El Punto Base de Caldera se ubicó próximo a la Avda. Canal Beagle, en el Motel Portal del Inca, donde registra el flujo vehicular por dicha Avenida y por el camino hacia y desde Bahía Inglesa.

Las vías principales en la periferia y los puntos de medición de Caldera se muestran en Figura 2.3.1. Además se indican los siguientes lugares:

- A Antena de transmisión en cumbre más alta del área
- E Estanque de agua potable
- G Gruta del Padre Negro
- U Area de urbanización reciente
- H Hotel Portal del Inca
- L Liceo B-6
- C Consultorio de Salud

Los siguientes seis puntos auxiliares fueron elegidos en Caldera, en la periferia Sur más expuesta al flujo de camiones que transportan el concentrado de cobre desde las faenas de Mina Candelaria.

- 12 Camino Caldera - Bahía Inglesa (Avda. Carvallo), a unos 700 m. al Sur del cruce con el acceso Sur a Caldera y a 10 m. hacia el Poniente del eje del camino. Este punto está en la ubicación del cruce con el camino a Punta Padrones. El flujo vehicular por este punto no incluye el flujo a Calderilla, ya que el flujo se deriva hacia o desde el Norte.

- 13 Cruce de la Avda. Canal Beagle con la Avda. Kennedy, a 10 m. del eje hacia el Consultorio. Próximos al cruce se encuentra el Liceo B-6 y el Hotel Portal del Inca. El flujo vehicular por este punto es la totalidad del flujo por el acceso Sur a Caldera desde la Ruta 5, ya que las derivaciones se encuentran hacia el Poniente.
- 14 Camino Caldera - Calderilla, a 10 m. al Norponiente del eje, en la ubicación del cruce con el camino a Punta Padrones. El flujo vehicular por este punto incluye sólo el flujo desde y hacia Calderilla, ya que no hay derivaciones.
- 15 Camino hacia el Faro y Puerto Jorquera, próximo a la cumbre (antena) y al Estanque de Agua Potable. El flujo por este punto corresponde sólo a vehículos que circulan hacia los lugares señalados.
- 16 Primera vivienda en la nueva urbanización de Calle Zwidester. Está a 25 m. del camino a Bahía Inglesa, separado por un área verde.
- 18 Última vivienda en la nueva urbanización de Calle Zwidester, a 25 m. del camino a Bahía Inglesa y separado por un área verde.

### 2.3.3 Horario de muestreo

El monitoreo continuo en Caldera se realizó a partir de las 14:090 hrs. del Jueves 17 de Enero hasta las 15:21 hrs del Domingo 20 de Enero.

El muestreo en los puntos auxiliares se realizó en el siguiente horario:

	<b>17 de Enero</b>	<b>18 de Enero</b>	<b>19 de Enero</b>
Caldera	15:53 – 17:41 22:17 – 00:15	16:31 – 18:13 22:41 – 00:35	18:01 – 19:46 21:55 – 23:36

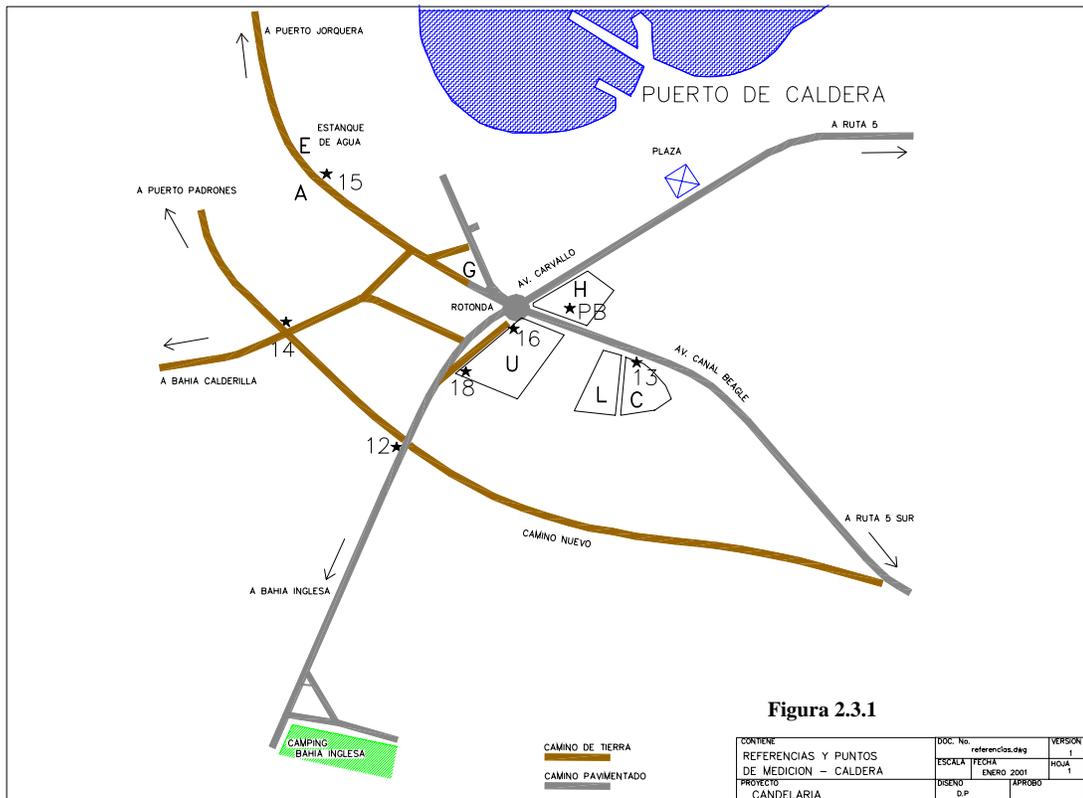
### 2.3.4 Sistema de Muestreos

Durante los períodos de muestreo continuo automático, en el Punto Base se digitalizaron muestras cada 1 segundo a partir de lo siguiente:

- 50 valores de aceleración con filtro 80 Hz durante 300 ms
- 4 valores de nivel continuo equivalente con filtro A de 15 segundos de duración.

En los puntos auxiliares se obtuvieron lecturas de Nivel Equivalente Leq con filtro A en períodos de 10 a 30 minutos, de acuerdo a lo establecido por el DS 146/97, registrándose además el nivel máximo y el de fondo con respuesta lenta.

En estos puntos se obtuvo también el espectro de octavas, tanto para ruido de fondo como para fuentes de ruido específicas.



### 2.3.5 Fuentes de ruido

La principal fuente de ruido es el flujo vehicular, compuesto mayoritariamente por vehículos livianos y en menor medida por microbuses y motos.

El eje predominante es el camino Caldera – Bahía Inglesa. En segundo lugar aparecen los flujos por Avda. Canal Beagle, existiendo un aumento del flujo en la rotonda que une esta avenida con Av. Carvallo y el camino a Bahía Inglesa.

Los camiones de concentrado circulan por el camino a Punta Padrones. Por este camino más el camino a Puerto Jorquera se observa además flujo vehicular hacia Caldera y Bahía Inglesa debido a que este es tomado como alternativa para poder acceder a dichos lugares

En esta época existe un aumento general del tráfico vehicular debido a la presencia de veraneantes en la zona, que principalmente se desplazan por el camino que une Caldera con Bahía Inglesa, lo cual incide de alguna manera en el aumento de los niveles medidos.

En horario nocturno en el punto 12 se percibe la única fuente fija de ruido del lugar, correspondiente a una Discotheque que se encuentra en el camino a Bahía Inglesa a unos 200 m al norte del punto de medición y a unos 50 metros al poniente de la Avenida. Además durante la noche existe fluido movimiento de peatones en dirección a dicha discotheque por el camino a Bahía Inglesa.

En general no se observan fuentes fijas de ruido, salvo las discotecas que se instalan en los meses de verano.

### 2.3.6 Resultados de Ruido

#### \* Punto Base

La medición efectuada en el punto base de Caldera se extendió entre las 14:09 horas del jueves 17 de Enero y las 15:21 horas del domingo 20 de enero.

Los niveles de ruido instantáneos en el Punto Base oscilan típicamente entre 40 y 55 dBA en horario diurno. En el período nocturno se observan dos tendencias, entre la 21:00 y las 00:00 hrs. Los niveles instantáneos oscilan entre 40 y 50 y entre las 00:00 y las 06:00 oscilan entre 37 y 45 dBA, típicamente.

No se registran diferencias significativas entre los niveles los días jueves y viernes respecto de la situación el fin de semana y se observa una tendencia similar entre los distintos días respecto del nivel equivalente más alto, el cuál se produce en horas de la tarde entre las 14:00 y las 17:00 hrs. El nivel en este horario dependiendo del día osciló entre 45 y 55 dBA aproximadamente, similar a lo ocurrido en la campaña de 2007. Los niveles instantáneos más altos registrados corresponden al paso de vehículos ruidosos por las cercanías del punto Base y rondan los 60 a 65 dBA de manera esporádica.

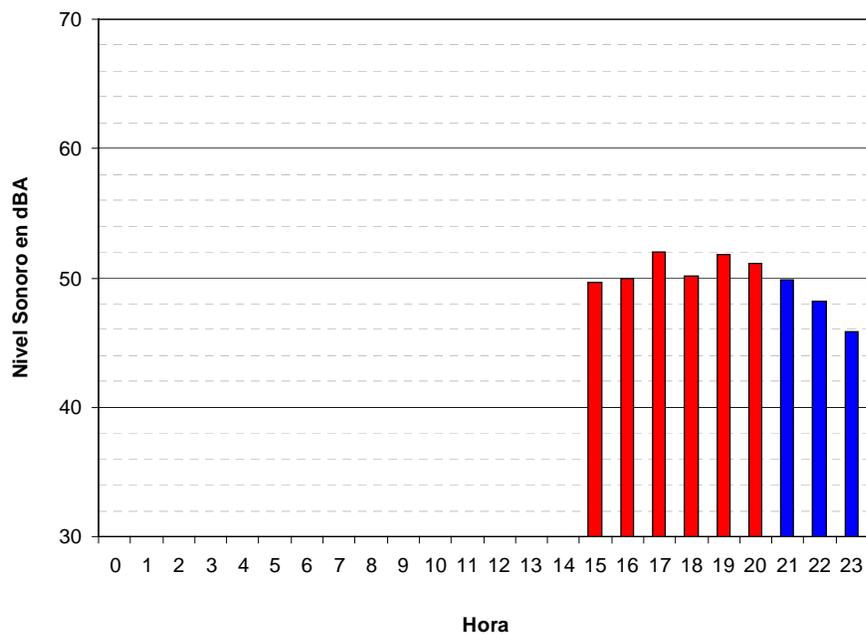
Se observa en los días sábado y domingo una tendencia cíclica en los niveles, durante el período diurno, en el cual se presentan subidas y bajadas de nivel progresivas, lo cual se podría explicar por la presencia de faenas de pintura del pavimento en Av. Canal Beagle con calle Batallón Atacama, lo que produjo una circulación irregular de vehículos durante esos días, al estar detenido el tráfico vehicular por momentos en algunas pistas, produciéndose desvío de éste.

No se observan diferencias importantes entre los niveles alcanzados en los horarios punta del día, 07:00 a 09:00 hrs. en la mañana y 18:00 a 21:00 hrs. en la tarde, con respecto al resto del período diurno. Este comportamiento se mantiene respecto de años anteriores.

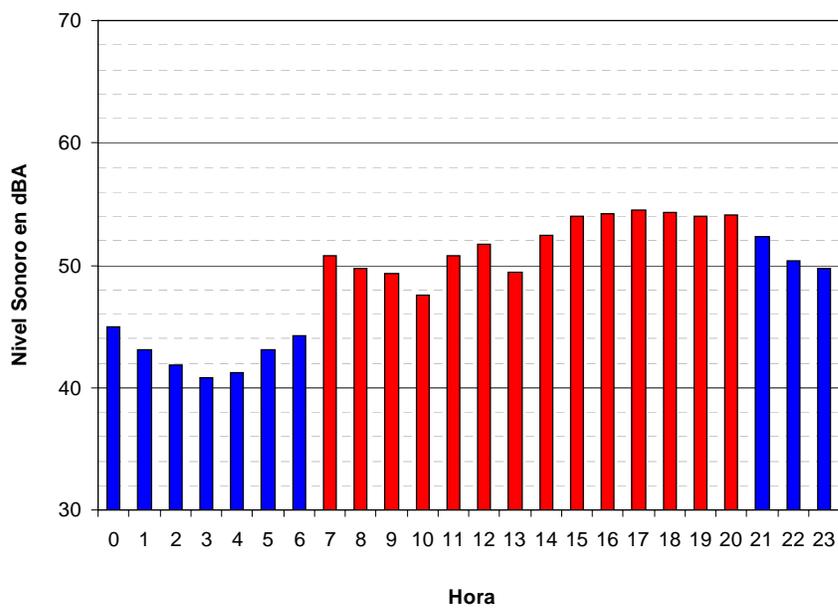
Los Niveles Equivalentes horarios para el día jueves 11 oscilan entre 50 y 52 dBA similar al año 2007. El viernes 12 los Niveles Equivalentes diurnos se encuentran entre 48 y 54 dBA, mientras que los nocturnos entre 40 y 52 dBA en ambos casos similar al año 2006 y 2007. El sábado 13, los Niveles Equivalentes diurnos oscilan entre 52 y 56 dBA, mientras que los nocturnos entre 44 y 52 dBA manteniéndose el comportamiento de 2007. El domingo 14, los Niveles Equivalentes diurnos y nocturnos se encuentran entre 44 y 52 dBA.

En las Figuras 2.3.2 a 2.3.5 se muestran gráficos que resumen los valores equivalentes para cada hora del registro. Los gráficos muestran los niveles instantáneos para los mismos períodos, en base a las muestras cada 1 minuto agrupadas cada 24 horas.

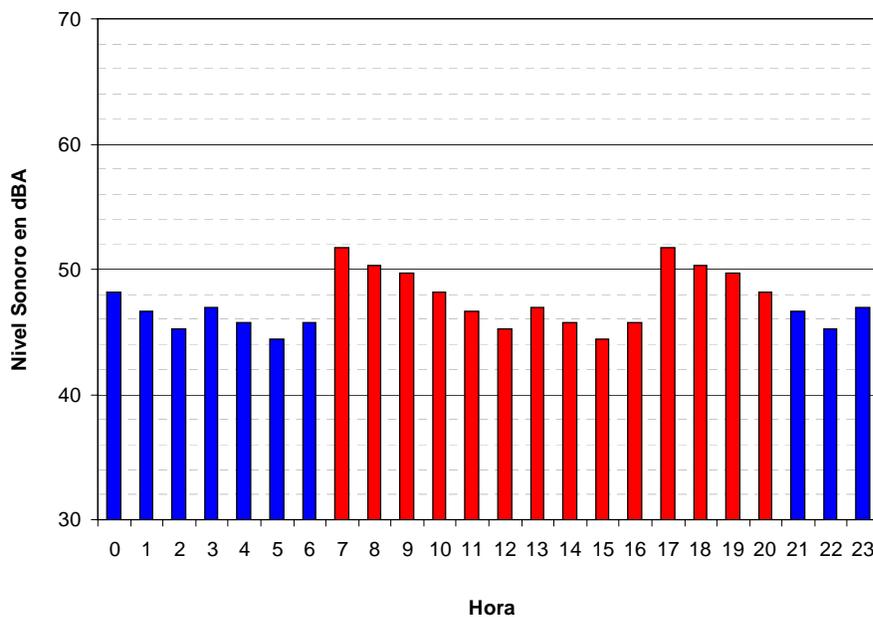
**Figura 2.3.2 Nivel Equivalente Horario Caldera  
Jueves 17 de Enero de 2008**



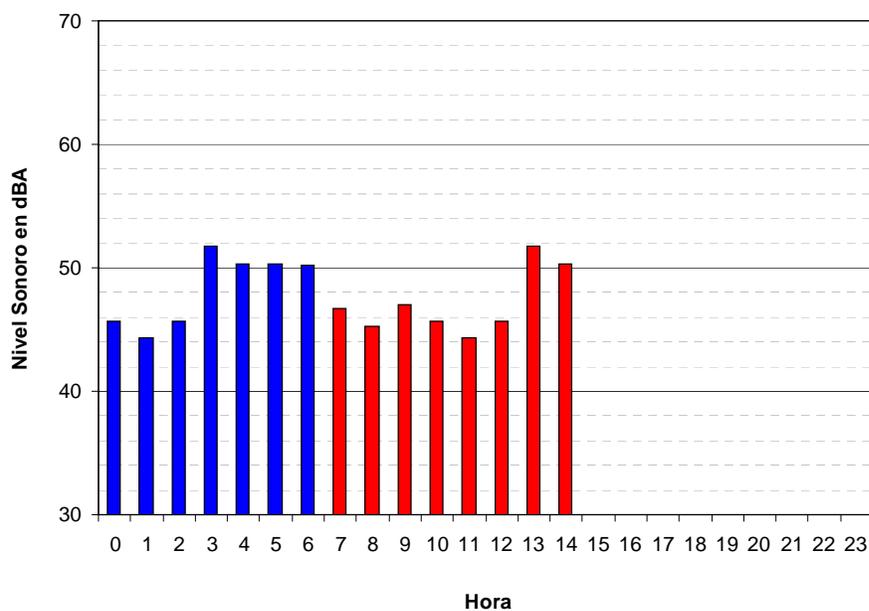
**Figura 2.3.3 Nivel Equivalente Horario Caldera  
Viernes 18 de Enero de 2008**



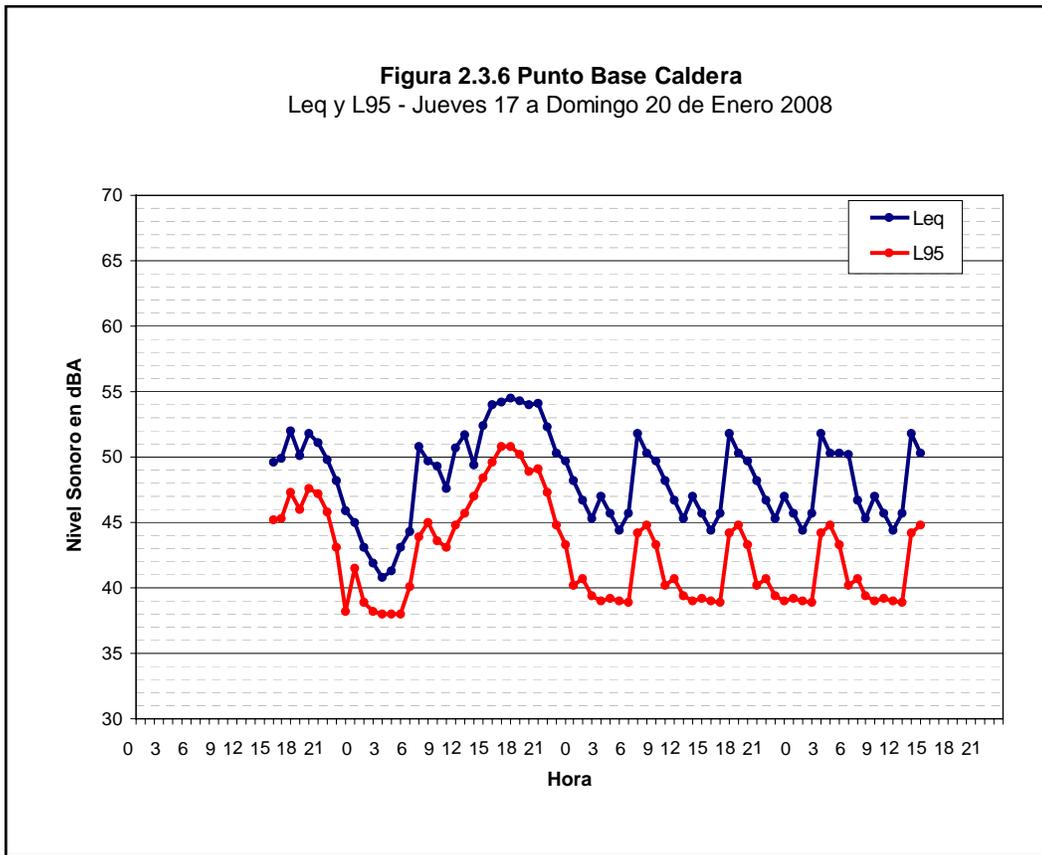
**Figura 2.3.4 Nivel Equivalente Horario Caldera  
Sábado 19 de Enero de 2008**



**Figura 2.3.5 Nivel Equivalente Horario Caldera  
Domingo 20 de Enero de 2008**



En Figura 2.3.6 se presenta la gráfica de los valores obtenidos en el punto base para Leq y L95.



Comparando el nivel de fondo (Percentil L95, o sea, aquel nivel que fue superado el 95% del tiempo), con respecto al nivel equivalente horario, se observa que en promedio este es inferior en aprox. 6 dBA en general, superando en algunas ocasiones los 10 dBA.

\* Puntos auxiliares en Caldera

En Tabla 2.3.1 se presenta un resumen de los niveles de ruido obtenidos en los puntos auxiliares de muestreo.

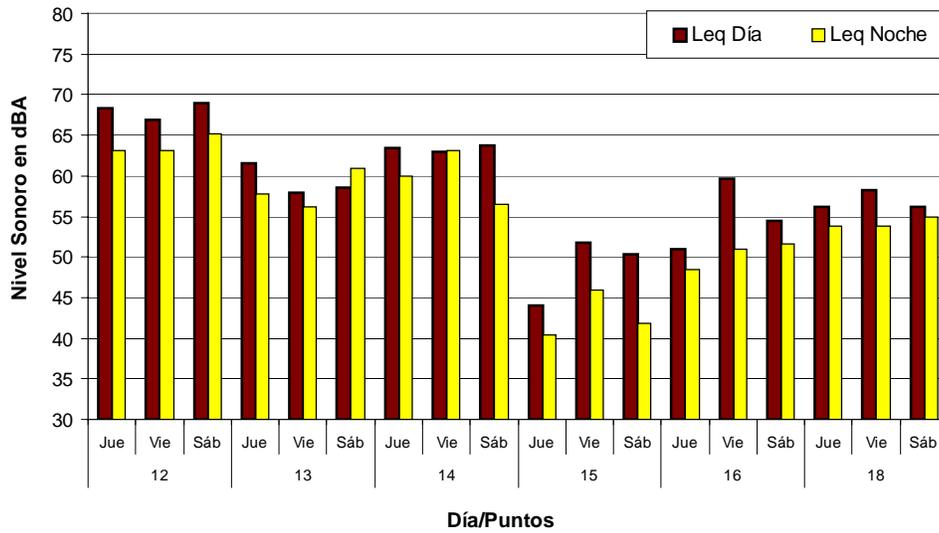
**TABLA 2.3.1**

**NIVELES EQUIVALENTES Y FONDO EN PUNTOS AUXILIARES CALDERA**

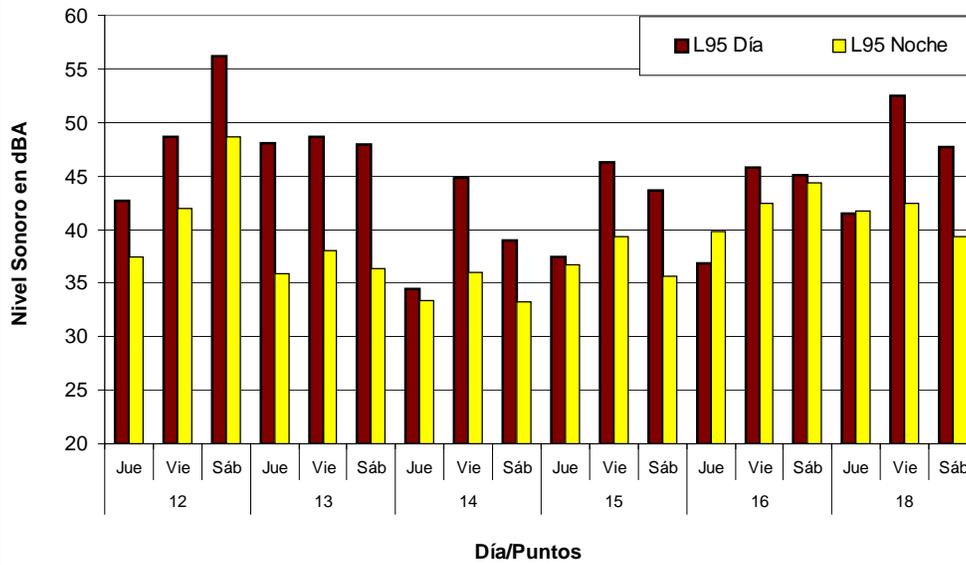
PTO	DESTINO	FECHA	HORA	LEQ	NIVEL FONDO	MAX	Leq Promedio Día	Leq Promedio Noche
12	Baldío	17/01/08	16:35	68,4	42,7	87,2	68,1	63,8
			23:08	63,1	37,4	78,4		
		18/01/08	17:04	66,9	48,6	79,7		
			23:35	63,2	42,0	79,1		
		19/01/08	18:45	68,9	56,2	79,6		
	22:34	65,1	48,7	77,8				
13	Hospital	17/01/08	17:31	61,5	48,1	81,6	59,3	58,3
			00:08	57,7	35,9	76,5		
		18/01/08	18:02	57,9	48,7	71,2		
			00:24	56,2	38,0	77,9		
		19/01/08	19:36	58,6	47,9	74,9		
	23:26	60,9	36,4	79,1				
14	Baldío	11/01/07	16:17	63,4	34,4	81,9	63,4	59,9
			22:50	60,0	33,4	73,7		
		12/01/07	16:48	62,9	44,8	78,4		
			23:18	63,1	36,0	84,1		
		13/01/07	18:30	63,8	39,0	83,2		
	22:15	56,5	33,2	73,2				
15	Baldío	17/01/08	15:53	44,1	37,4	57,5	48,7	42,7
			22:18	40,4	36,7	52,6		
		18/01/08	16:31	51,7	46,3	63,0		
			22:41	45,9	39,4	57,5		
		19/01/08	18:01	50,4	43,7	69,2		
	21:55	41,9	35,6	59,5				
16	Residencial	17/01/08	17:14	50,9	36,8	61,0	55,0	50,4
			23:53	48,5	39,8	67,2		
		18/01/08	17:39	59,7	45,8	76,0		
			00:09	51,0	42,4	61,4		
		19/01/08	19:18	54,4	45,1	65,8		
	23:10	51,6	44,3	62,0				
18	Residencial	17/01/08	16:58	56,2	41,5	72,9	56,9	54,2
			23:24	53,8	41,7	68,6		
		18/01/08	17:21	58,3	52,5	68,8		
			23:52	53,8	42,4	63,9		
		19/01/08	19:01	56,2	47,7	65,2		
	22:54	55,0	39,4	71,4				

En Figuras 2.3.7 y 2.3.8 se muestra la comparación entre el valor Leq y el nivel de fondo para cada punto de medición.

**Figura 2.3.7 Puntos de Medición Caldera**  
Niveles Equivalentes Diurnos y Nocturnos, Enero 2008



**Figura 2.3.8 Puntos de Medición Caldera**  
Niveles de Fondo Diurnos y Nocturnos, Enero 2008



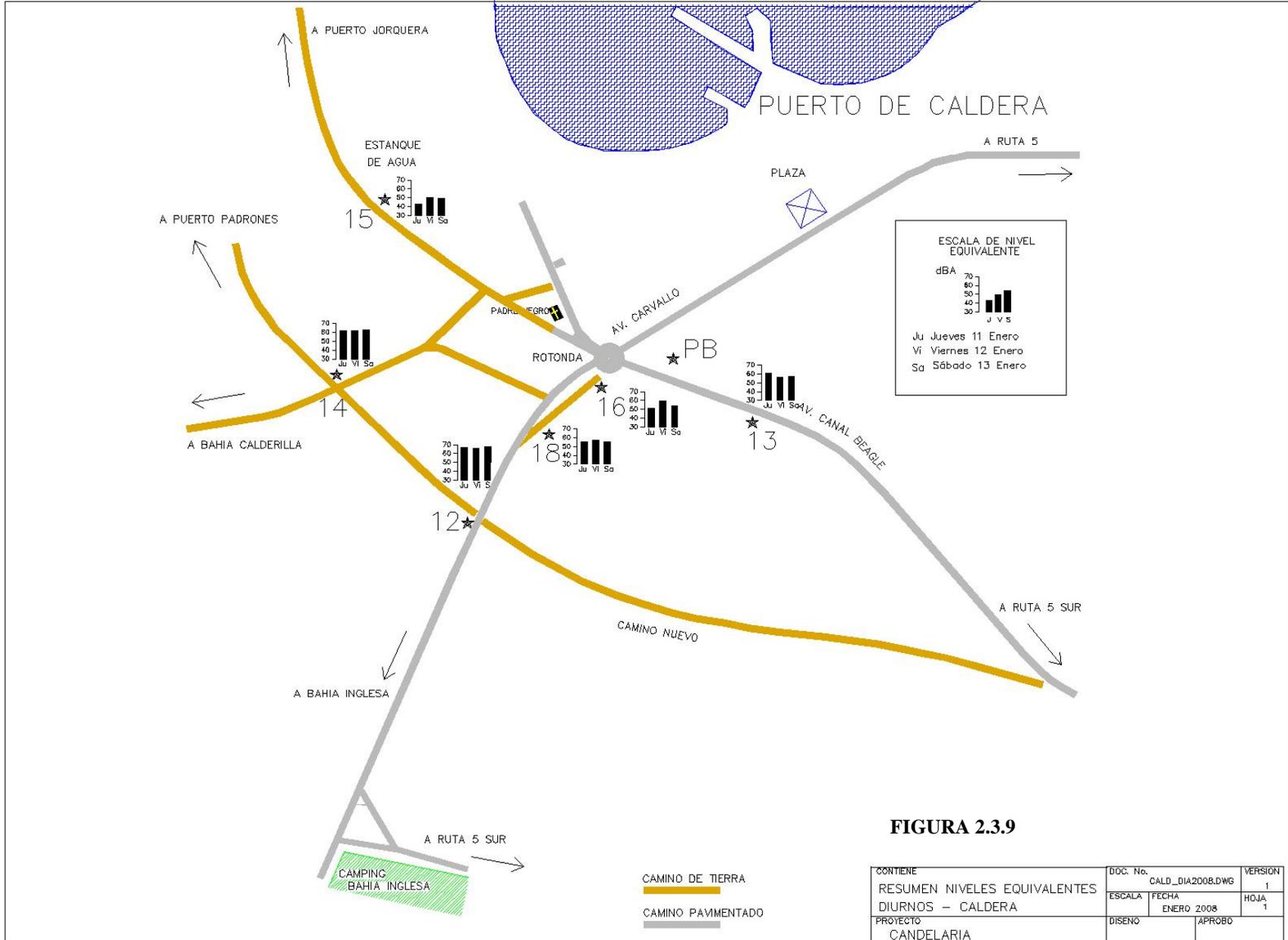
Se observa que al igual que en años anteriores los niveles son dependientes de la proximidad de los puntos a las vías de tránsito y del tipo de vehículo que circule por la vía. Es decir mientras más cercano el punto a la vía de circulación vehicular, mayor es el nivel de ruido. Esto se observa sobre todo en los puntos 12 y 14 que están cercanos a las vías por donde se dirigen los camiones de gran tonelaje (camiones mineros y camiones frigorífico) hacia puerto Padrones.

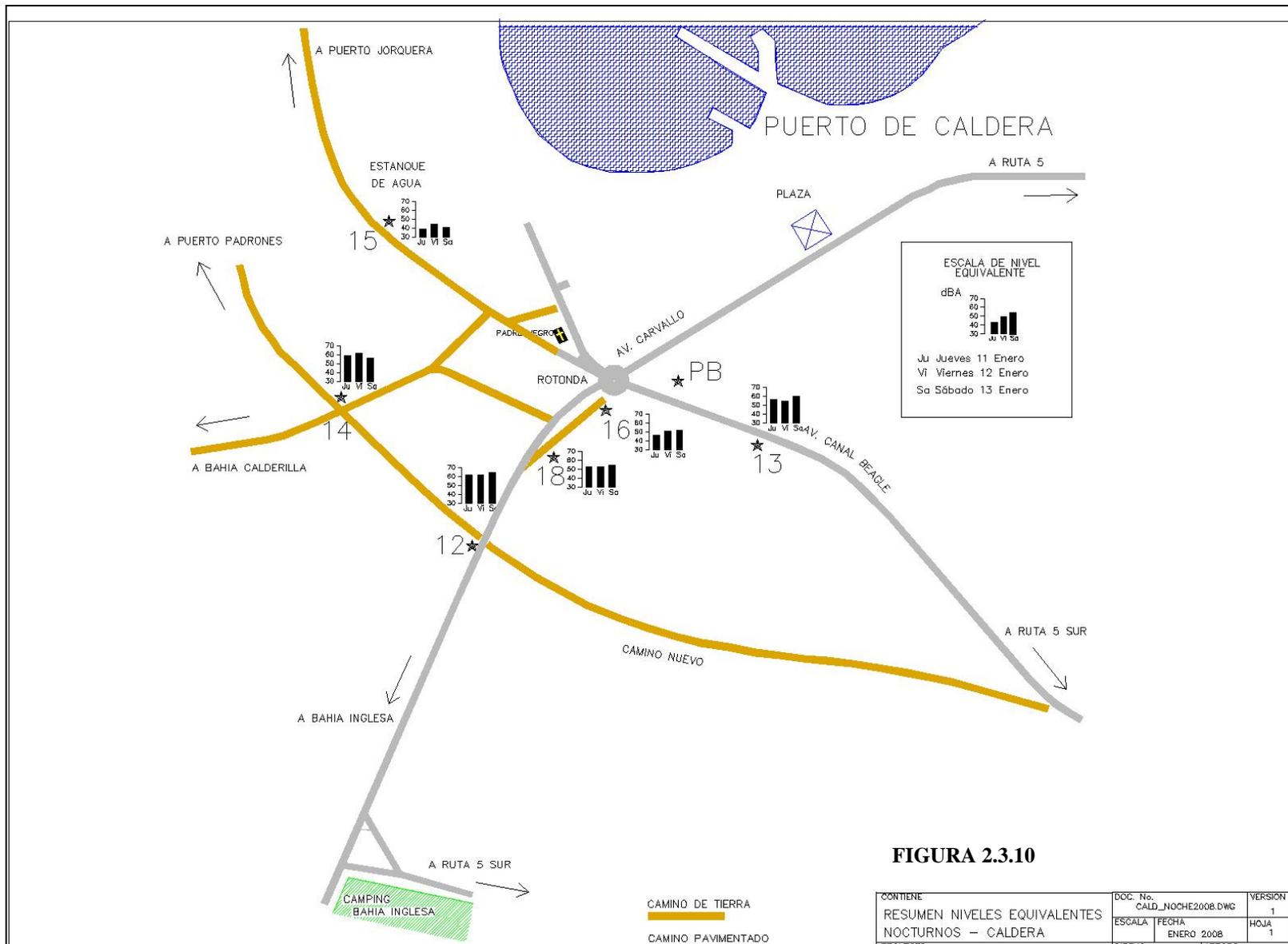
Se observa que los niveles equivalentes diurnos oscilan entre 44 y 69 dBA, mientras que los nocturnos entre 40 y 63 dBA. Comparando ambos periodos de medición, se puede decir que la diferencia entre niveles medidos en el período diurno y nocturno, no es significativa debido principalmente a que el muestreo se efectuó durante el período estival, con una importante actividad nocturna. Esta situación se mantiene respecto de las campañas de los años 2004, 2005, 2006 y 2007.

El punto 12, al igual que el año anterior, presenta los niveles equivalentes tanto diurnos como nocturnos más altos, ya que recibe tanto, el flujo hacia y desde Bahía Inglesa como el flujo de camiones hacia y desde Puerto Padrones. Los niveles más bajos se midieron en el punto 15, tal como en las campañas anteriores ya que está alejado de las fuentes de ruido. Esta situación es análoga al año 2007.

Los niveles de fondo diurnos oscilan entre 37 y 56 dBA, presentando una fuerte influencia del viento soplando en algunos puntos, mientras que los nocturnos entre 33 y 48 dBA, similar al año 2006 y 2007.

En Figuras 2.3.9 y 2.3.10 se presenta la distribución de los valores de niveles equivalentes en los puntos auxiliares obtenidos los días Jueves, Viernes y Sábado.





### 2.3.7 Conclusiones

A partir de los resultados de las mediciones de ruido efectuados en Enero de 2008 se puede concluir lo siguiente:

- En la Comuna de Caldera los niveles de ruido instantáneos en el Punto Base oscilan típicamente entre 40 y 55 dBA en horario diurno.
- En el período nocturno se observan dos tendencias, entre la 21:00 y las 00:00 hrs. Los niveles instantáneos oscilan entre 40 y 50 dBA y entre las 00:00 y las 06:00 oscilan entre 37 y 45 dBA, típicamente.
- No se registran diferencias significativas entre los niveles los días jueves y viernes respecto de la situación el fin de semana y se observa una tendencia similar entre los distintos días respecto del nivel equivalente más alto, el cuál se produce en horas de la tarde entre las 14:00 y las 17:00 hrs.
- El nivel en este horario dependiendo del día osciló entre 45 y 55 dBA aproximadamente, similar a lo ocurrido en la campaña de 2007.
- Se observa en los días sábado y domingo una tendencia cíclica en los niveles, durante el período diurno, en el cual se presentan subidas y bajadas de nivel progresivas, lo cual se podría explicar por la presencia de faenas de pintura del pavimento en Av. Canal Beagle con calle Batallón Atacama, lo que produjo una circulación irregular de vehículos durante esos días, al estar detenido el tráfico vehicular por momentos en algunas pistas, produciéndose desvío de éste.
- No se observan diferencias importantes entre los niveles alcanzados en los horarios punta del día, 07:00 a 09:00 hrs. en la mañana y 18:00 a 21:00 hrs. en la tarde, con respecto al resto del período diurno. Este comportamiento se mantiene respecto de años anteriores.
- Los Niveles Equivalentes horarios diurnos oscilan entre 44 y 56 dBA.
- Los Niveles Equivalentes horarios nocturnos entre 40 y 52 dBA.
- Al igual que en el año 2007 el punto 12 presenta los niveles equivalentes tanto diurnos como nocturnos más altos, ya que recibe tanto, el flujo hacia y desde Bahía Inglesa como el flujo de camiones hacia y desde Puerto Padrones. Los niveles más bajos se midieron en el punto 15.
- Los niveles diurnos y nocturnos de ruido en Caldera están dominados principalmente por el tránsito de vehículos livianos y pesados, además del ruido de fondo.
- Se observa que los niveles son dependientes de la proximidad de los puntos a las vías de tránsito, sobre todo en los puntos 12 y 14 que están cercanos a las vías por donde se dirigen los camiones de gran tonelaje (camiones mineros y camiones frigorífico) hacia puerto Padrones.
- No se observan fuentes de ruido fijas que puedan exceder el DS 146/97.