

arriba y aguas abajo 1,8:1 (V:H) y de dimensiones de 10 metros de altura y 70 metros de ancho y una geomembrana en el centro.

- ✓ Luego de que el muro de desvío detiene el flujo, el agua se conduce por el canal de desvío a través de una sección trapezoidal de 5,5 x 5,0 m (b x h) con taludes homogéneos de 1:0,5(V:H). Este canal será excavado y tendrá una pendiente longitudinal de 0,08 %.
- ✓ El canal de desvío tiene un largo aproximado de 2.5 Km. y descarga en la cota 1.551 a la Quebrada Rajo, afluente a la Quebrada Puquíos, la cual pasa cerca de la traza proyectada de la excavación del rajo. Por precaución, se plantea realizar un rebaje del cauce en el sector crítico de 3,0 m de manera de asegurar que el agua no ingrese al rajo. Sin embargo, la realización de esta obra queda supeditada al cumplimiento de una distancia mínima entre la traza del rajo y el cauce de la quebrada. Dicha distancia, que refleja una cercanía que podría comprometer la seguridad del rajo, queda establecida en el plano 911-3700-HI-PL-011.
- ✓ Con los criterios adoptados para el canal de desvío, se obtienen velocidades de aproximadamente 1,7 m/s para un caudal de 55 m³/s, lo que permite que el agua escurra por el canal excavado sin que se erosione. Además las bajas infiltraciones calculadas para el caudal de máxima crecida para un periodo de retorno de 100 años, son 0,11 m³/s
- ✓ Debido a la presencia de rocas y a las bajas velocidades en la salida del canal, no se prevé efectos negativos en la descarga de este canal a la quebrada. Sin embargo, para mayor seguridad, se especificará una protección de mampostería en piedra o bien en alguna solución similar definida por los materiales disponibles en el terreno. Esta protección se pondrá tanto en el lecho como en las riberas del canal y la quebrada.

Desvío de quebradas afluentes a Quebrada Coloradito

- ✓ El desvío de las quebradas afluentes a la Quebrada Coloradito, aguas abajo del muro de desvío, se diseñó considerando un periodo de retorno de 100 años.
- ✓ Existen dos quebradas aguas abajo del muro de desvío en la ladera norte, las que tendrán que ser captadas y desviadas hasta donde está emplazado el muro de desvío de la Quebrada Coloradito. De esta manera, el agua de estas quebradas se conducirá hasta la quebrada de restitución y posteriormente a la Quebrada Puquíos, junto al agua desviada de la Quebrada Coloradito. Las quebradas contemplan un muro de gaviones aguas arriba del canal de desvío, para aquietar las aguas y que a la vez sirva como trampa de piedras, evitando de esta manera que el canal se obstruya.

- ✓ Debido a que el canal recibe el aporte de dos quebradas en distintos puntos, éste se divide en dos tramos de manera de tener una sección de canal acorde al caudal conducido. El canal en el primer tramo, tendrá una sección de $1,2 \times 0,8$ (b x h) de taludes homogéneos de 1:0,5 (V:H) para conducir un caudal de $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$, mientras que en el segundo tramo, donde el caudal aumenta a $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$, el canal tendrá una sección de $1,8 \times 1,3$ (b x h) de taludes homogéneos de 1:0,5 (V:H).
- ✓ El canal tendrá una longitud total de 1,6 Km., en que 1,1 Km. corresponden al tramo 1 y 0,6 Km. al tramo 2.
- ✓ La pendiente longitudinal del canal es de 0,25 %, lo que permite entregar agua arriba del muro de la Quebrada Coloradito y a la vez captar la mayor cantidad de agua proveniente de la Quebradas I y II
- ✓ Las velocidades en el canal de desvío de las quebradas para un caudal de $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$, son aproximadamente 1,2 m/s, lo que permite que el agua escurra por el canal excavado sin que se erosione.
- ✓ Finalmente la restitución a la quebrada se realiza directamente sin obra de disipación adicional. Sin embargo, para tomar mayores resguardos, se dispondrá de una protección local de enrocados.

Protección de Taludes Quebrada Puquíos.

- ✓ El agua que se conduce por la quebrada Rajo, descarga finalmente en la Quebrada Puquíos, en la que se han observado muestras de erosión en los pies de algunas laderas. Por este motivo y debido a que en este sector se ubicaran plataformas para futuras instalaciones de la planta, se proyectan enrocados para proteger los taludes.
- ✓ El enrocado tendrá una altura mínima, según el eje hidráulico realizado en este tramo para un periodo de retorno de 100 años, de aproximadamente 1m, al que se le considera una revancha de 1 m debido a la importancia de estas obras. Esto implica proteger las riberas hasta la cota 1.208,5 m.s.n.m. El enrocado se deberá fundar a 2 m de profundidad aproximadamente, para asegurar la estabilidad del enrocado, es decir, en total la altura del enrocado será de 4 m de longitud. La longitud total de la obra es de 300 m de largo.

De lo citado anteriormente, se puede concluir que se ha cumplido con la observación realizada por la DGA, y que las obras antes descritas se han proyectado para una crecida máxima de 24 horas para un periodo de retorno de 100 años, con el propósito de evitar posibles inundaciones en el área del proyecto

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MINERO PUIQUIOS
LAYOUT GENERAL DEL PROYECTO

SIMBOLOGÍA

Información Base

- Camino
- Quebradas
- Curvas Nivel Índice (Equidistancia 100 m)
- Curvas Nivel Secundarias (Equidistancia 25 m)

Infraestructura

- Límite Área del Proyecto
- Centro Acopio
- Plataforma Piscina
- Talleres-Pab. Almacenamiento de Residuos
- Bodegas y Oficinas
- Botadero de Mineral de Baja Ley
- Límite Rajo (PIT Final)
- Límite Pila de Lixiviación

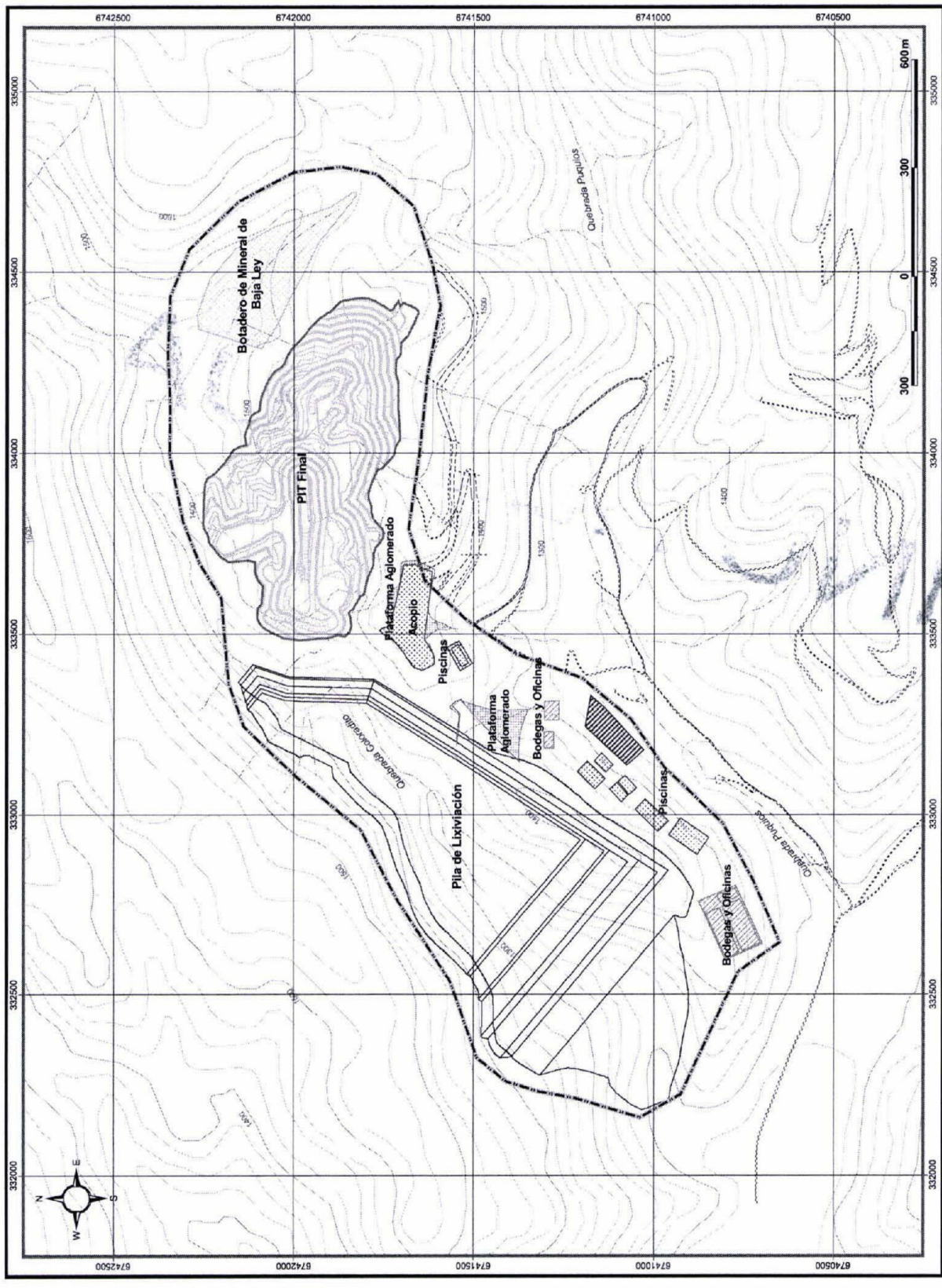


DATOS CARTOGRAFICOS

- Proyección, UTM
- Huso, 19s
- Datum, PSAD56
- Escala, 1:10.000

PLANO 2 - 3

TOMMY S. A.



0462/IV

ANEXOS

VIA.

ANEXO N° 1
PLANO UBICACIÓN DEL PROYECTO

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MINERO PUQUIOS**

UBICACIÓN PROYECTO MINERO PUQUIOS

SIMBOLOGÍA

LIMITES

--- Limite Regional
- - - Limite Comunal

RED VIAL

▨ Caminos Pavimentados
▨ Caminos Tierra - Ripio

HIDROGRAFÍA

▨ Cursos de Agua

OROGRAFÍA

▨ Curvas de Nivel Equidistancia 25 m

INFRAESTRUCTURA

▨ Localidades Pobladas



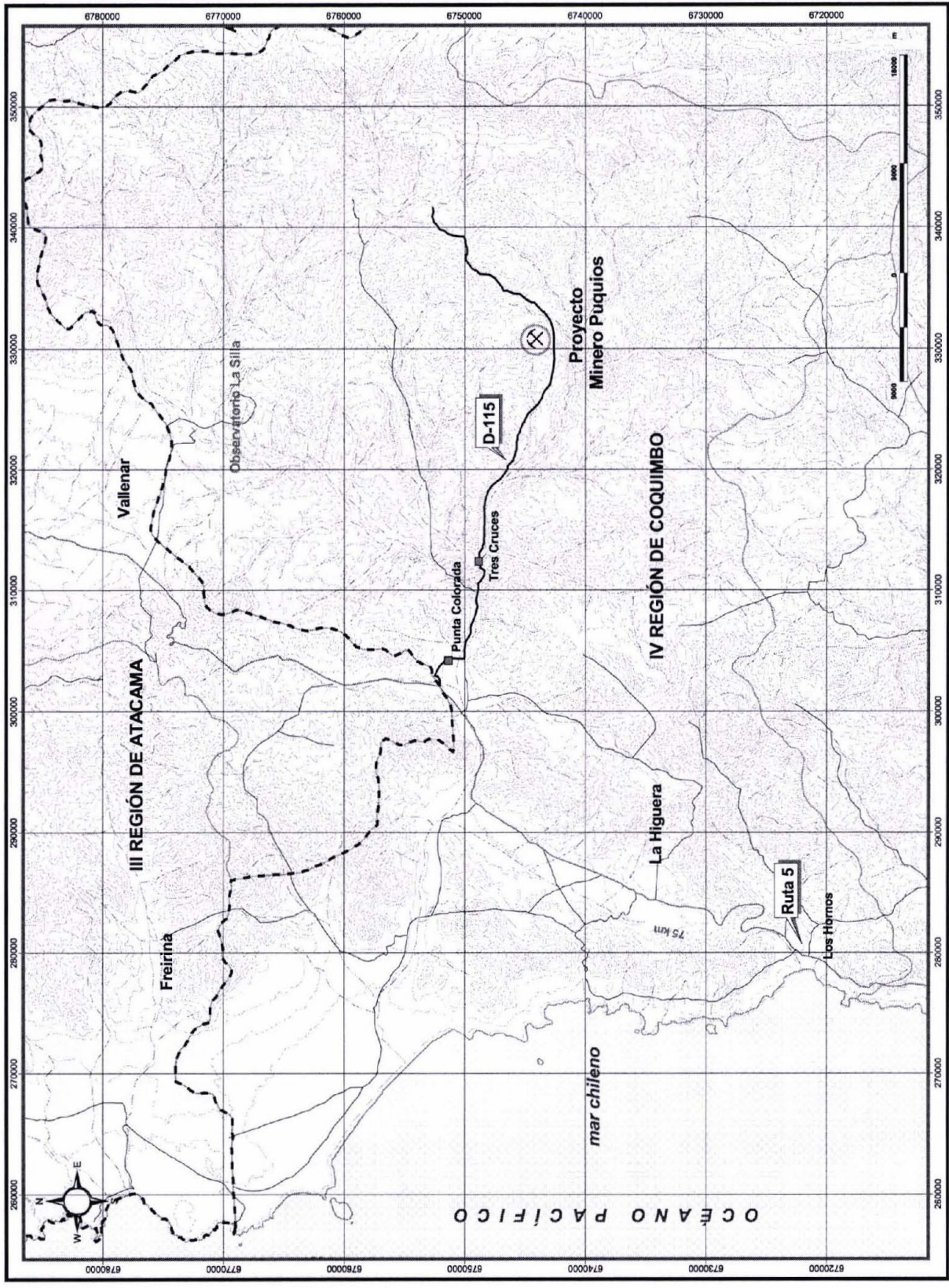
DATOS CARTOGRAFICOS

- Proyección, UTM
- Huso, 19s
- Datum, WGS84
- Elipsoide, GRS80
- Escala, 1:300.000

PLANO 2 - 1



TOMMY S. A.



10000
5000
0

VTA.

ANEXO N° 2
PLANO DE UBICACIÓN DE LAS OBRAS

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MINERO PUGUIOS
LAYOUT GENERAL DEL PROYECTO

SIMBOLOGÍA

Información Base

- Camminos
- Quebradas
- Curvas Nivel Índice (Equidistancia 100 m)
- Curvas Nivel Secundarias (Equidistancia 25 m)

Infraestructura

- Limite Área del Proyecto
- Centro Acopio
- Plataforma Piscina
- Talleres-Plata Almacenamiento de Residuos
- Bodegas y Oficinas
- Botadero de Mineral de Baja Ley
- Limite Rajo (PIT Final)
- Limite Pila de Lixiviación

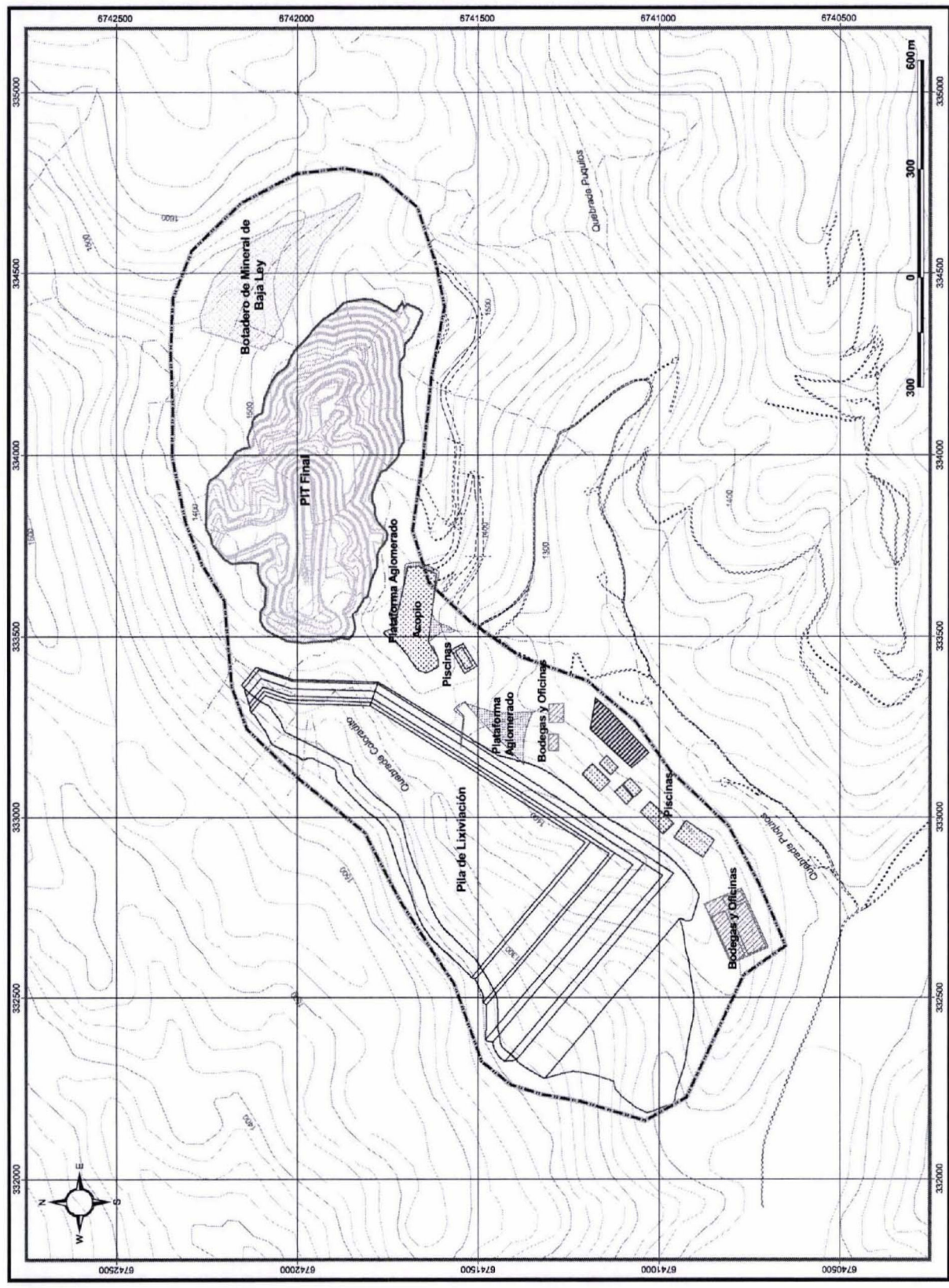


DATOS CARTOGRAFICOS

- Proyección, UTM
- Huso, 19s
- Datum, PSAD56
- Escala, 1:10.000

PLANO 2 - 3

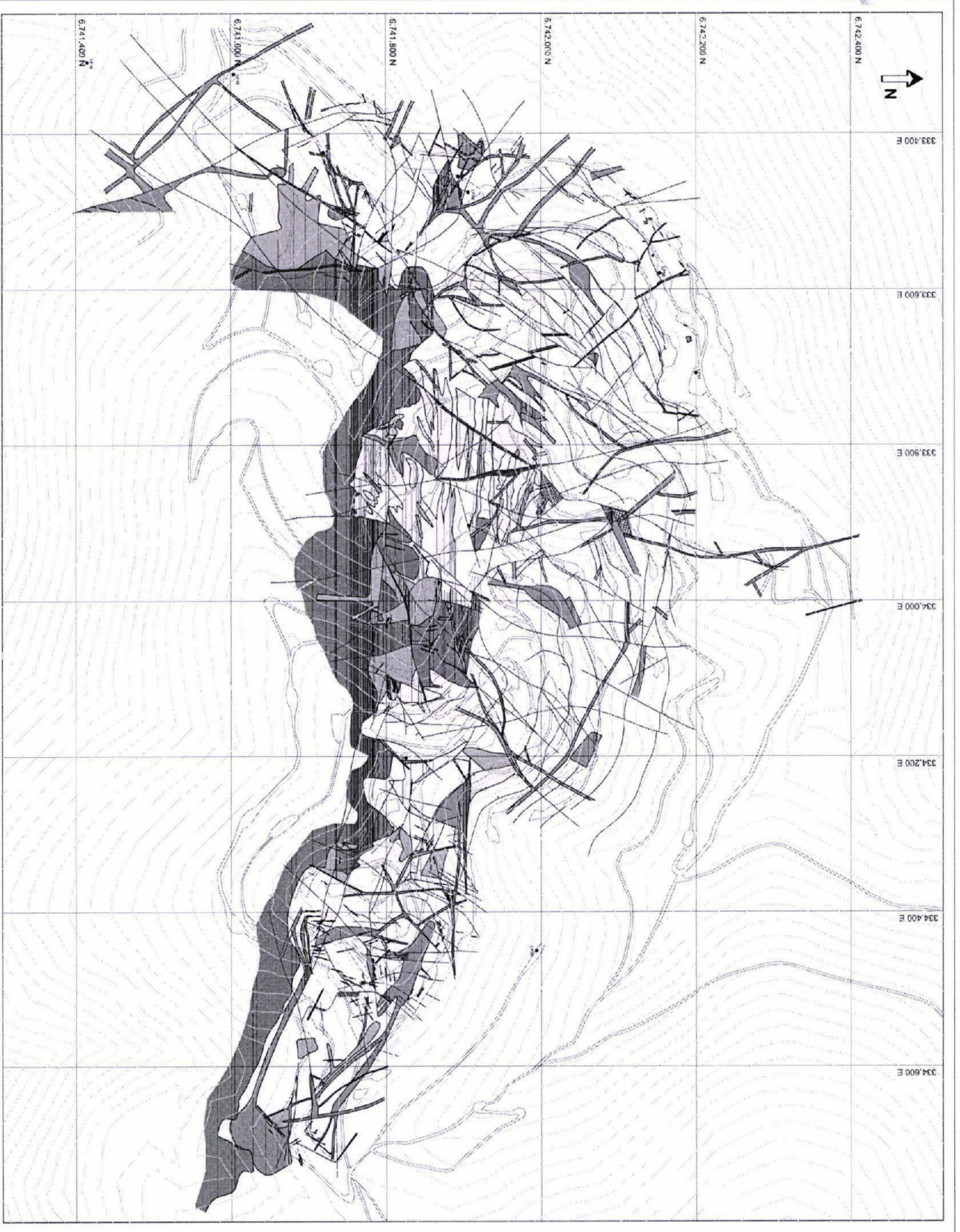
TOMMY S. A.



434

VTA.

ANEXO N° 3
PLANO GEOLOGICO DEL YACIMIENTO



- LITHOLOGY**
- Overturn
 - Dedic Dike
 - Pascala Porphyry
 - Quartz Porphyry
 - Andic Dike
 - Late Andic Porphyry
 - Pliocene Granodiorite
 - Chingola Granodiorite
 - Igneous Breccia

- BRECCIAS**
- Tectonic Breccia
 - Troughlike Breccia
 - Siliceous Breccia
 - Hydrothermal Breccia

- STRUCTURES**
- Joints
 - Fracture Zone
 - Fault
 - Fault Zone
 - Strike Slip Fault
 - Thrust Fault
 - Normal Fault

Sondajes con medicion



| | | | | | |
|-------------------------|-------------------|-------------------|------------|---------|-----------|
| | | TOMMY S.A. | | | |
| PLIQUIOS PROJECT | | | | | |
| DETAIL | | | | | |
| SURFACE GEOLOGY | | | | | |
| PROYECTO Nº: | ESTUDIO GEOLOGICO | FECHA DE EMISION: | 17/06/2008 | ESCALA: | 1:2,000 |
| ELABORADO POR: | J. LÓPEZ | REVISADO POR: | S. BARRERA | FECHA: | MAR. 2008 |

VIA

ANEXO N° 4
COLUMNAS LITOLÓGICAS



TOMMY S.A.

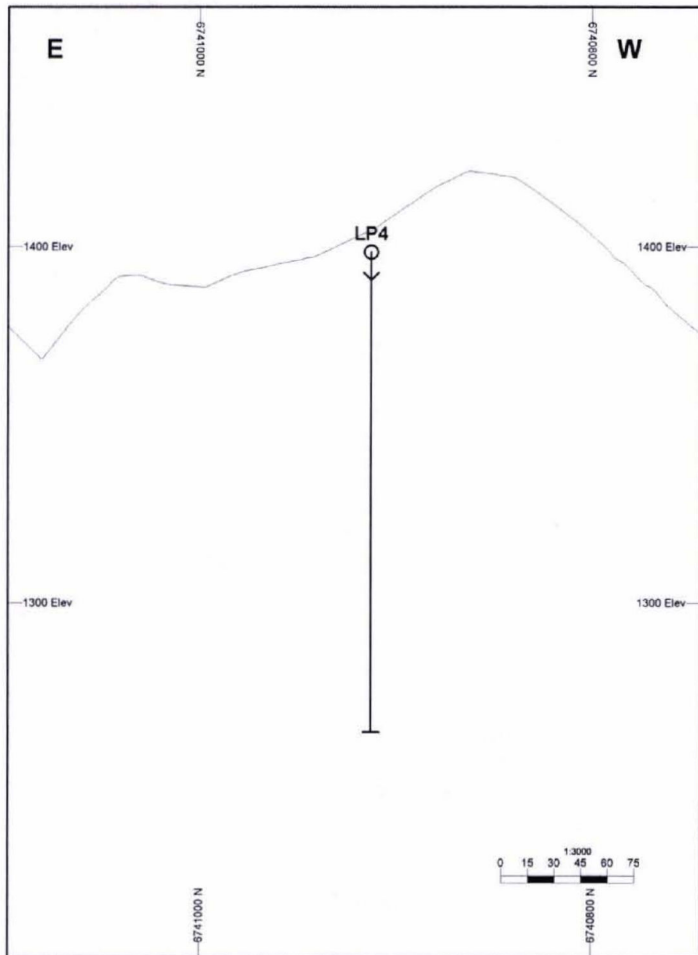
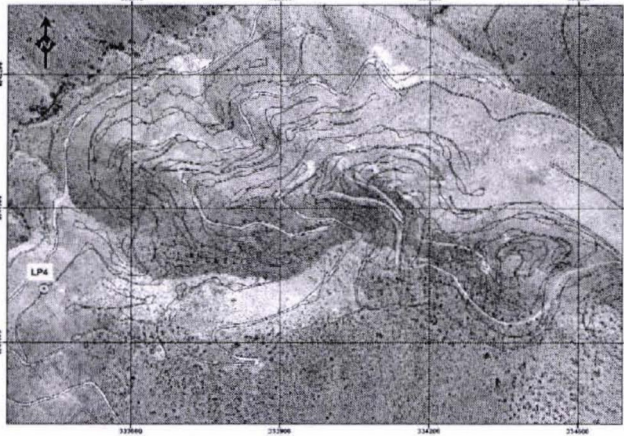


SUMMARY RESUMEN

PUQUIOS PROJECT

Drillhole Number: LP4

| | | | |
|--------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| Drill Type: Aire Reverso | Target: Infill 50 * 50 | Start: 08 04 2006 | Finish: 08 04 2006 |
| Easting: 333424.145 | Northing: 6741719.275 | Elevation: 1398.53 | Length: 135 |
| | | Azimuth: 0 | Dip: -90 |



| LP4 | | | | | |
|--------|------|-------|-------|-------|-------------|
| Depth | Lith | Struc | Techo | N. P. | Observation |
| 25.00 | PB | | | | |
| 40.00 | DD | | | | |
| 50.00 | PB | | | | |
| 60.00 | DD | | | | |
| 75.00 | | | | | |
| 100.00 | PB | | | | |
| 125.00 | | | | | |
| 150.00 | | | | | |

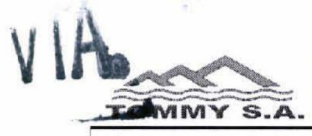
Hole Name :LP4

| LITHOLOGY | |
|-----------|------------------------------|
| GR | Overbunden (GR) |
| DD | Dacitic Dike (DD) |
| PP | Pascualas Porphyry (PP) |
| QP | Quartz Porphyry (QP) |
| PF | Fine Porphyry (PF) |
| DP | Dacitic Porphyry |
| AD | Aplitic Dike (AD) |
| PB | Puquios Granodiorite (PB) |
| PMT | Early Mafic Porphyry (PMT) |
| CHG | Chingoles Granodiorite (CHG) |
| IGB | Igneous Breccia (IGB) |
| HB | Hydrothermal Breccia (HB) |

| TECHOS Y PISOS | |
|----------------|-----------------------------|
| — | Techo de Magnetita |
| — | Techo de Sulfuros |
| — | Techo de Carbonato |
| — | Piso Enriquecimiento |
| — | Piso Enriquecimiento Fuerte |
| — | Piso Enriquecimiento Debil |

| NIVEL PIEZOMETRICO | |
|--------------------|---------------------------|
| — | Nivel Piezometrico (N.P.) |

| STRUCTURES | |
|------------|--------------------|
| — | Fault (F) |
| — | Fault Zone (FFZ) |
| — | Fracture Zone (FZ) |
| — | Leached Veins (LV) |



TOMMY S.A.

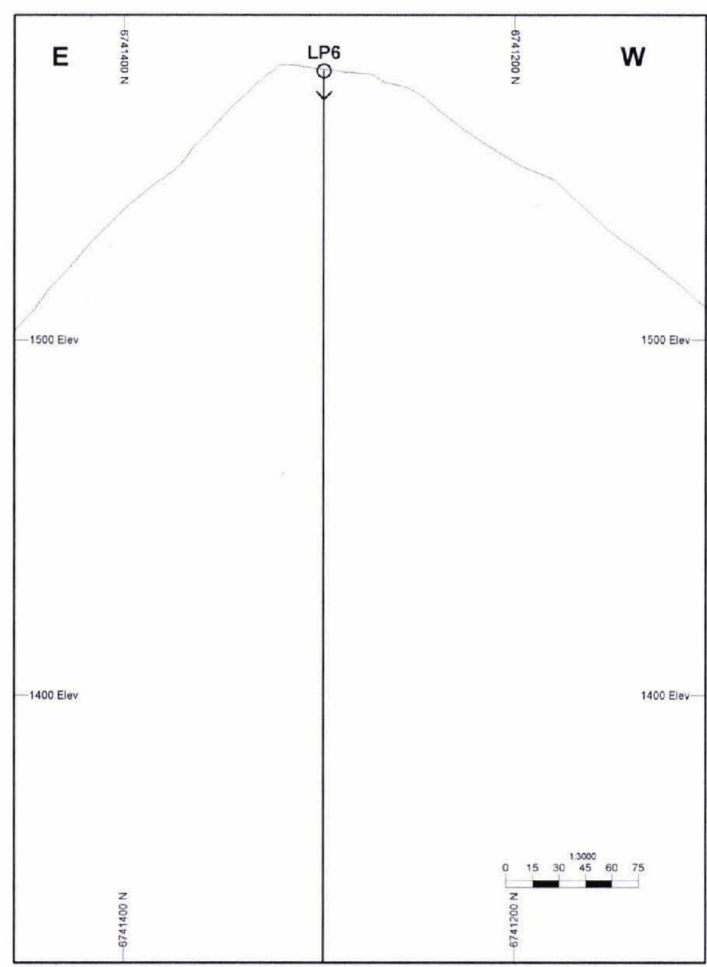
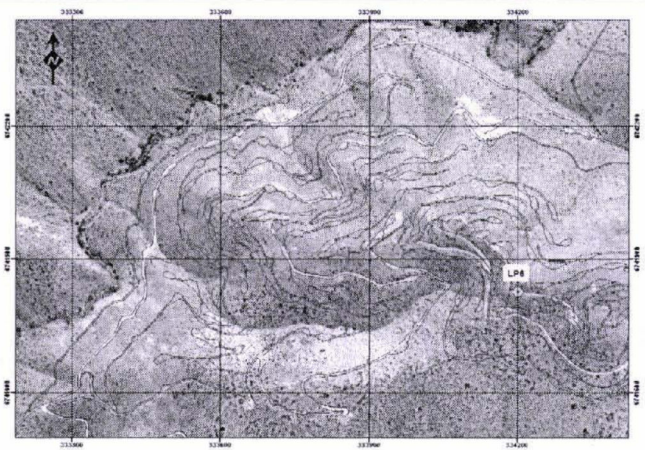
NATASA
MINING LTD

SUMMARY RESUMEN

PUQUIOS PROJECT

Drillhole Number: LP6

| | | | |
|-------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| Drill Type: Aire Reveso | Tarjet: Infill 50 * 50 | Start: 09 04 2006 | Finish: 10 04 2006 |
| Easting: 334202.101 | Northing: 6741825.653 | Elevation: 1575.91 | Azimuth: 0 |
| | | Dip: -90 | Length: 260 |



| LP6 | | | | | |
|--------|------|-------|-------|-------|-------------|
| Depth | Lith | Struc | Techo | N. P. | Observation |
| 0.00 | | | | | |
| 25.00 | PP | | | | |
| 50.00 | AD | | | | |
| 75.00 | PP | | | | |
| 100.00 | | | | | |
| 125.00 | PP | | | | |
| 150.00 | PP | | | | |

Hole Name : LP6

LITHOLOGY

- Overbunden (GR)
- Dacitic Dike (DD)
- Pascuales Porphyry (PP)
- Quartz Porphyry (QP)
- Fine Porphyry (PF)
- Dacitic Porphyry
- Aplitic Dike (AD)
- Puquios Granodiorite (PB)
- Early Mafic Porphyry (PMT)
- Chingoles Granodiorite (CHG)
- Igneous Breccia (IGB)
- Hydrothermal Breccia (HB)

TECHOS Y PISOS

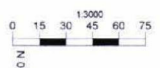
- Techo de Magnetita
- Techo de Sulfuros
- Techo de Carbonato
- Piso Enriquecimiento
- Piso Enriquecimiento Fuerte
- Piso Enriquecimiento Debil

NIVEL PIEZOMETRICO

- Nivel Piezometrico (N.P.)

STRUCTURES

- Fault (F)
- Fault Zone (FFZ)
- Fracture Zone (FZ)
- Leached Veins (LV)





TOMMY S.A.

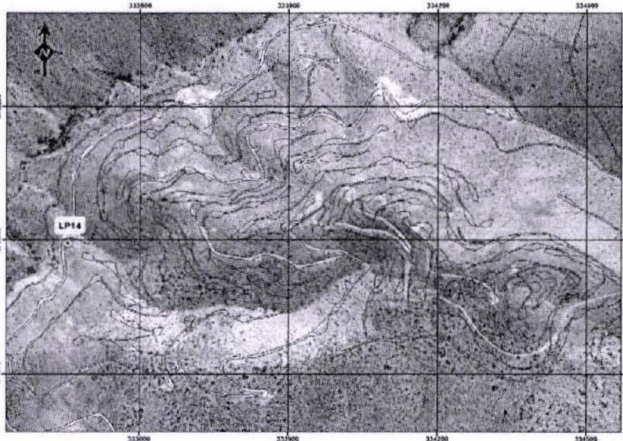
NATASA
MINING LTD

SUMMARY RESUMEN

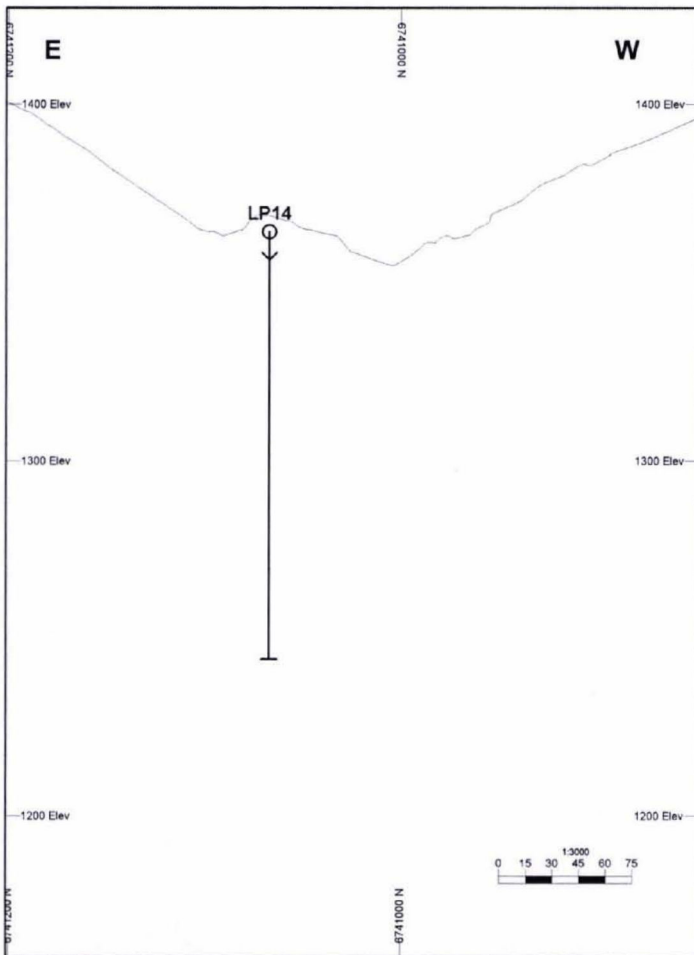
PUQUIOS PROJECT

Drillhole Number: LP14

| | | | |
|--------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| Drill Type: Aire Reverso | Target: Infill 50 * 50 | Start: 18 04 2006 | Finish: 18 04 2006 |
| Easting: 333454.376 | Northing: 6741893.214 | Elevation: 1364.24 | Azimuth: 0 |
| | | Dip: -90 | Length: 120 |



| LP14 | | | | | |
|------------------|------|-------|-------|-------|-------------|
| Depth | Lith | Struc | Techo | N. P. | Observation |
| 25.00 | | | | | |
| 50.00 | | | | | |
| 75.00 | | | | | |
| 100.00 | | | | | |
| 125.00 | | | | | |
| 150.00 | | | | | |
| Hole Name : LP14 | | | | | |



TECHOS Y PISOS

| | |
|---|-----------------------------|
| — | Techo de Magnetita |
| — | Techo de Sulfuros |
| — | Techo de Carbonato |
| — | Piso Enriquecimiento |
| — | Piso Enriquecimiento Fuerte |
| — | Piso Enriquecimiento Debil |

NIVEL PIEZOMETRICO

| | |
|---|---------------------------|
| — | Nivel Piezometrico (N.P.) |
|---|---------------------------|

STRUCTURES

| | |
|---|--------------------|
| ■ | Fault (F) |
| ▨ | Fault Zone (FFZ) |
| ▧ | Fracture Zone (FZ) |
| ▩ | Leached Veins (LV) |

LITHOLOGY

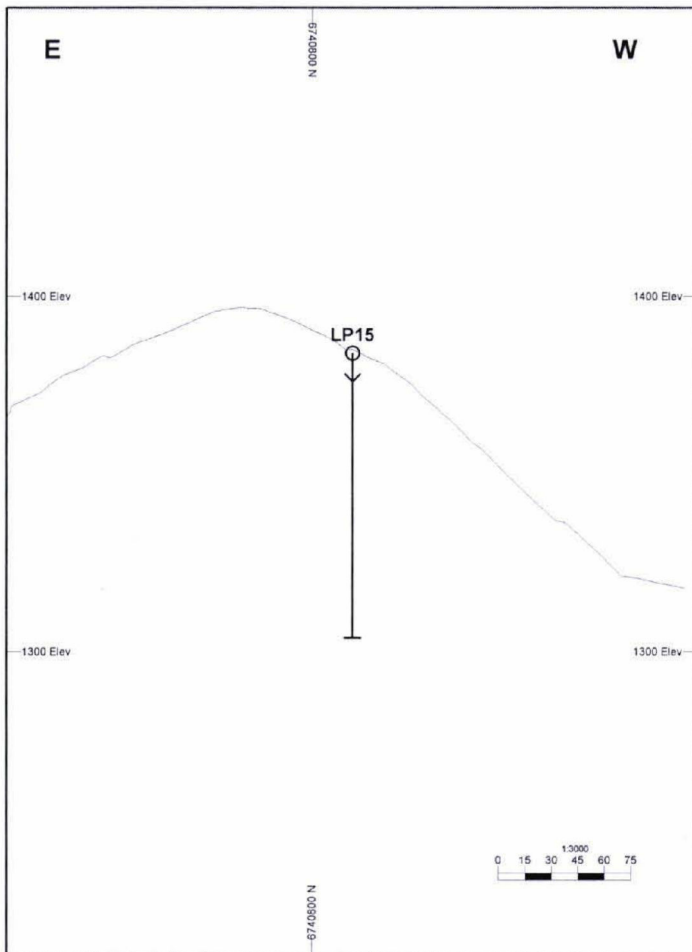
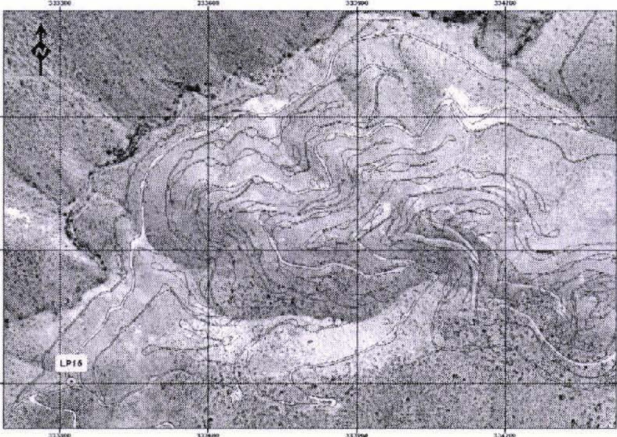
| | |
|---|------------------------------|
| ○ | Overbunden (GR) |
| ▨ | Dacitic Dike (DD) |
| ▩ | Pascualas Porphyry (PP) |
| # | Quartz Porphyry (QP) |
| ○ | Fine Porphyry (PF) |
| ▨ | Dacitic Porphyry |
| ▩ | Aplitic Dike (AD) |
| ▨ | Puquios Granodiorite (PB) |
| ▩ | Early Mafic Porphyry (PMT) |
| ▨ | Chingoles Granodiorite (CHG) |
| ▩ | Igneous Breccia (IGB) |
| ▨ | Hydrothermal Breccia (HB) |

SUMMARY RESUMEN

PUQUIOS PROJECT

Drillhole Number: LP15

| | | | |
|--------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| Drill Type: Aire Reverso | Target: Infill 50 * 50 | Start: 19 04 2006 | Finish: 19 04 2006 |
| Easting: 333324.186 | Northing: 6741603.895 | Elevation: 1383.87 | Azimuth: 0 |
| | | Dip: -90 | Length: 80 |



| | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| TECHOS Y PISOS | NIVEL PIEZOMETRICO |
| — Techo de Magnetita | — Nivel Piezometrico (N.P.) |
| — Techo de Sulfuros | |
| — Techo de Carbonato | |
| — Piso Enriquecimiento | STRUCTURAS |
| — Piso Enriquecimiento Fuerte | ■ Fault (F) |
| — Piso Enriquecimiento Debil | ▨ Fault Zone (FFZ) |
| | ▨ Fracture Zone (FZ) |
| | ▨ Leached Veins (LV) |

| LP15 | | | | | |
|--------|------|-------|-------|-------|-------------|
| Depth | Lith | Struc | Techo | N. P. | Observation |
| 25.00 | PB | | | | |
| | | | T.C | | |
| | | | S.C | | |
| | | | T.LI | | |
| 50.00 | AD | | | | |
| 75.00 | PB | | | | |
| 100.00 | | | | | |
| 125.00 | | | | | |
| 150.00 | | | | | |

Hole Name: LP15

| LITHOLOGY | |
|-----------|------------------------------|
| ••• | Overbunden (GR) |
| ▨ | Dacitic Dike (DD) |
| ▨ | Pascualas Porphyry (PP) |
| # | Quartz Porphyry (QP) |
| ▨ | Fine Porphyry (PF) |
| ▨ | Dacitic Porphyry |
| ▨ | Aplitic Dike (AD) |
| ▨ | Puquios Granodiorite (PB) |
| ▨ | Early Mafic Porphyry (PMT) |
| ▨ | Chingoles Granodiorite (CHG) |
| ▨ | Igneous Breccia (IGB) |
| ▨ | Hydrothermal Breccia (HB) |



TOMMY S.A.

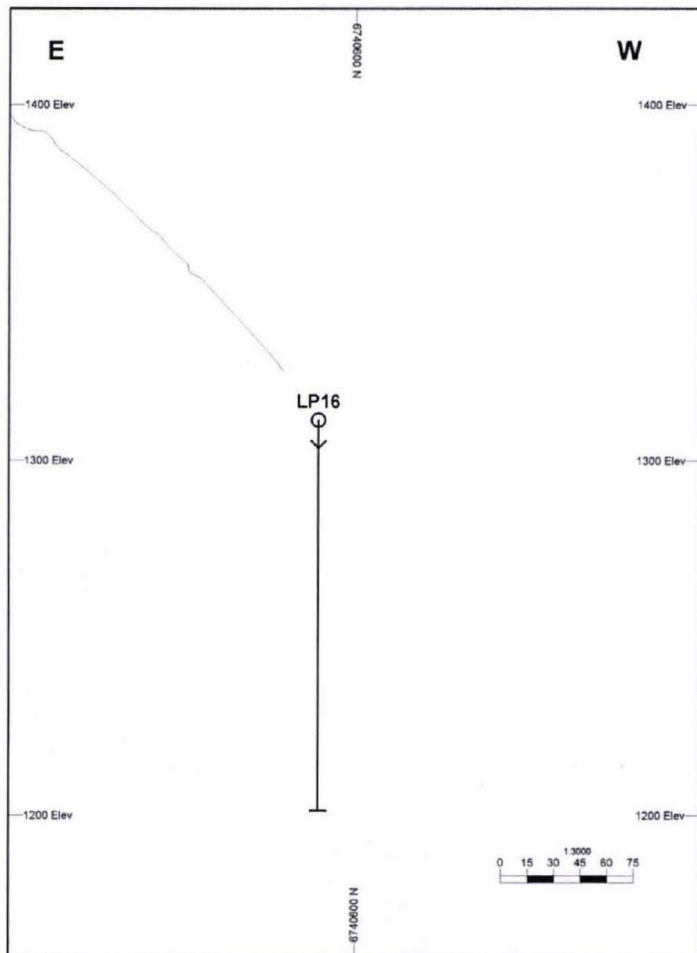
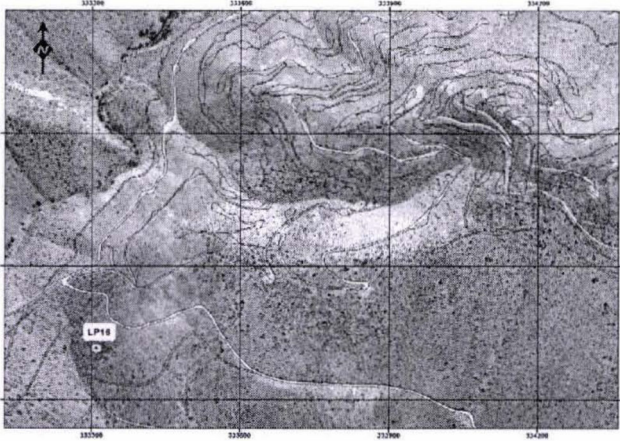
0468
NATASA
 MINING LTD

SUMMARY RESUMEN

PUQUIOS PROJECT

Drillhole Number: LP16

| | | | |
|-------------------------|------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| Drill Type: Aire Reveso | Target: Infill 50 * 50 | Start: 30 04 2006 | Finish: 30 04 2006 |
| Easting: 333309.564 | Northing: 6741415.085 | Elevation: 1311.28 | Azimuth: 0 Dip: -90 Length: 110 |



TECHOS Y PISOS

- Techo de Magnetita
- Techo de Sulfuros
- Techo de Carbonato
- Piso Enriquecimiento
- Piso Enriquecimiento Fuerte
- Piso Enriquecimiento Debil

NIVEL PIEZOMETRICO

- Nivel Piezometrico (N.P.)

STRUCTURES

- Fault (F)
- ⊗ Fault Zone (FFZ)
- ▨ Fracture Zone (FZ)
- ▨ Leached Veins (LV)

| LP16 | | | | | |
|-----------------|------|-------|-------|-------|-------------|
| Deph | Lith | Struc | Techo | N. P. | Observation |
| 25.00 | | | | | |
| 50.00 | | | | | |
| 75.00 | | | | | |
| 100.00 | | | | | |
| 125.00 | | | | | |
| 150.00 | | | | | |
| Hole Name :LP16 | | | | | |

LITHOLOGY

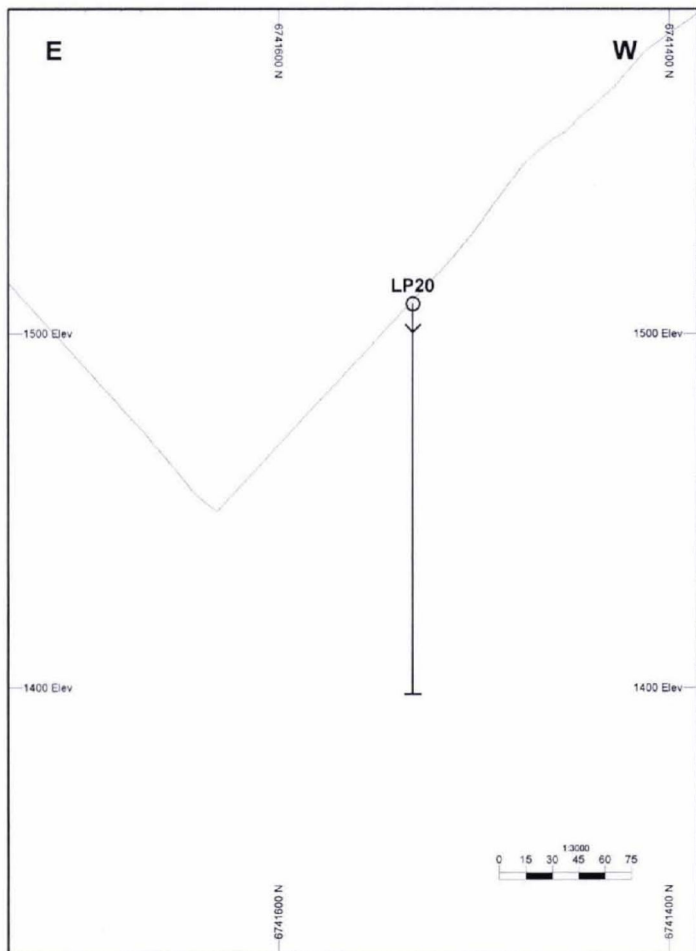
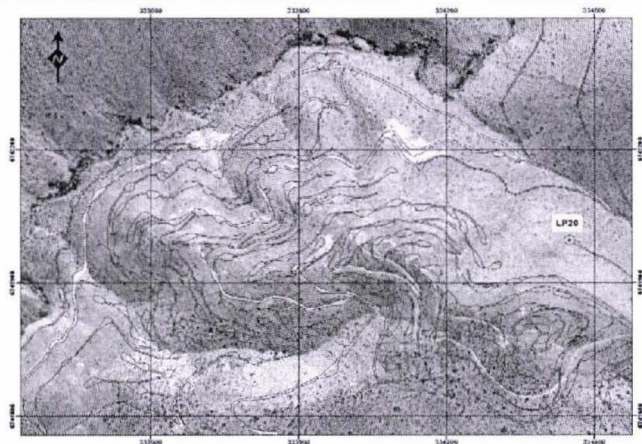
- Overbunden (GR)
- Dacitic Dike (DD)
- Pascualias Porphyry (PP)
- Quartz Porphyry (QP)
- Fine Porphyry (PF)
- Dacitic Porphyry
- Aplitic Dike (AD)
- Puquios Granodiorite (PB)
- Early Mafic Porphyry (PMT)
- Chingoles Granodiorite (CHG)
- Igneous Breccia (IGB)
- Hydrothermal Breccia (HB)

SUMMARY RESUMEN

PUQUIOS PROJECT

Drillhole Number: LP20

| | | | |
|--------------------------|------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| Drill Type: Aire Reverso | Target: Infill 50 * 50 | Start: 02 05 2006 | Finish: 02 05 2006 |
| Easting: 334450.05 | Northing: 6741994.135 | Elevation: 1508.22 | Azimuth: 0 Dip: -90 Length: 110 |



| LP20 | | | | | |
|--------|------|-------|-------|-------|-------------|
| Deph | Lith | Struc | Techo | N. P. | Observation |
| 0.00 | | | | | |
| 25.00 | PB | | | | |
| 50.00 | PB | | | | |
| 75.00 | PB | | | | |
| 100.00 | PB | | | | |
| 125.00 | | | | | |
| 150.00 | | | | | |

Hole Name : LP20

TECHOS Y PISOS

- Techo de Magnetita
- Techo de Sulfuros
- Techo de Carbonato
- Piso Enriquecimiento
- Piso Enriquecimiento Fuerte
- Piso Enriquecimiento Debil

NIVEL PIEZOMETRICO

Nivel Piezometrico (N.P.)

STRUCTURES

- Fault (F)
- ⊗ Fault Zone (FFZ)
- ⊕ Fracture Zone (FZ)
- ▨ Leached Veins (LV)

LITHOLOGY

- Overbunden (GR)
- Dacitic Dike (DD)
- Pascuales Porphyry (PP)
- Quartz Porphyry (QP)
- Fine Porphyry (PF)
- Dacitic Porphyry
- Aplitic Dike (AD)
- Puquios Granodiorite (PB)
- Early Mafic Porphyry (PMT)
- Chingoles Granodiorite (CHG)
- Igneous Breccia (IGB)
- Hydrothermal Breccia (HB)



TOMMY S.A.

0409
NATASA
 MINING LTD

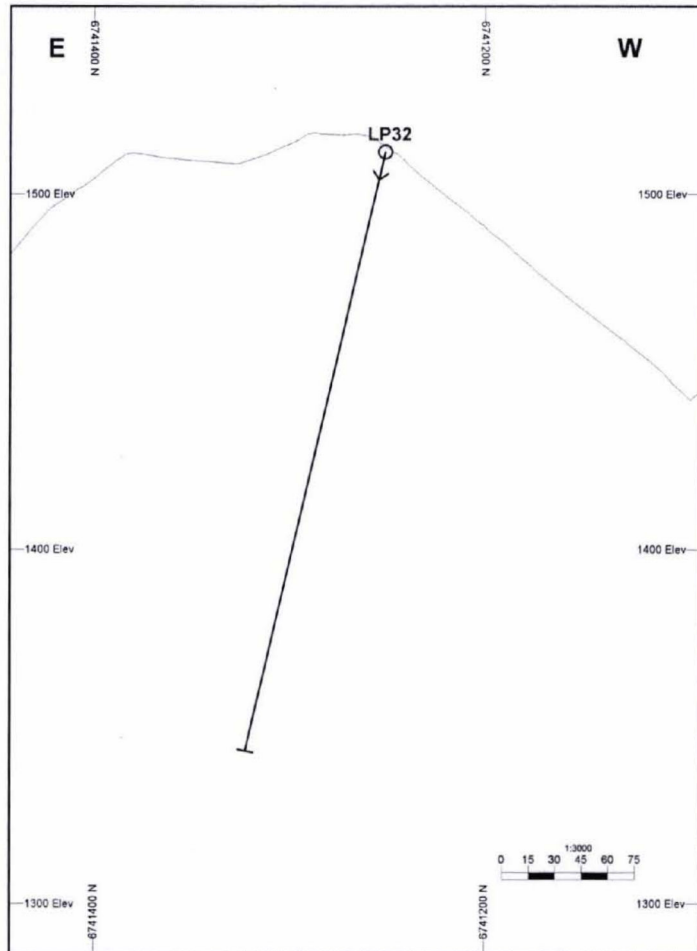
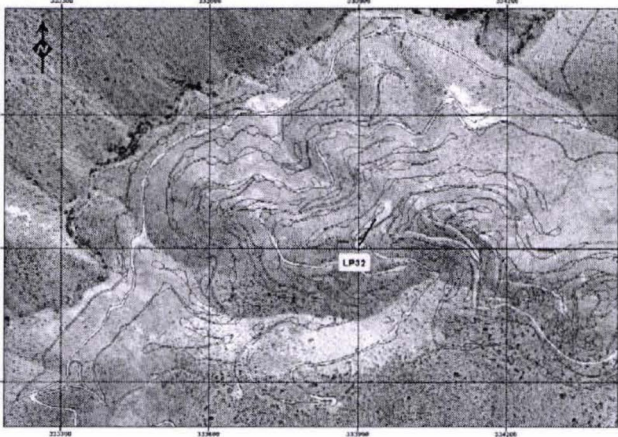
SUMMARY RESUMEN

PUQUIOS PROJECT

Drillhole Number:

LP32

| | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------|------------------------|--|-------------------|----------|--------------------|--|
| Drill Type: Aire Reverso | | Tarjet: Infill 50 * 50 | | Start: 03 07 2006 | | Finish: 03 07 2006 | |
| Easting: 333903.574 | Northing: 6741907.741 | Elevation: 1511.651 | | Azimuth: 25 | Dip: -65 | Length: 186 | |



TECHOS Y PISOS

| | |
|---|-----------------------------|
| — | Techo de Magnetita |
| — | Techo de Sulfuros |
| — | Techo de Carbonato |
| — | Piso Enriquecimiento |
| — | Piso Enriquecimiento Fuerte |
| — | Piso Enriquecimiento Debil |

NIVEL PIEZOMETRICO

| | |
|---|---------------------------|
| — | Nivel Piezometrico (N.P.) |
|---|---------------------------|

STRUCTURES

| | |
|---|--------------------|
| ■ | Fault (F) |
| ▨ | Fault Zone (FFZ) |
| ▧ | Fracture Zone (FZ) |
| ▩ | Leached Veins (LV) |

| LP32 | | | | | |
|--------|------|-------|-------|-------|-------------|
| Depth | Lith | Struc | Techo | N. P. | Observation |
| 0.00 | PP | | | | |
| 1.00 | # | | | | |
| 2.00 | # | | | | |
| 3.00 | # | | | | |
| 4.00 | # | | | | |
| 5.00 | # | | | | |
| 6.00 | # | | | | |
| 7.00 | # | | | | |
| 8.00 | # | | | | |
| 9.00 | # | | | | |
| 10.00 | # | | | | |
| 11.00 | # | | | | |
| 12.00 | # | | | | |
| 13.00 | # | | | | |
| 14.00 | # | | | | |
| 15.00 | # | | | | |
| 16.00 | # | | | | |
| 17.00 | # | | | | |
| 18.00 | # | | | | |
| 19.00 | # | | | | |
| 20.00 | # | | | | |
| 21.00 | # | | | | |
| 22.00 | # | | | | |
| 23.00 | # | | | | |
| 24.00 | # | | | | |
| 25.00 | # | | | | |
| 26.00 | # | | | | |
| 27.00 | # | | | | |
| 28.00 | # | | | | |
| 29.00 | # | | | | |
| 30.00 | # | | | | |
| 31.00 | # | | | | |
| 32.00 | # | | | | |
| 33.00 | # | | | | |
| 34.00 | # | | | | |
| 35.00 | # | | | | |
| 36.00 | # | | | | |
| 37.00 | # | | | | |
| 38.00 | # | | | | |
| 39.00 | # | | | | |
| 40.00 | # | | | | |
| 41.00 | # | | | | |
| 42.00 | # | | | | |
| 43.00 | # | | | | |
| 44.00 | # | | | | |
| 45.00 | # | | | | |
| 46.00 | # | | | | |
| 47.00 | # | | | | |
| 48.00 | # | | | | |
| 49.00 | # | | | | |
| 50.00 | # | | | | |
| 51.00 | # | | | | |
| 52.00 | # | | | | |
| 53.00 | # | | | | |
| 54.00 | # | | | | |
| 55.00 | # | | | | |
| 56.00 | # | | | | |
| 57.00 | # | | | | |
| 58.00 | # | | | | |
| 59.00 | # | | | | |
| 60.00 | # | | | | |
| 61.00 | # | | | | |
| 62.00 | # | | | | |
| 63.00 | # | | | | |
| 64.00 | # | | | | |
| 65.00 | # | | | | |
| 66.00 | # | | | | |
| 67.00 | # | | | | |
| 68.00 | # | | | | |
| 69.00 | # | | | | |
| 70.00 | # | | | | |
| 71.00 | # | | | | |
| 72.00 | # | | | | |
| 73.00 | # | | | | |
| 74.00 | # | | | | |
| 75.00 | # | | | | |
| 76.00 | # | | | | |
| 77.00 | # | | | | |
| 78.00 | # | | | | |
| 79.00 | # | | | | |
| 80.00 | # | | | | |
| 81.00 | # | | | | |
| 82.00 | # | | | | |
| 83.00 | # | | | | |
| 84.00 | # | | | | |
| 85.00 | # | | | | |
| 86.00 | # | | | | |
| 87.00 | # | | | | |
| 88.00 | # | | | | |
| 89.00 | # | | | | |
| 90.00 | # | | | | |
| 91.00 | # | | | | |
| 92.00 | # | | | | |
| 93.00 | # | | | | |
| 94.00 | # | | | | |
| 95.00 | # | | | | |
| 96.00 | # | | | | |
| 97.00 | # | | | | |
| 98.00 | # | | | | |
| 99.00 | # | | | | |
| 100.00 | # | | | | |
| 101.00 | # | | | | |
| 102.00 | # | | | | |
| 103.00 | # | | | | |
| 104.00 | # | | | | |
| 105.00 | # | | | | |
| 106.00 | # | | | | |
| 107.00 | # | | | | |
| 108.00 | # | | | | |
| 109.00 | # | | | | |
| 110.00 | # | | | | |
| 111.00 | # | | | | |
| 112.00 | # | | | | |
| 113.00 | # | | | | |
| 114.00 | # | | | | |
| 115.00 | # | | | | |
| 116.00 | # | | | | |
| 117.00 | # | | | | |
| 118.00 | # | | | | |
| 119.00 | # | | | | |
| 120.00 | # | | | | |
| 121.00 | # | | | | |
| 122.00 | # | | | | |
| 123.00 | # | | | | |
| 124.00 | # | | | | |
| 125.00 | # | | | | |
| 126.00 | # | | | | |
| 127.00 | # | | | | |
| 128.00 | # | | | | |
| 129.00 | # | | | | |
| 130.00 | # | | | | |
| 131.00 | # | | | | |
| 132.00 | # | | | | |
| 133.00 | # | | | | |
| 134.00 | # | | | | |
| 135.00 | # | | | | |
| 136.00 | # | | | | |
| 137.00 | # | | | | |
| 138.00 | # | | | | |
| 139.00 | # | | | | |
| 140.00 | # | | | | |
| 141.00 | # | | | | |
| 142.00 | # | | | | |
| 143.00 | # | | | | |
| 144.00 | # | | | | |
| 145.00 | # | | | | |
| 146.00 | # | | | | |
| 147.00 | # | | | | |
| 148.00 | # | | | | |
| 149.00 | # | | | | |
| 150.00 | # | | | | |

LITHOLOGY

| | |
|---|------------------------------|
| ■ | Overbunden (GR) |
| ▨ | Dacitic Dike (DD) |
| ▩ | Pascualas Porphyry (PP) |
| # | Quartz Porphyry (QP) |
| ▧ | Fine Porphyry (PF) |
| ▨ | Dacitic Porphyry |
| ▩ | Aplitic Dike (AD) |
| ▨ | Puquios Granodiorite (PB) |
| ▩ | Early Mafic Porphyry (PMT) |
| ▨ | Chingoles Granodiorite (CHG) |
| ▩ | Igneous Breccia (IGB) |
| ▨ | Hydrothermal Breccia (HB) |

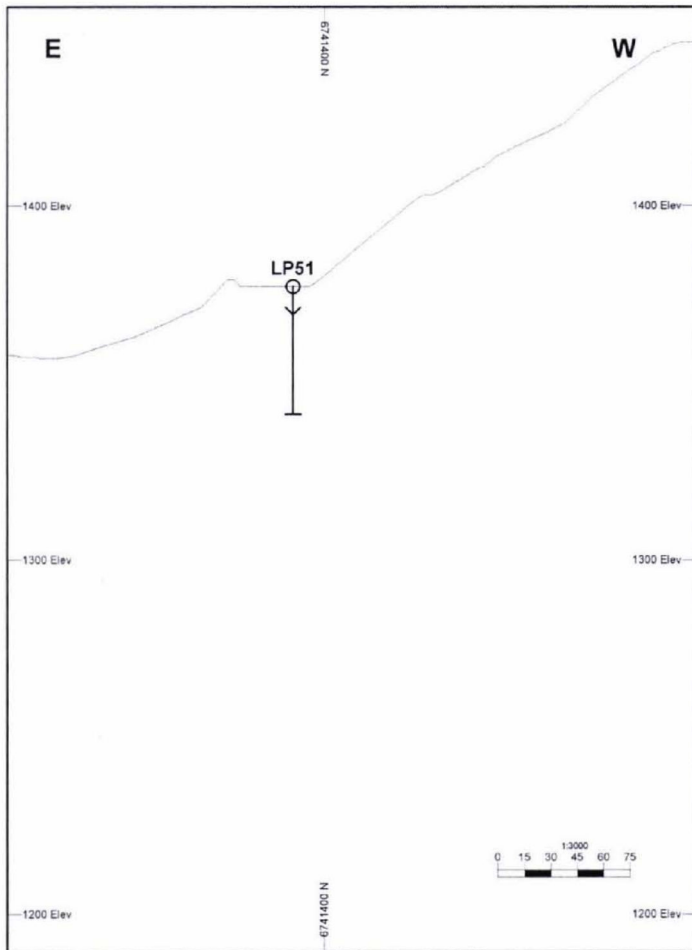
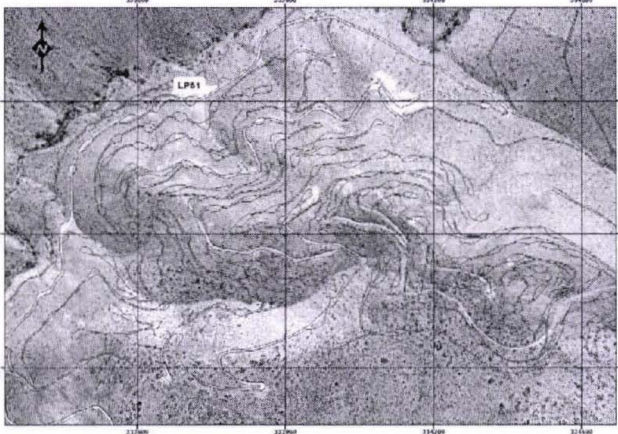
Hole Name : LP32

SUMMARY RESUMEN

PUQUIOS PROJECT

Drillhole Number: LP51

| | | | |
|-------------------------|------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| Drill Type: Aire Reveso | Tarjet: Infill 50 * 50 | Start: 14 07 2006 | Finish: 14 07 2006 |
| Easting: 333707.406 | Northing: 6742200.079 | Elevation: 1377.04 | Azimuth: 0 Dip: -90 Length: 36 |



TECHOS Y PISOS

- Techo de Magnetita
- Techo de Sulfuros
- Techo de Carbonato
- Piso Enriquecimiento
- Piso Enriquecimiento Fuerte
- Piso Enriquecimiento Debil

NIVEL PIEZOMETRICO

Nivel Piezometrico (N.P.)

STRUCTURES

- Fault (F)
- Fault Zone (FFZ)
- Fracture Zone (FZ)
- Leached Veins (LV)

| LP51 | | | | | |
|------------------|------|-------|-------|-------|-------------|
| Deph | Lith | Struc | Techo | N. P. | Observation |
| 0.00 | PB | | | | |
| 0.00 | AD | | | | |
| 25.00 | PB | | | | |
| 50.00 | | | | | |
| 75.00 | | | | | |
| 100.00 | | | | | |
| 125.00 | | | | | |
| 150.00 | | | | | |
| Hole Name : LP51 | | | | | |

LITHOLOGY

- Overbunden (GR)
- Dacitic Dike (DD)
- Pascualas Porphyry (PP)
- Quartz Porphyry (QP)
- Fine Porphyry (PF)
- Dacitic Porphyry
- Aplitic Dike (AD)
- Puquios Granodiorite (PB)
- Early Mafic Porphyry (PMT)
- Chingoles Granodiorite (CHG)
- Igneous Breccia (IGB)
- Hydrothermal Breccia (HB)



TOMMY S.A.

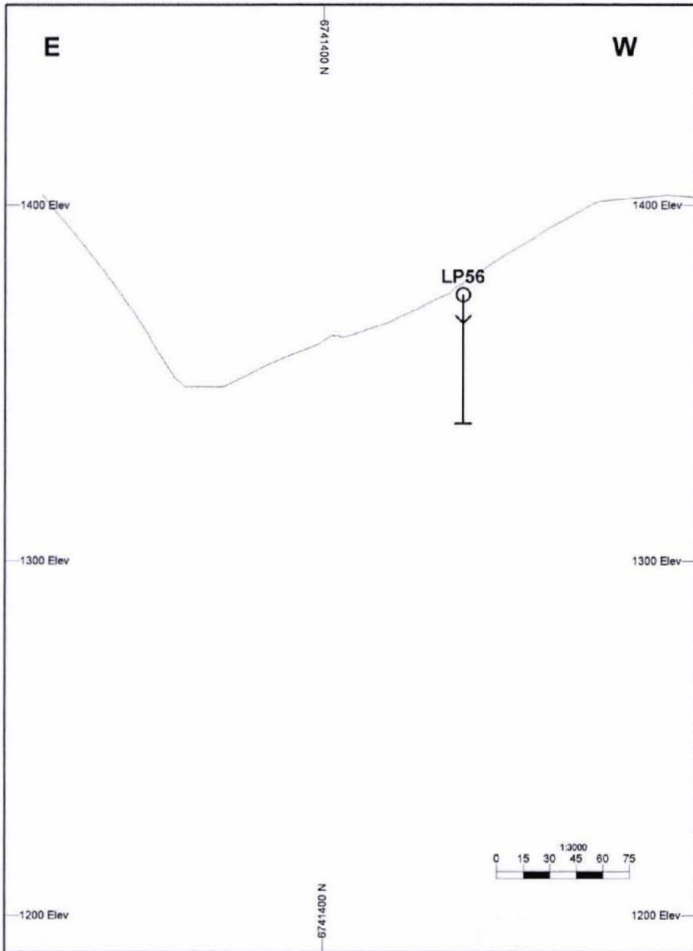
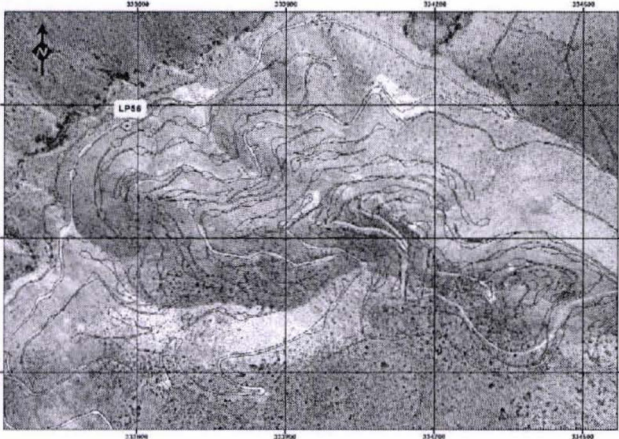
NATASA
MINING LTD

SUMMARY RESUMEN

PUQUIOS PROJECT

Drillhole Number: **LP56**

| | | | |
|--------------------------|------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| Drill Type: Aire Reverso | Target: Infill 50 * 50 | Start: 14 07 2006 | Finish: 14 07 2006 |
| Easting: 333579.428 | Northing: 6742153.378 | Elevation: 1374.558 | Azimuth: 0 Dip: -90 Length: 36 |



TECHOS Y PISOS

- Techo de Magnetita
- Techo de Sulfuros
- Techo de Carbonato
- Piso Enriquecimiento
- Piso Enriquecimiento Fuerte
- Piso Enriquecimiento Debil

NIVEL PIEZOMETRICO

- Nivel Piezometrico (N.P.)

STRUCTURES

- Fault (F)
- ⊠ Fault Zone (FFZ)
- ▨ Fracture Zone (FZ)
- ▤ Leached Veins (LV)

| LP56 | | | | | |
|-------|------|-------|-------|-------|-------------|
| Depth | Lith | Struc | Techo | N. P. | Observation |
| 0.00 | GR | | | | |
| 1.00 | DD | | | | |
| 2.00 | PP | | | | |
| 3.00 | GP | | | | |
| 4.00 | PF | | | | |
| 5.00 | DP | | | | |
| 6.00 | AD | | | | |
| 7.00 | PB | | | | |
| 8.00 | FMT | | | | |
| 9.00 | CHG | | | | |
| 10.00 | IGB | | | | |
| 11.00 | HB | | | | |
| 12.00 | | | | | |
| 13.00 | | | | | |
| 14.00 | | | | | |
| 15.00 | | | | | |
| 16.00 | | | | | |
| 17.00 | | | | | |
| 18.00 | | | | | |
| 19.00 | | | | | |
| 20.00 | | | | | |
| 21.00 | | | | | |
| 22.00 | | | | | |
| 23.00 | | | | | |
| 24.00 | | | | | |
| 25.00 | | | | | |
| 26.00 | | | | | |
| 27.00 | | | | | |
| 28.00 | | | | | |
| 29.00 | | | | | |
| 30.00 | | | | | |
| 31.00 | | | | | |
| 32.00 | | | | | |
| 33.00 | | | | | |
| 34.00 | | | | | |
| 35.00 | | | | | |
| 36.00 | | | | | |

Hole Name : LP56

LITHOLOGY

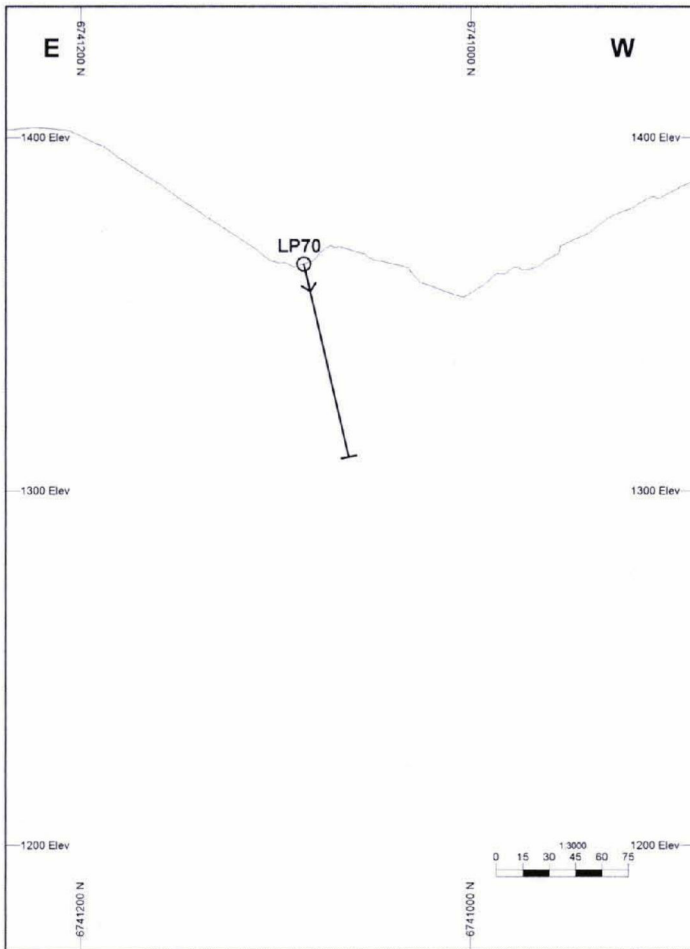
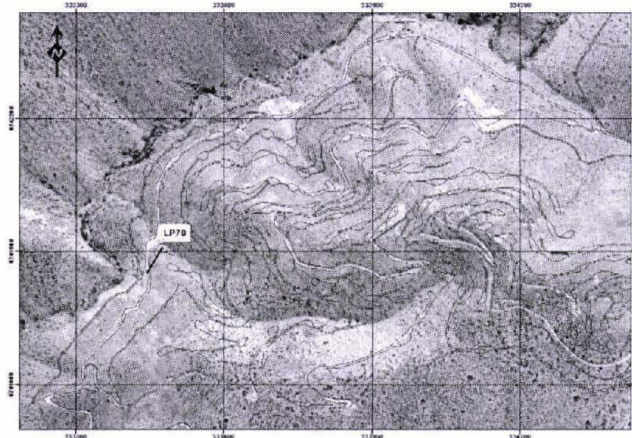
- GR Overbunden (GR)
- DD Dacitic Dike (DD)
- PP Pascualas Porphyry (PP)
- GP Quartz Porphyry (GP)
- PF Fine Porphyry (PF)
- DP Dacitic Porphyry
- AD Aplitic Dike (AD)
- PB Puquios Granodiorite (PB)
- FMT Early Mafic Porphyry (FMT)
- CHG Chingoles Granodiorite (CHG)
- IGB Igneous Breccia (IGB)
- HB Hydrothermal Breccia (HB)

SUMMARY RESUMEN

PUQUIOS PROJECT

Drillhole Number: LP70

| | | | |
|-------------------------|------------------------|---------------------|--|
| Drill Type: Aire Reveso | Tarjet: Infill 50 * 50 | Start: 13 07 2006 | Finish: 14 07 2006 |
| Easting: 333475.211 | Northing: 6741906.161 | Elevation: 1363.969 | Azimuth: 205 Dip: -65 Length: 60 |



TECHOS Y PISOS

| | |
|---|-----------------------------|
| — | Techo de Magnetita |
| — | Techo de Sulfuros |
| — | Techo de Carbonato |
| — | Piso Enriquecimiento |
| — | Piso Enriquecimiento Fuerte |
| — | Piso Enriquecimiento Debil |

NIVEL PIEZOMETRICO

Nivel Piezometrico (N.P.)

STRUCTURES

| | |
|---|--------------------|
| ■ | Fault (F) |
| ⊠ | Fault Zone (FFZ) |
| ⊞ | Fracture Zone (FZ) |
| ⊞ | Leached Veins (LV) |

| LP70 | | | | | |
|------------------|------|-------|-------|-------|-------------|
| Depth | Lith | Struc | Techo | N. P. | Observation |
| | PP | | | | |
| | PP | | | | |
| 25.00 | | | | | |
| | PP | | | | |
| 50.00 | | | | | |
| | | | | | |
| 75.00 | | | | | |
| | | | | | |
| 100.00 | | | | | |
| | | | | | |
| 125.00 | | | | | |
| | | | | | |
| 150.00 | | | | | |
| Hole Name : LP70 | | | | | |

LITHOLOGY

| | |
|---|------------------------------|
| ○ | Overbunden (GR) |
| ⊞ | Dacitic Dike (DD) |
| ⊞ | Pascualas Porphyry (PP) |
| # | Quartz Porphyry (QP) |
| ⊞ | Fine Porphyry (PF) |
| ⊞ | Dacitic Porphyry |
| ⊞ | Aplitic Dike (AD) |
| ⊞ | Puquios Granodiorite (PB) |
| ⊞ | Early Mafic Porphyry (FMT) |
| ⊞ | Chingoles Granodiorite (CHG) |
| ⊞ | Igneous Breccia (IGB) |
| ⊞ | Hydrothermal Breccia (HB) |



Anexo N° 3

ADENDA N°1

PROYECTO MINERO PUQUÍOS

INFORME DE HIDROGEOLOGIA

VTA.



INFORME DE HIDROGEOLOGIA

Minera TOMMY S.A., ha contratado los servicios de la Consultora Ecológica del Norte y Cía. Ltda., para responder las preguntas Hidrogeológicas del Proyecto Minero Puquíos, lo cual realizará la profesional Belén Milanés Valcárcel, Hidrogeóloga de Consultora Ecológica del Norte y Cía. Ltda.,

1. Generalidades

El presente informe tiene como objetivo responder a la observación realizada por la DGA al Informe de la Línea Base del EIA del Proyecto Minero Puquíos, la observación es la siguiente:

“Según la posibilidad de afectar algún acuífero, con mayor o menor detalle se deberá señalar las características hidrogeológicas de la zona de influencia del proyecto, especificando: la vulnerabilidad del acuífero en función del tipo de acuífero (confinado o libre), profundidad del nivel freático (máximo y normal), dirección de flujo, potencia y permeabilidad de la zona no saturada y la calidad del agua”.

2. Antecedentes Utilizados

- A. Línea Base del EIA Proyecto Minero Puquíos.
- B. Plano geológico del área del yacimiento.
- C. Columnas litológicas de sondajes.
- D. Datos de Niveles freáticos de los sondajes.

3. Respuesta.

Ubicación del proyecto.

El Proyecto Minero Puquíos, corresponde a un proyecto concebido para realizar una explotación de cobre a cielo abierto del yacimiento del mismo nombre y el procesamiento de su material a través de un proceso de chancado, lixiviación en pilas, extracción por solventes y electro-obtención; y se localizará en la IV Región de Chile, Provincia de Elqui, Comuna de La Higuera, aproximadamente a 130 Km. al noreste de la ciudad de La Serena, específicamente en las coordenadas y Norte 6.742.000 y Este 334.000. (Anexo N° 1, Plano de Ubicación del Proyecto, y Anexo N° 2, Plano de Ubicación de las Obras)

Geología del área del Proyecto

El yacimiento Puquíos tiene en superficie una notable anomalía de color, elongada en dirección Este-Oeste, con extensión en el eje mayor y menor de 1200 m y 400 m, respectivamente. Esta anomalía está conformada por el emplazamiento de un complejo ígneo intrusivo de carácter porfídico, estrechamente relacionado con la presencia de eventos de alteración y mineralización hidrotermal, que permiten establecer que este depósito corresponde a un clásico sistema mineralizador del tipo "Pórfido Cuprífero de Cu-Mo".

Litología

La descripción litológica aparece detallada en el EIA y en las columnas litológicas de los sondajes o pozos utilizados en la determinación de la vulnerabilidad de los acuíferos. (Anexo N° 4).

La litología que caracteriza al yacimiento Puquíos, se puede diferenciar en siete (7) unidades de rocas intrusivas, que de más antigua a más nueva son:

Granodiorita Chingoles. Esta unidad es la roca de caja de los distintos tipos de rocas porfídicas y eventos de alteración-mineralización que destacan al Pórfido Cuprífero.

Granodiorita Puquíos. Corresponde a una roca de composición granodiorítica a monzogranítica, que representa la principal roca huésped de todos los tipos litológicos relacionados con los distintos eventos de alteración-mineralización en Puquíos.

Pórfido "Ojos" de Cuarzo. Intruyendo a la granodiorita Puquíos, se reconocen stocks y filones subverticales de composición monzogranítica, que se emplazan en forma de "ring-dike" entorno a los afloramientos de la granodiorita Chingoles.

Pórfido Pascualas. Se define de esta manera a un gran stock de composición monzogranodiorítica, elongado en dirección Este-Oeste, que aflora en el sector sur-sureste del yacimiento.

Pórfido Máfico Tardío. En aparente estrecha relación de contacto intrusivo con el pórfido e intruyendo a las granodioritas Puquíos y Chingoles y al Pórfido Cuarcífero, se reconoce un importante stock subvolcánico, que se emplaza, principalmente, en el borde norte y noroeste de la granodiorita Chingoles.

Filones Aplíticos. Son filones subverticales de rumbo promedio N35°W y subverticales que intruyen a las granodioritas Chingoles y Puquíos.

Filones Dacíticos. En el área Puquíos, afloran numerosos filones subverticales relacionados aparentemente con el Pórfido Máfico Tardío.

Estructuras

Las principales estructuras reconocidas y registradas en el yacimiento Puquíos, tanto de origen primario (ligado con las características originales de formación del pórfido cuprífero), como secundario, en respuesta a los procesos supergénicos sobreimpuestos, corresponden a fallas, diaclasas, vetas, vetillas, techos y pisos de mineralización.

Hidrogeología

En el área del yacimiento se han perforados pozos y sondajes que han alumbrado aguas subterráneas, además las quebradas existentes fundamentalmente la quebrada Coloradito y Quebrada Puquíos son vías que permiten la infiltración de agua a los sedimentos no consolidados y rocas fracturadas.

En la Tabla 1 se presentan los niveles piezométricos de 33 pozos o sondajes perforados en el área de influencia del proyecto yacimiento.

Tabla 1. Niveles estáticos de los sondajes o pozos perforados.

| Nº SONDAJE | Coord. Este | Coord. Norte | Cota | NIVEL AM | NIVEL PM | Potencia acuífera m |
|------------|-------------|---------------|-----------|----------|----------|---------------------|
| LP16 | 333.309,564 | 6.741.415,085 | 1.311,280 | 64 | 65 | 45 |
| LP14 | 333.454,376 | 6.741.893,214 | 1.364,240 | 49 | 49,5 | 50 |
| LP70 | 333.475,211 | 6.741.906,161 | 1.363,969 | 54,5 | 57 | 3 |
| LP56 | 333.579,420 | 6.742.153,378 | 1.374,558 | 33,6 | 33 | 3 |
| LP51 | 333.707,400 | 6.742.200,079 | 1.377,040 | 26,6 | 27 | 9 |
| LP18 | 333.834,818 | 6.742.103,873 | 1.436,410 | 65 | 66,5 | 67 |
| LP5 | 333.462,065 | 6.741.495,289 | 1.346,970 | 77,5 | 76,9 | 77 |
| LP15 | 333.324,186 | 6.741.603,895 | 1.383,870 | 77,6 | 76,8 | 3 |
| LP4 | 333.424,145 | 6.741.719,275 | 1.398,530 | 83,7 | 81,8 | 53 |
| LP69 | 333.510,800 | 6.741.810,900 | 1.400,000 | 60 | 59 | 21 |
| LP73 | 333.471,163 | 6.741.670,226 | 1.433,793 | 135,7 | 139,4 | 11 |
| LP45 | 334.486,348 | 6.741.739,373 | 1.554,320 | 72,4 | 71,25 | 7 |
| LP38 | 333.892,285 | 6.742.117,775 | 1.457,312 | 90 | 90 | 40 |
| LP41 | 333.710,588 | 6.741.968,698 | 1.465,593 | 113 | 114 | 16 |
| LP27 | 334.095,968 | 6.741.805,929 | 1.522,889 | 82,9 | 83 | 43 |
| LP44 | 334.396,753 | 6.741.800,285 | 1.606,250 | 121 | 120 | 22 |
| LP24 | 334.208,709 | 6.741.864,633 | 1.572,945 | 115,4 | 115 | 15 |
| LP91 | 333.609,410 | 6.741.861,493 | 1.398,182 | 57,5 | 57 | 43 |
| LP89 | 333.591,509 | 6.741.823,770 | 1.391,537 | 50 | 49 | 41 |
| LP79 | 333.565,036 | 6.741.786,691 | 1.391,725 | SECO | SECO | 0 |
| LP90 | 333.543,168 | 6.741.843,626 | 1.382,882 | 62 | 60 | 50 |

Continuación:

| Nº SONDAJE | Coord. Este | Coord. Norte | Cota | NIVEL AM | NIVEL PM | Potencia acuífera m |
|-----------------|-------------|---------------|-----------|-------------|-------------|---------------------|
| LP88 | 333.666,957 | 6.741.780,856 | 1.413,680 | 94 | 93 | 7 |
| LP82 | 333.973,667 | 6.741.706,974 | 1.493,503 | 93 | 93 | 7 |
| LP104 | 334.046,654 | 6.741.837,253 | 1.499,480 | 65 | 65 | 40 |
| LP101 | 333.827,682 | 6.741.872,192 | 1.487,785 | 122 | 120 | 5 |
| LP100 | 333.732,893 | 6.741.916,083 | 1.471,836 | 122 | 121 | 4 |
| LP99 | 333.731,906 | 6.741.920,280 | 1.471,688 | SECO | SECO | 0 |
| LP20 | 334.450,05 | 6.741.994,13 | 1.508,22 | 80 | 80 | 30 |
| LP6 | 334.202,1 | 6.741.825,65 | 1.575 | 131 | 131 | 104 |
| LP32 | 333.903,57 | 6.741.907,74 | 1.511,65 | 163 | 163 | 22 |
| LP265 | 334.196,340 | 6.741.015,120 | 1280,314 | 24 | 24 | 18 |
| LP266 | 333.108,735 | 6.740.820,218 | 1206,15 | 22,5 | 22,5 | 10,5 |
| LP267 | 332.017,301 | 6.740.813,046 | 1159,265 | No se midió | No se midió | |
| Promedio | | | | | | 27.61 |

Pozos utilizados para determinar la vulnerabilidad de los acuíferos

Notas: AM: Medición antes de medio día; PM: Medición después de medio día.

De la información de la tabla, se tiene:

- ✓ La potencia media de rocas saturada en el área del yacimiento es de 27.61 m.
- ✓ Los niveles freáticos en el área del yacimiento según los sondeos que alumbraron agua subterránea varían entre 22.5 m a 163 m de profundidad. Los sondeos LP79 y LP99 no cortaron el nivel freático

Breve descripción de sectores acuíferos del área del yacimiento

Área Quebrada Coloradito

La geomorfología del sector de la quebrada Coloradito, corresponde a una zona de quebrada profunda muy nueva, encajonada por los afloramientos de rocas presente en sus laderas, prácticamente sin cantidades apreciables de sedimentos fluviales, reconociéndose sedimentos aluviales y coluviales de poca importancia. El basamento rocoso corresponde a un intrusivo granodiorítico que aflora visiblemente en varios lugares de la quebrada, en general la roca se presenta inalterada cruzada por algunas fallas y algunos filones ácidos.

Se observan algunas zonas con débil alteración hematítica y argílica en el flanco occidental de la quebrada, son locales y sin gran desarrollo, posiblemente relacionadas con la zona de borde del yacimiento.

Datos de los Sondajes (LP4, LP14, LP15, LP16, LP51, LP56 Y LP70) Anexo N° 4 Columnas Litológicas.

✓ Las rocas perforadas por los sondajes son granodiorita Puquíos y pórfido Pascualas.

✓ Se diferenciaron dos estratos en el espesor de roca no saturada (sobreyaciendo al acuífero):

Estrato 1: rocas fisuradas, no saturadas, hasta una profundidad de aproximadamente de 28 m (condición más desfavorable), subyaciendo al estrato fracturado yacen rocas de la misma litología no fracturada.

Estrato 2: rocas no saturada, no fracturadas, con una potencia que varía entre 11 y 49 m (influye la profundidad de los sondajes), se tomó una potencia media de 28 m.

✓ Los niveles freáticos varían de 27 m a 82 m.

✓ La potencia de las rocas saturadas cortadas por los sondajes en la ladera Este, varía de 3.0 m a 56 m, teniendo una potencia media de 23.7 m.

✓ El escurrimiento subterráneo parece coincidir (por las cotas piezométricas) con la topografía del terreno descargando sus aguas al acuífero de la Quebrada Los Choros.

Área Quebrada Puquíos,

La quebrada Puquíos se ubica a unos 700 m en forma paralela al SE de la quebrada Coloradito; morfológicamente es más suave con mayor erosión y más madura que la quebrada anterior, lo que implica una mayor cubierta de sedimentos aluviales, la roca basal corresponde al mismo intrusivo, pero con un mayor grado de alteración. Esta área flanquea por el sector oriental la zona de alteración del yacimiento.

Se tiene la información de tres sondajes (LP 265, LP 266 y LP 267) perforados en la parte baja de la quebrada próxima a la descarga a la Quebrada Los Choros, la información que brindaron estos sondajes es la siguiente:

✓ Las rocas perforadas son gravas con una potencia máxima de 36 m.

✓ Los niveles freáticos varía entre 22.5 m y 24 m.

- ✓ El flujo subterráneo tiene una dirección predominante NE-SE, descargando sus aguas al acuífero de la Quebrada Los Choros.

Área del Rajo.

Se tiene la información de dos sondajes (LP6 y LP32), ver Anexo N° 4 Columnas Litológicas, que cortaron el nivel freático, es la siguiente:

- ✓ Las rocas perforadas por los sondajes son pórfido cuarífero y pórfido Pascualas altamente fisuradas por zonas de fallas
- ✓ Los niveles freáticos varían de 131 m a 163 m.
- ✓ La potencia de las rocas saturadas cortadas por los sondajes varía entre 22 y 104 m.

Área del Botadero

Se utilizó la información del Sondaje LP 20, Anexo N° 4 Columnas Litológicas.

- ✓ Se definió un Estrato 1 de granodiorita Puquíos fracturada no saturada y fracturada en los intervalos de 10,0m – 23,0m y de 50,0 m – 52,0 m, subyaciendo este estrato, se cortó un Estrato 2 no saturado de la misma litología, sin fracturas con una potencia de 30 m
- ✓ El nivel freático se cortó aproximadamente a los 80,0 m.
- ✓ La potencia de rocas saturadas es de aproximadamente 30,0 m.

Definiciones de vulnerabilidad de acuíferos

Vrba y Zaporozec (1994) definen a la vulnerabilidad como “una propiedad intrínseca del sistema de agua subterránea que depende de la sensibilidad del mismo a los impactos humanos y/o naturales”. De la definición se desprende que los autores incluyen en la misma tanto al sistema subterráneo como a los contaminantes y dentro de estos a los artificiales y a los naturales.

Foster e Hirata (1991) dicen que la “vulnerabilidad del acuífero a la contaminación, representa su sensibilidad para ser adversamente afectado por una carga contaminante impuesta”. En este caso al citar a una carga contaminante impuesta, los autores parecen referirse solamente a una contaminación de origen artificial.

Custodio (1995) señala: "la vulnerabilidad a la polución expresa la incapacidad del sistema para absorber las alteraciones, tanto naturales como artificiales". Vuelven a aparecer aquí procesos naturales y/o artificiales, como potenciales generadores de la alteración.

Carbonell (1993) define la vulnerabilidad a la contaminación, como la tendencia de los contaminantes a localizarse en el sistema de agua subterránea, luego de ser introducidos por encima del acuífero más somero. En este caso el autor considera solamente la acción de los contaminantes.

Otro concepto íntimamente asociado a la **vulnerabilidad** es el de **riesgo** a la contaminación, aunque este también genera diferencias en su definición, utilidad y técnicas para el mapeo.

Algunos autores (Foster, 1987) definen al riesgo como el peligro de deterioro en la calidad de un acuífero, por la existencia real o potencial de sustancias contaminantes en su entorno. Otros (Vrba y Zaporozec, 1994) lo asimilan a la vulnerabilidad específica, que se refiere al peligro de contaminación del agua subterránea respecto a un contaminante o familia de contaminantes de características y comportamientos similares.

En la Figura 1, se muestra un corte vertical de un sondaje que muestra la zona no saturada, la zona saturada o acuífero y el movimiento vertical del agua a través del medio poroso o fracturado.

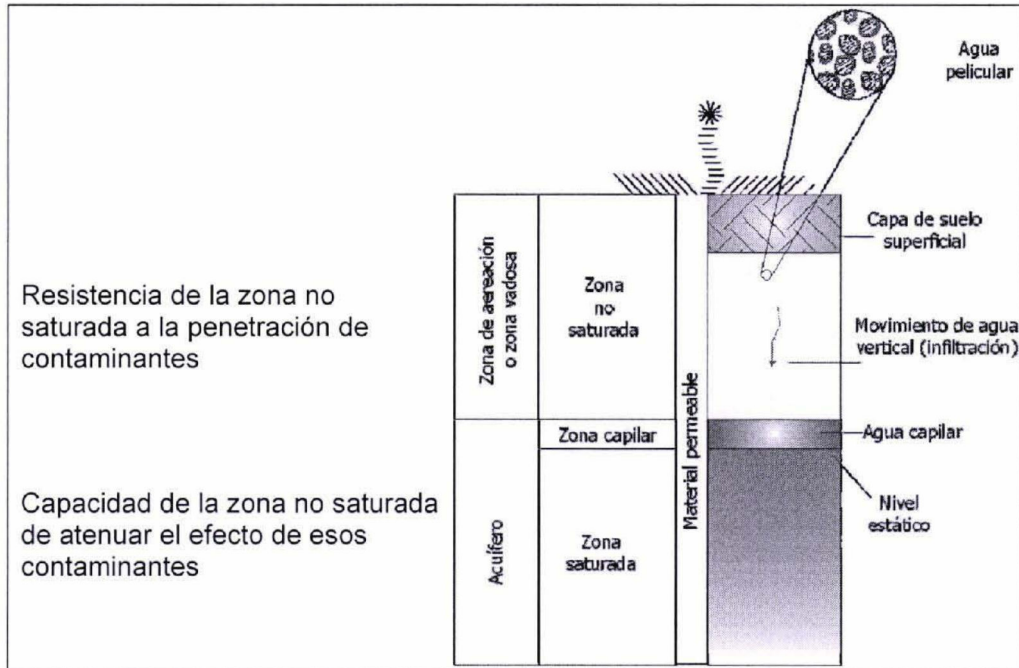


Figura 1 Corte litológico: zona no saturada- zona saturada

Para determinar la vulnerabilidad de los acuíferos (o sectores acuíferos) en el área de influencia del proyecto, se han limitado por sectores acuíferos atendiendo a:

1. Tipo de proceso y/o instalaciones productivas en el sector.
2. Potencialidad de contaminar el acuífero.
3. Tipo de rocas del substrato no saturado.
4. Presencia de niveles freáticos.
5. Presencia de fracturas y/o grietas en el estrato no saturado.

Para determinar la vulnerabilidad de los sectores, se emplearon los métodos GOD y AVI:

Índice GOD

El método GOD fue desarrollado en 1987 por Foster, y trata de ser simple y sistemático. Éste método determina la vulnerabilidad intrínseca por lo que no toma en cuenta el tipo de contaminante. El método establece la vulnerabilidad del acuífero, como una función de la inaccesibilidad de la zona saturada, desde el punto de vista hidráulico a la penetración de contaminantes y la capacidad de atenuación de los estratos encima de la zona saturada como resultado de su retención física y la reacción química con los contaminantes.

La metodología utiliza la clasificación de tres fases discretas que son: (i) Distancia del agua, (ii) Ocurrencia del agua subterránea y (iii) Substrato litológico.

La vulnerabilidad según el método se calcula como el producto de los tres factores:

$$\text{DOGIDAD VULNERABIL (Vulnerabilidad del acuífero)} = G * O * D$$

Donde:

G Índice por condición de confinamiento del acuífero u ocurrencia del agua subterránea (Groundwater occurrence).

O Índice del substrato litológico en términos de grado de consolidación y características litológicas (Overall aquifer class).

D Índice de profundidad del nivel del agua o techo del acuífero confinado (Depth).

Cada uno de los factores posee valores entre cero y uno, **entre mayor es el valor, más desfavorable es la condición, o sea hay más probabilidades de contaminar al acuífero** (Figura 2). Este método solo asigna un peso indirecto a las variables a través de sus valores. Otra característica del método importante de destacar es que sólo toma en cuenta la posible atenuación antes de alcanzar la zona saturada, sin tomar en cuenta la dilución y dispersión en el acuífero.

Se considera:

Vulnerabilidad muy baja si el valor es menor a 0.

Baja entre 0.1 y 0.3,

Moderada si está entre 0.3 y 0.5

Alta si está entre 0.5 y 0.7

Extremadamente alta si es mayor a 0.7.

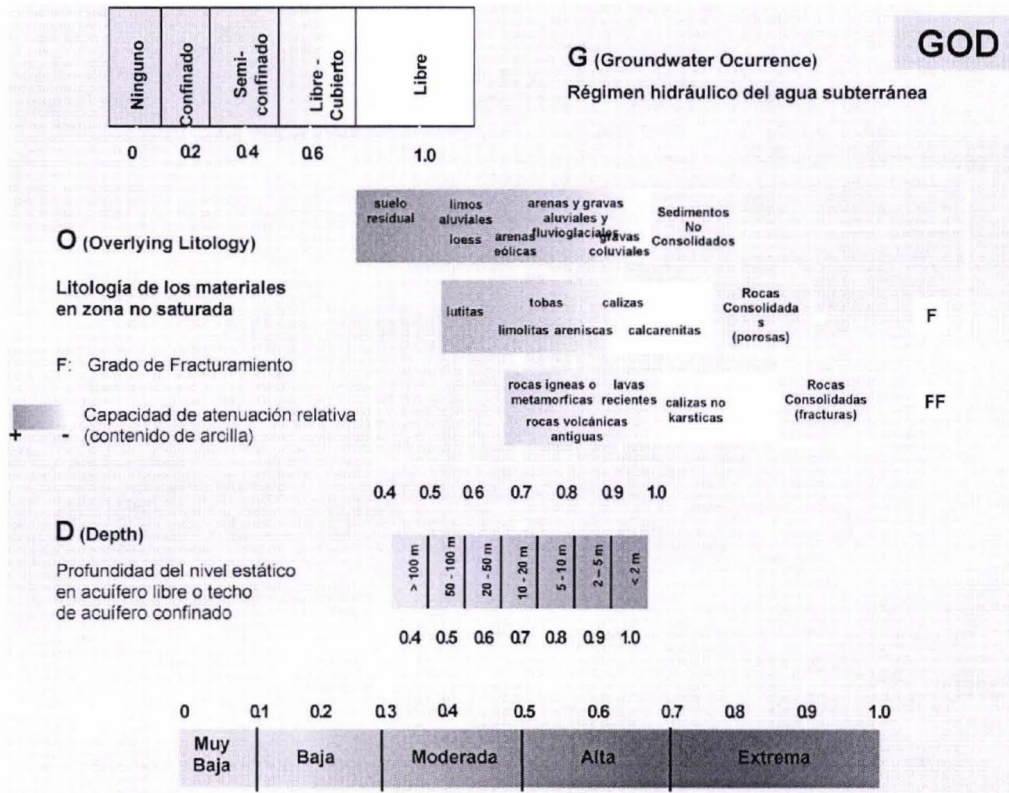


Figura 2. Caracterización de la vulnerabilidad GOD

Índice AVI

Para conocer cuán susceptibles son los sistemas acuíferos de incorporar solutos provenientes de fuentes potenciales y activas de contaminación localizadas en la superficie, lo que puede originar alteraciones en la calidad del agua subterránea, se utilizó el método Acuífer Vulnerability Index (AVI)

El **AVI** es un método para cuantificar la vulnerabilidad natural de un acuífero por medio de la resistencia hidráulica vertical TC (años) al pasar los flujos de agua por diferentes estratos de suelos que sobreyacen el acuífero. **La resistencia hidráulica es un factor que indica el tiempo aproximado de caudal del flujo vertical del agua que atraviesa la zona no saturada por unidad de gradiente de carga y se calcula por la expresión:**

$$C = \sum_{i=\text{ESTRATOS}} \frac{d_i}{K_i}$$

Dónde:

TC = resistencia hidráulica total (años)

d = espesor de cada estrato del suelo sobre el acuífero (cm)

K = conductividad hidráulica vertical de cada estrato del suelo i (cm/s).

Como resultado se obtiene una zonificación de resistencias hidráulicas, las cuales están relacionadas con la vulnerabilidad: **a mayor resistencia hidráulica, menor vulnerabilidad del sector acuífero.**

Con la información litológica y profundidad del nivel freático dada por los sondajes y la determinación de la permeabilidad vertical para las litologías (K) de los estratos no saturados, y suponiendo una columna homogénea por cada tipo de suelo obtenemos los valores de índice AVI. Clasifican en los rangos de vulnerabilidad:

- ✓ como extremadamente alta (AVI en (c) <10 años),
- ✓ muy alta (T_c) 10 años a 100 años,
- ✓ moderada alta en (T_c) entre 100 años y 1000 años)
- ✓ baja en (TC) entre 1000 años y 10000 años
- ✓ extremadamente baja (T_c) mayor de 10000 años.

Determinación de la vulnerabilidad de los acuíferos por sectores.**Sector Quebrada Coloradito**

Se analizaron las columnas litológicas de los sondajes LP 4, LP14, LP 15, LP16, LP 51, LP56, LP 70. Se definió un Estrato 1 no saturado con potencia media de 28 m de rocas granodioritas y porfiritas fisuradas en zonas de fallas, con una permeabilidad vertical de 100 cm/s que sobreyace al Estrato 2 de la misma litología, saturado y no fisurado, con una permeabilidad vertical de 10^{-7} cm/s, con una potencia media de 28 m. El Estrato 1 y el Estrato 2 sobreyacen al acuífero no confinado.

Estrato 1; no saturado y fracturado.**Vulnerabilidad índice GOD**

G= 1 (acuífero no confinado)

O= 0.7 (rocas ígneas fisuradas)

D = 0.5 (potencia del estrato saturado y fracturado 28 m)

GOD = 0.35 Vulnerabilidad moderada

Vulnerabilidad índice AVI

D= 2800 cm. Potencia del estrato saturado, fracturado

V/K1= 100 cm/s. Permeabilidad vertical de las rocas.

C1 (años)= 9×10^{-7} Vulnerabilidad extremadamente alta, este es el tiempo en que un contaminante atraviesa el Estrato 1.

Estrato 2; no saturado, no fracturado**Vulnerabilidad índice GOD**

G = 1 (acuífero no confinado)

O = 0.6 (rocas ígneas no fisuradas)

D = 0.5 (potencia del estrato 28 m)

GOD = 0.3 Vulnerabilidad baja a moderada

Vulnerabilidad índice AVI

$D = 2800$ cm. Potencia del estrato no saturado, no fracturado.

$V2K2 = 10^{-7}$ cm/s. Permeabilidad vertical de las rocas.

$C2$ (años) = 888 Vulnerabilidad moderadamente alta.

TC Vulnerabilidad (total años) del estrato no saturado Estrato 1 y Estrato 2.

$TC = C1 + C2$

TC (años) = 888 vulnerabilidad moderadamente alta. Este es el tiempo en que demora un contaminante en llegar al techo del acuífero, el Estrato 2 protege moderadamente al acuífero de la contaminación.

Sector Quebrada Puquíos

Se analizaron las columnas litológicas de los sondajes LP 265, P 266, LP1267. Se definió un estrato no saturado con potencia media de 22.5 m de gravas, con una permeabilidad vertical $v_i K$ de 10 cm/s que sobreyace al acuífero no confinado.

Vulnerabilidad índice GOD

$G = 1$ (acuífero no confinado)

$O = 0.9$ (gravas)

$D = 0.5$ (potencia del estrato no saturado 22.5 m)

$GOD = 0.45$ Vulnerabilidad moderada

Vulnerabilidad índice AVI

$D = 2200$ cm

$v K = 10$ cm/s

TC (años) = 7×10^{-6} vulnerabilidad extremadamente alta. El acuífero es muy vulnerable a la contaminación.

Sector Rajo

Se tiene la información de los sondajes LP 6 y LP 32 que permitió caracterizar un estrato no saturado de rocas porfiritas y cuarzo porfiritas con potencia de 131 m en zona de fallas con fracturas y grietas, con una permeabilidad vertical de 100 cm/s que sobreyace al acuífero no confinado.

Vulnerabilidad índice GOD

G= 1 (acuífero no confinado)

O= 1 (rocas ígneas en zonas de fallas, fisuradas y agrietadas)

D= 0.3 (potencia del estrato no saturado 131 m)

GOD= 0.3 Vulnerabilidad baja a moderada

Vulnerabilidad índice AVI

D= 13100 cm

vK = 100 cm/s

C1 (años) = 4×10^{-6} vulnerabilidad extremadamente alta

TC (años) = 4×10^{-6} vulnerabilidad extremadamente alta . El acuífero es vulnerable a la contaminación

Sector Botadero

Estrato 1; no saturado y fracturado.

Vulnerabilidad índice GOD

G = 1 (acuífero no confinado)

O = 0.7 (rocas ígneas fisuradas)

D = 0.5 (potencia del estrato saturado y fracturado 50 m)

GOD = 0.35 Vulnerabilidad moderada

Vulnerabilidad índice AVI

D = 5000 cm. Potencia del estrato saturado, fracturado

$v1K1 = 100$ cm/s. Permeabilidad vertical de las rocas.

C1 (años) = 1.6×10^{-6} vulnerabilidad extremadamente alta

Estrato 2; no saturado, no fracturado**Vulnerabilidad índice GOD**

G = 1 (acuífero no confinado)

O = 0.6 (rocas ígneas no fisuradas)

D = 0.5 (potencia del estrato 30 m)

GOD = 0.3 Vulnerabilidad baja a moderada

Vulnerabilidad índice AVI

D = 3000cm

$v2K2 = 10^{-7}$ cm/s

C2 (años) = 951 vulnerabilidad moderadamente alta.

TC Vulnerabilidad (total años) del estrato no saturado Estrato 1 y Estrato 2.

TC = C1 + C2

TC (años) = 951 vulnerabilidad moderadamente alta. El acuífero está parcialmente protegido por el Estrato 2 a la contaminación.

Comparaciones de la vulnerabilidad de los sectores acuíferos por los dos métodos.

| Sector | Índice AVI | Índice GOD |
|---------------------|---------------------|-------------------|
| Quebrada Coloradito | Moderadamente alta | Moderada |
| Quebrada Puquios | Extremadamente alta | Moderada |
| Rajo | Extremadamente alta | Baja a Moderada |
| Botadero | Moderadamente alta | Moderada |

El índice AVI se ajusta mejor que el índice GOD a las características litológicas, valor de la permeabilidad vertical y posición del nivel freático de los sectores acuíferos del área de influencia del proyecto minero

Conclusiones.

1. La potencia media de rocas saturada en el área del yacimiento es de 27,61.
2. Los niveles freáticos en el área del yacimiento según los sondajes que alumbraron agua subterránea varían entre 22.5 m a 163 m de profundidad. Los sondajes LP79 y LP99 no cortaron el nivel freático.
3. El escurrimiento o flujo subterráneo toma la configuración topográfica del terreno.
4. La zona de recarga de la napa freática en el yacimiento son las áreas de mayor cota en la zona N y el área de descarga principal es el acuífero de la Quebrada Los Choros.
5. Los sectores mas vulnerables a la contaminación son :
 - El Rajo con una vulnerabilidad extremadamente alta según Índice AVI, y de baja a moderada según el Índice GOD.
 - Y la Quebrada Puquíos con una vulnerabilidad extremadamente alta según el Índice AVI, y moderada según el índice GOD.

En estos sectores, los acuíferos tienen mayor probabilidad de contaminarse por un agente externo, porque el tiempo en que demoraría en llegar un contaminante a los acuíferos sería muy poco (menor a 1 año). Lo anterior sugiere que se deben emplear medidas de mitigación con el propósito de no dañar los acuíferos en estos sectores.

6. Los sectores menos vulnerables a la contaminación son :
 - Quebrada Coloradito con una vulnerabilidad moderadamente alta según Índice AVI, y moderada según el Índice GOD.
 - Y El Botadero con una vulnerabilidad moderadamente alta según el Índice AVI, y moderada según el índice GOD.

Los valores obtenidos en la Quebrada Coloradito por ambos Índices indican que las pilas de lixiviación proyectadas en esta área, tienen baja probabilidad de contaminar el acuífero y los sectores aguas abajo. Es importante señalar que estos cálculos no consideran las medidas de mitigación proyectadas en el sector de la quebrada, lo que indica que el riesgo de contaminación sería mínimo una vez aplicadas las medidas.

En el Botadero, los valores obtenidos indican que el Estrato 2 actúa como una pantalla impermeable lo que disminuye la posibilidad de que los materiales depositados en el mismo contaminen al acuífero.



7. No se han tomado muestras de aguas subterráneas en los sondajes del área del yacimiento.

BELEN MILANES VALCARCEL
Hidrogeóloga
Consultora Ecológica del Norte y Cía. Ltda.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Espinoza Carlos, Ramírez Jorge: Análisis Comparativo de Técnicas de Evaluación de Vulnerabilidad de Acuíferos. Aplicación a la Zona Norte de la ciudad de Santiago de Chile. 2002
- ✓ CONAMA: Manual para la Aplicación del Concepto de Vulnerabilidad de Acuíferos Establecidos en la Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas. Decreto Supremo N° 46 de 2002.
Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos.
- ✓ Foster, S.S.D e Hirata R.: "Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas, una metodología basada en datos existentes". Lima, CEPIS, 1991, 81p.
- ✓ González Ljubow N.; González Abraham; Mardones María.: Evaluación de la vulnerabilidad natural del acuífero freático en la cuenca del río Laja, centro-sur de Chile.
Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Concepción, Julio 2003.

NATASA
MINING LTD

Anexo N° 5

ADENDA N°1

PROYECTO MINERO PUQUÍOS

**ANTECEDENTES PARA LA OBTENCIÓN DEL
PERMISO AMBIENTAL SECTORIAL RELACIONADO
CON INSTALACIÓN DE TODO LUGAR DESTINADO A
LA ACUMULACIÓN DE RESIDUOS (ART. 93 DEL
REGLAMENTO DEL SEIA)**

ELABORADO POR:



**ANTECEDENTES PARA LA OBTENCIÓN DEL PERMISO AMBIENTAL SECTORIAL
RELACIONADO CON INSTALACIÓN DE TODO LUGAR DESTINADO A LA
ACUMULACIÓN DE RESIDUOS
(ART. 93 DEL REGLAMENTO DEL SEIA)**

I. INTRODUCCIÓN

En esta parte, se proporcionan los antecedentes para el otorgamiento del Permiso Ambiental Sectorial (PAS) regulado por el artículo 80 del D.F.L. N° 725/67, Código Sanitario, para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase. Dicho permiso ambiental sectorial es aplicable al depósito de estéril y a los rípios de lixiviación.

II. ASPECTOS GENERALES

Las pilas de lixiviación corresponden a las instalaciones donde se realiza la lixiviación del cobre, mediante la aplicación de una solución de ácido sulfúrico y agua. En Anexo N° 14 del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto se describe el proceso operativo de desarrollo y crecimiento de la plataforma y de las pilas de lixiviación.

El botadero de estéril corresponde al lugar en donde se dispondrá el material extraído del yacimiento que no posee valor económico para el proceso. Este botadero constituirá la base de relleno para la plataforma de las pilas de lixiviación (Ver Plano 2-3 en Anexo 1, Layout del Proyecto).

Las características de los residuos almacenados o depositados en la forma indicada se detallan en numeral 3°.

1. DEFINICIÓN DEL TIPO DE TRATAMIENTO

El Proyecto no contempla el tratamiento de residuos. Se considera sólo el apilamiento o depósito de materiales de desecho generados en la operación del Proyecto. Por lo tanto, se solicita el permiso para acumular residuos sólidos mineros.

2. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

Tanto las pilas de lixiviación como el botadero de estéril se encontrarán al interior de las instalaciones industriales proyectadas para el Proyecto Minero Puquíos.

El Proyecto se encuentra ubicado en la IV Región de Chile, Provincia de Elqui, comuna de La Higuera, a aproximadamente a 130 Km al noreste de la ciudad de La Serena.

Las pilas de lixiviación contempladas por el Proyecto utilizarán una superficie aproximada de 48 ha en la quebrada Coloradito, al suroeste del Pit, tal como se adjuntó en EIA, Anexo 1 – Planos “Plano 2-3 Layout del Proyecto”.

Se trata de un área rural, cuyo uso no está regulado por un Instrumento de Planificación Territorial.

La capacidad de uso de los suelos es de Clases VI y VIII, siendo este último un suelo sin valor agrícola, ganadero o forestal, con un uso limitado para la vida silvestre, recreación o protección de hoyas hidrográficas. Este tipo de suelos no presenta aptitud para el riego, aptitud frutal y aptitud agrícola, ni es arable.

La zona de emplazamiento presenta suelos muy delgados, ubicados sobre el relleno sedimentario de la Quebrada Coloradito.

El subsuelo se identifica como una composición de tres estratos. El estrato superior corresponde a gravas, ripios y arenas, mientras que el segundo correspondería a roca basal alterada. El estrato más profundo corresponde al basamento rocoso.

Respecto de la permeabilidad, “en el relleno aluvial K sería muy variable, fluctuando entre 100 y 10 m/día (10^{-3} - 10^{-4} m/s) en los sectores medio alto de la cuenca” (ENAMI, 1995), valores que se consideran como permeables, asociados a estratos compuestos por ripio, grava, arena, poca arcilla.

El botadero de estéril estará ubicado bajo las pilas de lixiviación en la Quebrada Coloradito, al suroeste del pit, conformando la plataforma de las mismas, tal como lo muestra el Layout del Proyecto en Plano 2-3, adjunto en Anexo 1 del EIA.

Los suelos respectivos presentan severas limitaciones para el desarrollo de la actividad agrícola, cuya Capacidad de Uso de los suelos del área varía entre VI a VIII, es decir, se trata de suelos no arables.

De acuerdo a estudios preliminares de sondaje del subsuelo del área de emplazamiento del botadero de estéril, el subsuelo del área posee una composición geológica que va desde el cretácico inferior al terciario inferior. De secuencias volcánicas andesíticas, intercalaciones de niveles sedimentarios marinos y volcanoclásticas.

Estas unidades son intruidas por rocas plutónicas de composición esencialmente granodiorítica, y de disposición batolítica, cuyas edades de emplazamiento van desde el Cretácico Superior al Terciario Inferior. Los depósitos modernos no consolidados corresponden a gravas y arenas que se disponen en los rellenos de quebradas y en depósitos aterrazados adyacentes y son asignados al Cuaternario.

3. CARACTERIZACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LOS RESIDUOS

3.1. Rípios de lixiviación:

Descripción cualitativa

El proceso de lixiviación consiste en el esparcimiento de una solución ácida diluida (o solución lixivante), a través de un sistema de irrigación. Esta solución escurre a través de la pila, disolviendo el cobre presente en ella (Ver Capítulo II del EIA).

Los rípios de lixiviación corresponden al material que queda como residuo del mineral una vez que todo el cobre ha sido lixiviado. Cabe considerar que estos rípios se generarán exclusivamente durante la etapa de operación del proyecto.

Los rípios de lixiviación puedan quedar impregnados de solución ácido con metales disueltos. El Proyecto contempla la construcción de obras hidráulicas que permitan la normal evacuación de las aguas de lluvia que escurrirán por la Quebrada Coloradito cuando se presenten eventos de precipitaciones, así como también impedir que éstas entren en contacto con el material dispuesto en las pilas de lixiviación (Ver diseño hidráulico de estas obras en Anexo 2: Memoria de Cálculo Obras Hidráulicas Quebrada Coloradito, del EIA).

Descripción Cuantitativa

Las pilas de lixiviación contemplan 8 pisos de una altura aproximada de 6 metros cada una, es decir que la altura máxima será de 48 metros, en una superficie aproximada de 48 ha en la quebrada Coloradito. Se considerará un ángulo de reposo del material de 37°.

3.2. Material Estéril

Descripción cualitativa

En la explotación a rajo abierto, se generan grandes volúmenes de material estéril, el cual es removido y dispuesto en botaderos.

Corresponde al material extraído del yacimiento que no posee valor económico para el proceso, sobrante de la operación del Proyecto.

El material estéril proveniente de la mina se utilizará para la construcción de la plataforma de las pilas de lixiviación (Ver Plano 2-3 “Layout del proyecto” en Anexo 1).

La zona superior del botadero de estériles que constituirán la plataforma de la pila de lixiviación estará impermeabilizada con el fin de evitar la infiltración de líquidos al suelo desde las pilas hacia el terreno. La impermeabilización contempla la colocación de carpeta HDPE.

Descripción Cuantitativa

Se proyecta una razón mineral-estéril de 1:1,8, por lo que, de acuerdo al plan de explotación de mineral, se espera remover alrededor de 37 millones toneladas de estéril, las que serán depositadas secuencialmente en la Quebrada Colordito, cubriendo una superficie final de aproximadamente 48 hectáreas (Ver Anexo N° 14 del EIA).

4. OBRAS CIVILES PROYECTADAS Y EXISTENTES

Para la habilitación de la zona se procederá a la preparación del terreno con ayuda de maquinaria del tipo buldózer, cargador frontal y retroexcavadora.

Se construirá además, un dren exterior que tendrá la función de captar las aguas lluvias en el perímetro de la plataforma, con objeto de evitar el contacto con esta instalación.

El material estéril proveniente de la mina se utilizará para la construcción de la plataforma de las pilas de lixiviación.

La zona superior del botadero de estériles que constituirán la plataforma de la pila de lixiviación estará impermeabilizada con el fin de evitar la infiltración de líquidos al suelo desde las pilas hacia el terreno. La impermeabilización contempla la colocación de una capa de polietileno de alta densidad (HDPE) de un espesor de 1,5 mm. Todo esto con el objetivo de contener el material que conforma las pilas, para servir de soporte para las conducciones de solución rica en cobre obtenidas del proceso de lixiviación.

Las pilas de lixiviación contemplan 8 pisos de una altura aproximada de 6 metros cada una, es decir que la altura máxima será de 48 metros. Se considerará un ángulo de reposo del material de 37°.

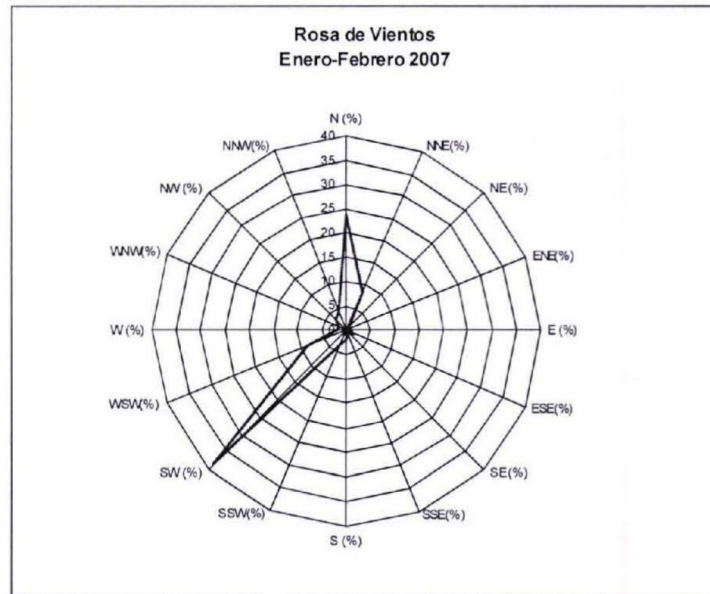
En el Capítulo II y en el Anexo N° 14 del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto se describe el proceso operativo de desarrollo y crecimiento de la plataforma y de las pilas de lixiviación.

5. VIENTOS PREDOMINANTES

Según Capítulo 5 "Línea de Base Ambiental del Área de Influencia" se observó según medición que la dirección predominante o más frecuente en la zona de instalación del Proyecto Minero Puquíos es Sur-Oeste (38,4%), seguida de Norte (23,8%), Oeste-Sur (8,9%), Nor-Nor-Este (8,5%) y Nor-Nor-Oeste (4,0%).

A continuación se presenta la Rosa de Vientos para la zona de instalación del proyecto.

Figura 1. Rosa de vientos en Mina Puquíos



Con respecto a la velocidad del viento se pudo observar lo siguiente; en el caso de Puquíos, la velocidad del viento presentó una variación de 0,6 m/s a 8,5 m/s. El promedio para el período de muestreo fue de 2,9 m/s (10,4 km/h).

6. FORMAS DE CONTROL Y MANEJO DE MATERIAL PARTICULADO, DE LAS EMISIONES GASEOSAS, DE LAS PARTÍCULAS DE LOS CAMINOS DE ACCESO E INTERNOS QUE SE PRETENDA IMPLEMENTAR, Y DE LOS OLORES, RUIDOS, EMISIONES LÍQUIDAS Y VECTORES

Emisiones atmosféricas

Las emisiones atmosféricas generadas durante la etapa de operación del Proyecto estarán asociadas a emisiones de material particulado producidas por el transporte de material estéril desde el rajo al botadero, emisiones producto de la carga y la descarga respectivamente, material particulado generado por la erosión eólica el área de botadero de estériles.

Por efecto de transporte de material estéril a botadero, y de acuerdo a los cálculos incluidos en Anexo N° 2 del EIA, se estiman las siguientes emisiones:

Emisiones por Transporte de Estériles

| Concepto | Toneladas/año | Total (ton) | Capacidad Camiones (Ton) | Flujo camiones (viajes/año) | Distancia Ida y Vuelta (km) | Emisión PM10 Ton/año | Emisión PM30 Ton/Año |
|----------|---------------|-------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|
| Estéril | 2.466.667 | 37.000.000 | 40 | 61.667 | 9,5 | 87,08 | 338,88 |

Fuente: Anexo N° 2 "Memoria Cálculo Emisiones Atmosféricas" del EIA del Proyecto.

Respecto a las emisiones producto de carga y descarga de materiales en la fase de operación, se estiman las siguientes emisiones:

- Carga de material estéril a camiones

E(PTS)= 12,33 Ton/año

E(PM10)= 4,93 Ton/año

- Descarga de material estéril a botadero

E(PTS)= 14,80 Ton/año

E(PM10)= 2,96 Ton/año

Igualmente, se prevé que, para la fase de operación, se tendrá erosión eólica derivada del avance del botadero de material estéril.

Se han calculado para la fase de operación las siguientes emisiones totales por año:

| Resumen de emisiones | Año 1 (Ton) | Año 15 (Ton) |
|----------------------|-------------|--------------|
| PM(10) | 258 | 317 |
| PM(PTS) | 841 | 959 |

Fuente: Anexo N° 2 "Memoria Cálculo Emisiones Atmosféricas" del EIA del Proyecto.

En el literal B.1.3 del Capítulo VII del Estudio de Impacto Ambiental, se contemplan las medidas de mitigación aplicables a las emisiones de material particulado.

Control de olores y Control de vectores

Los residuos susceptibles de generar olores molestos y vectores corresponden a los residuos sólidos domésticos.

Emisiones líquidas

Durante la etapa de operación, se generarán aguas servidas y aguas de lavado de vehículos, en los baños de personal y en el taller de mantenimiento, respectivamente. No se contemplan otros tipos de descargas líquidas, maximizando la recirculación del agua en el proceso.

7. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS

7.1. Hidrología

Como aspecto general se identifica a Quebrada Los Choros de régimen subterráneo, no existiendo escurrimientos superficiales permanentes en el área del proyecto.

La hoya hidrográfica de la Quebrada Los Choros se encuentra localizada en la Comuna de La Higuera, abarcando un área de 4.058 km², estando localizada las quebradas de Puquíos y Coloradito en la parte alta de la hoya hidrográfica, que corresponden a las quebradas en las cuales quedará localizado el proyecto.

La geomorfología de la cuenca de la Quebrada Los Choros se encuentra inserta en una región que se clasifica como de “planicies litorales y cuencas del sistema montañoso andino-costero” (Paskoff 1970), los cursos superior y medio de la quebrada se desarrollan en la entidad denominada Media Montaña, la que incluye los relieves que se ubican entre 600 y 3.000 m de altitud; otros autores consideran éste sector como parte de la entidad Cordones Transversales. El curso inferior se desarrolla en la Franja Costera, la que incluye relieves menores a 600 m y se caracteriza por amplias terrazas marinas, asociadas en su parte oriental a conos aluviales, escombros de pie de laderas y conos de deyección inactivos y de reducido tamaño.

Se desarrolla en dirección aproximada E-O, en una longitud cercana a los 90 km desde su extremo oriental al occidental. El ancho de la quebrada es variable en su recorrido, correspondiendo al variando entre 200 y 1.200 m.

La fuente de alimentación principal proviene de las neblinas costeras que ingresan hacia el oriente por el interior de valles y quebradas, así como de la ocurrencia ocasional de lluvias de escaso monto y de derretimientos menores de nieve en primavera.

En su recorrido, la quebrada recibe múltiples aportes laterales, los cuales nacen en las Sierras del Cóndor, Altos de Peralta y Cordillera de La Punilla, y contribuyen a la acumulación de sedimentos en forma de grandes conos que engranan en los sedimentos propios de la quebrada principal. En Tres Cruces se reúnen la Quebrada Pelicano, que viene directamente del norte y a la cual se le ha juntado previamente la del Carrizo, la Quebrada Grande desde el sur y la Quebrada Junta de Chingoles (también llamada Quebrada Los Choros) que drena la porción suroriente de la hoya. Poco más abajo de la estación Punta Colorada se junta al cauce principal el valle seco de Quebrada Pajonales, que desarrolla su curso en dirección N-S. Cerca de Trapiche desemboca el valle de La Higuera o quebrada Choros Altos cuyo curso se desarrolla aproximadamente en dirección S-N.

El agua que conduce la Quebrada Los Choros se infiltra generalmente en su curso superior y medio, y sólo ocasionalmente, en las grandes crecidas, alcanza superficialmente al mar. En el curso inferior de la quebrada, en Trapiche, Choros Altos, Angostura y Choros Bajos existen pequeños tramos alimentados por vertientes con escurrimientos del orden de decenas de litros por segundo. La llamada Angostura es una estricción rocosa, labrada en un afloramiento

superficial de la roca fundamental mesozoica que permite, durante algunos periodos, el alumbramiento de aguas subterráneas en este sector.

Para mayor información revisar EIA Capítulo V "Línea de base Ambiental del Área de Influencia", numeral C.7. y C.8.

7.2. Hidrogeología

El análisis en terreno del sector de la Quebrada Los Coloraditos, corresponde a una zona de quebrada profunda muy nueva, prácticamente sin cantidades apreciables de sedimentos fluviales, reconociéndose sedimentos aluviales y coluviales de poca importancia.

El basamento rocoso corresponde a un intrusivo granodiorítico que aflora visiblemente en varios lugares de la quebrada, en general la roca se presenta inalterada cruzada por algunas fallas y algunos filones ácidos.

Se observan algunas zonas con débil alteración hematítica y argílica en el flanco occidental de la quebrada, son locales y sin gran desarrollo, posiblemente relacionadas con la zona de borde del yacimiento.

La quebrada Puquíos se ubica a unos 700 m en forma paralela al SE de la quebrada Coloraditos; morfológicamente es más suave con mayor erosión y más madura que la quebrada anterior, lo que implica una mayor cubierta de sedimentos aluviales, la roca basal corresponde al mismo intrusivo, pero con un mayor grado de alteración. Esta área flanquea por el sector oriental la zona de alteración del yacimiento.

En base al estudio "Modelación hidrogeológica en Quebrada los Choros, comuna La Higuera, IV Región", 2005 realizado por MOP, es válido inferir que las características hidrogeológicas del área del proyecto quedan descritas por las características señaladas, considerando que, como señala el estudio citado, la unidad sedimentaria de mayor importancia hidrogeológica a lo largo de toda la cuenca (sobre todo en el cauce principal) corresponde a los depósitos aluviales descritos anteriormente, en el cual el movimiento de aguas subterráneas ocurre desde la cabecera de la cuenca hacia la costa (orientación dominante oriente-poniente).

Al respecto, se señala que el proyecto requiere tomar las medidas de prevención pertinentes para evitar la ocurrencia de impactos no deseados, aspecto que el Titular ha considerado en el diseño de ingeniería en base a estándares técnicos ampliamente aceptados y de aplicación en la minería nacional e internacional, por lo que se concluye que las posibles afectaciones del proyecto en esta materia se encuentran adecuadamente abordadas, dando además garantías en el seguimiento ambiental del proyecto y en la oportuna entrega de información a la autoridad, ya sea mediante fiscalizaciones o reportes del Auditor Ambiental independiente.