

# **ANEXO DE MINA M-I.2**

## **METEOROLOGÍA**

## INDICE

### Página

I.2 Evaluación de Impacto de la Mina.....	2-1
I.2.1 Condiciones Ambientales.....	2-1
I.2.2 Estaciones de Monitoreo .....	2-3

## TABLAS

Tabla 2-1 Comparación entre la Precipitación Anual en Chavín y Huallanca.....	2-2
Tabla 2-2 Condiciones Meteorológicas Estimadas a Largo Plazo para el Area de la Mina Antamina.....	2-4
Tabla 2-3 Información de Radiación Solar y Viento registrada en el emplazamiento .....	2-5
Tabla 2-4 Velocidad y Frecuencia de Ocurrencia de la Dirección del Viento.....	2-5
Tabla 2-5 Velocidad Promedio Mensual del Viento registrada en 1997 .....	2-7

## **I.2 Evaluación de Impacto de la Mina**

### **I.2.1 Condiciones Ambientales**

#### **I.2.1.1 Meteorología**

Se efectuó un estudio sobre las condiciones meteorológicas de la mina analizando los datos colectados en el lugar así como también los datos de estaciones regionales cercanas. La recolección de datos específicos del lugar se inició en diciembre de 1996 mediante la instalación de una estación Meteorológica automatizada y una estación Meteorológica manual en la parte alta del campamento. La estación automatizada colecta datos de temperatura, humedad relativa, precipitación pluvial, radiación solar y viento, mientras que la estación manual colecta datos sobre precipitación y evaporación. Este programa de recolección de datos fue complementado con una segunda estación automatizada, ubicada en el extremo superior de la Quebrada Huincush, la cual colecta datos sobre la precipitación pluvial. La recolección de datos empezó en esta estación en marzo de 1997. En julio de 1997 se instaló una estación adicional en el valle de Tucush para recolectar datos de velocidad y dirección del viento así como información sobre la precipitación pluvial. Debido a que el período de recolección de datos es breve no se puede hacer pronósticos sobre las condiciones meteorológicas a largo plazo. Por lo tanto, se llevó a cabo un análisis regional utilizando datos colectados en estaciones regionales.

Los datos regionales fueron obtenidos principalmente del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y de la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). Se efectuó un análisis regional usando generalmente dos métodos. En el primer método, los datos fueron ploteados para determinar si existía una correlación entre la magnitud del parámetro y el cambio de altitud. En el segundo método, se realizó una comparación utilizando datos colectados en Antamina y datos simultáneos de una estación cercana durante un prolongado período de registro. Esta comparación puede extender eficazmente el período específico de la estación de registro del lugar y permitir el pronóstico de condiciones meteorológicas a largo plazo en el emplazamiento.

De acuerdo con el análisis regional, se estimó que la precipitación media anual en Antamina oscila entre 1375 mm y 1993 mm. El valor más alto fue reconocido como límite superior y se basó en un factor de 2.3 multiplicado por la precipitación media anual en Chavín. Se determinó el factor de 2.3 por la relación entre la precipitación pluvial registrada en Antamina y la de Chavín para el período de diciembre de 1996 a agosto de 1997. Sin embargo, la precipitación pluvial registrada en Chavín en ese período fue el 58% de la precipitación promedio a largo plazo en Chavín. El utilizar el factor 2.3 para estimar la precipitación media anual implica que la precipitación en Antamina durante el mismo período fue también el 58% del promedio a largo plazo.

Para evaluar si existe consistencia entre las estaciones meteorológicas con pluviómetros, se comparó los datos simultáneos de Chavín y Huallanca. Huallanca se ubica aproximadamente a 42 Km al sudsudeste de Antamina a una altitud de 3540 m.s.n.m. Huallanca se localiza a 43 Km al sudeste de Chavín. Los datos se presentan en la Tabla 2-1.

**Tabla 2-1 Comparación entre la Precipitación Anual en Chavín y Huallanca**

Año	Chavín	Huallanca	Relación
1964/65	593.0	1113.0	1.92
1969/70	1007.3	1220.5	1.21
1970/71	1106.6	1215.0	1.10
1971/72	876.2	1186.4	1.37
1972/73	677.5	1181.8	1.77
1973/74	959.0	1340.2	1.40
1974/75	871.1	1197.3	1.38
1975/76	1190.1	1190.1	1.20
Promedio	886.2	1205.5	1.36

En la Tabla 2-1 puede apreciarse que la relación entre la precipitación anual en Chavín y Huallanca varía de 1.1 a 1.92 con un promedio de 1.36. En 1964/65, la relación fue 41% más que el promedio y 19% menor en 1970/71. Estos datos indican que no es probable que en esta región exista uniformidad de año a año entre pluviómetros. El hecho que caiga poca precipitación pluvial en el pluviómetro no necesariamente implica que caiga poca precipitación en toda la región.

Para estimar la precipitación media anual en Antamina, se empleó la relación regional entre precipitación y altitud. Esta relación se basó en los datos del Estudio de la Hidrología del Perú para la Subzona 5<sub>11</sub> (IILA, 1984). Aunque la relación presenta un coeficiente de correlación razonablemente bueno de  $R^2 = 0.79$ , se observa una dispersión en el diagrama. Empleando la curva de regresión de mejor ajuste se obtiene una precipitación media anual pronosticada de 1375 mm en Antamina. Sin embargo, para compensar la dispersión en el grupo de datos, se decidió trazar una curva paralela a la curva de regresión de mejor ajuste pero pasando por el punto de datos más distante a la curva de regresión. De esta manera, el límite superior de esta relación indica una precipitación media anual en Antamina de 1550 mm. El factor equivalente comparado con Chavín sería entonces 1.79. Los datos registrados en 1996/97 arrojaron un factor de 2.3, que es 28% más alto. Dada la comparación entre Huallanca y Chavín, esta variación es razonable.

En consecuencia, el mejor estimado actual que se puede obtener en referencia a la precipitación media anual a largo plazo en Antamina es de 1550 mm, es decir, un factor de 1.79 multiplicado por la precipitación media anual en Chavín. Aproximadamente 1,300 mm de precipitación cayeron en el lugar durante el primer año de monitoreo, o aproximadamente 84% de la media estimada. En Chavín,

durante más de 8 de los 12 meses de los que existen datos disponibles, se produjo el 76% de la precipitación pluvial media anual. La distribución promedio mensual de precipitación pluvial en Chavín fue utilizada para estimar la precipitación pluvial media mensual en Antamina.

La Tabla 2-2 resume los estimados mensuales a largo plazo de temperatura, humedad relativa, precipitación pluvial, evaporación y presión barométrica. Debe indicarse, sin embargo, que dado el breve período de recolección de datos en Antamina hasta ahora (diciembre de 1996 a diciembre de 1997), los pronósticos a largo plazo presentados son, de alguna manera, preliminares en su naturaleza y deben ser interpretados con precaución.

En el área no existen estaciones que colecten información sobre precipitación de nieve. Debido a que no hay datos sobre este particular, no es posible cuantificar el volumen de nieve que se espera que caiga en Antamina. Los datos recolectados en el emplazamiento indicaron que había mucho menos precipitación medida en el nivómetro que en el pluviómetro (es decir, nieve de 1 mm como mínimo y con la posibilidad de llegar a los 8.5 mm en un día) en sólo 9 de 350 días.

La velocidad y dirección del viento son parámetros específicos del lugar que dependen de la topografía y altitud. Por lo tanto, no puede efectuarse un análisis regional para determinar las condiciones a largo plazo que se esperan en el lugar. Véase Sección 1.2.2 para mayor información sobre datos específicos del lugar.

## **I.2.2 Estaciones de Monitoreo**

### **Estación Meteorológica de Monitoreo de Antamina**

La nueva estación meteorológica de Antamina (Mapa 7.1.5-1) está ubicada cerca de la planta concentradora propuesta a una altitud de aproximadamente 4,270 m.s.n.m. En relación a la nueva estación e instalaciones propuestas, el pueblo más cercano e importante es Huaraz que se localiza aproximadamente 50 Km al este. Esta estación meteorológica computarizada inició sus operaciones el 2 de diciembre de 1996 utilizando una torre de radio en el lugar. La estación fue equipada para registrar temperatura, precipitación, humedad relativa, radiación solar, velocidad y dirección del viento. Los datos de temperatura, precipitación, humedad relativa, radiación solar y velocidad y dirección del viento fueron promediados y registrados a intervalos de una hora.

La velocidad máxima de ráfaga de viento, velocidad de viento durante diez minutos y las direcciones asociadas también fueron registradas a intervalos por hora. En esta estación se encuentran disponibles registros continuos por más de 13 meses para el período comprendido entre el 2 de diciembre de 1996 y el 18 de enero de 1998.

**Tabla 2-2 Condiciones Meteorológicas Estimadas a Largo Plazo para el Area de la Mina Antamina**

Mes	Temperatura Promedio (°C)	Máxima Temperatura (Prom. Mensual) (°C)	Mínima Temperatura (Prom. Mensual) (°C)	Humedad Relativa (%)	Lluvia <sup>1</sup> (mm)	Evaporation en la Laguna (mm)	Presión Barométrica (Mb)
Enero	4.7	10.2	2.7	70.	217	48.7	647.0
Febrero	5.5	10.2	3.0	72.8	248	41.7	543.3
Marzo	5.6	9.9	2.8	71.3	295	40.7	642.7
Abril	5.7	10.7	2.4	67.5	155	45.6	641.0
Mayo	5.2	11.1	1.5	62.2	47	53.6	640.0
Junio	4.5	11.2	0.8	57.2	15	60.7	640.7
Julio	4.1	11.2	0.6	59.5	15	67.5	641.6
Agosto	4.6	11.8	1.1	59.2	31	72.7	641.8
Setiembre	5.1	11.4	1.9	62.8	62	63.2	643.6
Octubre	5.4	11.1	2.3	67.2	140	64.2	643.3
Noviembre	4.8	11.2	2.0	65.5	155	60.0	643.1
Diciembre	4.9	11.0	2.3	67.8	170	53.9	641.0
Anual	5.0	10.9	2.0	65.3	1550	672.5	634.1

1. Se ha encontrado que existe alta variabilidad en las características pluviométricas. La Información recolectada entre finales de Marzo y mediados de Octubre de 1997 ha mostrado que la precipitación en el valle de Huincush es sólo aproximadamente el 86% de la precipitación en Antamina aún después de ajustar los datos por diferencia de alturas.

**Tabla 2-3 Información de Radiación Solar y Viento registrada en el emplazamiento**

Mes	Promedio Velocidad del Viento (M/S)	Máxima Ráfaga (M/S)	Dirección de la Máxima Ráfaga	Promedio Radiación Solar Neta (W/M <sup>2</sup> )
Dic 96	2.2	17.8	SO	87.6
Ene 97	2.1	18.7	SO	85.8
Feb 97	2.2	16.7	N	89.2
Mar 97	2.5	15.3	O	110.4
Abr 97	2.3	13.7	N	90.3
May 97	2.3	12.3	N	84.2
Jun 97	2.3	14.3	SO	84.1
Jul 97	2.8	13.9	N	83.9
Ago 97	2.8	15.9	SO	85.5
Set 97	2.3	16.8	N	95.6
Oct 97	2.2	17.8	N	96.6
Nov 97	2.3	15.9	NO	96.5
Dic 97	2.1	19.5	N	85.7

Los datos de la estación de Antamina se resumen en términos de promedios mensuales en las Tablas 2-3 y 2-4. La velocidad promedio mensual del viento varió ligeramente de 2.1 a 2.8 m/s con una dirección reinante hacia el noreste. La Tabla 2-1 muestra una distribución de frecuencia conjunta elaborada utilizando datos colectados de la estación de Antamina para 1997, mientras que la Figura M-I.1 presenta el diagrama de la rosa de viento durante el mismo período de tiempo. La dirección del viento es predominantemente sudoeste con 25.60% de ocurrencia con una segunda dirección proveniente del noreste con 19.63% de ocurrencia y del sudoeste con 16.71%. En general, los vientos se presentan a lo largo del eje del valle durante el 80% del tiempo.

**Tabla 2-4 Velocidad y Frecuencia de Ocurrencia de la Dirección del Viento**

DIR	RANGO DE VELOCIDADES DE VIENTO ( M/S )						TOTAL	PROMEDIO VELOCIDAD DE VIENTO
	0.- 2.	2.- 3.	3.- 5.	5.- 8.	8.-11.	>11.		
N	0.0028	0.0027	0.0006	0.0000	0.0001	0.0000	0.0063	2.0
NNE	0.0055	0.0078	0.0031	0.0007	0.0000	0.0000	0.0172	2.3
EN	0.0360	0.0793	0.0738	0.0072	0.0000	0.0000	0.1963	2.8
ENE	0.0225	0.0296	0.0259	0.0061	0.0003	0.0000	0.0843	2.8
E	0.0084	0.0064	0.0038	0.0000	0.0000	0.0000	0.0186	2.1
ESE	0.0047	0.0065	0.0027	0.0000	0.0000	0.0000	0.0139	2.2
SE	0.0050	0.0053	0.0027	0.0001	0.0000	0.0000	0.0131	2.2

DIR	RANGO DE VELOCIDADES DE VIENTO ( M/S )						TOTAL	PROMEDIO VELOCIDAD DE VIENTO
	0.- 2.	2.- 3.	3.- 5.	5.- 8.	8.-11.	>11.		
SSE	0.0044	0.0104	0.0081	0.0006	0.0000	0.0000	0.0235	2.7
S	0.0084	0.0203	0.0455	0.0161	0.0001	0.0000	0.0904	3.7
SSO	0.0320	0.0510	0.0731	0.0111	0.0000	0.0000	0.1671	3.0
SO	0.0456	0.1211	0.0860	0.0033	0.0000	0.0000	0.2560	2.6
OSO	0.0072	0.0340	0.0323	0.0023	0.0000	0.0000	0.0758	3.0
O	0.0026	0.0104	0.0072	0.0001	0.0000	0.0000	0.0203	2.7
ONO	0.0010	0.0050	0.0018	0.0000	0.0000	0.0000	0.0078	2.4
NO	0.0017	0.0026	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0045	1.9
NNO	0.0023	0.0021	0.0004	0.0001	0.0000	0.0000	0.0050	1.9
TOTAL	0.1900	0.3944	0.3673	0.0478	0.0006	0.0000	1.0000	
PROM	1.2	2.3	3.9	5.8	9.2	0.0		2.3

Nota: 1724 calmados y variables vientos

### Estación Meteorológica de Monitoreo de Tucush

La nueva estación meteorológica de Tucush (Mapa 7.1.5-1) está situada cerca del depósito de relaves propuesto a una altitud aproximada de 4200 m.s.n.m. La estación de Tucush que se ubica a menos de 3 Km al noreste de Antamina, fue equipada para registrar precipitación pluvial, velocidad y dirección del viento. Los datos de precipitación pluvial y velocidad y dirección del viento fueron promediados a intervalos de una hora. La velocidad máxima del viento durante 10 minutos y la velocidad máxima y dirección de ráfaga de viento también fueron registradas a intervalos horarios. Se disponía de un registro continuo de aproximadamente 6 meses durante el período comprendido entre el 9 de julio de 1997 y el 18 de enero de 1998.

**Tabla 2-5 Velocidad Promedio Mensual del Viento registrada en 1997**

Mes	Estación Antamina				Estación Tucush *		
	Velocidad Promedio Del Viento (M/S)	Dirección Predominante	Max. Ráfaga (M/S)	Dirección De La Máxima Ráfaga (M/S)	Velocidad Promedio Del Viento (M/S)	Max. Ráfaga (M/S)	Dirección De La Máxima Ráfaga (M/S)
Dic 96	2.2	NE <sup>(1)</sup>	17.8	SO			
Ene 97	2.1	SO	18.7	SO			
Feb 97	2.2	SO	16.7	N			
Mar 97	2.5	EN	15.3	O			
Abr 97	2.3	EN	13.7	N			
May 97	2.3	EN	12.4	N			
Jun 97	2.3	EN	14.3	SO			
Jul 97	2.8	EN	13.9	N	2.1	15.7	SE
Ago 97	2.8	EN	15.9	SO	2.2	14.5	O
Set 97	2.3	EN	16.8	N	2.3	14.6	SE
Oct 97	2.2	NE	17.8	N	2.0	13.7	E
Nov 97	2.3	NE	15.9	NO	2.1	15.3	SE
Dic 97	2.1	NE	19.5	N	2.0	17.2	E

Notas: (1) – Indica que los registros mensuales no se encuentran completos  
\*Estación Tucush instalada en Julio 1997

**Figura M-I.1 ROSA DE VIENTO**