



Universidad
de Concepción



FACULTAD DE
Ciencias Químicas



CONTROL GEOLÓGICO EN LA DILUCIÓN MINERAL

Defensa para optar al Título de Geólogo

José Marcelo Rivas Oviedo

Profesor Guía : Msc. Abraham González Martínez
Profesores Comisión : Dr. Arturo Quinzio Sinn
Sr. Ramiro Bonilla Parra

1

Introducción

Objetivo General

- Determinar la relevancia del control geológico en la Dilución Mineral

Objetivos Específicos

- Conocer los antecedentes y variables que influyen en los procesos de Dilución Planificada y Operacional
- Identificar las medidas de control de la Dilución Mineral en el Área de Geología de Producción
- Cuantificar la Dilución Mineral y de esta forma determinar su importancia

1



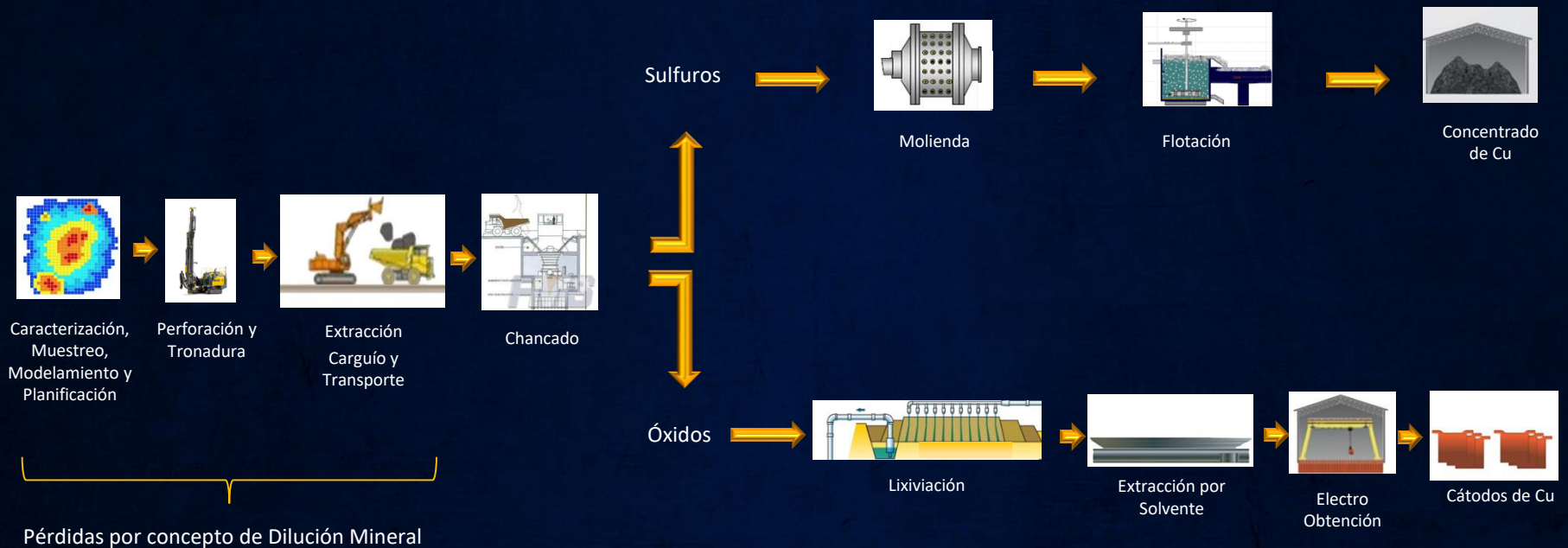
Introducción

2



Marco Teórico

Formulación del Problema:



¿Qué es la Dilución Mineral?

¿Cuáles son los factores que influyen en la Dilución Mineral ?

¿Cuál es/son el/los impacto/s en el proceso productivo?

¿Cuál su impacto económico?

Figura 1. Diagrama esquemático con las diferentes fases del procesamiento de minerales sulfurados y oxidados de Cu (Fuente: Elaboración Propia).

Definiciones

- **Dilución Mineral:** Proceso de mezcla o pérdida de mineral de mejor y peor ley (y/o estéril), generado durante las etapas de diseño y/o extracción mineral.



Figura 2. Zona de extracción mineral en donde se produce la dilución mineral (Fuente: Elaboración Propia).

Rivas, 2018. Control Geológico en la Dilución Mineral

Definiciones

- **Dilución Planificada:** Mezcla de materiales generada durante el diseño de zonificaciones minerales v/s pozos de tronadura y/o modelo de bloques.

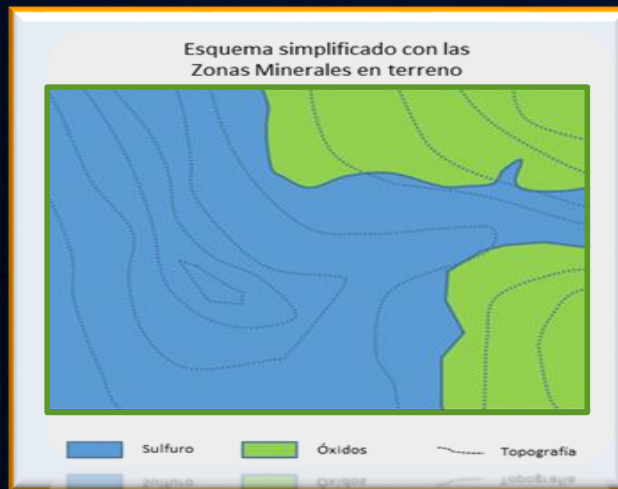


Figura 3.: Esquema en planta de un área con mineralización de sulfuros y oxidados de Cu, representada como zonas minerales (Fuente: Elaboración Propia).

Figura 4. Representación de una mineralización como zonificaciones minerales utilizando pozos de tronadura y su influencia en la Dilución Planificada (Fuente: Elaboración Propia).

Figura 5. Representación de una mineralización como zonificaciones minerales utilizando el modelo de bloques de corto plazo y su influencia en la Dilución Planificada (Fuente: Elaboración Propia).

Definiciones

- Dilución Operacional. Mezcla de materiales generada durante la extracción mineral (trondura, extracción y/o transporte).

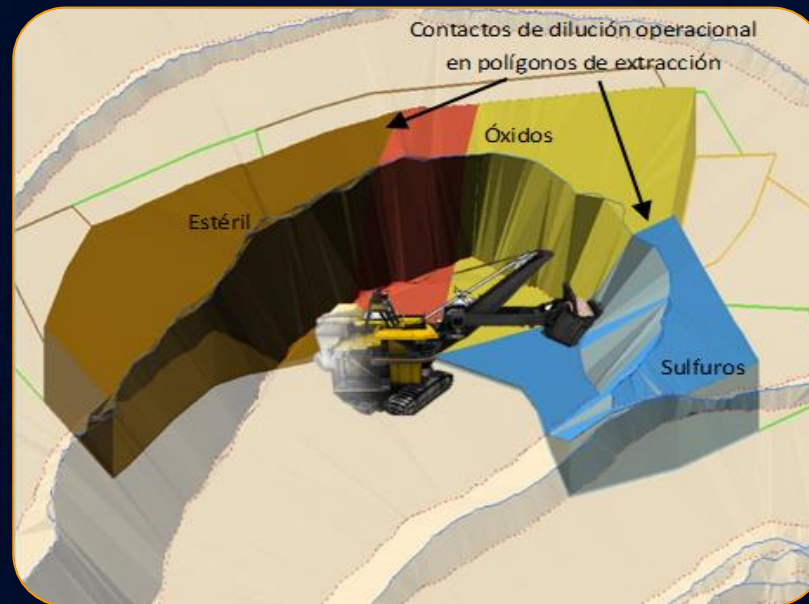


Figura 6. Dilución Operacional por mezcla de materiales según destino mineral en una frente de extracción (Fuente: Elaboración Propia).

Factores que influyen en la Dilución Planificada

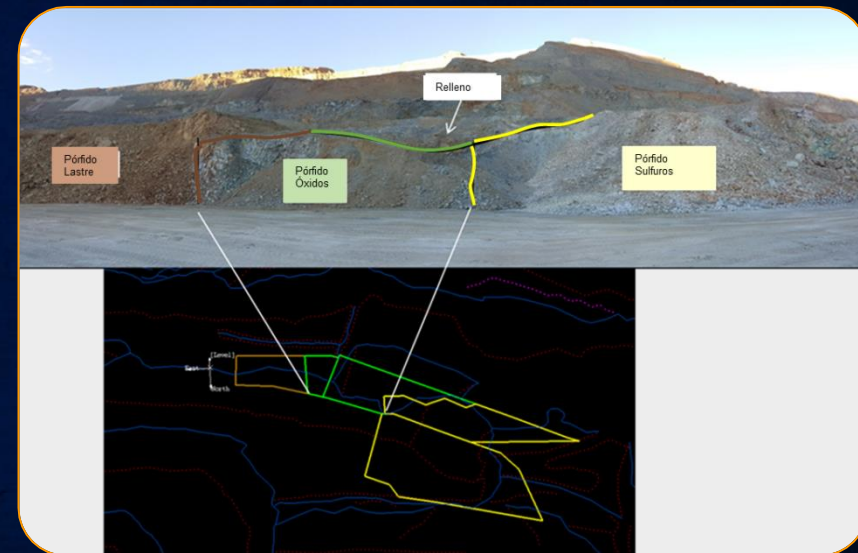


Figura 7. Frente de extracción con contactos irregulares de mineralización (Fuente: Elaboración Propia).

Factores que influyen en la Dilución Planificada



Figura 8. Muestreo de pozos de tronadura en mallas de perforación (Fuente: Elaboración Propia).

Factores que influyen en la Dilución Planificada



Figura 9. Muestreo de pozos de tronadura con tubos en mallas de perforación (Fuente: Elaboración Propia).

Factores que influyen en la Dilución Planificada

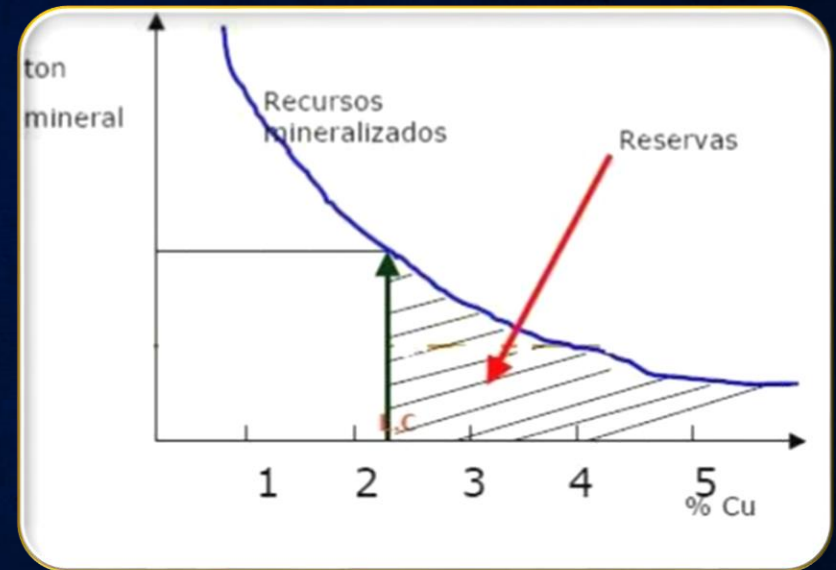


Figura 10. Ley de corte vs tonelaje (Fuente: Ochante, 2009).



Factores que influyen en la Dilución Planificada

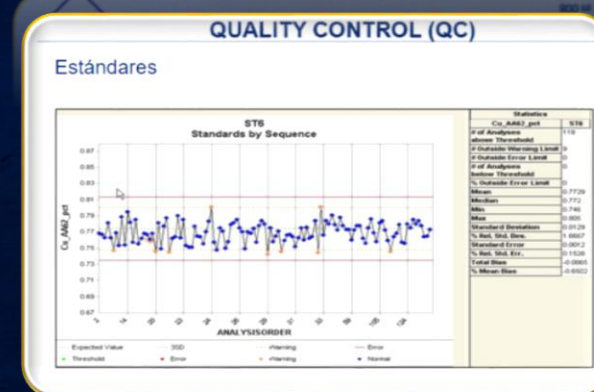


Figura 11. Proceso QA QC (Fuente: Sierra, 2013).

Factores que influyen en la Dilución Planificada

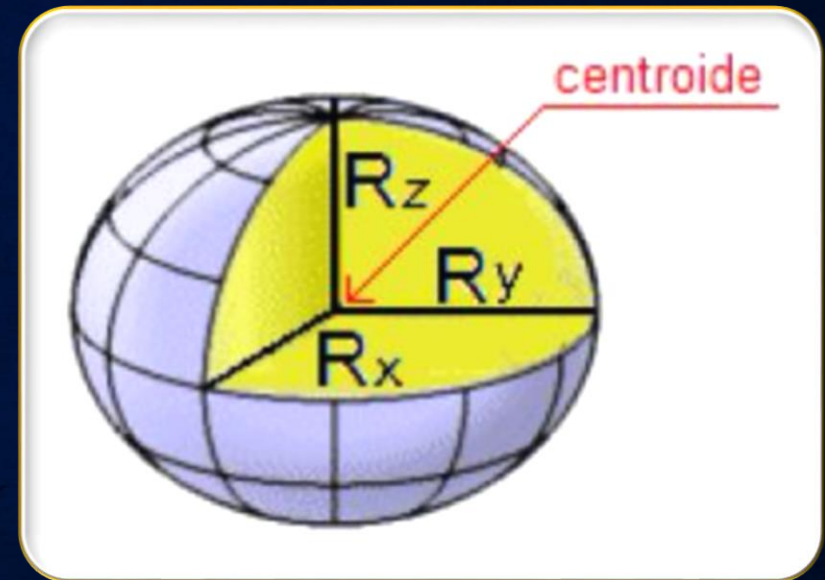


Figura 12. Radios de búsqueda en la configuración de un modelo de bloques (Fuente: Ruiz, 2014).

Factores que influyen en la Dilución Planificada

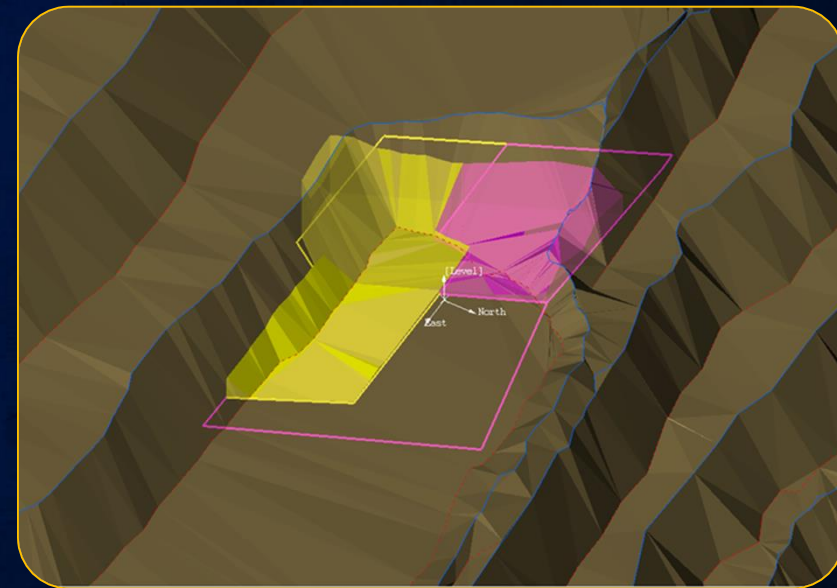


Figura 13. Diseños de zonificaciones minerales (Fuente: Elaboración Propia).

Factores que influyen en la Dilución Operacional

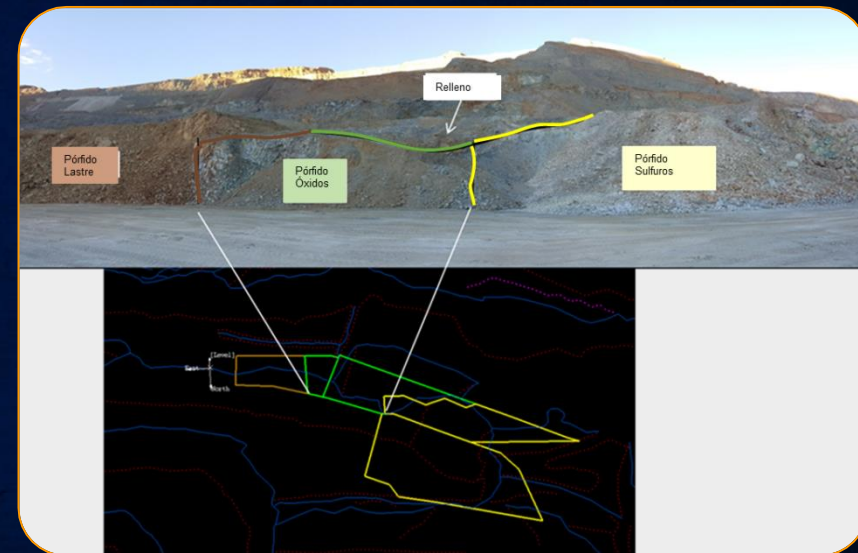


Figura 14. Frente de extracción con contactos irregulares de mineralización (Fuente: Elaboración Propia).

Factores que influyen en la Dilución Operacional



Figura 15. Calidad del macizo rocoso en una frente de extracción (Fuente: Elaboración Propia).

Factores que influyen en la Dilución Operacional



Figura 16. Desplazamiento por tronadura en una malla de producción (Fuente: Elaboración Propia).

Factores que influyen en la Dilución Operacional



Figura 17 Equipos de extracción en frente de producción (Fuente: Elaboración Propia).

Factores que influyen en la Dilución Operacional

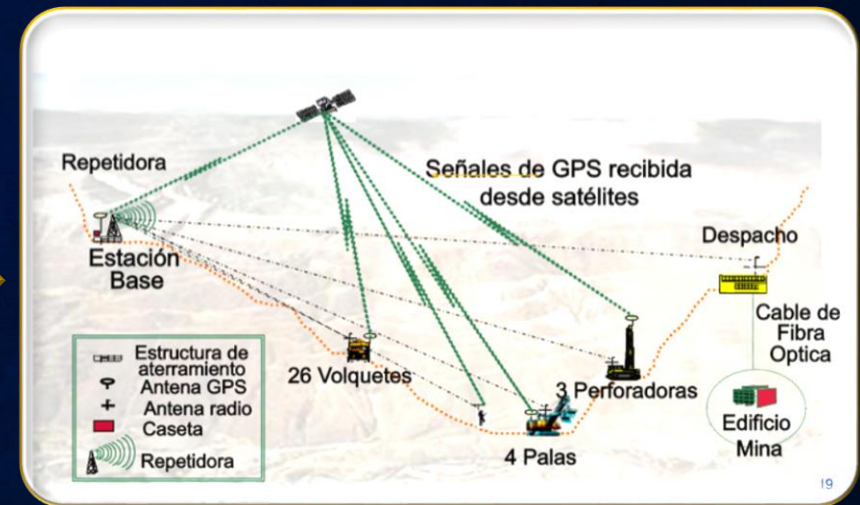


Figura 18. Sistema georreferenciado en el control operacional interior mina (Fuente: Sierra, 2013).

Factores que influyen en la Dilución Operacional



Figura 19. Operador en sala de simulación (Fuente: Revista ArqhyS, 2012).

Factores que influyen en la Dilución Operacional

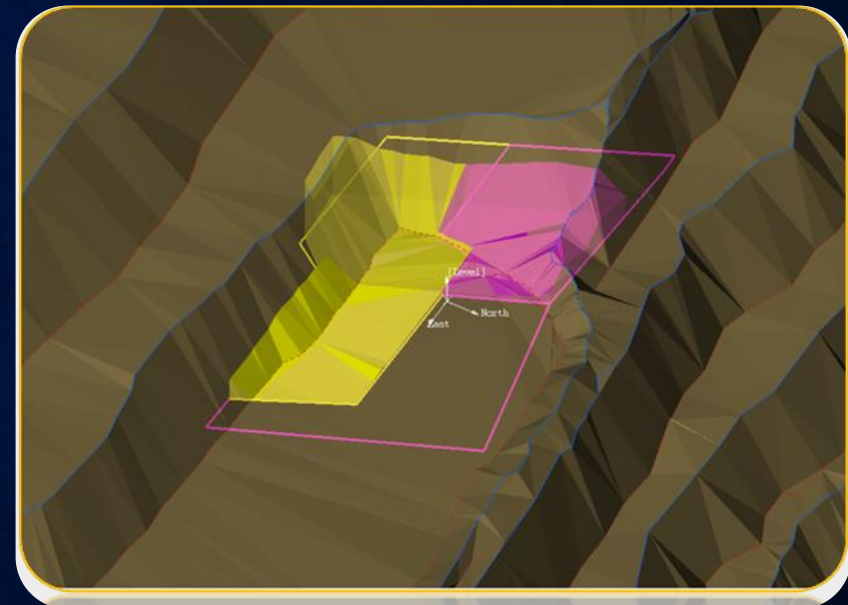


Figura 20. Diseños de zonificaciones minerales (Fuente: Elaboración Propia).

- 1 Introducción
- 2 Marco Teórico
- 3 Metodología

1. Determinación de la Dilución Planificada

- 1.1. Se analizó la información geológica de pozos de tronadura (representatividad y validación de información geológica):
 - 1.1.1 Se identificó la cobertura del muestreo.

1.1.1. Identificación de la cobertura del muestreo

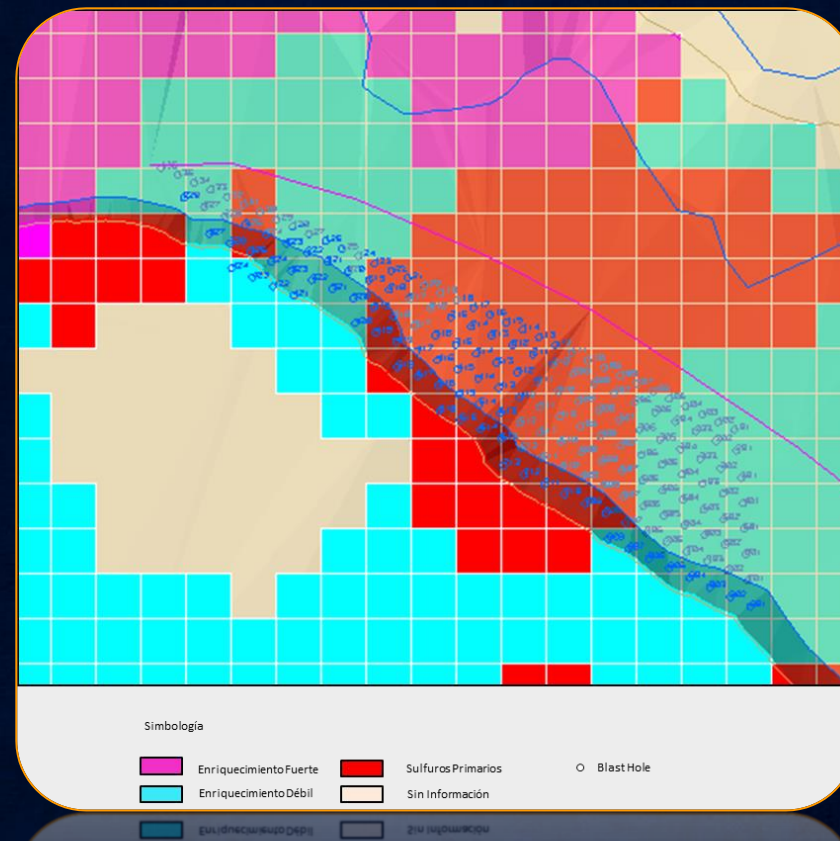


Figura 21. Diseño de una **mall**a de perforación y el modelo de bloques de corto plazo relacionado (Fuente: Elaboración Propia).

1. Determinación de la Dilución Planificada

- 1.1. Se analizó la información geológica de pozos de tronadura (representatividad y validación de información geológica):
 - 1.1.1 Se identificó la cobertura del muestreo.
 - 1.1.2. Se revisó la calidad del muestreo (protocolos).

➤ 1.1.2. Revisión de la calidad del muestreo (protocolos)

PE-SGC -PT-01_02

**PROCEDIMIENTO DE TRABAJO
MUESTREO DE POZOS DE TRONADURA**

TABLA DE CONTENIDOS

1. PROPÓSITO Y APLICACIÓN
2. ALCANCE
3. RESPONSABILIDADES
4. EQUIPOS Y MATERIALES
 - 4.1 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL
 - 4.2 MATERIALES DE APOYO
5. IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE
6. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
7. REFERENCIAS
8. ANÁLISIS DE RIESGOS DEL TRABAJO
9. PLAN B, POR FALLA O CAMBIO EN ETAPA DEL TRABAJO
10. ANEXOS

CONTROL DE MODIFICACIONES

Número Modif.	Número Pág.	Número Selec.	Fecha
00	9		Sept-2008
01	4,5,8	6.3 Muestreo de Pozo 8. ART	Abril 2010
02	7,8	8. ART	Septiembre 2010

CONFECCION	APROBACION
NOMBRE:	NOMBRE:
FIRMA:	CARGO: Administrador de Contrato
FECHA:	FIRMA :
	FECHA:

1. PROPÓSITO Y APLICACIÓN

Página 1 de 13

PE-SGC -PT-01_02

Establecer los pasos necesarios para ejecutar la labor de *Muestreo de pozos de tronadura*, según protocolo definido por el cliente, en el que asegure la representatividad del sector muestreado, evitando la contaminación y perturbación física del cutting de la perforación de tronadura.

2. ALCANCE

Todo el personal de Muestreo de Pozos de tronadura en Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi.

3. RESPONSABILIDADES

3.1 **Administrador de Contrato:** Es el responsable de proveer los recursos necesarios para la aplicación del presente procedimiento, del cumplimiento y aplicación de éste.

3.2 **Supervisor y/o Líder:** Es el responsable de difundir y hacer cumplir el presente procedimiento. Además será el responsable de establecer los nexos entre el mandante y los ejecutores del trabajo en terreno.

3.3 **Muestreos:** Son los responsables de evaluar junto con su línea de supervisión cualquier cambio que sea necesario realizar en la tarea encomendada.

4. EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 **EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL**

- Guantes de Cabritilla.
- Calzado de Seguridad
- Lentes de Seguridad Oscuros (para el sol).
- Cremas protectoras de radiación UV
- Chaleco Reflectante.
- Casco.
- Respirador 3M 8516 o respirador 2 vías con filtros para polvo.
- Cubre Nuca.

4.2 **MATERIALES O EQUIPOS DE APOYO**

- Radio de comunicaciones.
- Palas tipo jardín planas y con forma rectangular de 23 x 50 cms.
- Tubo de acero de muestreo de 3 "y 2".
- Bolsas 40 x 60 cms.
- Plumones.

Página 2 de 13

Figura 22. Protocolo de muestreo de Blast holes (Fuente: Elaboración Propia).

➤1.1.2. Revisión de la calidad del muestreo (protocolos)


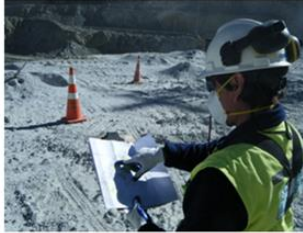

<p style="text-align: center;">PE-SGC-PT-01_02</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maceta de goma. • Camioneta 4 x 4. • Conos de seguridad <p>5. IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE</p> <p>La actividad genera desechos Industriales: Bolsas contaminadas que puedan quedar en el piso. Aplicar Procedimiento de Manejo de Residuos PG-PR-04.</p> <p>6. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD</p> <ul style="list-style-type: none"> • El Supervisor y/o Líder, es quien establece, dirige y controla a los muestreros involucrados en la toma de muestra, cumpliendo en forma estricta los instructivos diseñados para esta labor, debe solicitar los programas de muestreo a Geólogo Mina conjuntamente con las prioridades de muestreos, solicitar autorización para el ingreso al área mina al jefe de turno respectivo indicando el lugar de trabajo e identificar las muestras y elaborar el informe de muestreo diario.  <ul style="list-style-type: none"> • Todas las personas involucradas en la tarea deben estar con la inducción del trabajo a realizar. • Los ejecutores de la actividad deben realizar un análisis de los riesgos presentes en la tarea y el entorno a través del ART. <p>6.1.- IDENTIFICACIÓN DE ZONA A MUESTREAR</p> <ul style="list-style-type: none"> • El supervisor y/o Líder y muestreros se reúnen a las 07:00 horas, para revisar lo perforado en la tarde y noche anterior, En dicha reunión, se debe revisar el estado de lo <p style="text-align: right;">Página 3 de 13</p>	<p style="text-align: center;">PE-SGC-PT-01_02</p> <p>muestreado. Se debe mantener una bitácora del muestreo (Batch), como registro del proceso en caso de equivocaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuando queda disponible la información topográfica de la malla en cuestión, el geólogo debe entregar al líder de los muestreros un plano con los números de pozo de la malla, indicando el sector.  <ul style="list-style-type: none"> • Los muestreros identificarán cada pozo a muestrear, de acuerdo con el plano y las estacas colocadas por el operador de la máquina perforadora. • En cada bolsa de muestreo se marca la siguiente información: Ticket con número de muestra y código de barra.  <p style="text-align: right;">Página 4 de 13</p>
---	--


Figura 22. Protocolo de muestreo de Blast holes (Fuente: Elaboración Propia).

➤ 1.1.2. Revisión de la calidad del muestreo (protocolos)


PE-SGC-PT-01_02

6.2 CONSTITUCION DEL GRUPO DE MUESTREO Y RESGUARDO DE SECTOR DURANTE EL MUESTREO

- Para realizar la labor de muestreo se dispondrá de dos grupos constituidos por 3 muestreos en cada grupo como mínimo, de los cuales uno desempeñará la función de líder de equipo, con quien se deben realizar las coordinaciones, solicitud de ingreso al área de muestreo, etc.




- Durante el periodo de muestreo, y en las mallas definidas previamente para ser tronadas, el sector en la cual se desarrolla la labor se aislará mediante el uso de 6 conos, donde 3 se utilizarán para delimitar malla de perforación y perforadora, los otros 3 delimitarán la malla de perforación y cargio de pozos muestreados. Una vez realizado el muestreo, se irá liberando progresivamente cada zona muestreada, movilizandolos los conos a los siguientes sectores.



Página 5 de 13

PE-SGC-PT-01_02

- Las solicitudes de ingreso al área de muestreo se deben realizar al líder de equipo de muestreo.



6.3 MUESTREO DE POZOS

- No ingresar al un radio de 15 mts en el sector donde esta operando de la perforadora para evitar riesgos de incidentes, tales como caídas de material, proyección de partículas, polución que se generan por la operación del equipo, o de elementos propios del equipo como pernos, barras etc.
- Tubo debe estar limpio antes de coleccionar una muestra.
- Pozo de tronadura totalmente identificado.
- Muestra de peso mínimo 12 Kg., peso esperado 15 Kg.
- Bolsas de muestra adecuadas para muestras de 25 Kg.
- No muestrear si la tronada está siendo cargada con explosivos o señalizada con conos para no ingresar.
- Se considera que 4 muestreos como mínimo deben estar asignados en forma permanente para la labor de muestreo
- El geólogo debe tener predeterminadas las áreas a muestrear y traspasar la información al líder los muestreos en forma verbal y gráfica.
- Cada pozo de tronadura tiene una estaca con un número identificador que designa Programación de Operaciones Mina. Este número se utiliza como identificador para la muestra.
- El cono del pozo de tronadura puede o no ser simétrico.
- La capa que forma el último 10% del cono (capa superficial) corresponde a la pasadura, la cual se debe limpiar.
- La limpieza de pasadura se debe hacer con pala, de tal manera de retirarla del punto de muestreo y que no haya posibilidad de muestrearla por error u omisión.

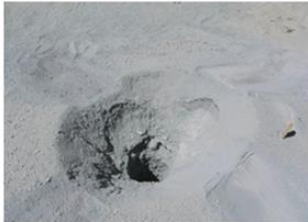
Página 6 de 13

Figura 22. Protocolo de muestreo de Blast holes (Fuente: Elaboración Propia).


➤1.1.2. Revisión de la calidad del muestreo (protocolos)

PE-SGC-PT-01_02

- La pasadura corresponde a un 10% del espesor de la columna, por lo que si en un punto de muestreo la columna tiene 50 cm de altura entonces hay que retirar los primeros 5 cms. Ver figura N° 1.



- Para realizar el muestreo por tubadas se utiliza tubos acanalados de acero inoxidable de 3" de diámetro, los que se van enterrando en el cono según la forma del cono. Si el cono es circular el muestreo debe ser en una cruz, cuarteado con cualquier orientación, con tres incrementos en cada cuarto. Ver figura N° 2.




- Si es circular, deben ubicarse los ejes de simetría, los que normalmente forman una elipse y realizar el cuarteo y sacar la misma cantidad de incrementos.

Página 7 de 13


PE-SGC-PT-01_02

6.4 Toma de los incrementos:

- Las tubadas superiores deben ser hechas aproximadamente en un ángulo de 60° inclinados hacia el centro y a mitad de distancia entre el borde del hoyo y el límite externo del cono de muestra. Ver figura N° 3.



- Las tubadas al medio, deben ser hechas aproximadamente en un ángulo de 45° inclinados hacia el centro y a mitad de distancia entre el borde del hoyo y el límite externo del cono de muestra. Ver figura N° 4.




- Las tubadas inferiores, deben ser hechas aproximadamente en un ángulo de 30° inclinados hacia el centro y a mitad de distancia entre el borde del hoyo y el límite externo del cono de muestra. Ver figura N° 5

Página 8 de 13

Figura 22. Protocolo de muestreo de Blast holes (Fuente: Elaboración Propia).

>1.1.2. Revisión de la calidad del muestreo (protocolos)

PE-SGC-PT-01_02



- Cada tubada se descarga en bolsas plásticas, ya sea que la muestra este seca o húmeda.
- Cuando la muestra ya se ha introducido en las bolsas y se han rotulado con el número identificador de la muestra, se deberá retirar estas lo antes posible ordenadas correlativamente en camioneta para impedir su destrucción accidental por camiones, perforadoras u otros equipos y además asegurar un flujo continuo de muestras al Laboratorio de Preparación de Muestras.
- Los muestreos registrarán en una planilla (batch), que se archivará en computadora, el número del pozo y su correspondiente número de muestra, indicando además a que tipo de muestra corresponde (muestra normal, duplicado, etc.)



6.5. TRANSPORTE DE LA MUESTRA

- El vehículo de transporte debe ser una Camioneta con capacidad de carga mayor a 500 Kg., doble tracción, que cumpla con las normativas de Vehículos de uso en la Mina.
- El conductor debe conocer el Reglamento de Tránsito Interno de la Mina y los Procedimientos asociados, y estar autorizado para transitar en Collahuasi y en la mina.
- Las Muestras deben estar debidamente embolsadas.
- El vehículo a la brevedad debe acercarse a la posición donde están las bolsas, para disminuir el tiempo de carguío. Tener precaución de no pisar conos o las bolsas con muestras. Una persona debe ayudar a indicar el camino adecuado, en especial si se debe transitar en reversa.
- Verificar cuales muestras ya se pueden transportar, chequeando su sellado y etiquetado.
- Desocupar pick-up de la camioneta de objetos que estorben el carguío o puedan romper las bolsas.
- Levantar cuidadosamente las bolsas, para cargarlas con cuidado en la camioneta. Hay que tener especial cuidado en ver por donde se camina, coordinar cierre de la puerta del pick up entre las personas o personas que lo realizaran para evitar golpes en manos.

Página 9 de 13

PE-SGC-PT-01_02

- a) Cargue de frente al pick up y no de costado, un máximo de 32 muestras.
- b) Evite transitar con las cargas, acerque el vehículo al lugar de las muestras.
- Distribuir las bolsas en la camioneta, para evitar apilamiento excesivo.
- El vehículo cargado debe transitar más lento para no romper las bolsas.


- Descargar bolsas en Muestretera, en patio habilitado para esta función.
- Se debe chequear el buen estado de las bolsas al llegar a la Muestretera.
- Si para posicionar el móvil en el punto de trabajo o retirarse del lugar es necesario retroceder, el conductor deberá tener, en todo momento, bajo su campo visual al personal que se encuentre en el área, además el personal deberá estar informado de la maniobra a realizar por el chofer.

Página 10 de 13

Figura 22. Protocolo de muestreo de Blast holes (Fuente: Elaboración Propia).


➤ 1.1.2. Revisión de la calidad del muestreo (protocolos)

PE-SGC-PT-01_02



7. ENTREGA DE MALLAS

El área de Corto Plazo de CMDIC, da las indicaciones de las mallas a tronar. Estas son informadas en la reunión de tronadura, realizada en forma diaria, en donde el Geólogo Supervisor toma nota, tanto de las mallas a tronar, como de las prioridades para la tronada del siguiente día, de tal forma de organizar el muestreo de las mismas. Estas indicaciones quedarán registradas en el Documento de Avance de Mallas, el cual es firmado tanto por el Supervisor del Área de Tronadura como de Geología.



Página 11 de 13

PE-SGC-PT-01_02

Las mallas a considerar para la tronada serán las indicadas en este documento, a excepción de aquellas que por factores operacionales sean modificadas, lo cual debe ser informado en un horario oportuno, de tal forma que sea posible mostrar toda la malla (o las filas) incluidas en la tronada. La forma de resguardo del área de avance del muestreo en estas mallas será el conchado de las mismas según 6.2, hasta que la malla (o filas) sea (n) entregada (s) al Área de Tronadura. Cualquier duda en este punto deberá ser consultado a Geología. Por estas razones, y según indicación oportuna, solo las mallas (o filas) entregadas por Geología estarán en condiciones de ser cargadas por Tronadura.

8. REFERENCIAS

7.1 Procedimiento Manejo de Residuos PG-PR-04.
7.2 Procedimiento de Crisis y Emergencia PG-PR-02.

9. ANÁLISIS DE RIESGO DEL TRABAJO

SECUENCIA DE TRABAJO	INCIDENTES / POTENCIALES	CONTROL DE RIESGOS
1.-Identificación pozos a muestrear.	1.0.- Caída a mismo nivel al transitar por la superficie del trabajo o área. 1.1.- Caída distinto nivel por acercarse a la caída libre del banco.	1.0.- Verificar condiciones del entorno y superficies de trabajo. 1.1.- No acercarse a menos de 1 metro del borde del banco.
2.-Ingreso de camioneta a la zona.	2.0.- Atropello al transitar en el área sin autorización. 2.1.- Colisión y choques por no conducir a la defensiva. 2.2.- Ingreso al área donde se encuentra operando un equipo de perforación, no se respetan las distancias mencionadas en el procedimiento.	2.0.- Solicitar autorización de ingreso al encargado del área, además se debe coordinar con personal existente en área. 2.1.- Mantener velocidad prudente y precaución con vehículos que ingresen al área. Coordinar maniobras con responsable del trabajo. 2.2.- Respetar lo indicado en el procedimiento, la distancia que debe estar nuestro personal de un equipo de perforación debe ser de un radio de 15 Mts.
3.-Muestreo de pozos.	3.0.- Caída al mismo nivel y desvíal al transitar por la superficie del trabajo o área. 3.1.- Pérdida de información en el muestreo (Terreno). 3.2.- Proyección de partículas (golpe en suspensión, ráfagas de viento).	3.0.- Verificar condiciones del entorno y superficies de trabajo. 3.1.- Deberá mantenerse concentración y coordinación en cada etapa del muestreo. Cambiar bolsas en mal estado y rotular código en la bolsa (uso de plumón negro). 3.2.- Uso de lentes de seguridad en todo momento.

Página 12 de 13

Figura 22. Protocolo de muestreo de Blast holes (Fuente: Elaboración Propia).

1.- Determinación de la Dilución Planificada

- 1.1. Se analizó la información geológica de pozos de tronadura (representatividad y validación de información geológica):
 - 1.1.1. Se identificó la cobertura del muestreo.
 - 1.1.2. Se revisó la calidad del muestreo (protocolos).
 - 1.1.3. Se realizó el control de calidad de las bases de datos geológicas (QAQC de la información geológica).

► 1.1.3. QAQC de la Información Geológica.

1.- Estándares

Los estándares fueron de 3 tipos (alta, media y baja ley), y se ordenaron siguiendo un plan aleatorio de inserción generado por el administrador de base de datos. Los tipos de estándares fueron:

Tabla 1. Tres tipos de estándares utilizados en el control calidad de leyes (Fuente: Elaboración Propia).

Estándar	Mineral	Valor	Desviación estándar
CDN-CM-22_1	CuT	0.995	0.013
CDN-CM-23_1	CuT	0.472	0.0078
CDN-CM-30	CuT	0.154	0.0022

►1.1.3. QAQC de la Información Geológica.

2.- Blancos

Los blancos correspondieron a cuarzos con registros de leyes de:

Tabla 2. Blanco utilizado en control calidad de leyes (Fuente: Elaboración Propia).

Tipo	Mineral	Ley	Minimo	Máximo
BLK	CuT	0.001%	0.0005	0.005

►1.1.3. QAQC de la Información Geológica.

3.- Duplicados de terreno

Los duplicados de terreno fueron tomados exactamente en el mismo pozo donde se obtuvieron las muestras para la ley y según el mismo método. Siguió la misma secuencia numérica de ticket, de tal forma de evitar informar al laboratorio dónde fueron insertados.

➤ 1.1.3. QAQC de la Información Geológica.

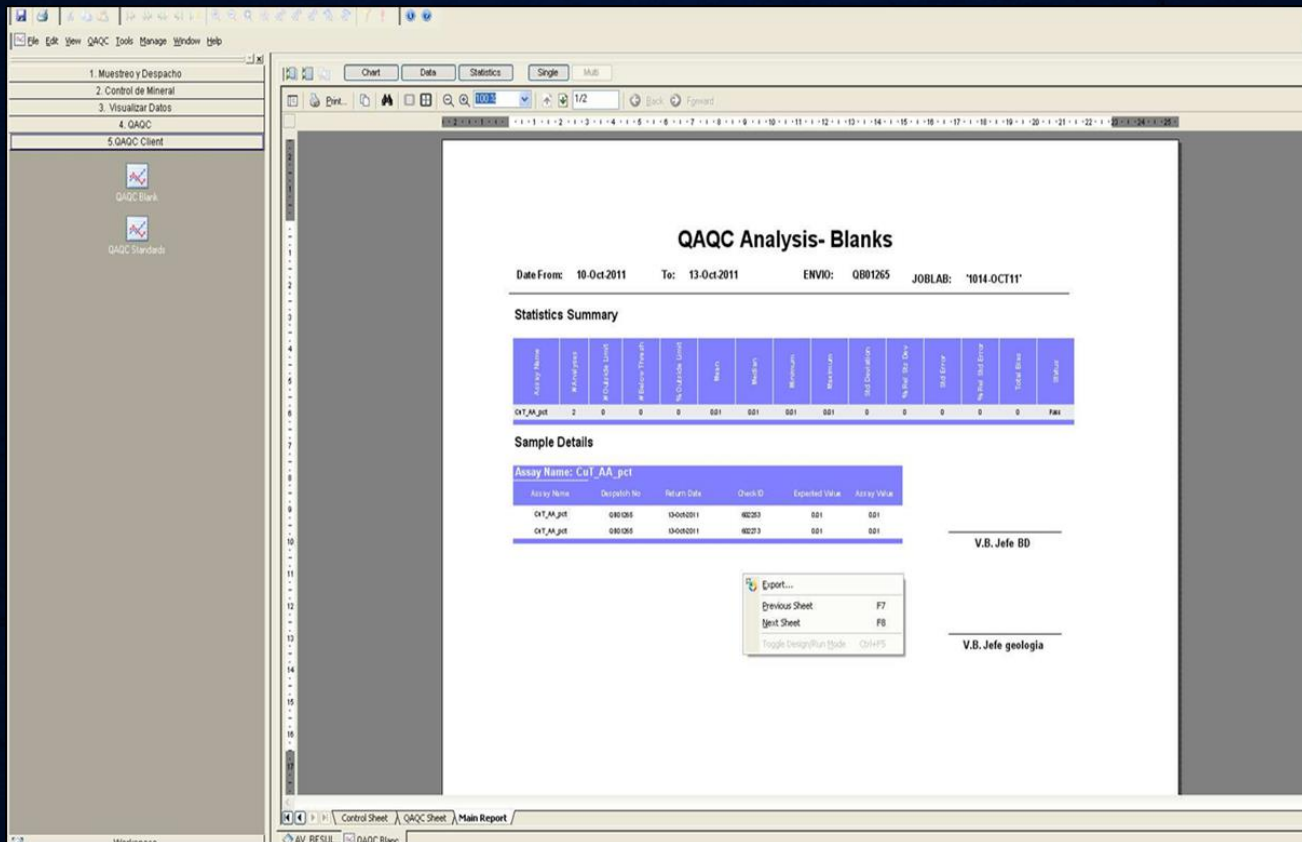


Figura 23. QC con Acquire (Fuente: Elaboración Propia).

►1.1.3. QAQC de la Información Geológica.

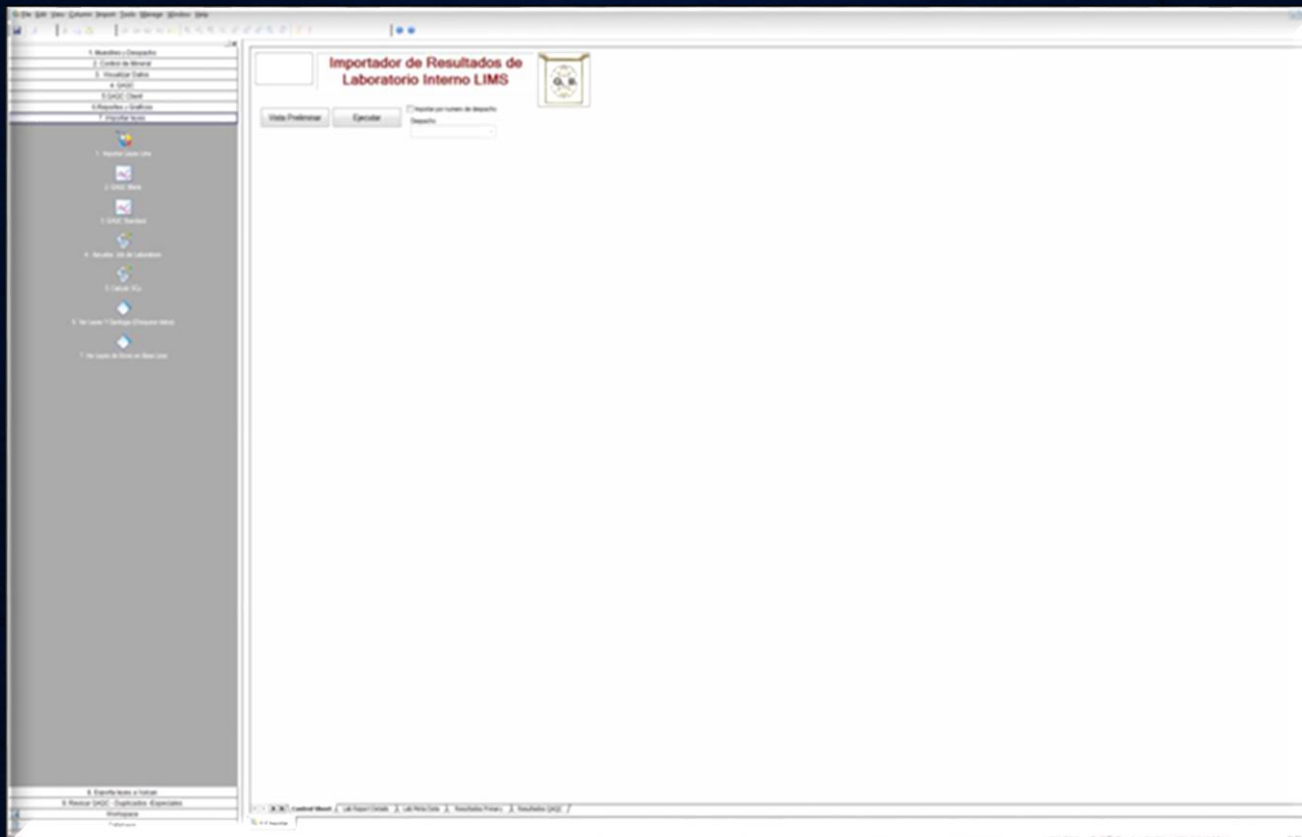


Figura 24. QC con Acquire (Fuente: Elaboración Propia).

1.- Determinación de la Dilución Planificada

- 1.1. Se analizó la información geológica de pozos de tronadura (representatividad y validación de información geológica):
 - 1.1.1. Se identificó la cobertura del muestreo.
 - 1.1.2. Se revisó la calidad del muestreo (protocolos).
 - 1.1.3. Se realizó el control de calidad de las bases de datos geológicas (QAQC de la información geológica).
- 1.2. Se revisaron y modificaron los criterios de interpretación geológica de zonas minerales.

➤1.2. Se revisaron y modificaron los criterios de interpretación geológica de zonas minerales.

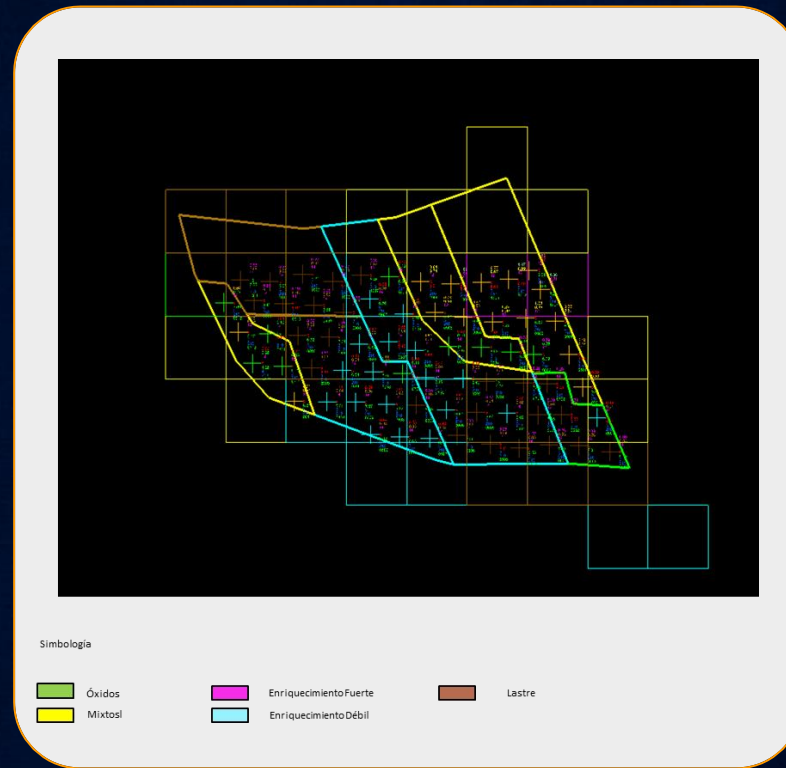


Figura 25. Zonificación mineral utilizando el criterios de blast holes (Fuente: Elaboración Propia).

1. Determinación de la Dilución Planificada

- 1.1. Se analizó la información geológica de pozos de tronadura (representatividad y validación de información geológica):
 - 1.1.1. Se identificó la cobertura del muestreo.
 - 1.1.2. Se revisó la calidad del muestreo (protocolos).
 - 1.1.3. Se realizó el control de calidad de las bases de datos geológicas (QAQC de la información geológica).
- 1.2. Se revisaron y modificaron los criterios de interpretación geológica de zonas minerales.
- 1.3. Se procedió a medir de la Dilución Planificada.

►1.3. Medición de la Dilución Planificada.

Se realizó por medio de las **conciliaciones**, contrarrestando las diferencias de tonelaje entre el mineral existente in situ, según el modelo inicial (sólo con pozos de tronadura); y después de la interpretación geológica (zonificaciones). El objetivo fue lograr un cumplimiento de $\pm 10\%$.

Tabla 3. Conciliación mineral entre el in situ (ore) y el zonificado (destino) (Fuente: Elaboración Propia).

Modelo C.P. (ORE)	Tons	Ley CuT	Ley Scu
Óxidos (Extracción mina)	350.260	0,66	0,52
Sulfuros (Extracción mina)	187.249	0,53	0,30
Mixtos (Extracción mina)	30.840	0,70	0,10
Estéril (Extracción mina)	265.257	0,10	0,05
	833.605	0,45	0,31
Modelo C.P. (DESTINO)	Tons	Ley CuT	Ley Scu
Óxidos (Extracción mina)	449.285	0,70	0,45
Sulfuros (Extracción mina)	104.869	0,55	0,34
Mixtos (Extracción mina)	29.132	0,65	0,09
Estéril (Extracción mina)	250.320	0,09	0,07
	833.605	0,50	0,31

2.- Determinación de la Dilución Operacional

➤ 2.1. Seguimiento de variables operacionales.

➤ 2.1. Seguimiento de variables operacionales.

Control de Despacho



Figura 26. Visualización del control de despacho de extracción en una zona de lastre (Fuente: Elaboración Propia).

2.- Determinación de la Dilución Operacional

- 2.1. Seguimiento de variables operacionales.
- 2.2. Medición de la Dilución Operacional.

> 2.2. Medición de la Dilución Operacional.

Se realizó por medio de las **conciliaciones**, contrarrestando las diferencias de tonelaje entre el mineral reconocido en las zonificaciones (y actualizado en el modelo), versus el extraído operacionalmente. El objetivo fue lograr un cumplimiento de $\pm 10\%$

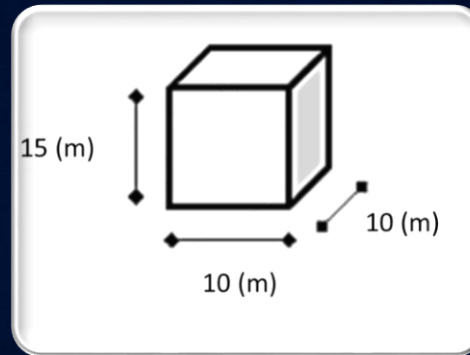
Tabla 2. Conciliación mineral entre el zonificado (destino) y el extraído (estadístico)
(Fuente: Elaboración Propia).

Modelo C.P. (DESTINO)	Tons	Ley CuT	Ley Scu
Óxidos (Extracción mina)	449.285	0,70	0,45
Sulfuros (Extracción mina)	104.869	0,55	0,34
Mixtos (Extracción mina)	29.132	0,65	0,09
Estéril (Extracción mina)	250.320	0,09	0,07
	833.605	0,50	0,31
Despacho Mina (ESTADÍSTICO)	Tons	Ley CuT	Ley Scu
Óxidos (Extracción mina)	401.092	0,72	0,48
Sulfuros (Extracción mina)	138.023	0,55	0,36
Mixtos (Extracción mina)	15.300	0,63	0,09
Estéril (Extracción mina)	275.215	0,07	0,06
	829.630	0,47	0,31

3.- Análisis Económico del Impacto de la Dilución Mineral

➤ 3.1. Evaluación económica de la dilución de un bloque de mineral.

➤ 3.1. Evaluación económica de la dilución de un bloque de mineral.



Se cuantificó el flujo de caja por la dilución de un bloque mineral tronado de 10x10x15 metros

Densidad = 1.8Ton/M³

Ley = 0.35% CuT

Recuperación = 75%.

Precio de la libra de Cu = 3 USD

Costo operacional = 1.8 USD/Lb.

➤ 3.1. Evaluación económica de la dilución de un bloque de mineral.

Masa de 1 bloque

Alto x Ancho x Largo x Densidad = 10 m x 10 m x 15 m x 1.8
Ton/m³ = 2.700 Ton = 5.952.481Lb

Cu fino = (Lb) x (Ley) x (Rec) / 100 = (5.952.481 libras x 0.35 %
x 0.75)/100= 15.625,2 Lb

➤ 3.1. Evaluación económica de la dilución de un bloque de mineral.

Si el precio estimado de la libra = 3 USD/Lb

El valor del bloque diluido sin incorporar el gasto operacional es:

Ingreso = Cu Fino Lb x Precio USD = 15.625,2 Lb x 3 USD/Lb =
46.875,7 USD

El costo total de extraer el Cu fue:

Costo operacional total Cu fino USD= Cu Fino Lb x 1.8 USD/Lb
=15.625,2Lb x 1.8 USD/Lb = 28.125,3 USD

3. Impacto Económico de la Dilución Mineral

- 3.1. Evaluación económica de la dilución de un bloque de mineral.
- 3.2. Comparación del impacto económico de la Dilución Mineral v/s Costo de Producción.

➤ 3.2. Comparación impacto económico de la Dilución Mineral v/s Costo de Producción.

Tabla 3. Datos comparativos con rangos de variación en un 5% de la dilución v/s los costos operacionales en el procesamiento de 100.000 ton de mineral con una ley de 0.35% y recuperación de 0.75% (Fuente: Elaboración Propia).

	Unidad\Dilución	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Toneladas Procesadas	Ton	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Toneladas Mineral	Ton	100.000	95.000	90.000	85.000	80.000	75.000
Toneladas Esteril	Ton	0	5.000	10.000	15.000	20.000	25.000
Ley de Corte	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Recuperación Planta	%	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Precio del Cu	USD/Libra	3	3	3	3	3	3
	USD/ton	6.612	6.612	6.612	6.612	6.612	6.612
Ingresos	USD	173.565.000	164.886.750	156.208.500	147.530.250	138.852.000	130.173.750
Costos Operacionales/Ton	USD/libra	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
		3.967	3.967	3.967	3.967	3.967	3.967
Costos por Dilución	USD	104.133.750	104.133.750	104.133.750	104.133.750	104.133.750	104.133.750
Flujo de caja variación de la Dilución	USD	69.431.250	60.753.000	52.074.750	43.396.500	34.718.250	26.040.000
	Unidad\Costos	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Toneladas Procesadas	Ton	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Toneladas Esteril	Ton	0	5.000	10.000	15.000	20.000	25.000
Ley de Corte	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Recuperación Planta	%	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Precio del Cu	USD/Libra	3	3	3	3	3	3
	USD/ton	6.612	6.612	6.612	6.612	6.612	6.612
Ingresos	USD	173.565.000	173.565.000	173.565.000	173.565.000	173.565.000	173.565.000
Costos Operacionales/Ton	USD/libra	1,8	1,89	1,98	2,07	2,16	2,25
		3.967	4.166	4.364	4.563	4.761	4.960
Costos Operacionales	USD	104.133.750	109.345.950	114.558.150	119.770.350	124.982.550	130.194.750
Flujo de Caja variación de Costos	USD	69.431.250	64.219.050	59.006.850	53.794.650	48.582.450	43.370.250



- 1 Introducción
- 2 Marco Teórico
- 3 Metodología
- 4 Resultados

1. Determinación de la Dilución Planificada

- 1.1. Análisis de la información geológica de pozos de tronadura (representatividad y validación de información geológica):
 - 1.1.1. Identificación de la cobertura del muestreo.

➤1.1. Identificación de la cobertura del muestreo

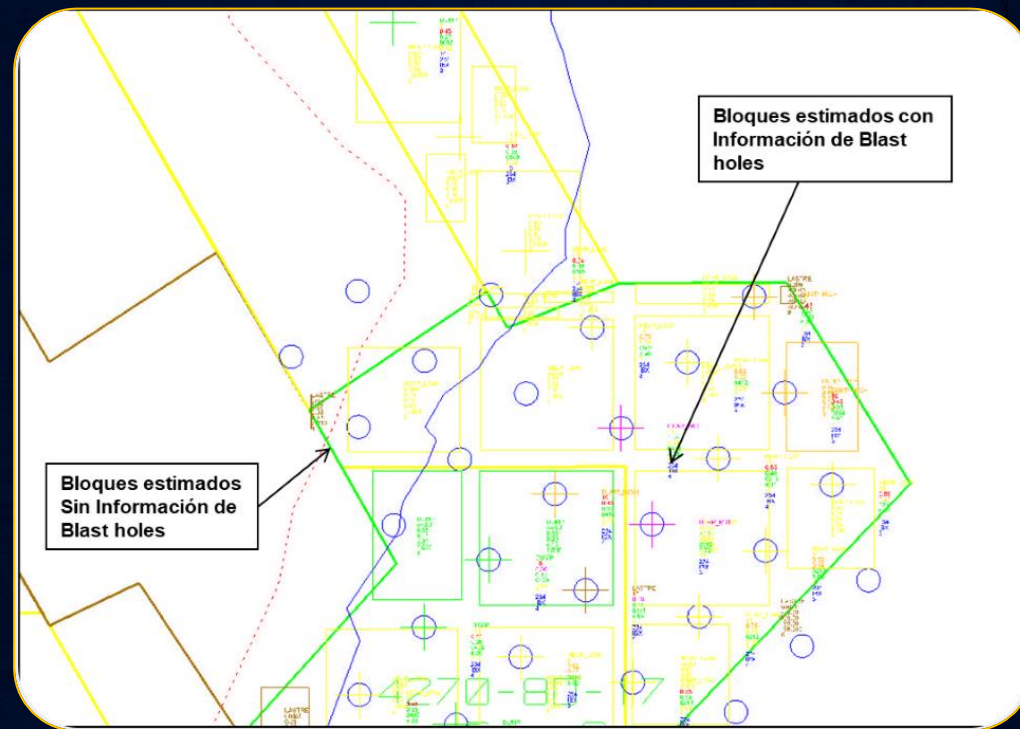


Figura 28. Diseños de zonificaciones minerales (Fuente: Elaboración Propia).

1. Determinación de la Dilución Planificada

- 1.1. Análisis de la información geológica de pozos de tronadura (representatividad y validación de información geológica):
 - 1.1.1. Identificación de la cobertura del muestreo.
 - 1.1.2. Revisión de la calidad del muestreo (protocolos).

▶1.2. Revisión de la calidad del muestreo



Figura 29. Muestreo siguiendo el protocolo de muestreo de blast hole (Fuente: Elaboración Propia).

1. Determinación de la Dilución Planificada

- 1.1. Análisis de la información geológica de pozos de tronadura (representatividad y validación de información geológica):
 - 1.1.1. Identificación de la cobertura del muestreo.
 - 1.1.2. Revisión de la calidad del muestreo (protocolos).
 - 1.1.3. Control de calidad de las bases de datos geológicas (QAQC de la información geológica).

>1.1.3. QAQC de la información geológica

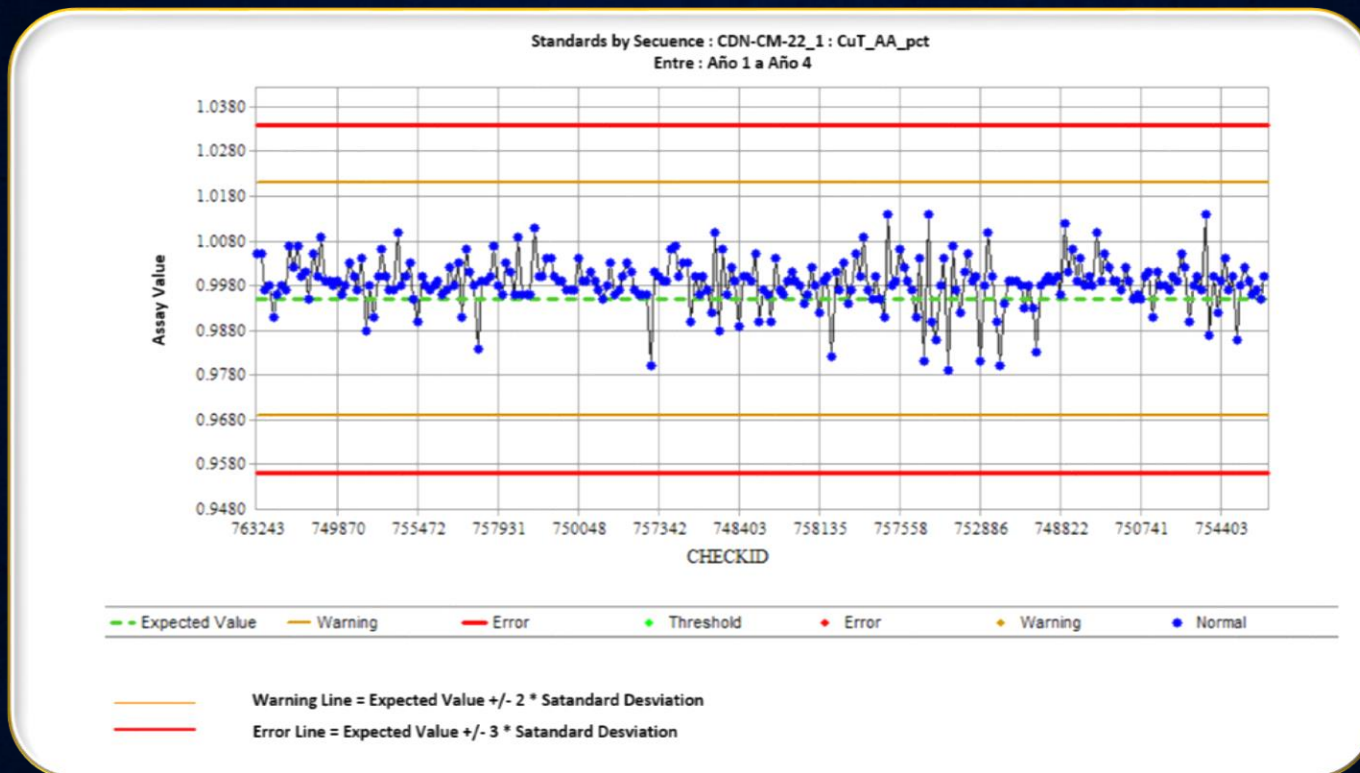


Figura 30. Resultado del QC del periodo de 4 años de análisis de las bases de datos (Fuente: Elaboración Propia).

1. Determinación de la Dilución Planificada

- 1.1. Análisis de la información geológica de pozos de tronadura (representatividad y validación de información geológica):
 - 1.1.1. Identificación de la cobertura del muestreo.
 - 1.1.2. Revisión de la calidad del muestreo (protocolos).
 - 1.1.3. Control de calidad de las bases de datos geológicas (QAQC de la información geológica).
- 1.2. Revisión y modificación de los criterios de interpretación geológica de las zonas minerales.

➤1.2. Revisión y modificación de los criterios de interpretación geológica de zonas minerales.

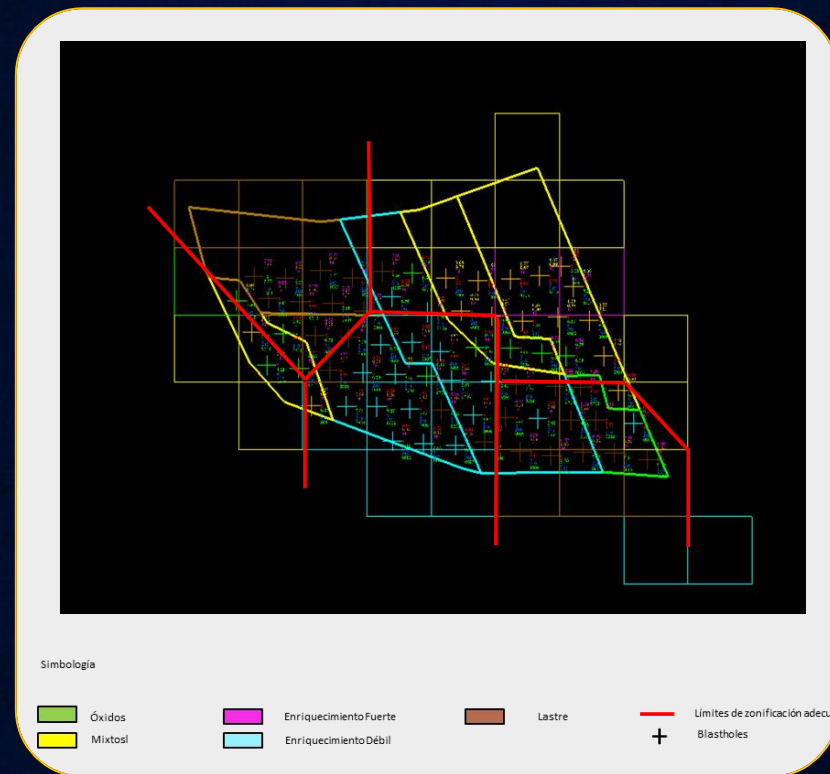


Figura 31. Modificación del criterio de zonificación utilizando el modelo de bloques y los blast holes (Fuente: Elaboración Propia).

►1.2. Inclusión de las interpretaciones semanales de las zonas minerales para la actualización del modelo mensual.

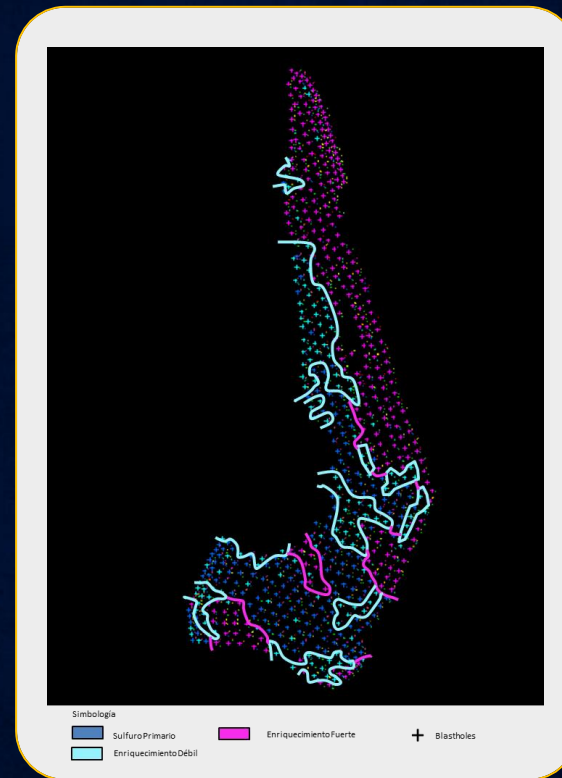


Figura 32. Interpretaciones de zonas minerales que fueron utilizados en la actualización del modelo mensual (Fuente: Elaboración Propia).

1. Determinación de la Dilución Planificada

- 1.1. Análisis de la información geológica de pozos de tronadura (representatividad y validación de información geológica):
 - 1.1.1. Identificación de la cobertura del muestreo.
 - 1.1.2. Revisión de la calidad del muestreo (protocolos).
 - 1.1.3. Control de calidad de las bases de datos geológicas (QAQC de la información geológica).
- 1.2. Revisión y modificación de los criterios de interpretación geológica de las zonas minerales.
- 1.3. Medición de la Dilución Planificada.

►1.3. Medición de la Dilución Planificada

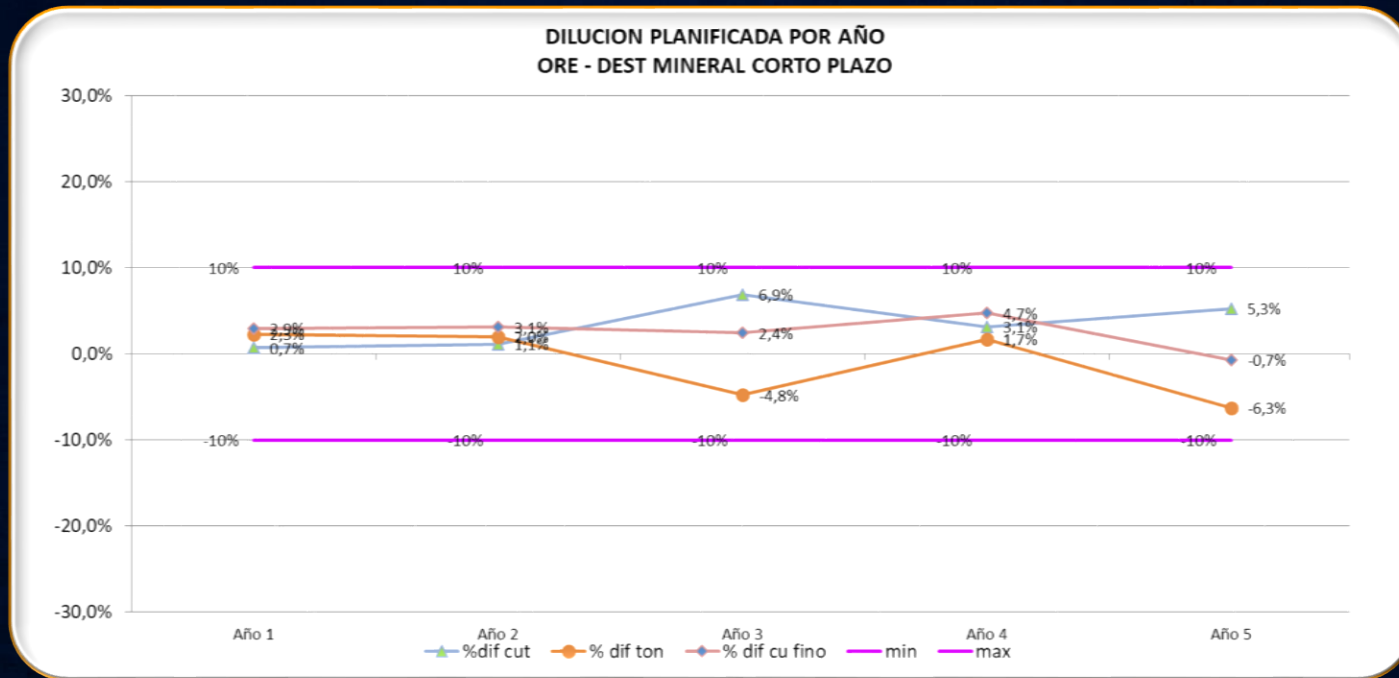


Figura 33. Resultados de la Dilución Planificada en el periodo de 4 años. Durante todo el periodo se ubica dentro del rango $\pm 10\%$ esperado (Fuente: Elaboración Propia).

2. Determinación de la Dilución Operacional

➤ 2.1. Seguimiento de variables operacionales.

➤ 2.1. Seguimiento de variables operacionales

Control de Despacho

Ciclos de Transporte											
Ident de Registro de Ciclo de Acarreo	Turno de Inicio	Turno de Carga	Unidad de Acarreo	Unidad de Carga	Cargar Ubicación	Nombre de Bloque	Material	Ubicación de Punto de Des-	Distancia Vacío (KM)	Distancia Vacío OEM (KM)	
1445146			T732	L307		2120F6BM17AB1SULF	HP	STOCK1		21.58	
1445316			T739	P9		2120F6BM17AB1SULF	HP	CHANC1	4.371	5.01	
1445317			T740	P9		2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	CHANC1	4.441	4.357	
1445318			T733	P9		2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	CHANC1	4.357	4.13	
1445319			T730	P9	2150_06_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	CHANC1	4.281	4.08	
1445320			T731	P9	2150_06_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	CHANC1	4.368	4.0	
1445321			T739	P9	2150_06_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	BOT_04B	4.367		
1445322			T721	L307	2150_06_01	2120F6BM17AB1SULF	HP	CHANC2		3.42	
1445323			T731	P9	2150_06_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	BOT_04B	4.361	4.77	
1445324			T721	L307	2150_06_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	BOT_04B		3.17	
1445325			T739	P9	2150_06_01	2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	BOT_04B	4.379	4.74	
1445326			T733	P9	2150_06_01	2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	BOT_04B	4.385	4.09	
1445327			T731	P9	2150_06_01	2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	BOT_04B	4.38	4.76	
1445328			T740	P9	2150_06_01	2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	CHANC1	4.457	4.76	
1445329			T721	L307	2150_06_01	2120F6BM17AB1SULF	HP	STOCK1		3.33	
1445330			T739	P9	2150_06_01	2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	CHANC1	4.369	4.73	
1445331			T733	P9	2150_06_01	2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	CHANC1	4.365	4.1	
1445332			T740	P9	2150_06_01	2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	BOT_04B	4.273		
1445333			T721	L307	2150_06_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	BOT_04B		3.24	
1445334			T740	P9	2150_06_01	2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	CHANC1	4.273		
1445335			T740	P9	2150_06_01	2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	CHANC1	4.456	4.85	
1445336			T731	P9	2150_06_01	2150F8M01AB3OXIDO	LAS	BOT_04B	4.365	4.79	
1445337			T739	P9	2150_06_01	2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	CHANC1	4.367	4.74	
1445338			T732	L307	2120_06_01	2120F6BM17AB1SULF	HP	STOCK1		3.58	
1445339			T733	P9	2150_06_01	2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	CHANC1	4.364	4.09	
1445340			T740	P9	2150_06_01	2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	CHANC1	4.368		
1445341			T721	L307	2120_06_01	2120F6BM17AB1SULF	HP	STOCK1		3.31	
1445342			T739	P9	2150_06_01	2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	CHANC1		4.71	
1445343			T732	L307	2120_06_01	2120F6BM17AB1SULF	HP	STOCK1		3.15	
1445344			T731	P9	2150_06_01	2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	CHANC1		4.0	
1445345					2150_06_01	2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	CHANC1	4.352	4.88	
1445346					2150_06_01	2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	CHANC1	4.355	4.83	
1445347					2120_06_01	2150F8M01AB3OXIDO	OXIDO	CHANC1	4.363	3.83	
1445348					2150_06_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	BOT_04B	4.365	4.73	
1445349			T732	L307	2120_06_01	2120F6BM17AB1SULF	HP	STOCK1		3.16	
1445350			T731	P9	2150_06_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	BOT_04B	4.348		
1445351			T733	P9	2150_06_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	BOT_04B	4.353	4.11	
1445352			T721	L307	2120_06_01	2120F6BM17AB1SULF	HP	STOCK1		3.78	
1445353			T740	P9	2150_06_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	BOT_04B	4.348	3.78	
1445354			T732	P9	2150_06_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	BOT_04B	4.343	4.15	

Figura 34. Desviaciones detectadas por el equipo de Control Mineral en el desarrollo del Control de Despacho (Elaboración Propia).

2. Determinación de la Dilución Operacional

- 2.1. Seguimiento de variables operacionales.
- 2.2. Medición de la Dilución Operacional.

➤2.2. Medición de la Dilución Operacional.

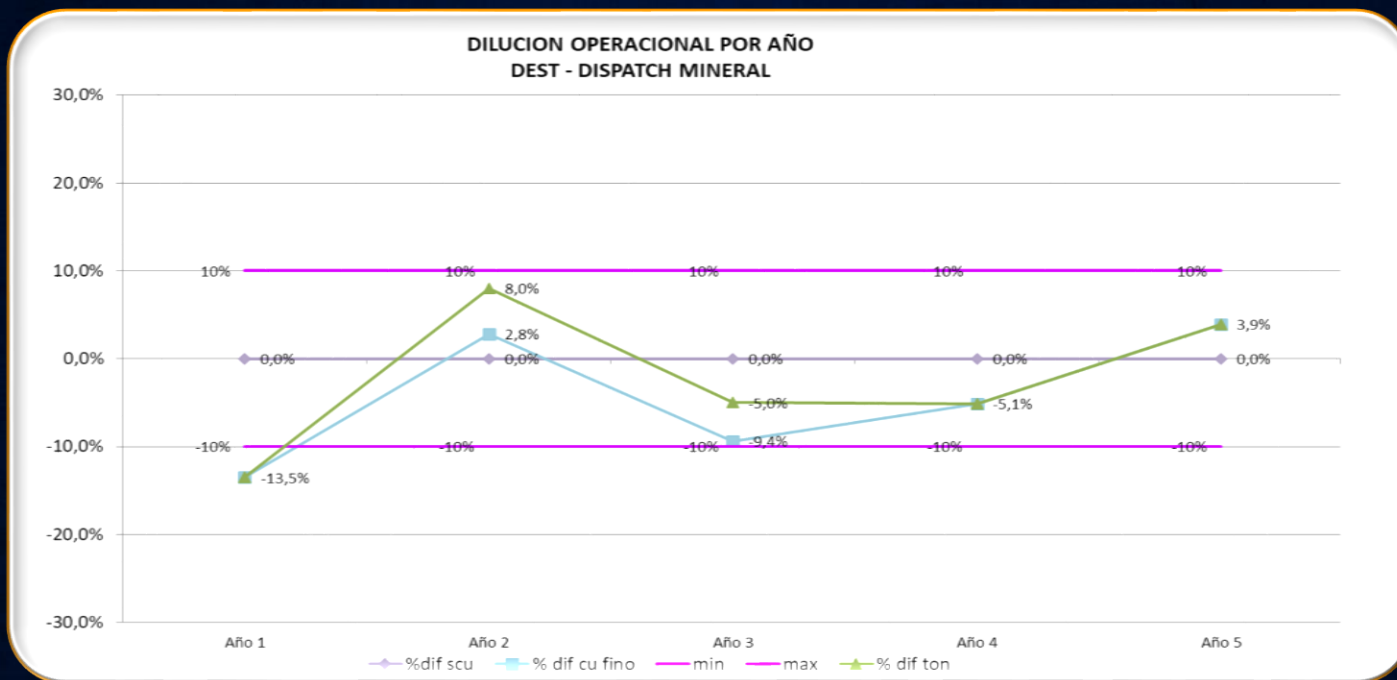


Figura 35. Resultados de la Dilución Operacional en el periodo de 4 años. Después del primero año se ubica dentro del rango $\pm 10\%$ esperado (Elaboración Propia).

3. Análisis Económico del Impacto de la Dilución Mineral

- 3.1. Evaluación económica de la dilución de un bloque de mineral.

➤3.1. Evaluación económica de la dilución de un bloque de mineral.

Bloque 10x10x15 metros

Densidad = 1.8Ton/M³

Ley = 0.35% CuT

Recuperación = 75%.

Precio de la libra de Cu = 3 USD

Costo operacional = 1.8 USD/Lb.

Alto x Ancho x Largo x Densidad = 5.952.481 Lb

Cu fino = $(5.952.481 \text{ libras} \times 0.35 \% \times 0.75)/100 = 15.625,2 \text{ Lb}$

➤3.1. Evaluación económica de la dilución de un bloque de mineral.

Ingreso = $15.625,2 \text{ Lb} \times 3 \text{ USD/Lb} = 46.875,7 \text{ USD}$

El costo total de extraer el Cu fue:

Costo operacional total Cu fino USD = $15.625,2 \text{ Lb} \times 1.8 \text{ USD/Lb} = 28.125,3 \text{ USD}$

Flujo de Caja USD = Ingreso USD – Costo operacional USD = $46.875,7 \text{ USD} - 28.125,3 \text{ USD} = \mathbf{18.750,4 \text{ USD}}$

3. Análisis Económico del Impacto de la Dilución Mineral

- 3.1. Evaluación económica de la dilución de un bloque de mineral.
- 3.2. Comparación en el impacto económico de la dilución mineral v/s costo de producción.

►3.2. Comparación en el impacto económico de la Dilución Mineral v/s Costo de Producción

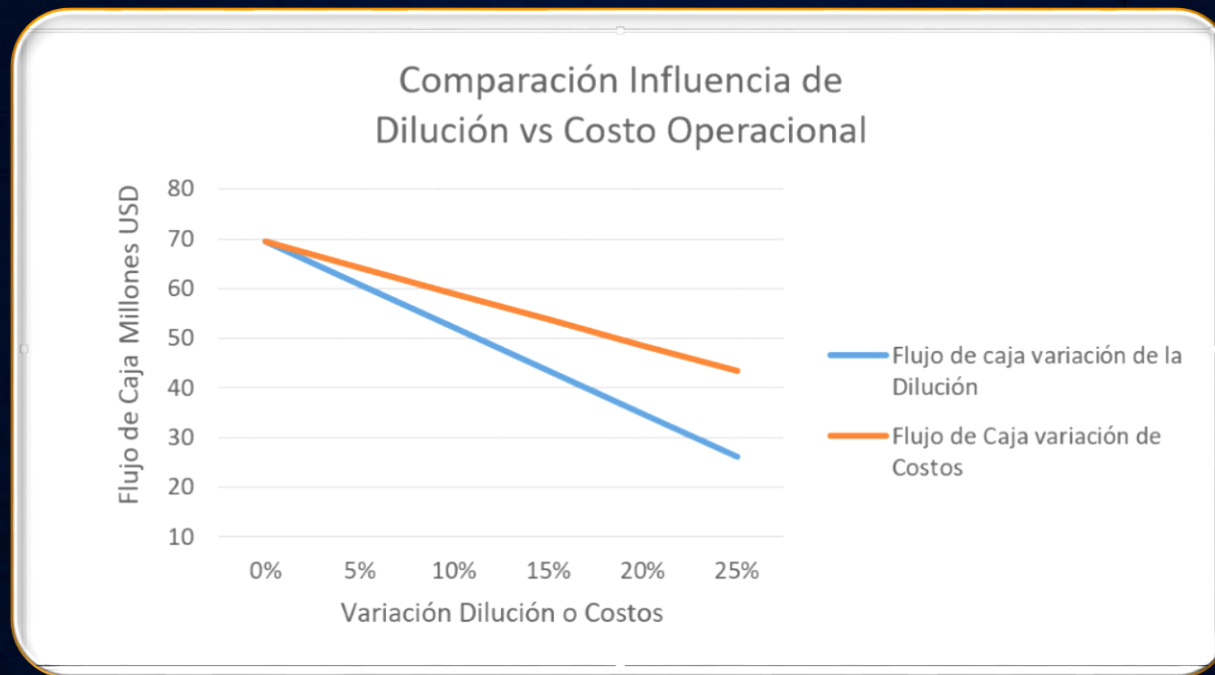


Gráfico 1. Datos comparativos del impacto en el flujo de caja por la variación en un 5% en la Dilución Mineral y en los Costos Operacionales, en el procesamiento de 100.000 ton de mineral con una ley de 0.35% y recuperación de 75% (Fuente: Elaboración Propia).

- 1 Introducción
- 2 Marco Teórico
- 3 Metodología
- 4 Resultados
- 5 Discusiones

1. Estudios anteriores sobre la Dilución Mineral

- Aunque son escasos los estudios anteriores sobre la Dilución Mineral, esto representa una real oportunidad para seguir profundizando sobre este tema, tanto desde el punto de vista geológico como operacional.

2. Representatividad de la información geológica

- La revisión de los protocolos de muestreo de pozos de tronadura y localmente de la cobertura de muestreo en las mallas de perforación, indicaron que la información geológica utilizada fue representativa del macizo rocoso (en cantidad y calidad), siendo considerados para la actualización de los modelos de bloques solamente los sectores que fueron perforados y muestreados en su totalidad.

3. Validación de la información geológica

- El control de calidad (QAQC) de la información geológica, indicó que esta fue validada. Esto permitió la confiabilidad de esta información para el análisis de la dilución planificada, siendo el control de calidad, incorporado posteriormente como protocolo para la validación de toda información geológica.

4. Control de la Dilución Planificada

- Los resultados indican que las medidas implementadas (representatividad, validación, criterios de interpretación y medición) permitieron controlar en forma efectiva la generación de la Dilución Planificada. Diferencias locales respondieron más bien a variaciones en las predicciones de los modelos de la mineralización, que a falta de control y pérdidas durante la planificación.

5. Control de la Dilución Operacional

- Los resultados indican que el control de la Dilución Operacional fue efectivo posterior a la implementación de medidas de control operacional por parte de Geología. Anterior a este periodo, se podían reconocer diluciones mayores a $\pm 20\%$, lo que representa una mejora considerable.

6. Análisis económico del impacto de la Dilución Mineral

- El análisis económico determina que las pérdidas generadas por el proceso de Dilución Mineral, justificaron ampliamente la implementación de medidas de control geológico y operacional, representando uno de los ítems más importantes de pérdida de recursos durante las etapas de planificación y extracción.

7. Beneficios del control de la Dilución Mineral en el proceso productivo

El control de la dilución mineral influyó directamente en diferentes áreas:

- Geología: Aseguramiento de la información geológica modelada.
- Perforación y Tronadura: Desarrollo de tronaduras más eficaces.
- Operaciones Mina: Eficacia en la extracción y transporte.
- Operaciones Planta: Aseguramiento de la alimentación de mineral a chancado.

1	▶ Introducción
2	▶ Marco Teórico
3	▶ Metodología
4	▶ Resultados
5	▶ Discusiones
6	▶ Conclusiones

1. Dilución Mineral

- La Dilución Mineral fue un proceso de pérdida de recursos, que se generó como resultado de una serie de factores geológicos y operacionales. Conocer sus características, desde el punto de vista de vista geológico, permitieron implementar medidas de control para reducir su impacto.

2. Dilución Planificada

- Depende fundamentalmente de las características del macizo rocoso, de las zonificaciones minerales y del modelo de bloques; por ende, fue necesario controlar los factores que influyen en estas variables, como son la cantidad y calidad de información geológica, los criterios de interpretación y los parámetros de configuración del modelo de bloques.

3. Dilución Operacional

- Es determinada principalmente por variables operacionales; sin embargo, Geología pudo influir en su control, corrigiendo una serie de desviaciones en el origen y destino mineral, y de esta forma, asegurar el cumplimiento de los programas de extracción.

4. Conciliaciones

- Representa la herramienta de control más efectiva para Geología, ya que permitió determinar desviaciones en los modelos, variaciones en la Dilución Planificada y Operacional e incumplimiento en los planes de producción.

5. Impacto económico del control de la Dilución Mineral

- En el presente proyecto, se logró controlar la Dilución Planificada y Operacional, lo cual tuvo un impacto económico significativo, reduciendo las pérdidas económicas en varios millones de USD cada año.

- De Nicola, C.F. 2015. Dilución Operacional en Mina El Soldado, Región de Valparaíso. Memoria para optar al título de Ingeniera Civil de Minas. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ingeniería Civil de Minas. 77 p. Santiago.
- Ochante, 2009. Ley de corte, sus cálculos y aplicaciones. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.
- Revista ARQHYS. 2012. Simuladores para maquinaria pesada. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com. de <http://www.arqhys.com/casas/simuladores-maquinaria-pesada.html>.
- Ruiz, 2014. Aplicación de software libre para la estimación de recursos y para la evaluación técnica económica de las reservas minerales. Tesis para obtener el título de Ingeniero de Minas. Universidad Nacional de Piura. Facultad de Ingeniería de Minas. Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. 257 p. Piura.
- Sierra, 2013. Tecnologías Computacionales Aplicadas a Proyectos Mineros. Dirección regional de energía y minas. Moquegua.

Muchas Gracias.





Universidad
de Concepción



FACULTAD DE
Ciencias Químicas



CONTROL GEOLÓGICO EN LA DILUCIÓN MINERAL

Defensa para optar al Título de Geólogo

José Marcelo Rivas Oviedo

Profesor Guía : Msc. Abraham González Martínez
Profesores Comisión : Dr. Arturo Quinzio Sinn
Sr. Ramiro Bonilla Parra

Variables que influyen en el Cálculo de los Costos Operacionales.



Figura 27. Variables que influyen en el cálculo de la Costos Operacionales (Fuente: Ochante, 2009).

► Cálculo de la Ley de Corte.

$$\text{Ley de Corte} = \frac{(\text{Costo Mina} + \text{Costo Planta}) * 100}{((\text{Precio} - \text{Costo Re fino}) * \text{RM} * 2200)}$$





Control Geológico en la Dilución Mineral

José Marcelo Rivas Oviedo

Profesor Patrocinante: Msc. Abraham González Martínez

Profesores Comisión: Dr. Luis Arturo Quinzio Sinn
Sr. Ramiro Bonilla Parra

Resumen.

Uno de los aspectos críticos en la extracción mineral es la dilución mineral, la cual tiene un efecto directo en todo el proceso de producción. Diversos factores pueden generar e influir en ella y determinan el impacto económico de este proceso. La metodología utilizada para caracterizarla fue la validación de la información geológica en las bases de datos, los criterios en la definición de las zonificaciones minerales y en los modelos de bloques, más la implementación de controles geológicos y operacionales. Se utilizaron las conciliaciones como herramienta de control y se realizó un análisis económico para medir su impacto. Los resultados de esta evaluación muestran la importancia de la representatividad y validación de la información geológica del macizo rocoso base de los modelos de bloques y cómo influyen en la dilución planificada; y el control operacional, a través de la identificación y corrección de desviaciones durante este proceso, como herramienta para el control de la dilución operacional. Se determinó lo relevante del control geológico en los procesos de dilución planificada y operacional, y que la estimación de la pérdida económica justificó ampliamente este control, pues es uno de los fenómenos que más afecta a toda la extracción de mineral.

1 Introducción.

El proceso de extracción mineral tiene como objetivo separar desde el macizo rocoso la porción mineralizada del lastre, para ser enviada a planta y así permitir el proceso de obtención mineral. Una serie de factores influyen en el desarrollo adecuado de este proceso y determinan, en cantidades variables, una mezcla o pérdida de mineral de mejor y peor ley (y/o estéril). Esto se conoce como **dilución mineral**. En la primera etapa se genera la **dilución planificada** y en una segunda etapa la **dilución operacional**. Ambas tienen un efecto directo sobre la recuperación y pérdida de mineral. Por lo tanto, es necesario comprender cuáles son los factores que influyen en su desarrollo, sus implicancias, las posibles causas y efectos en el procesamiento mineral y las medidas de control por parte de áreas que son directamente responsables de la extracción y del negocio minero, como es el caso de Geología. El presente trabajo intenta resumir la experiencia en el área de geología de producción (grade y ore control), en yacimientos tipo pórfidos cupríferos y específicamente en el proceso de la dilución mineral, intentando definir los factores que influyen en su génesis, su impacto económico y determinar el control de las variables geológicas y operacionales en la extracción y la dilución en este tipo de yacimiento.

Objetivo General.

Identificar la relevancia del control geológico en la dilución mineral.

Objetivos Específicos.

1. Conocer los antecedentes y variables que influyen en los procesos de dilución planificada y operacional.
2. Determinar las medidas de control de la dilución mineral en el área Geología de Producción.
3. Cuantificar la dilución mineral y de esta forma determinar su importancia.

2 Marco Teórico.

Formulación del Problema.

En la etapa de grade control, se realiza la caracterización del macizo rocoso mediante las leyes y mapeos provenientes del muestreo de pozos de tronadura, sondajes y mapeos de bancos. Una mayor densidad espacial de muestras en las mallas de perforación y sondajes, estrictos protocolos de muestreo y controles de calidad (QAQC), definen y validan esta información, y dan forma al modelo de bloques de corto plazo. Este modelo de leyes, representa la base para la generación de las zonificaciones minerales y actualizaciones de las zonas minerales a interpretar geológicamente (primario, enriquecimiento fuerte, enriquecimiento débil, óxidos, mixtos o lixiviados), que a su vez representan los contactos de los cuerpos mineralizados que son reconocidos y mapeados en terreno.

Estas zonificaciones minerales determinan los diferentes destinos minerales a procesar (chancado, stocks o botaderos), según las leyes de corte establecidas en los planes mineros. Las características del modelo de bloques y su estimación, la morfología de los cuerpos mineralizados, la aplicación de criterios geológicos y operacionales adecuados durante las zonificaciones y la generación de polígonos de extracción, definen el desarrollo de la **dilución planificada**, es decir, una dilución por “diseño” (Figuras 1, 2 y 3).

En una segunda etapa, geología entrega las zonificaciones minerales al área de planificación mina y a despacho, quienes planifican y controlan la extracción y destinos de los materiales zonificados

mediante los polígonos de extracción, asignando de esta forma el origen, equipos de extracción, transporte, destino de materiales, y sus operadores.

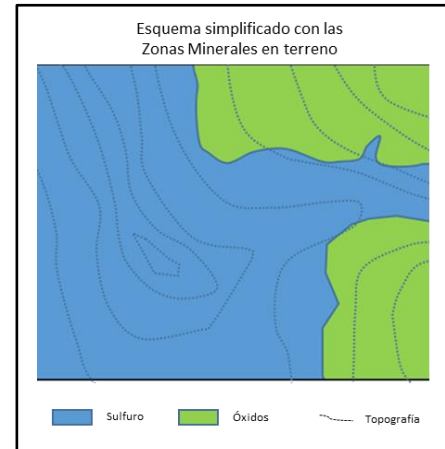


Figura 1. Esquema en planta de un área con mineralización de sulfuros y óxidos, representada como zonas minerales.

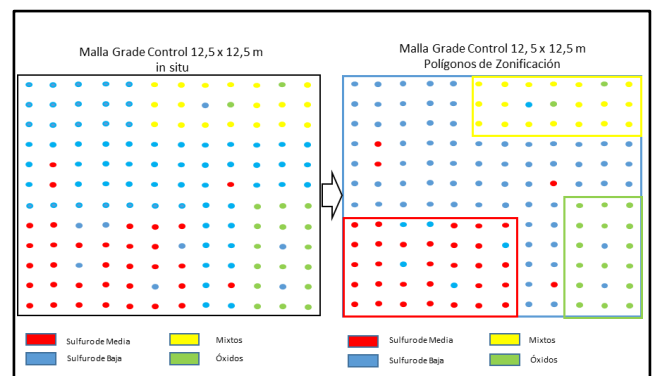


Figura 2. Representación de una mineralización como zonificaciones minerales utilizando pozos de tronadura y su influencia en la Dilución Planificada.

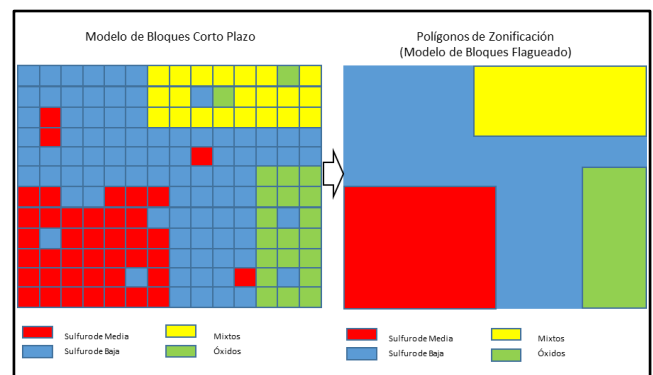


Figura 3. Representación de una mineralización como zonificaciones minerales utilizando el modelo de bloques de corto plazo y su influencia en la Dilución Planificada.

En este proceso, son variados los factores que influyen en la mezcla de materiales, dando origen a lo que se denomina **dilución operacional**. Factores como: la morfología del cuerpo mineralizado, calidad del macizo rocoso, desplazamiento por tronaduras, tipos y dimensiones de los equipos de extracción versus diseño minero, disponibilidad y calidad de los sistemas de posicionamiento georreferenciado (GPS), experiencia y capacitación de los operadores, entre muchas otras variables, determinan cuál es el grado de mezcla o dilución operacional entre los diferentes materiales incluidos en la extracción minera (Figura 4).

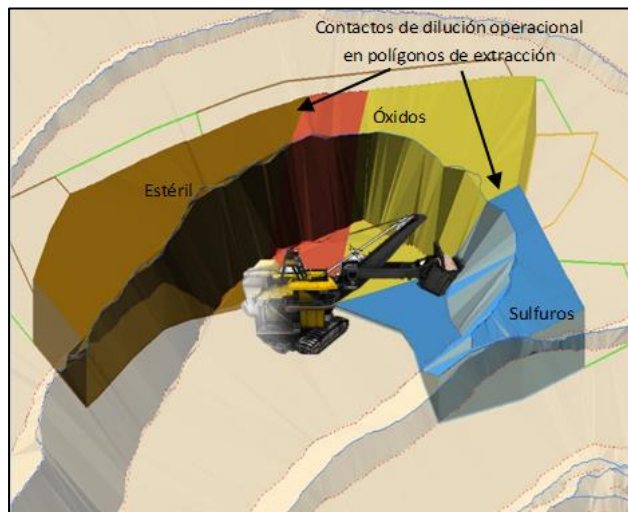


Figura 4. Dilución Operacional por mezcla de materiales según destino mineral en una frente de extracción.

En forma habitual, el proceso de extracción minera es responsabilidad del área de despacho mina, quienes realizan el monitoreo de los equipos y de los contactos entre los polígonos de extracción con los diferentes materiales zonificados, con el objetivo más bien de aumentar los rendimientos de flotas de carguío y transporte, que mejorar la calidad del carguío.

Sistemas de posicionamiento satelital de alta precisión han sido implementados (Figura 5), de tal forma de controlar en tiempo real la ubicación de cada equipo y los límites entre los materiales zonificados, con el objetivo de automatizar todo el proceso y reemplazar al antiguo control con marcaciones en terreno con estacas, que se realizaba en forma habitual en muchas faenas mineras (Figura 6).

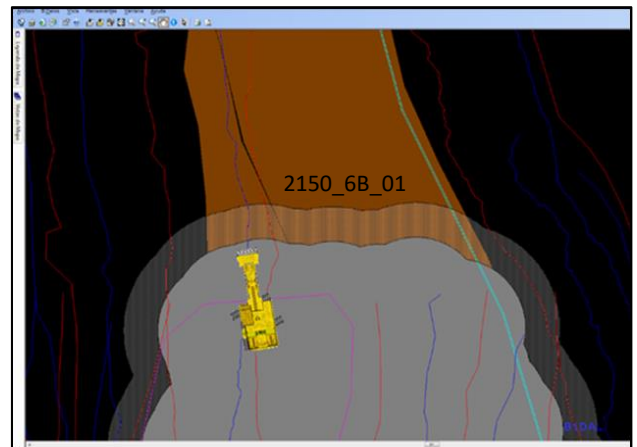


Figura 5. Control del sistema de alta precisión en polígonos de extracción.



Figura 6. Control de polígonos de extracción por marcación con estacas

El alto costo de implementación de este sistema de posicionamiento georreferenciado, además de problemas técnicos inherentes a la cobertura satelital en interior mina, el inadecuado funcionamiento del sistema en equipos mayores y la disponibilidad en aquellos que no poseen el sistema automatizado (cargadores, excavadoras y bulldozers) para la extracción y el carguío, hacen compleja la posibilidad del control operativo y aumenta la probabilidad de dilución por mezclas en las frentes de extracción. Además, se pueden presentar problemas de información durante la operación, como errores en la asignación de polígonos, origen y/o destinos de materiales en equipos de extracción y transporte. Desviaciones de esta naturaleza influyen directamente en un aumento de la dilución operacional si no existe un control adecuado de estas variables, lo que muchas

veces se produce porque, como se indicó, el foco es el rendimiento de los equipos, más que la calidad en la extracción.

En otro tema, es primordial desarrollar un control exhaustivo en la data numérica para la cuantificación de las diluciones. En este aspecto, las conciliaciones juegan un rol fundamental como herramienta de gestión geológica, permitiendo el análisis periódico de las diferencias entre los tonelajes y leyes de los avances de extracción v/s los planificados, controlando con ello las variaciones y desviaciones del proceso, y por ende, las diluciones. Por lo tanto, es posible realizar análisis y seguimientos de estas desviaciones e identificar las posibles fuentes de origen de las mismas en cada periodo (diario, semanal, mensual y anual), para luego tomar medidas de control, además de la posibilidad de corregir las estimaciones en base a estos resultados. En particular, en yacimientos tipo pórfido cuprífero, con sistema de explotación open pit, el rango de tolerancia para las diluciones debe variar, en el caso más favorable, entre $\pm 5\%$ y 10% , dependiendo del periodo que se considere la conciliación.

3 Metodología.

Para determinar la dilución planificada, fue necesario validar la calidad y la representatividad de la información geológica que se utiliza para los modelos de bloques de corto y mediano plazo. En primer lugar, en la etapa de grade control, se analizó la información geológica de los pozos de tronadura, identificando la cobertura de los muestreos en las frentes de extracción, las interpretaciones geológicas de las zonas minerales y el grado de certeza de las leyes de los muestreos de pozos de tronadura, mediante la revisión de los protocolos de muestreo y el análisis de control de calidad de los datos históricos en las bases de datos.

Se realizaron interpretaciones de las zonas minerales de los pozos de tronadura en forma semanal, las cuales fueron incluidas en la actualización del modelo de bloques y se determinaron las diferencias al cubicar los sólidos de extracción con los sólidos del plan de producción mensual.

Se realizó un cambio en la metodología de

interpretación del modelo de bloques y pozos de tronadura, incorporando este análisis a los diseños de las zonificaciones minerales, intentando con ello determinar diferencias o similitudes en la distribución de la mineralización incluidas (o excluidas) en las zonificaciones y su posterior influencia en la dilución planificada.

Finalmente, se midieron las diluciones planificadas por periodo, calculando la diferencia del tonelaje entre el mineral existente in situ u “ore”, según el modelo inicial (solo con pozos de tronadura) y después de la interpretación geológica u “destino” (zonificaciones), para lo cual fue necesario asignar (pisar) a los bloques del modelo (actualizándolos) los límites del cuerpo mineralizado interpretado y se verificó la diferencia en los tonelajes. Finalmente, se representaron los resultados gráficamente para analizar su tendencia.

Para cuantificar la dilución operacional, se realizó el seguimiento y control de algunas variables que influyen en esta desviación, como lo son: el estatus de asignación de equipos en su origen y destino, caídas y desviaciones en el sistema alta precisión, equipos sin el posicionamiento satelital y malas prácticas operacionales, de tal forma de realizar controles y correcciones a la extracción, carguío y descargas.

Por último, se realizó la medición de la dilución operacional, cubicando la diferencia del tonelaje entre el mineral reconocido en las zonificaciones “destino” (y actualizado en el modelo), v/s el extraído operacionalmente o “estadístico”. Además, se realizó un resumen de las diluciones anuales, para verificar la tendencia de los resultados.

Para medir el impacto económico de la dilución, se cuantificó el flujo de caja por la dilución de un bloque mineral, considerando un bloque tronado de 10x10x15 metros (medidas de un bloque del modelo de corto plazo estándar), con 1,8 Ton/m³ de densidad, ley de 0,35% CuT. La recuperación en un 75%. El precio de la libra de Cu en 3 USD y un costo operacional de 1,8 USD/Lb producida, de la siguiente forma:

Masa de 1 bloque = Alto x Ancho x Largo x Densidad
= 10 m x 10 m x 15 m x 1,8 Ton/m³ = 5.952.481 Lb.

$Cu\ fino = (T) \times (L) \times (R) / 100 = (5.952.481\ Lb \times 0,35\ \% \times 0,75) / 100 = 15.625,2\ Lb$

Si el precio estimado de la libra = 3 USD/Lb. El valor del bloque diluido sin incorporar el gasto operacional es:

$Ingreso = Cu\ Fino\ Lb \times Precio\ USD = 15.625,2\ Lb \times 3\ USD/Lb = 46.875,7\ USD$

El costo total de extraer el Cu fue:

$Costo\ operacional\ total\ Cu\ fino\ USD = Cu\ Fino\ Lb \times 1,8\ USD/Lb = 15.625,2\ Lb \times 1,8\ USD/Lb = 28.125,3\ USD$

Finalmente, se comparó el impacto económico que se generó al variar en un 5%, tanto la dilución mineral como el costo de producción (Tabla 1), el cual es un ítem ampliamente analizado y controlado en las compañías mineras en el proceso de producción.

4 Resultados.

En el control de la dilución planificada, los resultados del control de calidad de la data histórica de pozos de tronadura mostraron una validación de los estándares y blancos, quedando todos ellos entre los ± 3 desviaciones estándar (límites en color rojo Figura 7). El análisis se realizó en un periodo de 4 años. A pesar que el control de calidad se realiza en forma habitual para toda la información geológica ingresada en las bases de datos, fue importante el re análisis global de la data, para validar el modelo de corto plazo utilizado.

En la modificación en la interpretación del moldeo de bloques y pozos de tronadura, se observa un cambio en los diseños de las zonificaciones minerales, en donde se intentó complementar ambas informaciones. El objetivo de este ejercicio fue ajustar las líneas de diseño de las zonificaciones al modelo de bloques, utilizando además de manera complementaria la información de los pozos de tronadura, evitando en lo posible incluir bloques con diferente ley y destino mineral en una misma interpretación, prefiriendo el diseño con las líneas de corte simples, paralelas al modelo de bloques, evitando generar límites diagonales o en zigzag como se realizaba anteriormente (Figura 8).

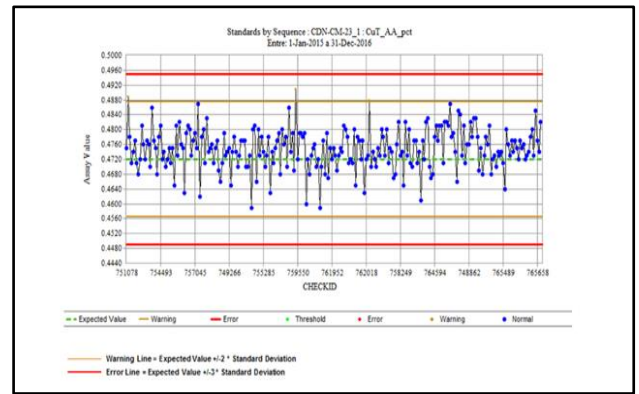


Figura 7. Validación de la data histórica de pozos de tronadura.

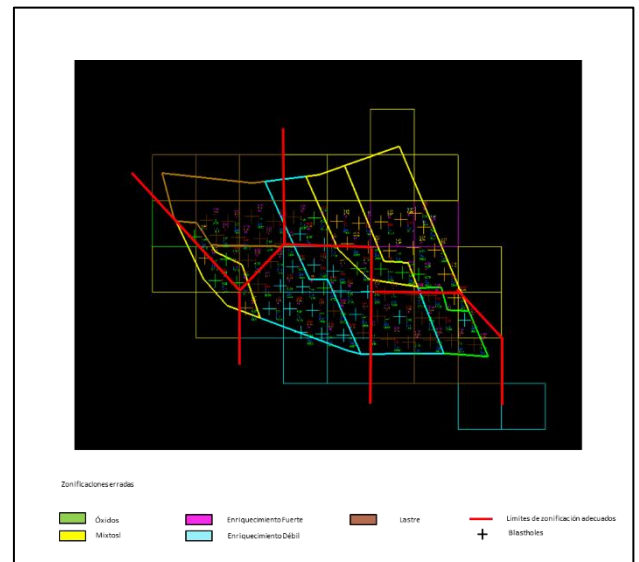


Figura 8. Cambio en el criterio de zonificación mineral, utilizando como base el modelo de bloques y en forma complementaria los pozos de tronadura.

Las interpretaciones semanales de las zonas minerales se incluyeron en la actualización del modelo mensual (Figura 9).

Los resultados de las diluciones planificadas por periodo, muestran que todos los valores se encuentran dentro de los rangos esperados de +10% (Figura 10), con algunas variaciones dentro del mismo periodo de tiempo.

En el seguimiento de las variables operacionales, se detectaron algunas desviaciones en el posicionamiento de equipos y asignación de polígonos de extracción, entre otras desviaciones (Tabla 2, final texto).

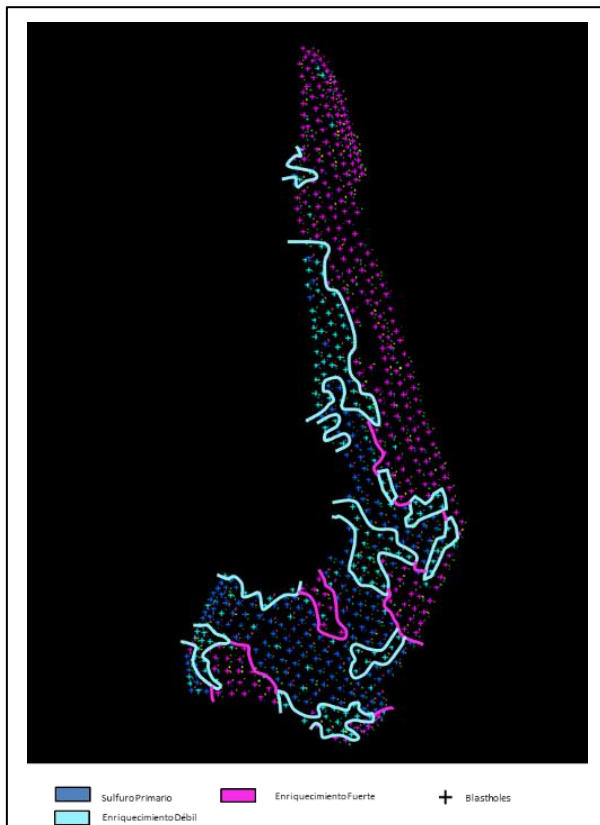


Figura 9. Interpretación de las zonas minerales en un banco X, utilizando pozos de tronadura para la actualización del modelo mensual.

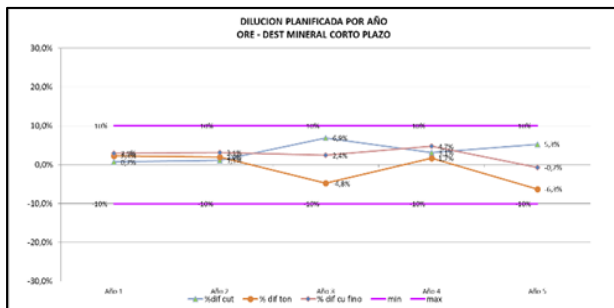


Figura 10. Diluciones planificadas anuales. Resultado en 4 años de análisis.

En acuerdo con el área de despacho, se designó a personal de Geología en el control directo de estas falencias, pudiendo intervenir en las correcciones mediante la reasignación de equipos, orígenes y destino de materiales, directamente en los sistemas de control y automatización de alta precisión en cada uno de ellos y/o en la central de control operacional (Ore Control). Se verificó además, la inexistencia de la automatización en los equipos de extracción menores y caídas del sistema satelital por falta de cobertura. Esto generó desviaciones de hasta 5 metros en el posicionamiento del balde y las

frentes de extracción en equipos mayores, e indeterminación en el posicionamiento de equipos menores en labores de rebajes de frente y saneamiento de paredes. Estas desviaciones fueron corregidas mediante este control.

Los resultados de la dilución operacional en el periodo analizado de 4 años, muestran una reducción desde más de $\pm 13\%$ a menos del $\pm 10\%$ (Figura 11) en la transición al segundo año de estudio. }

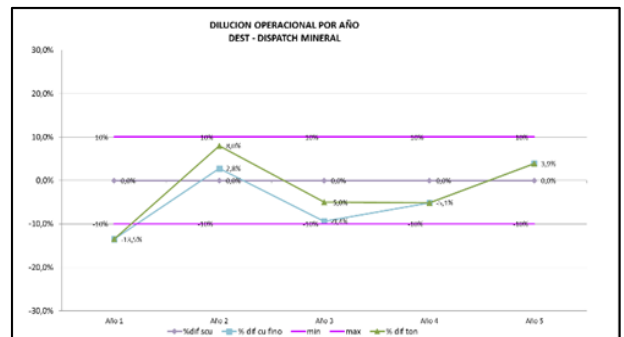


Figura 11. Diluciones operacionales anuales. Resultados en 4 años de análisis.

En otro ítem, el resultado del cálculo de flujo de caja por la dilución de un bloque de mineral de 10 x 10 x 15 metros, indicó que la pérdida económica fue:

$$\text{Flujo de Caja USD} = \text{Ingreso USD} - \text{Costo operacional USD} = 46.875,7 \text{ USD} - 28.125,3 \text{ USD} = \mathbf{18.750,4 \text{ USD}}$$

Finalmente, en el análisis comparativo entre la influencia de la dilución versus el costo de producción, se determinó que el impacto en el flujo de caja por la variación en la dilución es mayor que igual variación en el costo de producción (Gráfico 1).

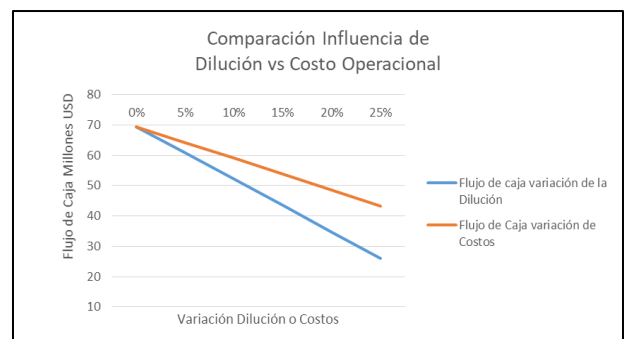


Gráfico 1. Datos comparativos del impacto en el flujo de caja por la variación en un 5% tanto en la dilución mineral como en los costos operacionales en el procesamiento de 100.000 ton de mineral con una ley de 0.35% y recuperación de 75%.

5 Discusión.

En minería y más aún en geología, la génesis e influencia de la dilución en el proceso de recuperación mineral es un tema no estudiado en gran profundidad, más aun si su desarrollo está relacionado en forma directa a un proceso tan crítico como lo es la extracción mineral. Por esta razón, es escasa o nula la información acerca de qué manera las características del depósito y la calidad del macizo rocoso influyen en la generación de las diluciones y su representación en los modelos de bloques, y además cómo influyen en la calidad de la extracción mineral y en la alimentación a planta. La necesidad de generar un mayor conocimiento de este fenómeno y su control geológico, es algo no siempre considerado desde la perspectiva operacional, sin embargo, la importancia de la información geológica en el proceso productivo, y en particular en el control de la calidad de la extracción, y por ende de la dilución, es clara, y adquiere cada vez mayor importancia; por lo tanto, se hace necesario seguir profundizando en su análisis, para dimensionar su verdadero alcance y desarrollar mayores y mejores controles.

En relación a la revisión de la información base del modelo de bloques de corto plazo, como factor clave que influye en las interpretaciones, y por ende en la dilución planificada, fue importante la representatividad de la información del macizo rocoso en el modelo de bloques (leyes y geología), pues permitió un mayor sustento en la estructura que definió el modelo. Esta mayor representatividad estuvo en función los protocolos de muestreo que fueron validados y de la cantidad de data disponible (cantidad de muestreos), ya que una escasa o nula cantidad de datos (pozos no perforados y/o no muestreados), repercutieron en interpretaciones y estimaciones parciales y erróneas, siendo representada solamente por información distante (en la vertical y horizontal) y no cercana al banco como corresponde para realizar una interpretación adecuada. Por lo tanto, se debió tener la seguridad del sustento de la información geológica que alimentó al modelo de bloques, tanto en cantidad como en su calidad, requiriendo la incorporación de la mayor cantidad de data posible en terreno. Esto influyó directamente en una mejor interpretación durante la generación de las zonificaciones, en

donde fue de suma importancia los criterios de interpretación, asegurándose que se aplicaron tanto criterios geológicos y operacionales, considerando con ello el avance de la extracción, siendo esto un aspecto crítico que influyó tanto en la dilución planificada como en operacional. No dejando de la lado la inclusión de la información de los pozos de tronadura en la misma interpretación, si existieron diferencias sustanciales con la información del modelo de bloques.

La incorporación de las interpretaciones de las zonas minerales en la generación del modelo mensual, también mejoró la representatividad de la información geológica en el modelo de bloques. Esto permitió, en primer lugar, la actualización de la estructura del modelo de bloques en base a información geológica reciente; y en segundo lugar, un seguimiento de los contactos de las zonas minerales, permitiendo con ello, realizar proyecciones en los contactos de las zonificaciones y que las mismas tuvieran mayor congruencia con la información geológica de los límites de los cuerpos minerales mapeados en terreno (y en pozos de tronadura). Esto tiene gran importancia pues además permitió con posterioridad, utilizar las interpretaciones derivadas de las zonificaciones en los modelamientos geológicos de las zonas minerales, proceso que no se había realizado con anterioridad.

Como resultado del análisis del control de calidad de la data histórica de pozos de tronadura, se observó que todos ellos se encontraban dentro de los rangos esperados y validaban la información base de los modelos de bloques de corto y mediano plazo. De esta manera, se aseguró la calidad de la información para los criterios de análisis y la generación de las zonificaciones. Además, permitió asumir como adecuados los protocolos y procedimientos implementados en la captura y procesamiento de la información geológica, que sustentó las bases de datos y los modelos geológicos.

Las fluctuaciones locales en las mediciones de la dilución planificada en el últimos 3 años, se relacionó más bien a variaciones en la predicción de los modelos y sus contactos (pisos de mineralización), y que generó sobre y subestimaciones de estos modelos, más que a

problemas con la información base de los mismos y/o desviaciones en los diseño de las zonificaciones. Por esta razón, los cambios en los criterios de zonificación, contrariamente a lo que se esperaba, no mostraron gran influencia en la generación de esta dilución. Sin embargo, el análisis general determinó que la dilución planificada se controló en forma efectiva durante el periodo de análisis.

En el caso de la dilución operacional, se observa una mejora en su resultado en la transición al segundo año de implementación del control mineral; después de lo cual, la dilución se mantuvo constante dentro de los rangos esperados. En este aspecto, fue crucial la implementación de una serie de medidas de control, las cuales permitieron lograr una reducción en la dilución hasta un intervalo de $\pm 10\%$. Esto refleja en definitiva, una importante mejora en el control de proceso por parte de geología, sin considerar que en periodos iniciales de extracción, en donde las leyes de corte y los recursos minerales eran obviamente mayores, las diluciones se podían encontrar sobre el $\pm 20\%$, lo cual influyó directamente en pérdidas económicas importantes por este concepto. A diferencia de la dilución planificada, en esta variable al parecer sí influencia de mayor manera el cambio en los criterios de la zonificación, ya que incluyó en el análisis de variables operacionales, como disposición de los bancos y el avance de los equipos de extracción. Además, de evitar la dilución mineral entre límites de zonificación por sus mejores diseños en todos los bancos.

El análisis económico de las pérdidas por la dilución, justifica firmemente la implementación de controles que se desarrollaron por parte de geología. Por estas razones, se plantearon alternativas y prácticas en el control operacional que permitieron detectar y corregir en forma temprana una serie de desviaciones en asignaciones y posicionamiento de la extracción en el sistema automatizado. Sin embargo, y en cualquier eventualidad, para evitar desviaciones originadas por fallas locales en el posicionamiento de equipos con o sin el control automatizado en las zonas de extracción, se planteó continuar con las marcaciones de las zonificaciones en terreno con el procedimiento clásico de estacas, lo cual fue bastante útil.

Los resultados de las diferencias en el flujo de caja por la variación en un 5% en la dilución mineral y en el costo operacional, permitieron determinar que la dilución tiene mayor impacto económico que uno de los factores más analizados y controlados en este proceso, como lo es el aumento en los costos operacionales. Por esta razón, se validó la importancia de considerar el proceso de dilución mineral como crítico, haciendo necesario implementar estrictas medidas de control durante las etapas de grade y ore control, que permitieron reducir la probabilidad de su ocurrencia y aminorar su impacto económico.

En definitiva, la predicción y reducción en la dilución mineral, tanto planificada como operacional, permitió un mejor control del proceso productivo en su conjunto, permitiendo mejoras que influyeron en forma directa a todas las áreas:

1. Geología. Se aseguró el control de extracción y destino de los materiales zonificados. Se mejoraron las conciliaciones diarias, semanales y mensuales, del estadístico de extracción versus cubicados de los sólidos de extracción. Permitió el control de los materiales de botaderos y stocks, impidiendo que los materiales con mineral fueran asignados en forma errónea a botaderos.
2. Perforación y Tronadura. Se evitó la extracción de frentes sin tronar, con la consecuente pérdida de pozos perforados y se evitó eventuales condiciones inseguras de trabajo para el carguío de explosivos.
3. Operaciones Mina. Permitió el control del correcto posicionamiento de sistemas automatizados de posicionamiento, permitiendo informar posibles desviaciones en equipos con este sistema; y en definitiva, el cumplimiento de los planes de extracción diarios, semanales, mensuales y anuales
4. Operación Planta. Se aseguró la alimentación de mineral sin dilución, favoreciendo una correcta recuperación del mineral y el cumplimiento de los planes de producción

6 Conclusiones.

La dilución es un proceso que se forma como resultado de una serie de factores en las etapas de planificación y extracción mineral, y donde los parámetros geológicos y operacionales juegan un papel crítico. Conocer desde el punto de vista geológico, cuál es su origen y sus consecuencias directas, permiten implementar medidas de control para reducir su impacto en los planes de producción y en la recuperación económica.

A pesar que la dilución planificada depende en gran medida de factores que determinan el modelo de bloques, donde la evaluación económica y minera son la base de su diseño, una serie de factores y criterios geológicos influyen directamente en su desarrollo y control. La validación y representatividad de la información geológica del macizo rocoso en la etapa de muestreo y análisis de leyes, así como la caracterización geológica y los protocolos de reconocimiento, análisis y modelamiento de las zonas minerales, son fundamentales para los criterios de zonificación mineral, lo que a su vez tiene influencia directa en los modelos de bloques y en la dilución planificada.

En el caso de la dilución operacional, despacho mina es quién tiene la principal responsabilidad en el control de la extracción; sin embargo, Geología tuvo la posibilidad de hacer seguimiento de los polígonos de extracción, que derivan de las zonificaciones, determinando y corrigiendo desviaciones operacionales, como apoyo al control mineral y asegurando que la mezcla de los materiales zonificados en la extracción sea lo menor posible, como control directo a la dilución operacional.

Las conciliaciones representaron una herramienta de gestión muy efectiva para geología, ya que permitieron monitorear el desempeño, mejorar las estimaciones de cumplimiento de los planes, determinar las desviaciones y obtener un mejoramiento continuo en la búsqueda del control de las diluciones planificadas y operacionales. En este sentido, la obtención de resultados desfavorables, permitieron en una primera etapa, determinar que los recursos estaban siendo

desaprovechados, generando el incumplimiento de los programas de producción, y por lo tanto, la generación de pérdidas económicas que afectaron a todo el negocio de la compañía; mientras en una segunda etapa, se mantuvo el control de estas desviaciones y se redujeron las pérdidas.

El control geológico generó de manera concreta, reducir la dilución mineral en rangos aceptables dentro del rango $\pm 10\%$, permitiendo con ello a Geología, participar en forma directa en todo el proceso de control e influir en la reducción de las pérdidas económicas por este concepto en varios millones de USD cada año. Lo anterior adquiere una relevancia aún mayor, si se considera actualmente una disminución paulatina en las leyes y reservas del mineral, con un aumento sostenido en los costos de producción

7. Referencia.

De Nicola, C.F. 2015. Dilución Operacional en Mina El Soldado, Región de Valparaíso. Memoria para optar al Título de Ingeniera Civil de Minas. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ingeniería Civil de Minas 77 pp. Santiago.

Tabla 1. Datos comparativos con rangos en variación en un 5% de la dilución v/s los costos operacionales en el procesamiento de 100.000 Ton. de mineral con una ley de 0,35% y recuperación de 0,75%.

	Unidad\Dilución	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Toneladas Procesadas	Ton	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Toneladas Mineral	Ton	100.000	95.000	90.000	85.000	80.000	75.000
Toneladas Esteril	Ton	0	5.000	10.000	15.000	20.000	25.000
Ley de Corte	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Recuperación Planta	%	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Precio del Cu	USD/Libra	3	3	3	3	3	3
	USD/ton	6.612	6.612	6.612	6.612	6.612	6.612
Ingresos	USD	173.565.000	164.886.750	156.208.500	147.530.250	138.852.000	130.173.750
Costos Operacionales/Ton	USD/libra	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
		3.967	3.967	3.967	3.967	3.967	3.967
Costos por Dilución	USD	104.133.750	104.133.750	104.133.750	104.133.750	104.133.750	104.133.750
Flujo de caja variación de la Dilución	USD	69.431.250	60.753.000	52.074.750	43.396.500	34.718.250	26.040.000

	Unidad\Costos	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Toneladas Procesadas	Ton	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Toneladas Esteril	Ton	0	5.000	10.000	15.000	20.000	25.000
Ley de Corte	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Recuperación Planta	%	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Precio del Cu	USD/Libra	3	3	3	3	3	3
	USD/ton	6.612	6.612	6.612	6.612	6.612	6.612
Ingresos	USD	173.565.000	173.565.000	173.565.000	173.565.000	173.565.000	173.565.000
Costos Operacionales/Ton	USD/libra	1,8	1,89	1,98	2,07	2,16	2,25
		3.967	4.166	4.364	4.563	4.761	4.960
Costos Operacionales	USD	104.133.750	109.345.950	114.558.150	119.770.350	124.982.550	130.194.750
Flujo de Caja variación de Costos	USD	69.431.250	64.219.050	59.006.850	53.794.650	48.582.450	43.370.250

Tabla 2. Desviaciones comunes en ciclos de transporte por mal asignación, origen y destino mineral - lastre en equipos de Extracción.

Ident de Registro de Ciclo de Acarreo	Turno de Inicio	Turno de Carga	Unidad de Acarreo	Unidad de Carga	Cargar Ubicación	Nombre de Bloque	Material	Ubicación de Punto de Des-	Distancia Vacío (KM)	Distancia Vacío OEM (KM)
1445146	1	1	T732	L307		2120F6BM17AB1SULF	HP	STOCK1	4,371	21,58
1445147	1	1	T739	P9		2120F6BM17AB1SULF	HP	CHANC1	4,371	5,01
1445148	1	1	T740	P9		2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	CHANC1	4,441	4,41
1445149	1	1	T733	P9		2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	CHANC1	4,357	4,13
1445150	1	1	T730	P9	2150_84_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	CHANC1	4,281	4,281
1445151	1	1	T731	P9	2150_84_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	CHANC1	4,367	4,8
1445152	1	1	T739	P9	2150_84_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	BOT_04B	4,367	4,367
1445153	1	1	T721	L307	2120_66_01	2120F6BM17AB1SULF	HP	CHANC1	4,361	3,42
1445154	1	1	T731	P9	2120_66_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	BOT_04B	4,361	4,77
1445155	1	1	T721	L307	2120_66_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	BOT_04B	4,361	3,17
1445156	1	1	T739	P9	2150_84_01	2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	BOT_04B	4,379	4,74
1445157	1	1	T733	P9	2150_84_01	2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	BOT_04B	4,385	4,09
1445158	1	1	T731	P9	2150_84_01	2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	BOT_04B	4,38	4,76
1445159	1	1	T740	P9	2150_84_01	2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	CHANC1	4,457	4,76
1445160	1	1	T721	L307	2120_66_01	2120F6BM17AB1SULF	HP	STOCK1	4,371	3,33
1445161	1	1	T739	P9	2150_84_01	2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	CHANC1	4,369	4,73
1445162	1	1	T733	P9	2150_84_01	2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	CHANC1	4,365	4,1
1445163	1	1	T740	P9	2150_84_01	2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	BOT_04B	4,273	4,273
1445164	1	1	T721	L307	2120_66_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	BOT_04B	4,367	3,24
1445165	1	1	T740	P9	2150_84_01	2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	CHANC1	4,273	4,273
1445166	1	1	T731	P9	2150_84_01	2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	CHANC1	4,456	4,85
1445167	1	1	T739	P9	2150_84_01	2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	LAS	4,365	4,79
1445168	1	1	T739	P9	2150_84_01	2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	CHANC1	4,367	4,74
1445169	1	1	T732	L307	2120_66_01	2120F6BM17AB1SULF	HP	STOCK1	4,364	3,58
1445170	1	1	T733	P9	2150_84_01	2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	CHANC1	4,364	4,09
1445171	1	1	T740	P9	2150_84_01	2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	CHANC1	4,368	4,368
1445172	1	1	T721	L307	2120_66_01	2120F6BM17AB1SULF	HP	STOCK1	4,352	4,31
1445173	1	1	T739	P9	2150_84_01	2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	CHANC1	4,352	3,15
1445174	1	1	T732	L307	2120_66_01	2120F6BM17AB1SULF	HP	STOCK1	4,352	4,71
1445175	1	1	T731	P9	2150_84_01	2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	CHANC1	4,352	4,08
1445176	1	1	T739	P9	2150_84_01	2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	CHANC1	4,355	4,81
1445177	1	1	T732	L307	2120_66_01	2150F8M01AB30X0DO	OXIDO	CHANC1	4,355	3,83
1445178	1	1	T739	P9	2150_84_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	BOT_04B	4,355	4,73
1445179	1	1	T732	L307	2120_66_01	2120F6BM17AB1SULF	HP	STOCK1	4,352	3,16
1445180	1	1	T731	P9	2150_84_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	BOT_04B	4,348	4,08
1445181	1	1	T733	P9	2150_84_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	BOT_04B	4,353	4,11
1445182	1	1	T721	L307	2120_66_01	2120F6BM17AB1SULF	HP	STOCK1	4,348	3,78
1445183	1	1	T740	P9	2150_84_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	BOT_04B	4,348	4,78
1445184	1	1	T732	P9	2150_84_01	2150F8M01AB2LAS	LAS	BOT_04B	4,343	4,19

Sin asignación

Error en imputación