



**Universidad Católica del Norte  
Escuela de Negocios Mineros  
Magíster en Gestión Minera**

# **Gestión Ambiental Minera 6ª versión MGM**

**Antofagasta, Septiembre de 2014**

***Jorge E. Díaz A.***  
Geógrafo  
Universidad del Norte  
jediaz@barrick.com

# Cierre de Faenas Mineras

Ley 20.5551, Promulgada el 28 de octubre de 2011, Vigente desde el 11 de noviembre de 2012

Rige el cierre de faenas mineras sin perjuicio de las normas aplicables a la materia.

*Art. 2.- Objeto del Plan de Cierre.*

Asegurar la estabilidad física y química de los lugares donde se han realizado faenas extractivas, con medidas que resguarden la vida, salud, seguridad de las personas y medio ambiente.

Ver “Catastro de faenas mineras abandonadas o paralizadas y análisis preliminar de riesgo”  
SERNAGEOMIN (Carpeta Documentos)

# Cierre de faenas ...

## Objetivos



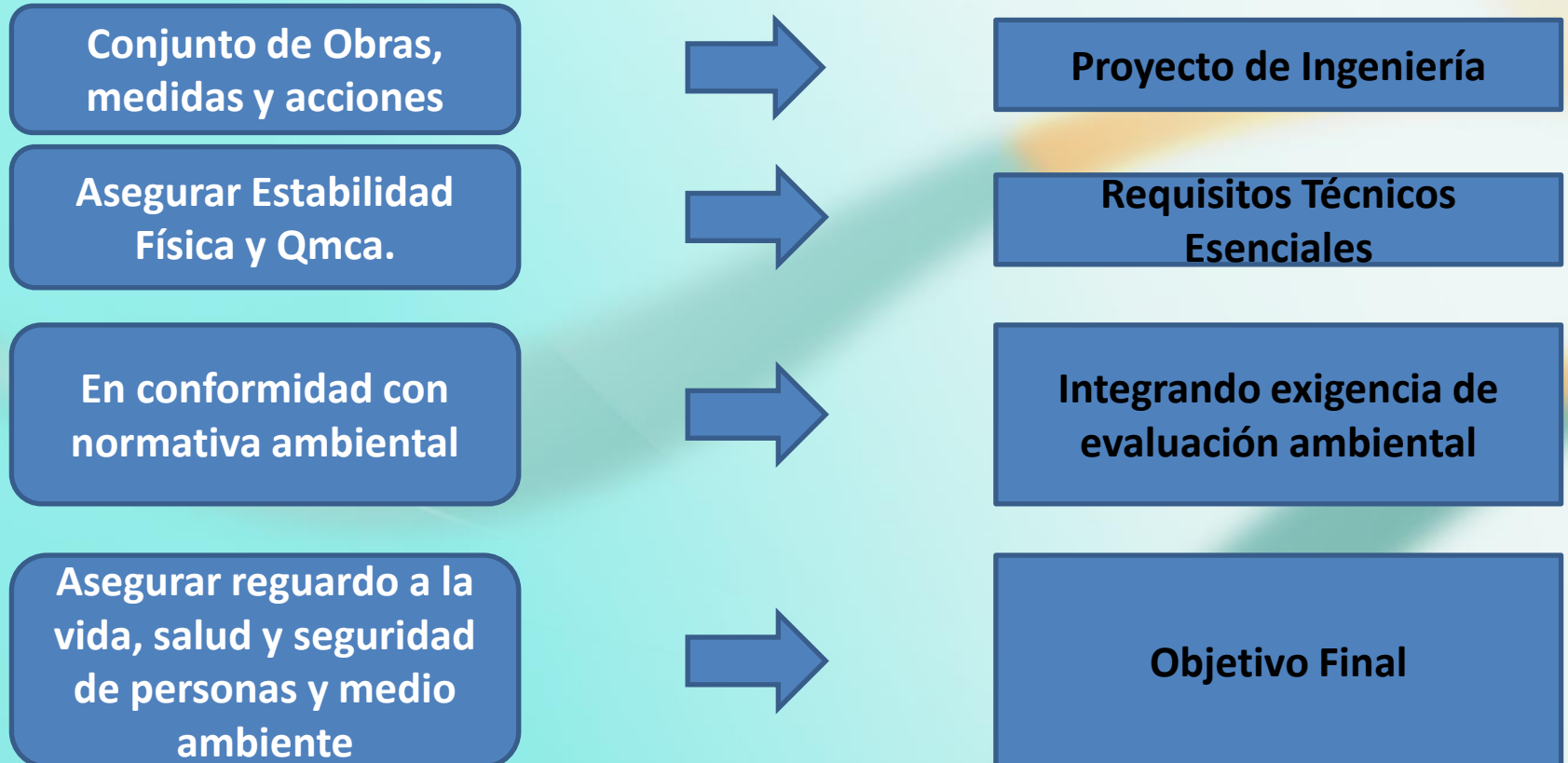
*Art. 6.* Plan de Cierre elaborado según la RCA del Proyecto y según las características de la faena minera.

*Art. 7.-* Aprobado el P de C, obliga a la empresa a ejecutar **integralmente** las medidas y actividades, dentro del plazo fijado.

*Art. 8.-* Todo P de C deberá ser aprobado **previo al inicio** de la exploración, explotación u operación de un establecimiento de beneficio.

*Art. 9.-* El P de C deberá abarcar toda la faena minera. Puede presentar planes de cierre parciales.

# Cierre de Faenas ...



## Cierre de Faenas ...

### *Título IV Auditoría de los Planes de Cierre*

**Art. 18.-** Las empresas mineras sujetas al PAG deberán auditar su P de C cada cinco años.

### *Título V Actualización del Plan de Cierre*

**Art. 22.-** Todo P de C deberá ser actualizado durante la operación minera en cuanto a su programación de ejecución.

# Cierre de Faenas ...

Criterios Técnicos, Económicos y Financieros



# Cierre de Faena ...

## Monto de la Garantía

Obras Medidas y Actividades de Cierre

Seguimiento y Control en el Post Cierre  
(Monitoreo)



## Cierre de Faena ...

**Fondo de Post Cierre** : Fondos para la gestión de faenas mineras cerradas

Seguimiento y Control

Monitoreos

Control Estructural

Mantenimiento de Obras

Post Ejecución del Plan  
y en un tiempo acorde  
a los efectos evaluados

# **CIERRE DE FAENA MINERA EL INDIO**



**ENM**  
ESCUELA DE NEGOCIOS MINEROS

# Barrick en Sudamérica



Zaldivar (op.)

CHILE

ARGENTINA

El Indio (Proceso de cierre)

# Mina El Indio: ubicación

Ubicada en la comuna de Vicuña, Provincia de Elqui, IV Región de Chile, 180 kms. de La Serena, a una altura de aproximadamente 4000 m.s.n.m.

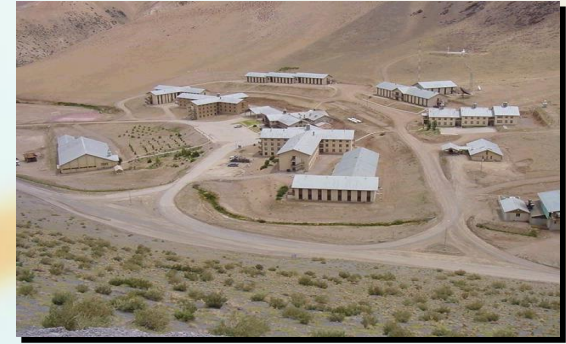
Se accede por el camino internacional Aguas Negra.



# Emplazamiento de El Indio



- **Geomorfología:** Alta montaña en el rango de los 4000 msnm) – valles en forma de “U” y erosión fluvial superimpuesta.
- **Geología:** Roca ignea volcánica con alteración hidrotermal. Mineralización en enargita y piritita, con vetas que contienen sulfatos de cobre.
- **Clima:** Frío con temperaturas promedio de 4,5° C (-21° a 24°C), seco (humedad relativa: 30%), precipitación en forma de nieve, entre 1mtr. a 8 mtr.
- **Hidrología:** Deshielo entre septiembre y diciembre. Flujo del Rio Malo es de 10-60 l/s cerca de la planta proceso y de 150 - 400 l/s cerca de laguna de sedimentación



# El Indio: historia

1979: inicio de explotación.

1982: inicio exportaciones

1994: Barrick compró LAC Minerals, adquiriendo la propiedad de El Indio.

2002: Febrero, fin de las operaciones

2009: Zaldivar se hace cargo del cierre de Mina El Indio

La producción metálica total al finalizar

sus operaciones en 2002 fue de:

- 5,5 millones de onzas de oro
- 24,3 millones de onzas de plata
- 500 mil toneladas de cobre.

El Indio generó más de 2.000 puestos de trabajo en la región.

EL INDIO  
TOTAL PRODUCTION  
5.5 M Oz GOLD - 24.3 M Oz SILVER - 500.000 TON. COPPER

ST. JOE  
MINERALS

FLUOR  
MINERALS

INTERNATIONAL  
BOND GOLD

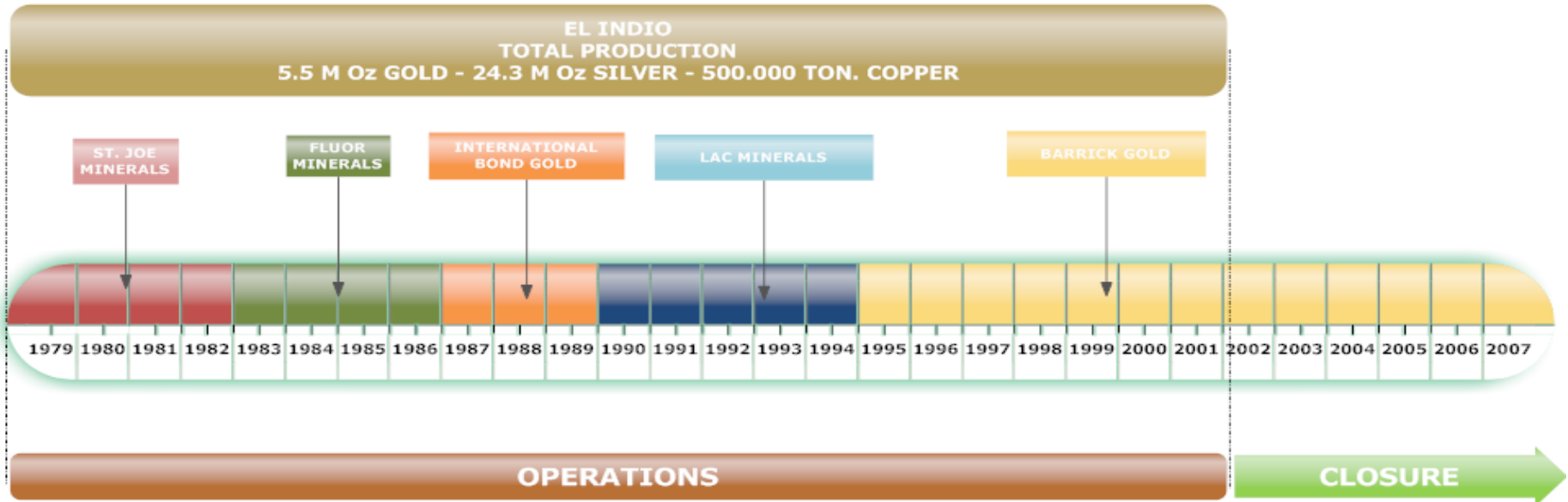
LAC MINERALS

BARRICK GOLD

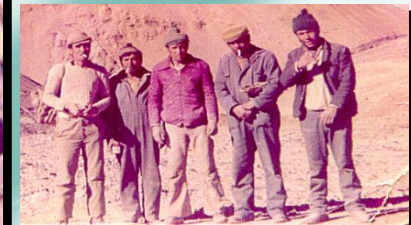
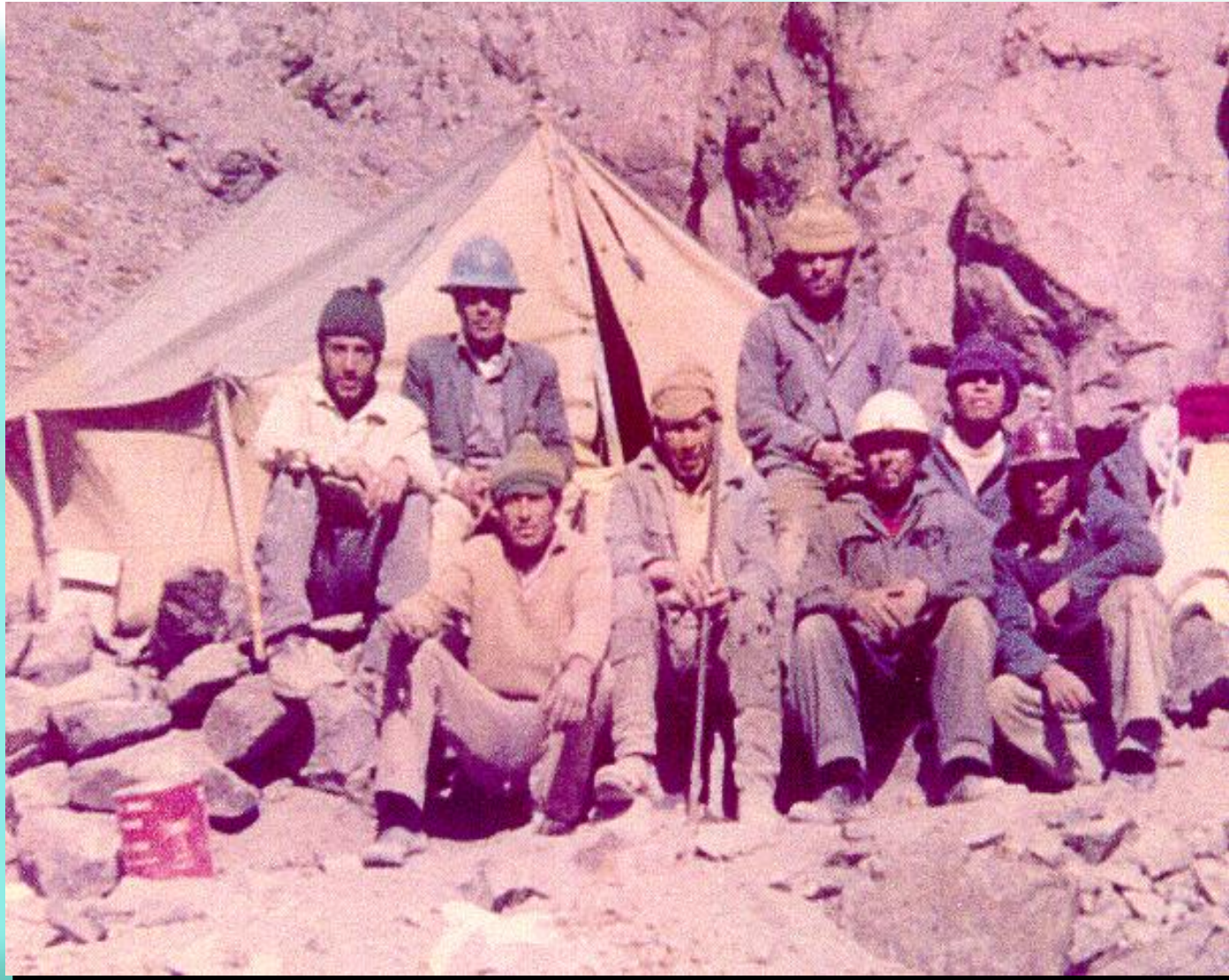
1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007

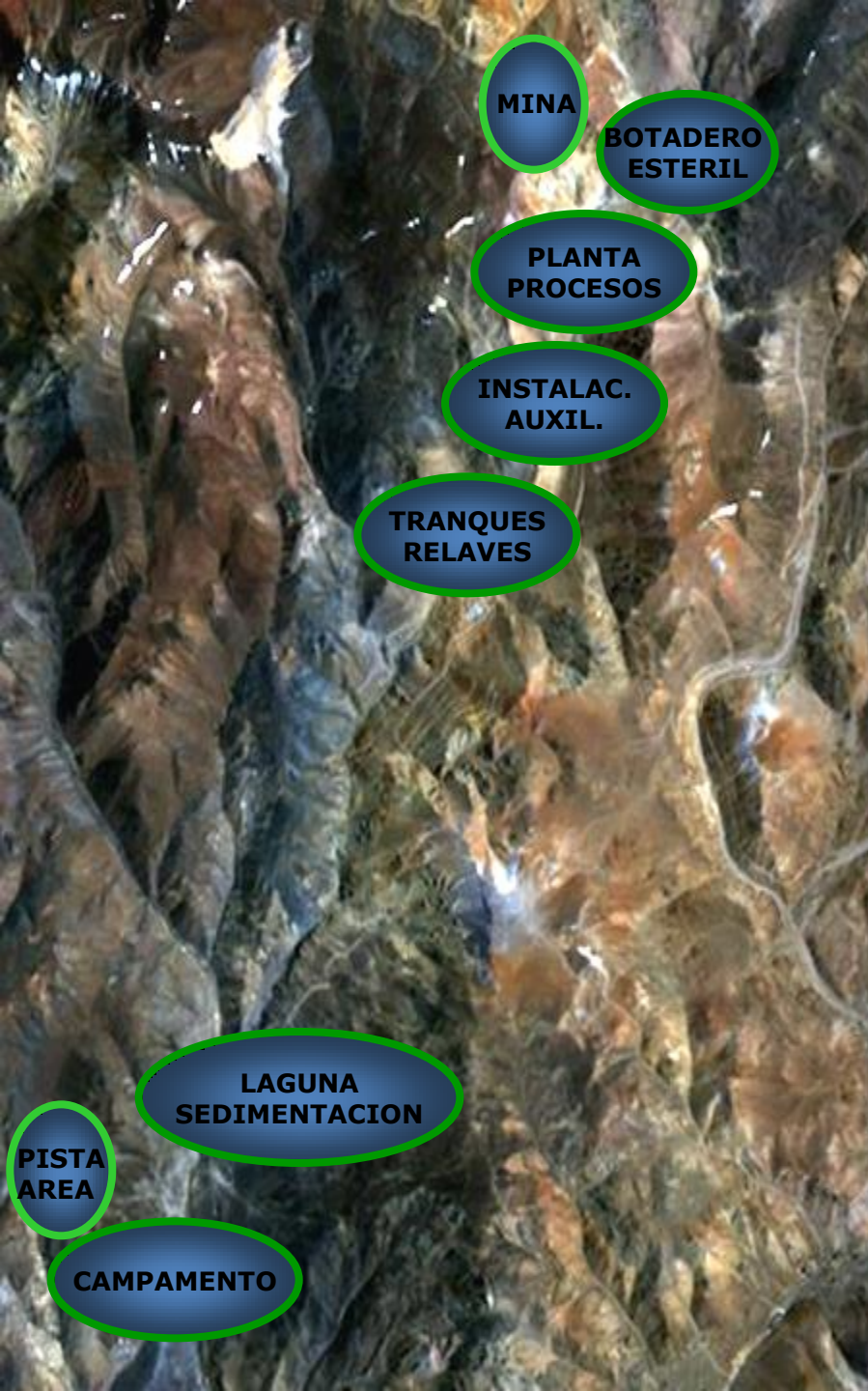
OPERATIONS

CLOSURE

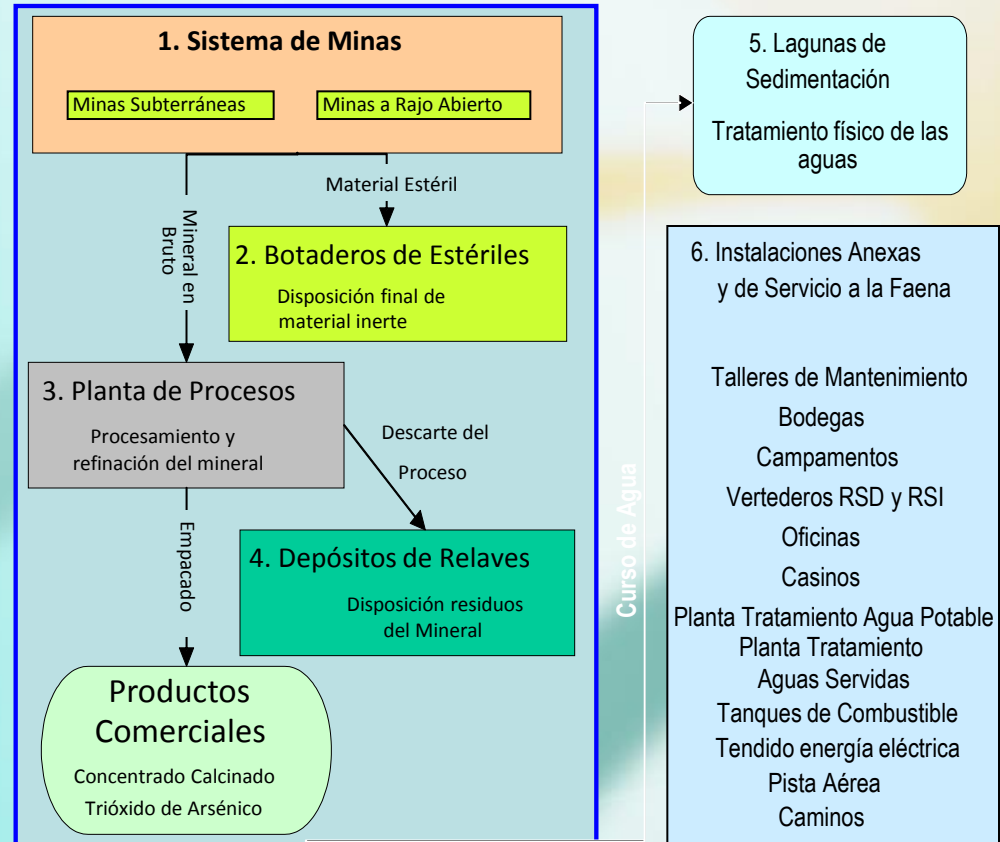


# El Indio: historia





# INSTALACIONES Y ANTECEDENTES

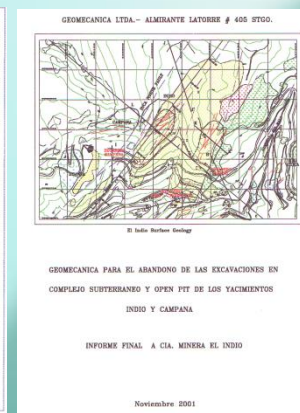
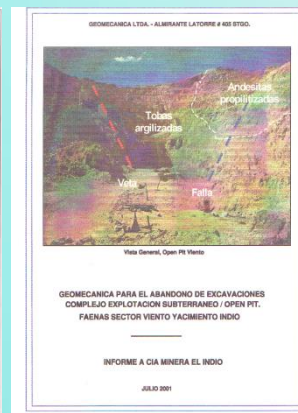
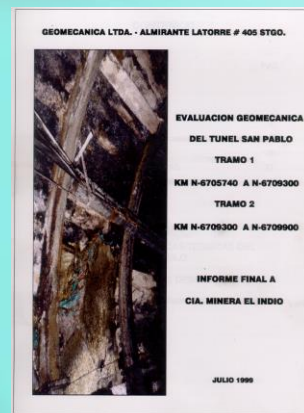
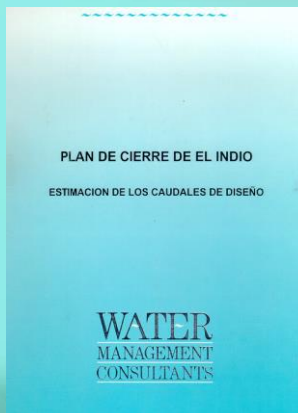
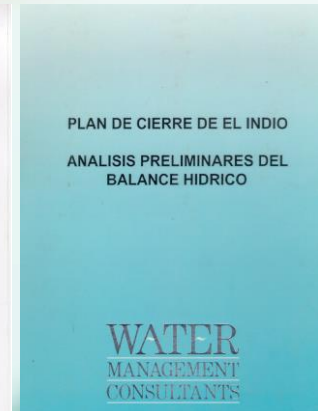
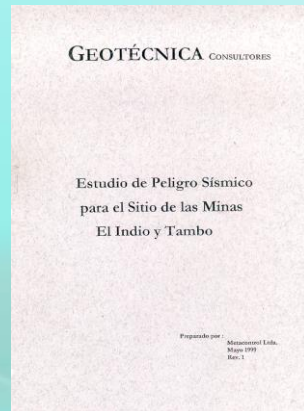




# El Indio: historia

## OBJETIVOS :

- Establecer marco legal aplicable.
- Evaluar estado de los componentes ambientales.
- Proponer alternativas de cierre.
- Identificar necesidad de nuevos estudios



COMPAÑIA MINERA  
EL INDIO


INFORME PRELIMINAR  
DE  
INGENIERIA GEOTECNICA  
N° 0103-105



PROYECTO  
REHABILITACION  
MODULO N° 2  
EL INDIO

MARZO DE 2001


Preparado por:



INGENIEROS GEOTECNICOS LTDA.  
Alameda Copal Sur 79, Of. 1305, Las Condes, Santiago  
Fono 2451598, Fax 2440982  
E-mail: ingenieros@igf.cl

COMPAÑIA MINERA  
EL INDIO


INFORME  
DE  
AVANCE PROYECTO DE  
ABANDONO  
N° 283-946-3



DEPOSITOS  
DE RELAVES  
FILTRADOS  
EL INDIO


ENERO DE 2001

Preparado por:




INGENIEROS GEOTECNICOS LTDA.  
Alameda Copal Sur 79, Of. 1305, Las Condes, Santiago  
Fono 2451598, Fax 2440982  
E-mail: ingenieros@igf.cl

COMPAÑIA  
MINERA EL INDIO



CLOSURE PLAN  
AND  
DESIGN FOR ABANDONMENT  
PASTOS LARGOS TAILINGS DAM  
DRAFT REPORT  
Nr. MILO-506  
OCTOBER 2001

Prepared by:



MWH  
WORLDWIDE TECHNOLOGIES


COMPAÑIA  
MINERA EL INDIO



CLOSURE PLAN  
AND  
DESIGN FOR ABANDONMENT  
EL INDIO TAILINGS DAM  
DRAFT REPORT

AUGUST 2001


Prepared by:



MWH  
WORLDWIDE TECHNOLOGIES

Golder  
ASSOCIATES

COMPAÑIA MINERA EL INDIO



MINA EL INDIO  
MINE CLOSURE PLAN  
WATER MANAGEMENT  
DRAFT REPORT

JULY, 2001



COMPAÑIA MINERA EL INDIO



ESTUDIO DE EVALUACION DE  
SUELOS EN FAENA EL INDIO  
INFORME FINAL  
(Rev. 0)

Octubre, 2001

Preparado por:



Ingenieria  
Asociada S.A.

Av. Antonio Varas N° 2700 - Rufoa - Santiago - Chile  
Fono: (+56) 21 288 81 88 - Fax: (+56) 21 288 81 88  
E-Mail: info@inasa.cl

## 2. Marco Legal y Administrativo del Cierre

### Normativa Sectorial Aplicable al Cierre de Faenas Mineras

**D.L. N°3525/80 Estatuto Orgánico de SERNAGEOMIN**  
**D.S. N°72/85 (modificado por D.S. N°140/92) Reglamento de Seguridad Minera**

*“Art. 22. Cuando la Empresa minera decida abandonar un trabajo de exploración o faenas de explotación, estará obligada a dar aviso escrito de esta decisión al Servicio, antes que los trabajos se hubieren hecho inaccesibles y, en caso de que no cumpla esta obligación, el Director podrá ordenar que el laboreo sea rehabilitado a costa de dicha empresa ”*

### Normativa Ambiental Aplicable al Cierre de Faenas Mineras

**Ley N°19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente**  
**D.S. N°95 Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental**

*“Art. 3 letra i) Proyectos de desarrollo minero, incluidos los de carbón, petróleo y gas, comprendiendo las prospecciones, explotaciones, plantas procesadoras y disposición de residuos y estériles. ”*

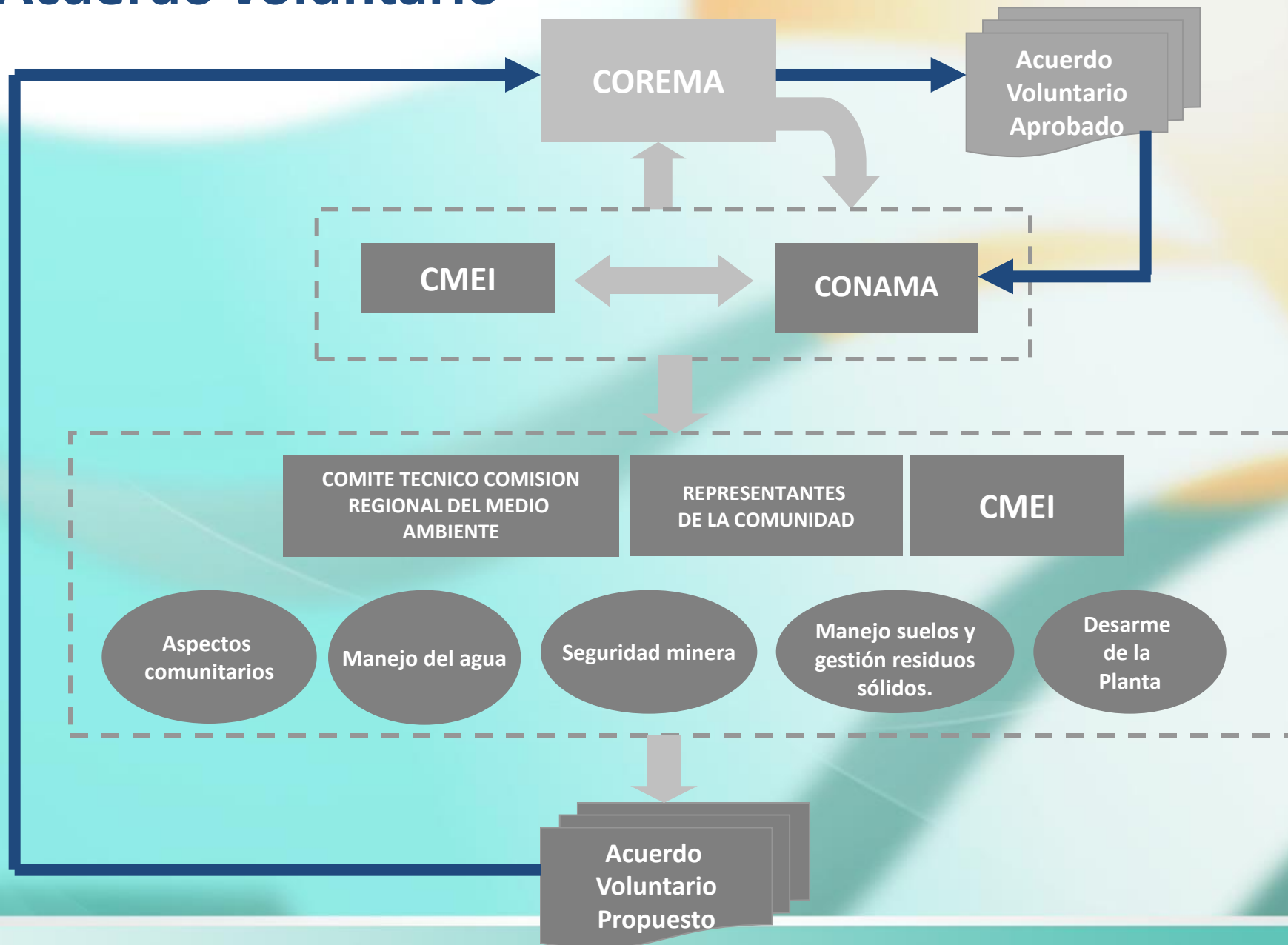
Sin embargo, al iniciar el proyecto antes de la entrada en vigencia de la Ley, esta no le es aplicable\*

\*En 1997 fue ingresado al SEIA el “Estudio de Impacto Ambiental Integral Tranque de Relaves Pastos Largos”  
Obteniendo la R.C.A. aprobatoria N°47 que señala las acciones pertinentes al cierre de estas instalaciones.

Debido a que para el resto de las faenas no existía normativa ambiental aplicable al cierre y dando cumplimiento a la política ambiental de Barrick, se optó en conversaciones con CONAMA por la suscripción del

**ACUERDO DE COORDINACIÓN Y COOPERACIÓN PARA  
EL PLAN DE CIERRE DE FAENAS DE MINERA EL INDIO**

# Acuerdo voluntario



# Principales Acuerdos:

- **Informe Mensual Calidad de Aguas en estaciones predefinidas**
- **Informes Semestrales, Avances de obras, estabilidad física y calidad de aguas**
- **Inspecciones Anuales de Fiscalización**
- **Monitoreo post cierre Recursos Bióticos, Arqueología y Calidad de Aguas**

# Objetivo Plan de Cierre

## General

Reestablecer condiciones que protejan la seguridad, la salud y el medio ambiente en el largo plazo en el área de operaciones de la mina El Indio, a través de la implementación de un diseño que use técnicas adaptadas a las características naturales.

## Específico

Asegurar estabilidad física y química de las estructuras en el largo plazo.  
Minimizar impacto sobre la calidad y cantidad de agua en el Rio Malo.  
Asegurar condiciones de seguridad de faena en el largo plazo.

### •Rajos

- Minimizar la infiltración hacia la mina subterránea
- Asegurar la estabilidad en el largo plazo de las paredes y fondo del rajo
- Promover la escorrentia superficial fuera del rajo

### Mina Subterránea

- Retiro de materiales peligrosos del interior de los túneles
- Sellado de portales, chimeneas y túneles..
- Sellado de túnel de drenaje

### •Planta

- Remover todas las instalaciones de superficie.
- Cierre de los depósitos de relaves secos
- Cierre de Tranque de relaves El Indio
- Rehabilitación del cauce del Río Malo

# Objetivos Calidad de Agua

- Realizar obras en el área de la mina El Indio para evitar contacto del agua con el depósito de estériles.
- Asegurar la calidad de agua del Río Malo para los usuarios aguas abajo, cumpliendo los rangos comprometidos con la autoridad.
- Monitoreo de la calidad de agua en el sistema fluvial (Río Malo - Río del Toro – Río Turbio).

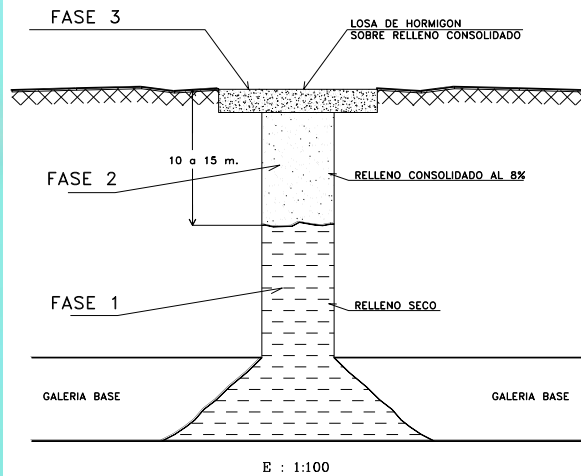




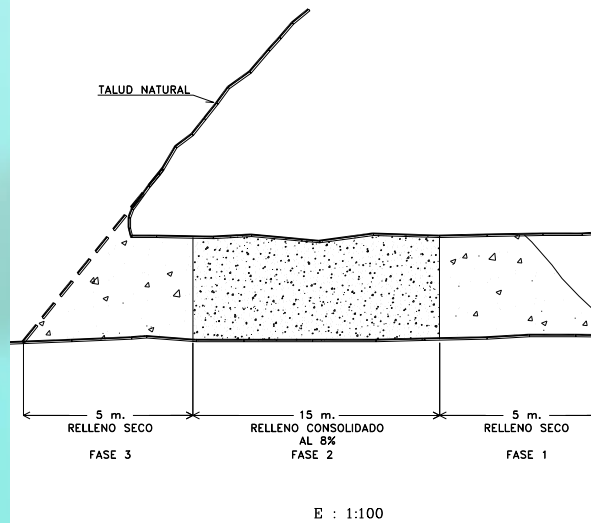
# Acciones de Cierre

# Plan de Cierre El Indio: Mina – Subterránea

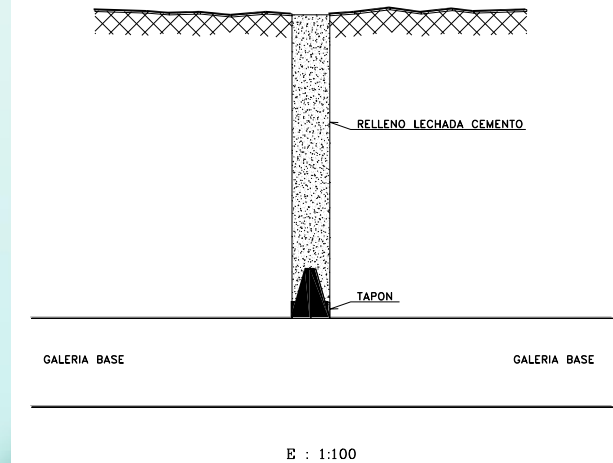
ESTANDAR 1  
CIERRE DE CHIMENEAS / PIQUES



ESTANDAR 2  
CIERRE GALERIA A SUPERFICIE



ESTANDAR 3  
CIERRE TIROS A SUPERFICIE



# Plan de Cierre El Indio: Mina – Subterránea



## Descripción:

- Retiro de materiales peligrosos del interior de los túneles e infraestructura operacional
- Sellado de portales del túnel en minas El Indio y Viento.



# Plan de Cierre El Indio: Mina – Subterránea

Objetivos:

- Remover todas las instalaciones de superficie para incrementar la seguridad pública y restaurar el terreno







**Maquinas shears trabajando**



**Explosivos demolición Tostador ex Planta de Procesos**

# Plan de Cierre El Indio: Planta de Procesos





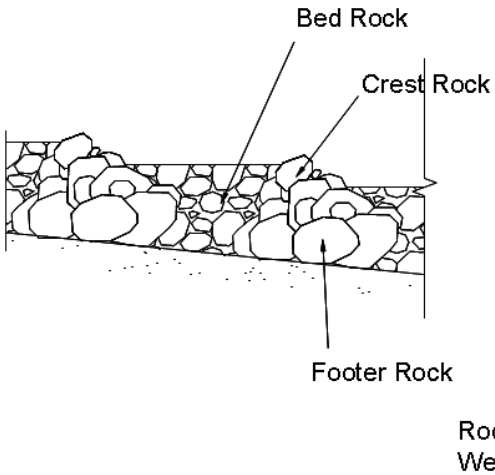
# Planta de Procesos



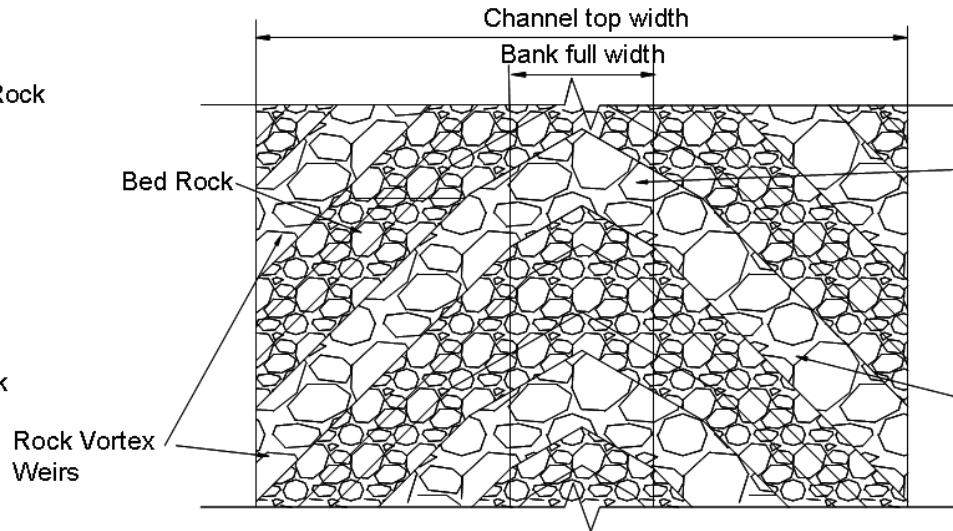
# Plan de Cierre El Indio: Manejo de aguas superficiales – Construcción de canales



PROFILE VIEW



PLAN VIEW



The crest rock, within the bank full width, spaced to 1/3 of its diameter. (To allow for the passage of coarse bed load sediments)

The crest rock, above the bank full width tightly packed (Only finer suspended sediments moving at this level)

# Plan de Cierre El Indio: Manejo de aguas superficiales – Construcción de canales

- La forma del canal excavado es trapezoidal.
- Geosintético en el fondo GCL, con zanjas de anclaje a ambos lados.



# Plan de Cierre El Indio: Manejo de aguas superficiales – Construcción de canales



## Plan de Cierre El Indio: Manejo de aguas superficiales – Construcción de canales








Construcción de canal de rehabilitación de Río Malo en muro de ex-tranque de Relaves El Indio.

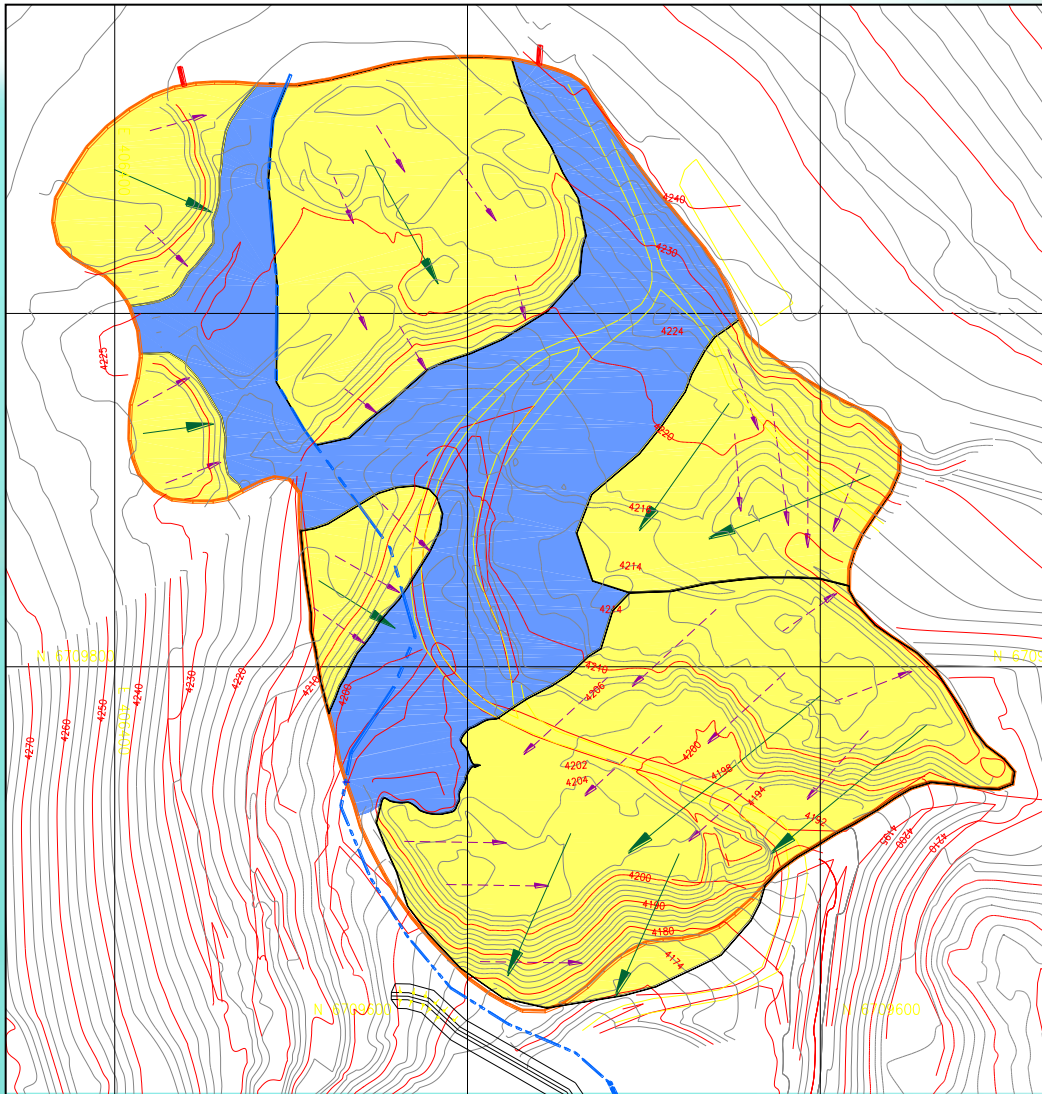
# Plan de Cierre El Indio: Botaderos de estéril

## Objetivos:

- Minimizar infiltración
- Promover escorrentía superficial fuera del botadero
- Evitar apozamiento en la superficie

### Leyenda

- 10-15%  Angulo final de talud, después de completar los trabajos de reperfilado
-  Dirección de empuje de Bulldozer
-  Límite del botadero
-  Área del botadero reperfilada
-  Área del botadero reperfilada y compactada con rodillo



# Trabajo en los Depósitos



Se perfilaron los estériles de la mina y se construyeron canales sobre y alrededor de los depósitos para evitar contacto del agua con el estéril.



## Botadero 3965 : Condición Inicial y final





## Botadero El Indio : Condición Inicial y final



# Plan de Cierre El Indio: Mina – Rajos abiertos

Rajo El Indio – Rajo Viento, año 2002



Objetivos:

- Minimizar la infiltración hacia la mina subterránea
- Asegurar la estabilidad en el largo plazo de las paredes y fondo del rajo
- Promover la escorrentia superficial fuera del rajo

## Trabajos en los Rajos



Se estabilizaron bancos y se niveló adecuadamente la base de rajos con material de baja permeabilidad.



## Plan de Cierre El Indio: Depósitos de relaves



### Depósitos de relaves:

- Cierre de los depósitos de relaves secos
- Cierre de Tranque de relaves El Indio

# Zona de Relaves



Se removieron relaves, se perfiló y cubrió su superficie.

Se construyó un canal para escurrimiento superficial del río Malo.



# Tranques de Relaves Pastos Largos

Se protegió la geomembrana expuesta y se construyó cámara de desvío en la cola para permitir el ingreso del río Malo. **Actualmente se utiliza como sedimentador.**



# Laguna de Sedimentación

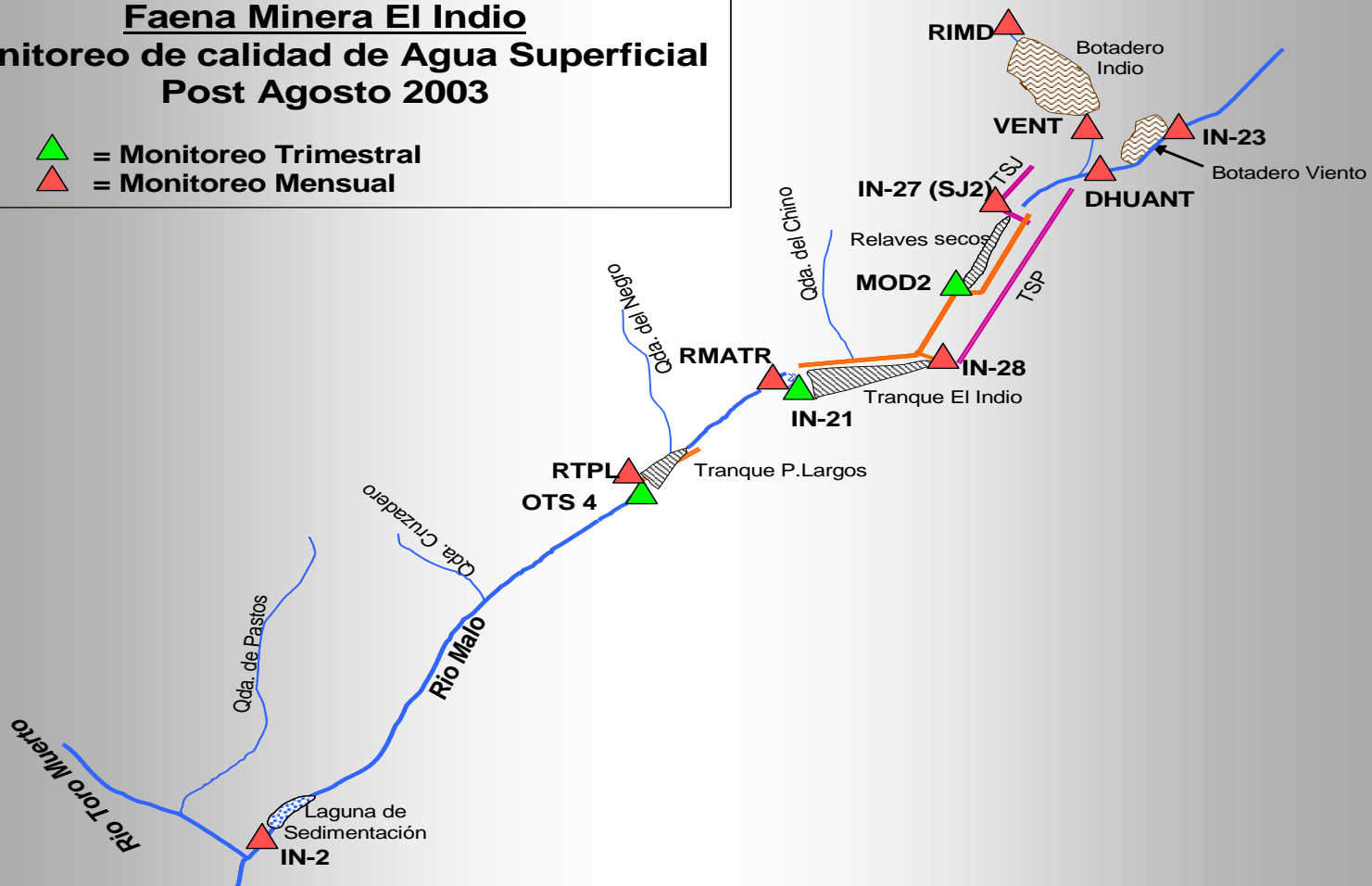
Se removieron 70.000 m<sup>3</sup> de sedimentos transportándolos a Tranque de Relaves Pastos Largos. Se removió el muro y se restauró el Río a su cauce natural.



# Monitoreo Permanente de las Aguas

## Faena Minera El Indio Monitoreo de calidad de Agua Superficial Post Agosto 2003

- ▲ = Monitoreo Trimestral
- ▲ = Monitoreo Mensual





# Monitoreo Permanente de las Aguas

Cierre Mina El Indio



• Monitoreo Remoto de las Instalaciones



# Iniciativa pionera en Chile

El cierre de El Indio ha significado una inversión que supera los US\$ 70 millones.

Es una iniciativa única en Chile en términos del cierre ambiental de una faena minera.

En ausencia de una normativa para el cierre y abandono de faenas mineras, Barrick El Indio concordó con la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) y los servicios públicos de la Cuarta Región un procedimiento voluntario de evaluación ambiental del Plan de Cierre.

Este Acuerdo Voluntario enmarca en la política de Minería Responsable que aplica Barrick en sus operaciones, la que considera el cuidado del medioambiente, la seguridad de los trabajadores y el respeto a las comunidades locales.