

**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA**

**RECURSOS Y NEGOCIOS MINEROS**







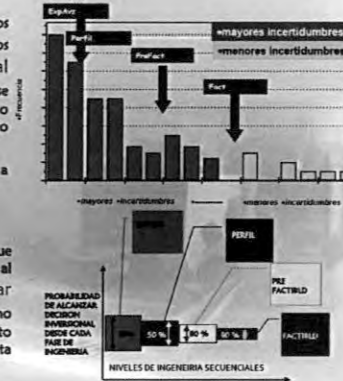


## INCERTIDUMBRES Y EL ESTATUS DE VALOR

Las mayores Incertidumbres se centran en los estudios preliminares, exploratorios, en los cuales el financiamiento corresponde a capital de riesgo. Las menores Incertidumbres se focalizan en los estudios de factibilidad o bancables en los cuales el financiamiento corresponde a capital Invernal.

Muchos estudios exploratorios no alcanzan a transitar hasta la etapa bancable.

Basado en este proceso secuencial que proporciona una mayor nivel de confianza al negocio minero, la probabilidad de crear y capturar valor económico como resultado de un progresivo y exitoso tránsito desde la exploración a la factibilidad - aumenta gradual y paulatinamente.

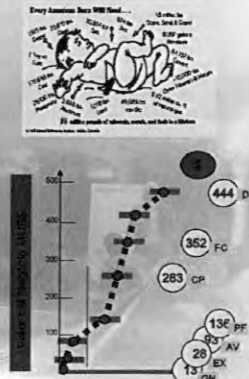


© Edmundo Tulcanaza

## INCERTIDUMBRES Y CREACIÓN DE VALOR

..... si las incertidumbres y los riesgos existen ¿ por qué entonces el interés en hallar, desarrollar, explotar, y transar activos mineros?

La aotación de Incertidumbres transforma el riesgo en oportunidades gatillando el crecimiento de valor de un prospecto minero que partiendo de 13MUS\$ puede elevarse a 93MUS\$ a 283MUS\$..... a 444 MUS\$ en un lapso de cinco a ocho años.



© Edmundo Tulcanaza

## CREACIÓN DE VALOR Y ESTÁNDARES



Para desarrollar y evaluar activos mineros es necesario una plataforma común de conceptos claros y una nomenclatura estándar sobre criterios y prácticas que respalden los prospectos de exploración, recursos y reservas mineras.

Esta es la exigencia mínima para informar públicamente sobre los activos mineros e impulsar un eficiente mercado de capitales en el sector minero.

Una plataforma implica adoptar, por parte de los sectores minero y financiero, un "Código" o Estándar que permitan a Personas Competentes, Calificadas, la certificación de prospectos de exploración, recursos, y reservas mineras.

El Código facilita su transparencia hacia los mercados y resguarda la confianza y fe públicas de acuerdo a estándares internacionales de la industria.

© Edmundo Tulcanaza

## CREACIÓN DE VALOR Y ESTÁNDARES

**CHILE**  
DEFINICIONES Y GUÍAS  
Código para la Certificación de Proyectos de  
Exploración, Recursos, y Reservas Mineras.

Ley 20.235

**AUSTRALIA**  
Australasian Code for Mineral Resources and  
Ore Reserves Reporting of Exploration  
Results.

The JORC Code

**CANADA**  
CIM DEFINITION STANDARDS  
On Mineral Resources and Mineral Reserves  
Prepared by the CIM Standing Committee on  
Reserve Definitions.

-National Instrument 43-101

**SOUTH AFRICA**

South African code for Reporting of mineral  
resources And mineral reserves.

- The SAMREC Code -

**EUROPEAN CODE**

Code for Reporting of Mineral Exploration  
Results, Mineral Resources and Mineral  
Reserves.

- The PERC Code -

**USA**

A Guide for Reporting Exploration  
Information, Mineral Resources, and Mineral  
Reserves

The SME

© Edmundo Tulcanaza

## CATEGORIZACIÓN Y VALORIZACIÓN DE ACTIVOS

DELINEACIÓN GEOCIENTÍFICA VIABILIDAD ECONÓMICA CONFIRMADA

DELINEADO CARECIERAMENTE	INFERIDO	X	Los Recursos Inferidos no generan Reservas
DELINEADO MODERADAMENTE	INDICADO	PROBABLE	Viabilidad Económica Medianamente Establecida
DELINEADO CON ALTA PRECISIÓN	PROBADO	RESERVA	Viabilidad Económica Razonablemente Establecida



La valorización de recursos y reservas está fuertemente asociada con el riesgo geológico y con los riesgos técnico-económicos.

Una de las actividades claves en la definición de recursos y reservas es la estimación y categorización de estos activos mineros

Categoría de Recursos y Reservas y valor "in-situ" estimado

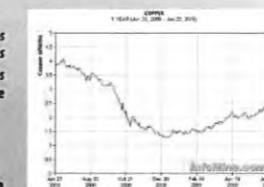


© Edmundo Tulcanaza

## IMPACTOS DEL MERCADO Y CONSECUENCIAS

Los recursos y reservas mineras constituyen activos afectos a incertidumbres y riesgos: Incertidumbres de sus características intrínsecas, y riesgos derivados de las volatilidades y fluctuaciones de los parámetros que definen un negocio minero.

La necesidad de valorizar activos afectos a variabilidades y desviaciones ha llevado al sector minero a privilegiar criterios de valorización sustentados en escenarios alternativos que detectan y equilibran, por una parte, las oportunidades y el potencial de un activo y, por otra, sus vulnerabilidades y sus riesgos.



© Edmundo Tulcanaza

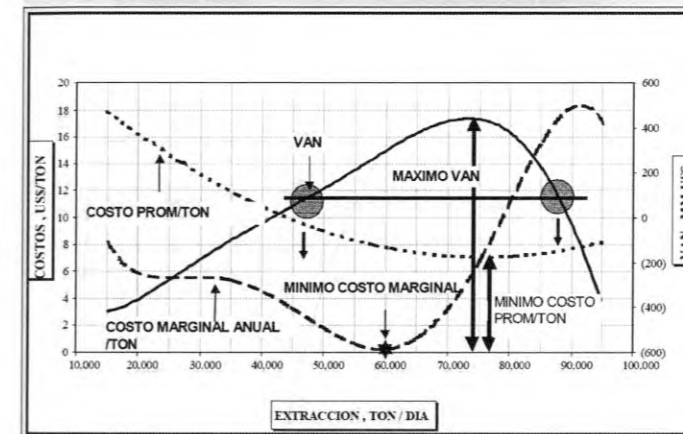


### PLANES MINEROS

Extracción	Producción	Inversión	Costo	Costo	Costo fijo	Costo var	Costo mg	Costo mg	Ingreso anual	Ingreso mg	Beneficio	Vida	Factor	VA	VAN
Ton/día	Ton/año	MMUS\$	US\$/ton	MMUS\$	MMUS\$	MMUS\$	MMUS\$	MMUS\$	MMUS\$	MMUS\$	MMUS\$	años	años	MMUS\$	MMUS\$
10,000	3,650,000	145	11.7	80	34	25	30	8.1	35	34	100	10.0	10.0	(364)	(503)
20,000	7,300,000	223	10.4	120	38	21	20	5.5	106	47	104	10.0	10.0	(144)	(354)
30,000	10,950,000	310	11.5	140	41	18	15	3.6	153	53	113	10.0	10.0	323	(187)
40,000	14,600,000	400	12.0	155	45	15	12	2.5	198	59	120	10.0	10.0	613	(107)
50,000	18,250,000	500	13.1	170	50	12	10	1.8	243	65	124	10.0	10.0	903	(10)
60,000	21,900,000	610	14.0	185	56	11	9	1.3	288	70	127	10.0	10.0	1,193	160
70,000	25,550,000	730	15.0	200	62	10	8	0.9	333	75	129	10.0	10.0	1,483	350
80,000	29,200,000	860	16.0	215	69	9	7	0.6	378	80	130	10.0	10.0	1,773	540
90,000	32,850,000	1,000	17.0	230	77	8	6	0.4	423	85	131	10.0	10.0	1,963	730
100,000	36,500,000	1,150	18.0	245	86	7	5	0.3	468	90	132	10.0	10.0	2,153	920

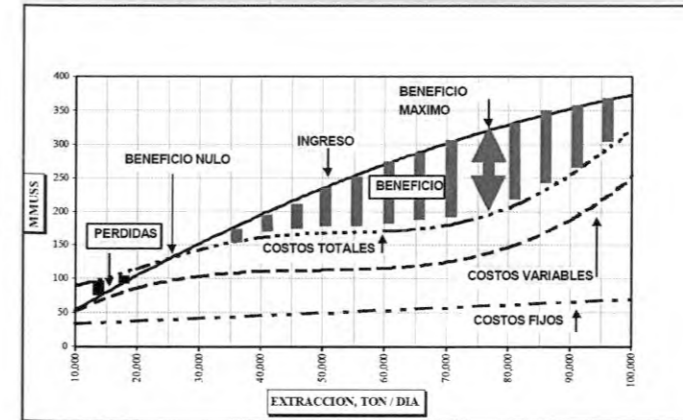
© Edmundo Tulcanaza

### PLANES MINEROS



© Edmundo Tulcanaza

### PLANES MINEROS



© Edmundo Tulcanaza





## UN EJEMPLO

- el Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, con el patrocinio del Ministerio de Minería preparó un Código para la Certificación de Prospectos de Exploración, Recursos, y Reservas Mineras (Nov 2002).
- 22 empresas mineras junto a entidades del sector, de la SVS, y del CRIRSCO permitieron finalizar y presentar el Código al Sr. Ministro de Minería en Diciembre 2003.
- este Código incorpora el carácter global de la minería actual y los códigos internacionales el carácter global de la minería actual y los códigos internacionales y existentes; las características esenciales de toda información: transparencia, materialidad, y competencia; el rol y los requerimientos de competencia los profesionales calificados en el área de los recursos y reservas.



© Edmundo Tulcanaza

## UN EJEMPLO

- a fin de institucionalizar el cumplimiento del Estándar Chileno en el contexto de los Mercados Financieros, de generar esta institucionalidad sobre la base del principio de auto-regulación, facultándola con poderes disciplinarios para responsabilizar y penalizar los profesionales calificados como competentes en casos de negligencias y malas prácticas llevaron al Ministerio de Minería y al Gobierno a patrocinar un proyecto de ley para crear una Comisión para la Certificación de Competencias en Recursos y Reservas Mineras y calificar las Personas Competentes.
- la Comisión se propuso como una corporación de derecho privado encargada de administrar el Registro Público de Personas Competentes; dictar y actualizar las normas para la preparación de los Informes técnicos, y supervisar las actuaciones de las personas competentes inscritas en el Registro, entre otras.
- esta Comisión tiene entre sus miembros a 5 instituciones: El Instituto de Ingenieros de Minas, el Colegio de Ingenieros, el Colegio de Geólogos, la Sociedad Nacional de Minería, y el Consejo Minero.

Biblioteca del Congreso Nacional

Identificación de la Norma:  
LEY 20.235  
Fecha de Publicación:  
31.12.2007  
Fecha de Promulgación:  
12.12.2007  
Órgano emisor: MINISTERIO DE MINERIA  
LEY NÚM. 20.235  
REGULA LA FIGURA DE LAS PERSONAS COMPETENTES Y CREA LA COMISIÓN CALIFICADORA DE COMPETENCIAS DE RECURSOS Y RESERVAS MINERAS  
Tercer orden presentado que el H. Congreso Nacional ha dado su aprobación al siguiente Proyecto de Ley:

© Edmundo Tulcanaza

## UN EJEMPLO

- **VISIÓN**  
Constituirse en la plataforma sobre la cual descansen los Estándares de Información, Reporte y Valorización de los Prospectos de Exploración, Recursos y Reservas Mineras del país.
- **MISIÓN**  
Registrar, promover y resguardar la calificación de Personas Competentes encargadas de informar, reportar y valorizar los activos mineros del país.
- **OBJETIVOS**  
Posicionar la Comisión como el referente en materias de información, reporte y valorización de activos mineros.  
Promover la mejor caracterización y definición de activos mineros, sean estos de prospectos y/o proyectos avanzados.  
Agrupar una masa crítica de profesionales calificados para validar la información sobre Recursos y Reservas Mineras.  
Mantener las mejores relaciones con las Organizaciones a cargo de registrar las Personas Competentes en Australia, Canadá, Sudáfrica, USA y Europa, miembros de CRIRSCO (Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards).  
Impulsar la Educación Continua especializada para los profesionales del Registro de Personas Competentes.

© Edmundo Tulcanaza









## Conceptos

- Por lo tanto las características que definen el negocio minero son :
  - Es un negocio de duración finita.
  - Es un negocio geográficamente estático.
  - Tiene prolongados períodos pre-inversionales y de construcción.
  - Es intensivo y de alto riesgo en capital.
  - Requiere personal altamente calificado.
  - Tiene productividad decreciente en el tiempo.
  - Precio tipo comoditi, depende de oferta y demanda

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Conceptos

Elemento Químico Mercado	Capacidad Planta (tramp)	Ley Unidad EQ ton	Fino Elemento Químico	Cotización de Mercado Fino Elemento Químico	Precio Mercado	Valor Total MUS\$
Cobre	100.000	1 (%)	1.000 (ton)	2.204.000 (Lb)	3,5 (US\$/lb)	7,7
Oro	100.000	1 (g ton)	100 (kg)	3.215 (Oz)	900 (US\$/Oz)	2,9
Plata	100.000	25 (g ton)	2500 (kg)	80.386 (Oz)	17 (US\$/Oz)	1,4
Diamante	100.000	1 (c ton)	7 (kg) 13 (kg)	35.000 (carats) 65.000 (carats)	150 (US\$/carat) 25 (US\$/carat)	4,3 1,6

Elemento Químico Mercado	Masa Comparativa (tón)	Valor de Venta (US\$)	Valor de Venta (\$)
Cobre	1	7.714	3.702
Oro	1	28.938	33.800.679
Plata	1	547,0	262,879
Diamante	1	262.500	6.940.000
		81.250	1.560.000

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## El Rol del Geólogo Economista en el Financiamiento Minero

- 1.- Comunicación con los inversionistas.
- 2.-Aspectos legales en una "Due Diligence"
- 3.-Modelos de Yacimientos en la Evaluación de Proyectos.
- 4.-Valorización de Activos Mineros
- 5.-Preparación de Informes.
- 6.-Ética y Conducta Profesional.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

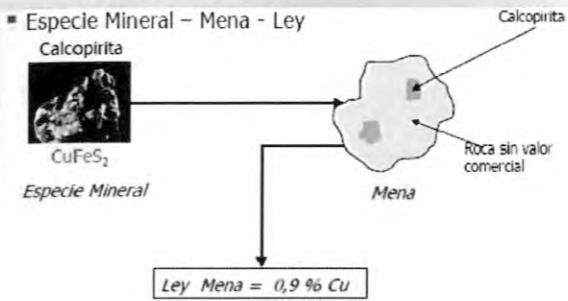
---





## Conceptos

### ■ Especie Mineral - Mena - Ley



La ley es el % de metal puro (Cu) contenido en una mena

## Etapas de un Proyecto Minero

Llegar a transformar un depósito de minerales en un yacimiento y operar como una mina no es tarea fácil. Consta de una serie de extensas etapas que demandan capital, tiempo, exactitud, rigurosidad y esfuerzo de un gran equipo humano, responsable de que todo resulte de la mejor forma en cada una de las etapas. En resumen estas son:

- **PROSPECCIÓN**
- **EXPLORACION**
- **EVALUACION DEL PROYECTO**
- **DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN**
- **PRODUCCIÓN o EXPLOTACIÓN**
- **CIERRE**

## Etapas de un Proyecto Minero

Tiempos asociados a un Proyecto Minero (Rajo abierto)

ITEM	ANOS
DESCUBRIMIENTO A EXPLORACIÓN	15
EXPLORACIÓN A FACTIBILIDAD	6
FACTIBILIDAD A PUESTA EN MARCHA	3,5
PUESTA EN MARCHA A PRODUCCIÓN NORMAL	0,5
TOTAL	25

## 1 b.-Estrategia y Captura de Información

### CAPTURA INFORMACION GEOLOGICA

ANALIZA  
COEXISTENCIA Y TEXTURA  
MINERALÓGICA

CARACTERÍSTICAS DE LAS  
ROCAS ENCAJADORAS  
RECIPIENTES DE LA  
DEPOSITACIÓN DE  
MINERALES

FENÓMENOS FÍSICO-QUÍMICOS TALES  
COMO LA OXIDACIÓN, EROSIÓN, Y OTROS  
AFECTAN LOS SISTEMAS MINERALIZANTES  
ALTERANDO PROFUNDAMENTE LA  
NATURALEZA INTRÍNSECA DE LA  
MINERALIZACIÓN Y LA LITOLOGÍA

LAS ESTRUCTURAS INFLUYEN EN  
LA CONTINUIDAD DEL  
FENÓMENO A CAUSA DE  
FRACTURAS, FISURAS, ZONAS DE  
TRANSICIÓN, Y CAMBIOS  
BRUSCOS DE MINERALIZACIÓN

EL AMBIENTE GEOLÓGICO DE LAS DEPOSITACIONES, LAS CONDICIONES FÍSICO-QUÍMICAS, LOS CONTROLES ESTRUCTURALES Y LA LITOLOGÍA INFLUYEN EN LAS MINERALOGÍAS Y SUS ALTERACIONES.

### Etapas



## Prospección

- El objetivo de esta etapa es lograr un conocimiento general del área de interés.
- Consiste en localizar anomalías geológicas en la corteza terrestre, en donde posiblemente pueda existir un depósito mineral.
- Las técnicas más usadas son:
  - Geología regional
  - Mapas, publicaciones, minas antiguas y presentes.
  - Geoquímica.
  - Geofísica.
  - Fotografías aéreas e imágenes satelitales.
- El éxito de esta etapa es el hallazgo de anomalías minerales.
- En esta etapa se desconoce el tamaño y el valor del depósito mineral encontrado.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Prospección



---

---

---

---

---

---

---

---

## Exploración

- El objetivo de esta etapa es lograr un conocimiento detallado del depósito mineral descubierto en la fase de prospección, limitado a un área más restringida.
- Consiste en delinear las dimensiones exactas y el enriquecimiento del depósito mineral, es decir el valor del depósito.
- Las técnicas más usadas son:
  - Sondajes diamantinos.
  - Muestreos de túneles, zanjas, caminos.
- La fase de exploración genera un modelo geológico y un modelo de recursos del depósito.
- En esta etapa se debe realizar un estudio de pre-factibilidad para tomar la decisión de seguir adelante con el proyecto.
- Si el estudio de pre-factibilidad es positivo, podemos decir que estamos en presencia de un Yacimiento.

---

---

---

---

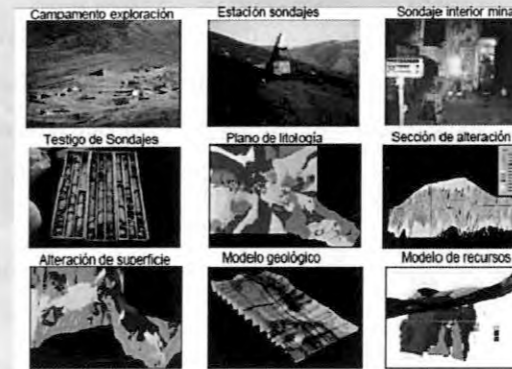
---

---

---

---

## Exploración



### 1c.-Exploración vs Adquisición

#### EXPLORACION Y DESCUBRIMIENTOS

- 1.- Al momento del descubrimiento, incluyendo aquellos mas importantes, se produce un impacto marginal en el valor De las acciones de las grandes compañías.
- 2.- El valor del descubrimiento a menudo impacta el precio de Las acciones posteriormente cuando el proyecto pasa a ser viable en este momento el efecto del descubrimiento puede Perderse debido a otros factores como el precio de los metales o problemas internos.
- 3.- Muchos descubrimientos en distritos conocidos son el resultado indirecto de un descubrimiento anterior. Esto a menudo no se valora debido al efecto del descubrimiento inicial.
- 4.- En un mercado normal, descubrimientos menores a medianos Por compañías pequeñas afectan el valor de sus acciones.
- 5.- Históricamente se sabe que las mayores rentabilidades para Los accionistas se ha originado principalmente por descubrimientos.

### BASES PARA UNA EXPLORACION EXITOSA

- 1.- Excelente capacidad científica y técnica
- 2.- Confianza de la organización
- 3.- Equipo reducido, emprendedor, motivado y de  
Conceptos geológicos-económicos definidos
- 4.- Claras guías económicas
- 5.- Marco legal adecuado

---

---

---

---

---

---

---

### ADQUISICIONES

Buenas adquisiciones deberían tener un impacto positivo  
En las ganancias de los accionistas siempre que se den  
Las siguientes condiciones:

- El costo de la adquisición es real.
- La adquisición baja los costos de producción  
De la compañía.
- La adquisición es íntegra con las operaciones  
existentes generando ahorros y mejorando la  
Rentabilidad del conjunto.
- La adquisición mejora la posición competitiva  
de la compañía o bien su posicionamiento en el  
mercado correspondiente.

---

---

---

---

---

---

---

### EXPLORACION VERSUS ADQUISICION o EXPLORACION + ADQUISICION

•- ACTUALMENTE SE CONSIDERA QUE UNA COMBINACION  
RACIONAL DE UN BIEN FUNDAMENTADO PROGRAMA DE  
EXPLORACION CON ADQUISICIONES BIEN EVALUADAS ES LA  
ESTRATEGIA MAS VENTAJOSA PARA OBTENER NUEVOS  
RECURSOS MINERALES.

•- UN BUEN EQUIPO DE EXPLORACION-EVALUACION ES  
ESENCIAL PARA ALCANZAR EL EXITO TANTO EN LAS  
ACTIVIDADES DE EXPLORACION COMO EN LA  
IDENTIFICACION Y ADQUISICION DE PROYECTOS  
CONOCIDOS, PREFERENTEMENTE EN SUS PRIMERAS ETAPAS  
DE EVALUACION.

---

---

---

---

---

---

---



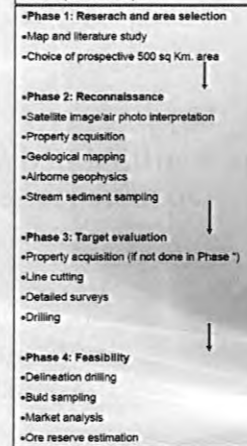
## El Proceso de la Exploración

Decisión estratégica	Generación de Targets	Definición de Targets	Confirmación de Targets	Descubrimiento y evaluación
Escritorio	Escritorio / Reconocimiento en terreno	Trabajo de terreno	Trabajo de terreno	Trabajo de terreno
País / selección de producto	10,000km <sup>2</sup>	1000 km <sup>2</sup>	100km <sup>2</sup>	10 km <sup>2</sup>
Senior staff	2-3 Staff	10 Staff	~30 Staff	~200 Staff
Sin muestras	Muestras preliminares / prospección, pros. aérea	Geofísica / Geoquímica, mapeo geológico	Sondajes de percusión	Sondajes con testigos / Pruebas metalúrgicas
Cero a bajo impacto	Bajo impacto	Moderado impacto	Alto impacto	Muy alto impacto

### • TYPICAL BASE METAL EXPLORATION PROGRAM



### • The Exploration sequence



**•Objetivos de la Exploración**

- Descubrir, Mantener o Aumentar las reservas a explotar las cuales constituyen el recurso básico para la minería.
- Crecimiento económico
- Diversificación
- Controlar las fuentes de las materias primas necesarias para el procesamiento de minerales y/o para regular los mercados.

---

---

---

---

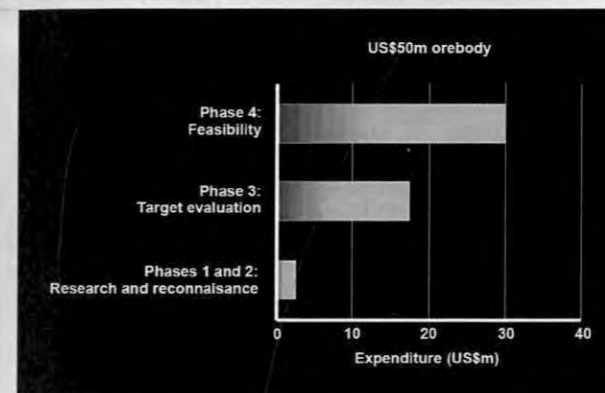
---

---

---

---

**•The four phases of exploration**



---

---

---

---

---

---

---

---

**2 b .-Identificación de blancos, prospectos, y proyectos**

---

---

---

---

---

---

---

---

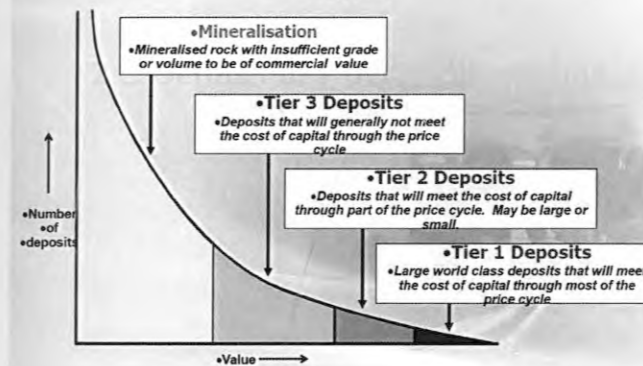


## Tipo de Yacimiento

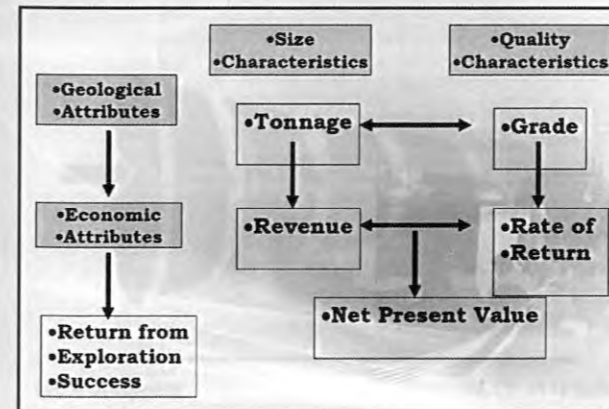
- Cobre (diseminado, vetas masivas, pórfidos, emplazados en sedimentos, skarns)
- Oro (diseminados, vetas)
- Minerales de Fierro (emplazados en sedimentos, skarns)
- Diamantes (en columnas, aluviales, marinos)
- Litio (salmueras, arcillas, pegmatitas)

### MINERAL DEPOSIT TYPES - TIER 1, 2 and 3

Classification portrays the natural size and grade distribution of mineral deposits



### Attributes of the Return From an Economic Deposit

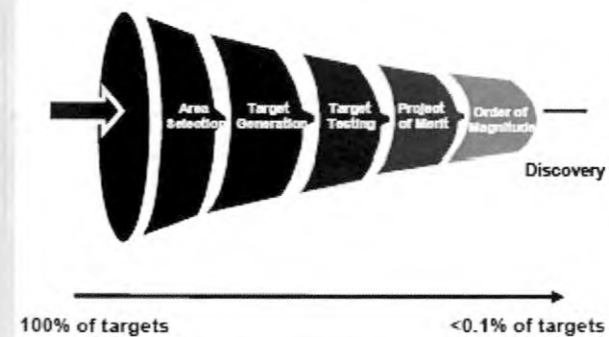


### Modelos de Yacimientos en la Evaluación de Proyectos.

- Alineación con la estrategia del inversionista: commodity , experiencia operacional
- Tamaño y ley enmarcados en las definiciones económicas de la inversión

### 2 c.-Definición y desarrollo de una cartera de activos

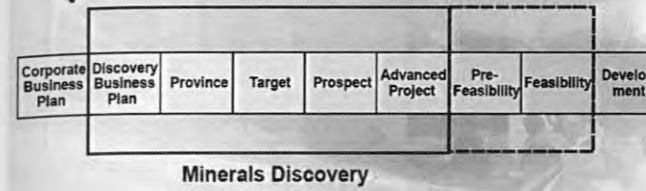
### Probabilidad de Descubrimientos



• Exploration PIPELINES AND RISK MANAGEMENT

• The Minerals exploration Pipeline

• In what has been a subjective and intuitive business, the main issues are  
 • how do we maximise value and measure performance?




---

---

---

---

---

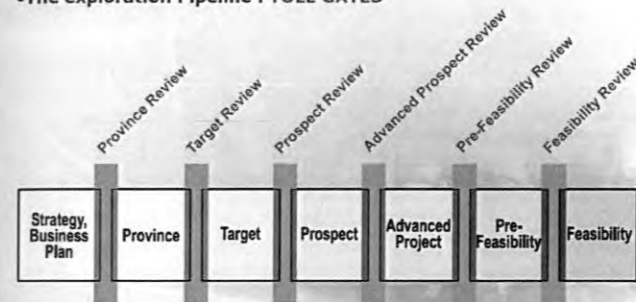
---

---

---

• Exploration PIPELINES AND RISK MANAGEMENT

• The exploration Pipeline : TOLL GATES




---

---

---

---

---

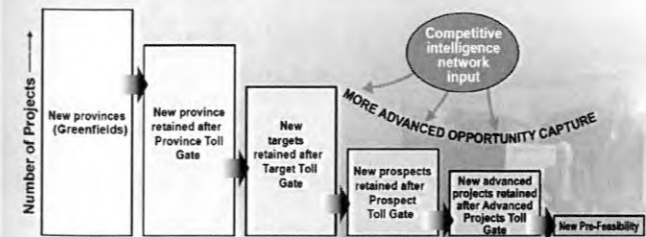
---

---

---

• MINERALS exploration PIPELINES AND RISK MANAGEMENT

• The exploration Pipeline : Risk minimization & opportunity capture  
 BHT / SEDEX Pb-Zn-Ag, IOCG



• Aim to have more "provinces" or "targets" feeding in at the front of the pipeline to maximise exploration opportunity and value creation

---

---

---

---

---

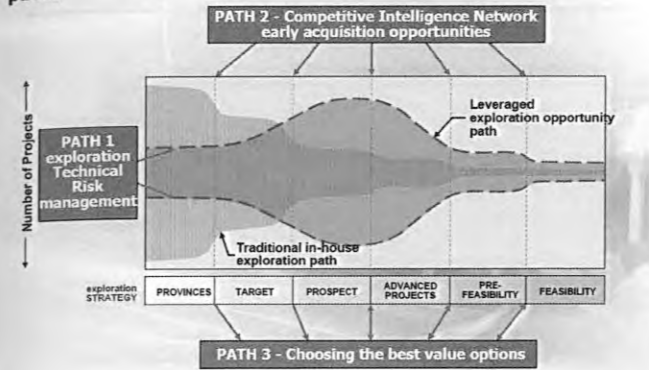
---

---

---

•Exploration PIPELINE

•Goal : Create a Prospect / Advanced Project "bulge" via three paths



---

---

---

---

---

---

---

---

CAPACITACIÓN SOBRE ESTÁNDARES INTERNACIONALES DE REPORTES  
TÉCNICOS, VALORIZACIÓN DE RESERVAS, PROYECTOS MINEROS, Y  
PLANES DE NEGOCIOS EN EL SECTOR MINERO

Planificación de los Estudios Geológicos  
La Exploración Geológica  
Identificación y Caracterización Geológica  
Modelamiento Geológico  
Del Recurso Minero al Proceso Metalúrgico

Consortio Capacitación en Certificación de Reservas  
Rocas y Minerales S.A. Edmundo Tulcanaza

## Recolección y Control de Calidad de Datos Geológicos

- 1.-Un punto de partida son los métodos de Muestreo y Exploración:
- • Sondajes: Diamante, Testigo, Núcleo; Aire Reverso; Percusión.
- • Trincheras
- • Galerías Subterráneas
- • Muestras geoquímicas

## Coal Sampling

Sampling coal properly is quite difficult and requires a knowledge of coal properties, coal analysis and coal mining.

We saw how coal is extremely variable:

In situ within the seam, the coal varies considerably from top to bottom because of the layering of different petrographic lithotypes

Once mined, the broken coal varies according to size due to the different textural features of the layers in the seam (large lumps are normally dull.

So sampling broken coal requires great care to ensure all of the lithotypes are correctly represented in the sample. If not, too much fine bright coal or too much coarse dull coal may be sampled badly biasing the sample for all tests.

Normally the best way to sample coal is by rotary sampling.

### Recolección y Control de Calidad de Datos Geológicos

2.-Todo esto se realiza con el objetivo de obtener Muestras e información geológica local

Establecer un estándar para informar públicamente sobre los recursos y reservas mineras

La información es clave para el éxito de los negocios mineros. Información transparente, específica, emitida con competencia.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Recolección y Control de Calidad de Datos Geológicos

3.-Geología y Datos de Exploración:

· La recolección de datos tiene que ser efectuada de manera sistemática y consistente

· Los datos tienen que ser interpretados y presentados en forma apropiada

· La interpretación debe ser razonable.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Recolección y Control de Calidad de Datos Geológicos

4.-Estos datos forman la base para todos los estudios siguientes:

-Mapas y Modelos Geológicos

- Estimación de Recursos

- Planificación Minera

- Planificación del Proceso

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3 a.-Descripción de la litología, mineralización, alteración



---

---

---

---

---

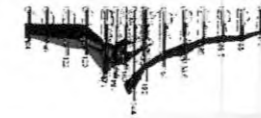
---

---

---

### Geología y Control de la Mineralización

- Conocimiento acabado de la geología local:
  - Litología
  - Alteración
  - Geología estructural
  - Mineralogía
- Análisis (Químicos, físicos, estructurales)
- Este conocimiento queda registrado en secciones y mapas



---

---

---

---

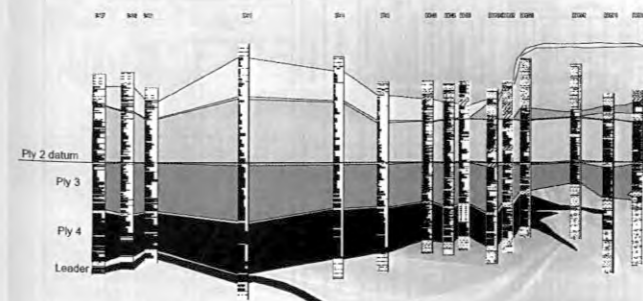
---

---

---

---

### Lithotype profiles can vary laterally across a coal seam relative to splits



---

---

---

---

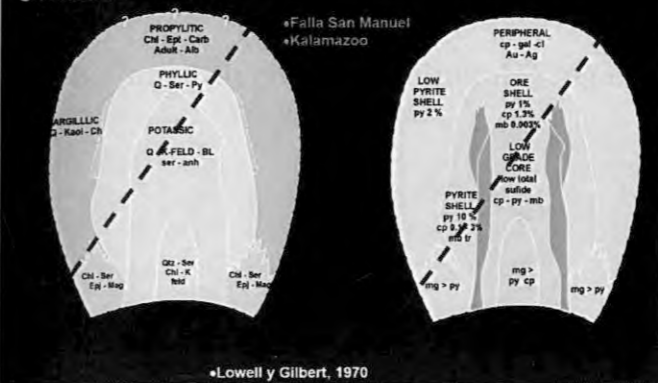
---

---

---

---

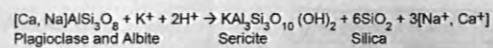
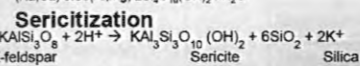
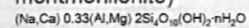
•LATERAL Y VERTICAL DESARROLLO DE MINERALIZACION Y ALTERACION HIDROTHERMAL EN UN COBRE PORFIDICO



•Lowell y Gilbert, 1970

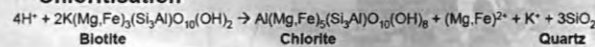
Wall Rock Alteration

• **Argillic** – clay minerals (dickite, kaolinite, pyrophyllite, montmorillonite)



• **Propylitic** – Characterized by chlorite, calcite and minor epidote. Mafic minerals highly altered and plagioclase less so

• **Chloritisation**



• **Carbonatation** – ppt'n of carbonates (calcite, dolomite, magnesite, siderite)

• **Potassic** – secondary biotite, orthoclase, chlorite

• **Silicification** – addition of silica (Quartz, chalcedony)

•Modelo Geológico: Consideraciones  
 •PROTOCOLO LOGUEO Y MUESTREO DE SONDAJES

METRAJE	NO. MUESTRA	% NEUTRALIZACION	LITOLOGIA	ESTRUCTURAS/VETAS	MINERALIZACION	% SULFURO TOTAL	MINERALOS DE INTERES	% Cu T	MINERALOS ALTERACION	LEYES	% Cu T	% Cu I	ppm As	ppm Pb	RANGO Cu T %	*ASERACIONES*
<b>•Zona de veta</b>																
712																
710																
708																
<b>•Zona de falla</b>																
702																
700																
698																



### 3 b.-Constituyentes del mineral, ganga, contaminante




---

---

---

---

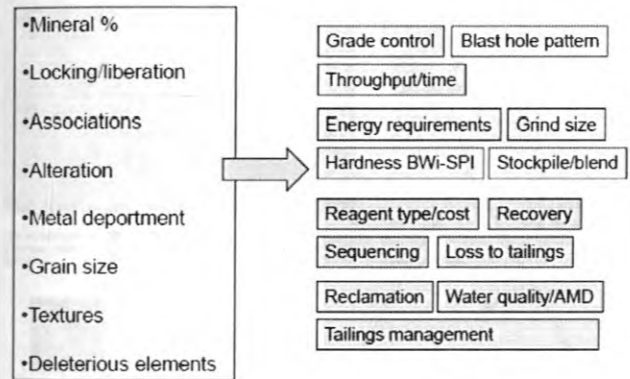
---

---

---

---

### Ore Parameters




---

---

---

---

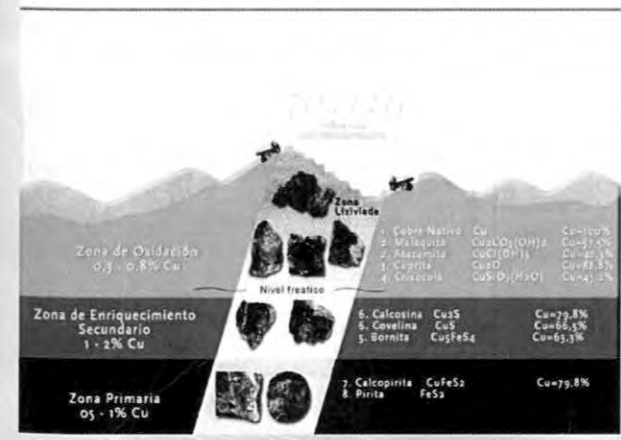
---

---

---

---

### Caracterización Mineralógica




---

---

---

---

---

---

---

---





---

---

---

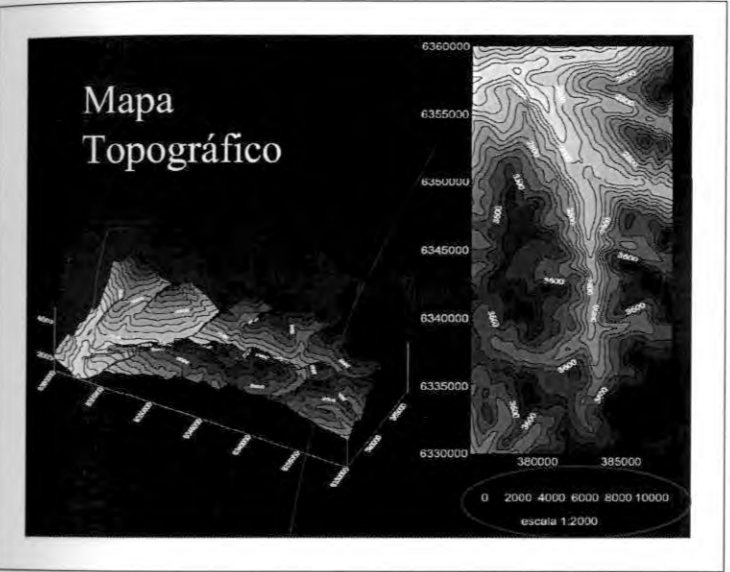
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

- 
- Herramientas
- Fotografía Aérea
  - Imágenes Satelitales
  - GPS
  - Sistemas de Información Geográfico (GIS)

---

---

---

---

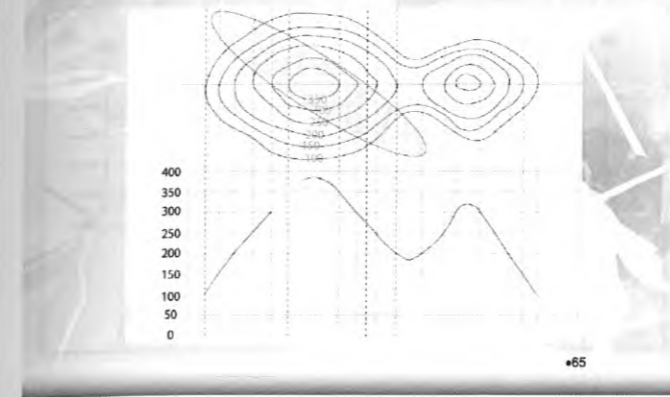
---

---

---

---

### Construcción de un Perfil



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Algunas definiciones

Muchas estructuras geológicas (ej., fallas, estratos, vetas, clivajes, foliaciones, dikes, contactos, discordancias, etc.) pueden ser idealizados como planos para efectos de representación. Una vez ubicada una estructura planar en un mapa topográfico, su orientación espacial (actitud) se especifica simplemente por un par de números: rumbo y manteo.

Traza de una estructura planar: Intersección entre la estructura planar y la superficie topográfica.

66

---

---

---

---

---

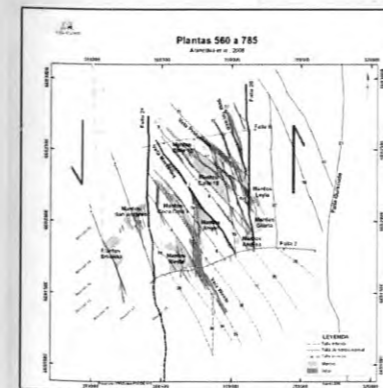
---

---

---

---

---



•RED INTERCONECTADA  
•DE FALLAS Y FRACTURAS

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



Planificación de los Estudios Geológicos  
La Exploración Geológica  
Identificación y Caracterización Geológica  
Modelamiento Geológico  
Del Recurso Minero al Proceso Metalúrgico

Consortio Capacitación en Certificación de Reservas  
Rocas y Minerales S.A. Edmundo Tulcanaza

- El modelo geológico es una vista integrada de la litología, alteración, mineralización y análisis, presentado en secciones y mapas a la escala adecuada
- El modelo geológico es la base para guiar la estimación de recursos y reservas



### Definición

Consiste en la representación bidimensional o tridimensional de un volumen de rocas. Este puede representar la litología, mineralización, alteración u otro tipo de característica geológica del macizo rocoso.

Es una parte fundamental en el procedimiento de estimación de reservas de un depósito.

Modelamiento Geológico

Ejemplos de Modelos

- Modelo Litológico
- Modelo de Alteración
- Modelo de Mineralización
- Modelo de Isoleyes

---

---

---

---

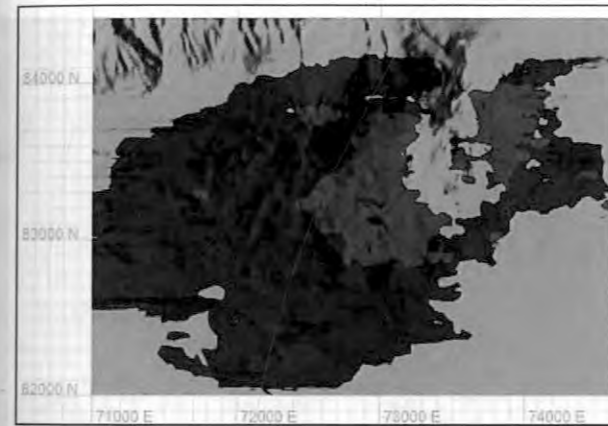
---

---

---

---

Modelo Litológico



---

---

---

---

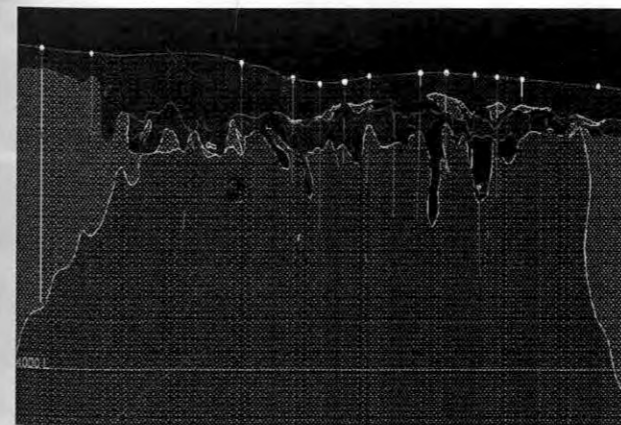
---

---

---

---

Modelo de Mineralización



---

---

---

---

---

---

---

---





## Conclusiones

- La creación de un modelo geológico es una de las primeras etapas en la estimación de recursos y requiere de un acucioso conocimiento del yacimiento y una base de datos validada.
- Dependiendo de los parámetros utilizados en el modelamiento, tal como cantidad de juegos de secciones, paredes compartidas y respetando el intercepto del sondaje, el modelo tendrá un menor o mayor grado de incertidumbre
- Es vital validar los modelos geológicos, ya que son una parte importante de la cadena que conlleva a la toma de decisiones en nuestro yacimiento

## 4 a.-Representación, interpretación y procesamiento de la información

## Métodos de Exploración

- Sondajes
  - Diamante, Testigo, Núcleo, etc.
  - Aire Reverso
  - Percusión
- Trincheras
- Galerías Subterráneas
- Geofísica

Todo esto con el objetivo de obtener Muestras y información geológica local











Control de Calidad de Datos  
Geológicos  
Preparados y validados

**4 b.-Confiabilidad de la información:  
materialidad y respaldos**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Datos Geológicos**

- La recolección de datos tiene que ser efectuada de manera sistemática y consistente
- Los datos tienen que ser interpretados y presentados en forma apropiada
- La interpretación debe ser razonable.
- Estos datos forman la base para todos los estudios siguientes
  - Estimación de Recursos
  - Planificación Minera
  - Planificación del Proceso

---

---

---

---

---

---

---

---

**TECNICAS DE MUESTREO**

- *Información sobre:  
La naturaleza y calidad del muestreo (canales, fragmentos al azar, otros) y de las medidas tomadas para asegurar la representatividad del muestreo*

---

---

---

---

---

---

---

---



### ¿QUÉ ES QA/QC?

#### Quality Assurance (QA)

1. El proceso de la evaluación regular del desempeño general de un proyecto, para asegurar que éste va a satisfacer los estándares requeridos.

2. Incluye toda la documentación colectada y requerida para demostrar y cuantificar la confiabilidad de los datos.

#### Quality Control (QC)

1. El proceso de monitoreo de resultados específicos de un proyecto para verificar que éstos cumplen con los estándares requeridos.

2. QC se usa para identificar y remediar un desempeño insatisfactorio, y por lo tanto debe ser llevado a cabo de forma inmediata y continua.

3. La evaluación de la calidad de los datos una vez completado o concluido proyecto no es control de calidad.

### Control de Calidad de Datos Geológicos

#### Control de Calidad (CC)

• El proceso de monitoreo de resultados específicos de un proyecto para verificar que éstos cumplen con los estándares requeridos.

• CC se usa para identificar y remediar un desempeño insatisfactorio, y por lo tanto debe ser llevado a cabo de forma inmediata y continua.

• La evaluación de la calidad de los datos una vez completado o concluido un proyecto no es control de calidad.

### Control de Calidad de Datos Geológicos

#### Garantía de Calidad (GC)

• El proceso de la evaluación regular del desempeño general de un proyecto, para asegurar que éste va a satisfacer los estándares requeridos.

• Incluye toda la documentación colectada y requerida para demostrar y cuantificar la confiabilidad de los datos.

• **Standards:** Usados para identificar y cuantificar la exactitud analítica y posibles sesgos (bias).

• **Bancos gruesos:** Identifican posible contaminación durante la preparación mecánica de las muestras.

• **Duplicados gruesos:** Cuantifican la precisión del proceso de preparación mecánica (error de preparación + error analítico)

• **Duplicados pulpa:** Cuantifican la precisión analítica (error analítico)

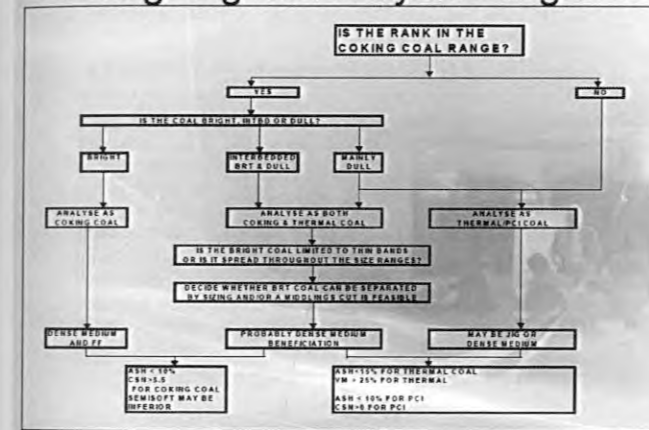
• **Duplicados de campo:** Cuantifican la heterogeneidad del material muestreado y la calidad del muestreo.



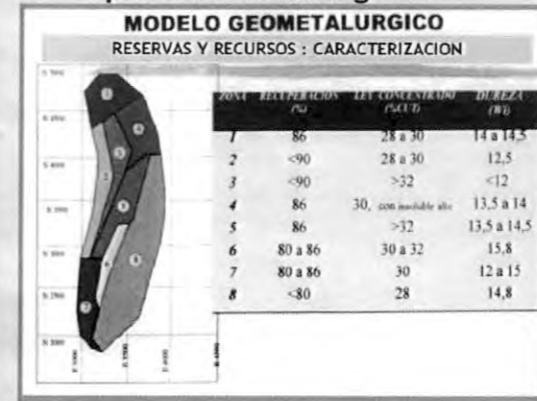
Planificación de los Estudios Geológicos  
 La Exploración Geológica  
 Identificación y Caracterización Geológica  
 Modelamiento Geológico  
 Del Recurso Minero al Proceso Metalúrgico

Consortio Capacitación en Certificación de Reservas  
 Rocas y Minerales S.A. Edmundo Tulcanaza

### Designing an Analysis Program



### 5 a.-La asociación entre recurso minero y procesos metalúrgicos



### 5 b.-Definición de unidades geometalúrgicas

Las muestras representativas de las diversas unidades geológicas identificadas en el depósito tratan de caracterizar el comportamiento geometalúrgico de ellas para lograr la óptima extracción de los metales de valor contenidos en el mineral.

El modelo geometalúrgico descansa en los estudios de composición mineralógica del mineral y de la ganga, en las pruebas de granulometría, en los índices de dureza, en el grado de liberación de las partículas, en la cinética de los procesos, en las pruebas de laboratorio, de planta piloto, de botellas, de gaviones, de pilas.

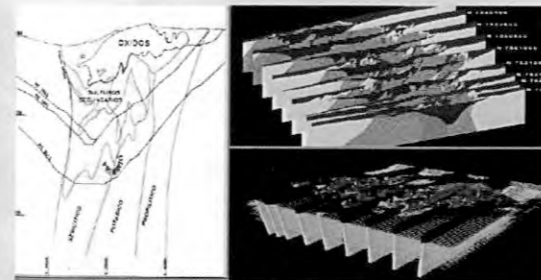
Modelos de simulación y criterios de escalamiento son relevantes para complementar y asegurar el diseño de las instalaciones de proceso y los parámetros operacionales asociados.

### Sustentación geominerometalúrgica

La sustentación geominerometalúrgica incluye la interpretación, análisis, evaluación, y validación de todos los aspectos técnicos que respaldan los resultados obtenidos en cada una de las actividades asociadas con la cadena de valor del negocio minero de acuerdo a como progresa la información técnica y económica capturada a través de las fases de conversión de recursos en reservas, a saber, las fases de Exploración, el Estudio de Diagnóstico, y el Estudio de Prefactibilidad.

La sustentación geominerometalúrgica constituye la capacidad de la información técnico/económica generada para responder por el potencial, vulnerabilidades y riesgos asociados con los Prospectos de Exploración, Recursos, y Reservas Mineras objetos de esa sustentabilidad.

### 5 c.-Estimaciones preliminares



RENTANCIAS POSIBLES PUEDEN EXISTIR EN EL MINERAL Y EN LA GANGA. POR EJEMPLO EL ARBOLCO PUEDE SER DANIÑO NO SOLO PARA EL COBRE SINO TAMBIÉN PARA EL NIQUEL. LOS GASTOS FINANCIEROS QUE SE IMPLICAN A LOS GASTOS DE FUNDICIÓN PUEDEN SER IMPORTANTES.

## Contenido Informe de Recursos

<b>PARAMETROS DE LEYES DE CORTE</b>	<i>Información sobre, la base de las leyes de corte adoptadas o calidad de los parámetros aplicados.</i>
<b>PARAMETROS MINEROS</b>	<i>Informaciones sobre, las suposiciones hechas en relación a los posibles métodos de explotación, diseños mineros básicos, y criterios de dilución (internos/externos). Es difícil, quizás, hacer suposiciones de la explotación a nivel del recurso minero. Se requiere explicitar el caso en que esto no es posible.</i>
<b>FACTORES METALURGICOS</b>	<i>Información sobre las bases para asumir o pronosticar la bondad metalúrgica. Puede ser difícil hacer suposiciones respecto al tratamiento metalúrgico a nivel de recurso minero. Se debe explicitar cuando no se pueden hacer suposiciones.</i>

## Otras Observaciones

- En la medida en que las propiedades avanzan hacia el desarrollo minero, es común que varias Personas Competentes preparen un Informe Técnico
- En general, habrá Personas Competentes principales, que serán Geólogos y/o Ingenieros de Minas
- Puede haber Personas Competentes especialistas, que pueden ser metalurgistas, ingenieros medio-ambientales, economistas, especialistas en mercadeo, etc.
- Las Personas Competentes son responsables del trabajo, incluso si es preparado por otros. La supervisión debe ser estricta; se requiere QA-QC en cada paso.

## Perforaciones





**PROGRAMA DE CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD  
DE LOS ENSAYOS PARA PROYECTOS DE PERFORACIÓN  
EN SU NIVEL DE PRE-FACTIBILIDAD Y FACTIBILIDAD**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. DEFINICIONES</b> .....	<b>2</b>
2.1 GENERALIDADES .....	2
2.2 LOS DUPLICADOS DE MUESTRAS Y LOS RESULTADOS DUPLICADOS .....	3
2.3 DEFINICIONES DEL MUESTREO .....	4
<b>3. LABORATORIOS</b> .....	<b>4</b>
3.1 SELECCIÓN DE UN LABORATORIO PRIMARIO .....	4
3.2 SELECCIÓN DE UN LABORATORIO ARBITRAL O "CHECK LABORATORY" .....	6
<b>4. LA OBTENCIÓN O FABRICACIÓN DE MATERIALES QA-QC</b> .....	<b>7</b>
4.1 MATERIALES DE REFERENCIA ESTÁNDAR (MRS) .....	7
4.1.1 PLANEAMIENTO PARA FABRICACIÓN DE MRS .....	7
4.2 ESTÁNDARES COMERCIALES CERTIFICADOS .....	8
4.3 CREANDO MATERIALES DE REFERENCIA ESTÁNDAR "IN HOUSE" .....	9
4.4 LOS BLANCOS .....	13
4.5 MUESTRAS EN DUPLICADOS .....	14
<b>5. INSERCIÓN DE CONTROLES EN LOTES DE MUESTRAS</b> .....	<b>15</b>
5.1 PETICIONES POR LOTES .....	15
5.2 CANTIDADES SUGERIDAS DE MATERIALES QA/QC .....	16
5.3 MANTENER EL ANONIMATO DE LOS MATERIALES QA/QC .....	16
<b>6. MÉTODOS DE CONTROL Y CRITERIOS DE CALIDAD</b> .....	<b>18</b>
6.1 EL CONCEPTO DE ACEPTACIÓN O RECHAZO DE LOTES .....	18
6.2 TIPOS DE ERRORES .....	20
6.3 LA IDENTIFICACIÓN DE VALORES "ATÍPICOS" EN LAS POBLACIONES DE RESULTADOS DUPLICADOS .....	20
6.4 CONSTRUYENDO UNA TABLA DE ACEPTACIÓN O RECHAZO PARA IDENTIFICAR OUTLIERS .....	21
6.5 DERIVA DEL LABORATORIO .....	23
6.6 PRÁCTICAS DEL MONITOR DE CALIDAD .....	23
6.7 LOS NIVELES DE EXACTITUD SUGERIDOS .....	24
6.8 LOS NIVELES DE PRECISIÓN SUGERIDOS .....	24
<b>7. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE DATOS QA/QC</b> .....	<b>25</b>
7.1 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LOS DATOS PARA DETERMINAR EL ERROR Y LA PRECISIÓN .....	25
7.1.1 DEFINICIÓN DEL ERROR Y LA PRECISIÓN .....	25
7.1.2 ANÁLISIS GRÁFICO DE LOS DATOS .....	26
7.1.3 LA PRECISIÓN DEL LABORATORIO .....	28
7.1.4 ANÁLISIS NUMÉRICO DE LA PRECISIÓN DE LOS DATOS .....	28
7.2 MÉTODO PARA DETERMINAR LA EXACTITUD DE LOS DATOS .....	34
7.2.1 DEFINICIÓN DE EXACTITUD .....	34
7.2.2 ANÁLISIS GRÁFICO DE LOS DATOS .....	34
7.2.3 ANÁLISIS NUMÉRICO DE LOS DATOS .....	35
<b>8. REFERENCIAS</b> .....	<b>36</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

La estimación de recursos puede ser comparada con un "castillo de naipes", que tiene una base de muestreo y observaciones geológicas, con una primera planta de preparación de la muestra y clasificación geológica, un segundo piso de análisis químicos y de interpretación geológica, y una planta superior que consta de geoestadística y del modelo del recurso. El establecimiento de niveles de rendimiento es un ejercicio orientado a los objetivos los cuales deben ser cuidadosamente determinados desde el principio y revisado a intervalos regulares. Demasiado dinero es derrochado en estrictos requisitos de calidad, ya que los costos por muestra serán mayores, mientras que los requisitos laxos tienden a perder, porque el trabajo puede ser necesario volverlo a hacer, incluso en fases posteriores del trabajo que se ha basado en datos defectuosos.

Los objetivos de un buen programa de control de calidad - QC son:

1. Para prevenir la entrada de grandes errores en la base de datos utilizada para el modelamiento de los recursos,
2. Para demostrar que el muestreo y las variaciones analíticas son pequeñas, en relación con las varianzas de las condiciones geológicas, y
3. Para ofrecer garantías de que la exactitud de los datos subyacentes del modelo del recurso se pueden confirmar, dentro de límites razonables, por otros laboratorios, pruebas metalúrgicas, y en última instancia, por la ley de cabeza a la entrada al molino y por la producción de mina.

Un documento de factibilidad debe incluir evidencia de soporte (garantía de calidad) que los datos utilizados para construir el modelo de recursos son válidos. Importantes categorías de datos incluyen ensayos, geológicos y geotécnicos. Este documento se centra en la calidad del ensayo, pero tiene que ver con algunas consideraciones geológicas y geotécnicas.

Además el hecho de que el Aseguramiento de Calidad y el Control de Calidad (QA-QC) son un requisito para la producción de un documento de factibilidad, también tiene beneficios intrínsecos. El aseguramiento de la calidad proporciona una medición de la incertidumbre de los datos subyacentes. Si los resultados de análisis pueden demostrar ser altamente confiables, uno de los riesgos asociados al proyecto se reduce, lo que finalmente puede conducir a una financiación más favorable o, en el caso de un proyecto financiado internamente, una prioridad más alta en relación a otros proyectos considerados por la junta directiva de una empresa. Más comúnmente, la falta de una adecuada garantía de calidad lleva a retrasos en el financiamiento y en el desarrollo de proyectos, en tanto que tales pruebas no son recogidas, esto se agrega al costo de llevar el proyecto a la producción.

En la medida en que Control de Calidad lleve a correcciones de los errores o cambios en los procedimientos que mejoren la calidad general de los datos, puede ayudar a producir un modelo de recursos que puede categorizar mayormente al mineral como "recursos medidos e indicados" (en oposición a "recursos inferidos") para un determinado sondaje de perforación. Esto a su vez puede permitir mayor espaciamiento entre los agujeros de perforación.

Tales beneficios sólo pueden materializarse si se realiza un control de calidad de manera oportuna.

Con demasiada frecuencia, cuando sistemas efectivos de muestreo y procedimientos de preparación mecánica no son seleccionados, y las correcciones de los resultados de los análisis no son completadas, decisiones previas del modelamiento son tomadas sobre la base de los datos disponibles, independientemente de su calidad. Muy a menudo, los resultados de control de calidad no son revisados, y no se toman las acciones correctivas o se toman en una fase tan avanzada del programa que finalmente incurre en retrasos.

El objetivo de un programa de QA-QC es demostrar y mantener un adecuado nivel de exactitud y precisión para muestras de grado mineral. Los programas de control de calidad-QC están diseñados para controlar la precisión (reproducibilidad), y cuantificar cualquier sesgo posible (exactitud). Se debe hacer hincapié en presentar una imagen clara de la fiabilidad de los datos de los ensayos, de modo que se pueda demostrar que existe una buena correlación entre los procedimientos utilizados en la construcción del modelo de recursos, y la calidad de los datos utilizados en este modelo.

Existe una dicotomía entre las necesidades de análisis en la etapa inicial "grass root" de la exploración básica y con definición de recursos que a veces se pasa por alto. La exploración básica "grass root" requiere de alta precisión sobre bajas concentraciones y es más frecuente cuando se trata de resultados cercanos al límite de detección analítico. Debido a que la mayoría de las muestras de exploración están por debajo del grado mineral, hay menos necesidad de medir las muestras minerales con exactitud en el análisis inicial, ya que las muestras suponen una fracción muy pequeña de las muestras analizadas, por lo que pueden volver ser analizadas rutinariamente a un costo adicional. Esto permite al explorador confirmar la exactitud de los valores de la "anomalía" antes de tomar parte del costoso procedimiento de volver a visitar y volver a muestrear los sitios anómalos. Tal selectivo reensayo es apropiado en estos casos, porque el objetivo es identificar las anomalías, no para cuantificar las leyes del mineral.

Por el contrario, las muestras de perforación obtenidas durante la definición de recursos son en muchos casos predominantemente de grado mineral, y muchos de los resultados por debajo de la ley de corte por lo general se considerarían anómalos en un contexto de exploración. De ahí la práctica de reanalizar las muestras con valores altos ya no es práctico ni apropiado. Estimaciones

sesgadas de la ley promedio media puede ser obtenidas en los casos en que las muestras son seleccionadas para re-ensayo únicamente sobre la base de su ensayo inicial, lo que hará referencia a los posibles "sesgos de selección", y serán discutidos en detalle más adelante.

La siguiente discusión utiliza mayormente ejemplos tomados de sistemas QA-QC en proyectos de perforación de oro. La mayoría de las reglas generales utilizadas aquí son aplicables para el establecimiento de programas de otros minerales no industriales. Los niveles de control de calidad-QC sugeridos en este documento son suficientes para cumplir los requisitos de la mayoría de los estudios de viabilidad llevado a cabo actualmente. Es importante señalar que, como los métodos de muestreo, ensayo y procesamiento de datos continúan mejorando, los requisitos de estudios de viabilidad se puede esperar que sean más rigurosos, el nivel de calidad que tiene que ser demostrado depende de lo que razonablemente se puede obtener, y esto está cambiando.

## 2. DEFINICIONES

### 2.1 GENERALIDADES

En el contexto de este trabajo, el "Aseguramiento de Calidad" es la información recopilada para demostrar y cuantificar la fiabilidad de los datos del ensayo. El "Control de calidad" consiste en el seguimiento de los procedimientos utilizados para mantener un nivel deseado de calidad en la base de datos de los ensayos.

El "Aseguramiento de la Calidad" puede, en cierta medida, ser añadido más tarde en un programa. El Control de Calidad, como la seguridad, sólo se puede realizar en tiempo real.

Los programas QA-QC se destinan al seguimiento de la rutina de muestreo y de los resultados del laboratorio en un esfuerzo por controlar (minimizar) el error total posible en la secuencia de muestreo-división y análisis. El QA-QC de muestreo y de análisis se logra mediante el monitoreo y el control de cuatro componentes esenciales de esa secuencia:

- La colección y división de las muestras de terreno
- Del Laboratorio de preparación de muestras y del sub muestreo (división).
- De la exactitud y la precisión analítica.
- De la exactitud de los Informes (transferencia de datos)

Los programas de QA-QC en muestreo y ensayos integran un programa de inserción de rutina de materiales de control de calidad, en varias etapas críticas de la toma de las muestras, de su preparación y ensayo, con las determinaciones analíticas realizadas en varios laboratorios:

- La inserción de rutina de los materiales de control de calidad implica una serie de diferentes tipos de

calidad de materiales de control para supervisar y medir el rendimiento de laboratorio. Estos incluyen:

- Materiales de referencia estándar (MRS),
  - Material blanco, compuesto de materiales desprovistos del elemento de interés
  - Muestras duplicadas.
- Un número de laboratorios son utilizados: El laboratorio primario ensaya todas las muestras. Los resultados del laboratorio primario son los que se utilizan. Proyectos de larga duración o de gran tamaño a veces tienen varios diferentes laboratorios primarios. El tener más de un laboratorio primario debe ser evitado si es posible, ya que añade complejidad a la evaluación de calidad de los datos, y presenta pequeños (y a veces grandes) sesgos que son perjudiciales en el proceso de analizar los datos. Lo mismo es cierto para los cambios importantes en el protocolo de análisis dentro del mismo laboratorio. Otros laboratorios secundarios, analizan algunas de las muestras para validar los resultados de laboratorio primario; de manera que, proporcionan un método de ejercer el control de calidad en el laboratorio principal (cross check).

En la práctica, un programa de QA-QC se mantiene mediante la presentación de rutina para el laboratorio principal del proyecto de las muestras originales que están acompañados por la intercalación de materiales QA-QC "ciegos". Ciegos significa que los materiales utilizados para evaluar el desempeño del laboratorio son indistinguibles de las muestras enviadas, previniendo que tales controles reciban un tratamiento especial en el laboratorio. El tratamiento especial en el laboratorio puede ser tan aparentemente inocuo como que el laboratorio tenga bajo observación el desarrollo de los estándares insertados por el cliente, y decidir la repetición de lotes de las muestras donde los resultados parecen erróneos, lo que evita que los clientes del laboratorio puedan obtener una medida independiente del rendimiento del laboratorio.

Todos los laboratorios comerciales de renombre tienen sus propias medidas de control interno de calidad, y no tienen necesidad de incorporar la evaluación independiente de su cliente de esa actuación.

Ensayos de verificación "cross check" son realizados por el laboratorio secundario (árbitro) de una muestra representativa de las pulpas previamente analizadas o sobre los rechazos del material. La combinación de los resultados de los MRS insertados y los ensayos duplicados deben ser utilizados por el monitor del proyecto para aceptar o rechazar los resultados de los lotes de muestras provenientes del laboratorio principal. Se acepta ampliamente la práctica de estipular que el laboratorio de verificación use un método similar y el mismo tamaño de muestra que el utilizado por el laboratorio principal. El uso de un tercer Laboratorio "árbitro de calidad" para los ensayos de verificación es costoso y muy rara vez solicitado, excepto en los casos en que se llama una tercera opinión a favor y hay

razones (tales como el riesgo de una acción legal) para justificar el gasto.

Hay dos componentes para el establecimiento de metas del nivel de rendimiento, independientemente de lo que se esté analizando. La precisión es la capacidad de reproducir constantemente una medición. La exactitud es la cercanía (en promedio) de las mediciones al valor "verdadero". El valor "verdadero" nunca se sabe, pero en la práctica por lo general puede estimarse en un nivel suficiente de confianza, o intervalo de confianza. Un intervalo de confianza de uso común es el que corresponde al 95 por ciento, lo que es el intervalo (más o menos) en torno a la media que tiene una posibilidad del 95 por ciento de la inclusión del valor "verdadero". Este intervalo de confianza del 95 por ciento se refiere a veces como el error estándar de la media.

Otra analogía frecuentemente utilizada es el tiro al blanco. Si un conjunto de flechas están estrechamente agrupadas, se dice que es preciso, aunque no se centra en el blanco: el observador puede predecir con cierta confianza la zona en que la siguiente medida es probable de acertar. Para ser preciso, las flechas se dispersan de manera uniforme alrededor del blanco, incluso si no están fuertemente agrupadas.

Cuando las flechas se encuentran más ampliamente esparcidas, se vuelve cada vez más difícil afirmar con confianza que los valores son "exactos". Así pues, existe una conexión entre la exactitud y precisión: si la precisión es pobre, más medidas (es decir, más muestras) son necesarias para lograr un resultado preciso, o una evaluación de la exactitud de un conjunto de resultados. Cualquier demostración de que un conjunto de resultados es imparcial, o cualquier esfuerzo para cuantificar un sesgo, tiene una incertidumbre (un intervalo de confianza) que se relaciona con la precisión de las mediciones.

### 2.2 LOS DUPLICADOS DE MUESTRAS Y LOS RESULTADOS DUPLICADOS

Hay una falta de consenso en América del Norte en lo que puede ser considerado como un duplicado de la muestra, y muy a menudo una falta de apreciación de la necesidad de proporcionar descripciones adecuadas de los diferentes tipos de muestras duplicadas, y analizar sus resultados por separado. Hay algunos principios fundamentales en el uso del término "duplicado":

- Un duplicado de la muestra tiene la misma ubicación espacial que la muestra original. Así, la segunda mitad de un testigo de sondaje, incluso si se toman en el mismo intervalo, no es estrictamente un "duplicado", porque tiene una diferente, aunque pequeña diferencia, la ubicación. Lo mismo puede decirse de las canaletas y de las muestras de zanja. Estas se refieren a veces como "re-muestreo" o "muestras gemelas" (twin samples), (la mayoría de los gemelos no son gemelos idénticos) más que duplicados. Del mismo modo, los geoquímicos de exploración a veces recolectan "duplicados de campo", que son en realidad muestras espaciadas

muy cercanas entre sí. Los duplicados sólo se pueden obtener mediante el cuarteo de muestras representativas de minerales chancados porque todo lo demás tiene un componente espacial.

- Un resultado de ensayo se puede decir que duplica a otro, si la distinción entre el original y la muestra duplicada se cree que es arbitraria. Esta circunstancia es usualmente encontrada cuando el laboratorio analiza una segunda sub-muestra de la pulpa dentro del mismo batch. Algunos laboratorios comerciales se refieren a esto como un "replicado", porque este término no es ampliamente utilizado para referirse a cualquier otra cosa, es quizás el término más adecuado para su uso. Es mejor referirse a los ensayos de duplicados de la misma pulpa de la muestra, y no como resultados duplicados. Cierta sesgo medible a menudo existe entre los resultados realizados por diferentes laboratorios o por protocolos diferentes utilizados dentro del mismo laboratorio. Arbitrariamente el intercambio entre los duplicado y los resultados originales no pueden ser hechos, distinguiendo éstos de los replicados. En algunos casos se descubre que, a pesar de que las muestras originales y los duplicados, han sido tratados en la misma forma, hay un aumento significativo (es decir, "real") de sesgo, esto significa que la toma de muestras y los protocolos de preparación no proveen muestras representativas.

Los duplicados se describen con más detalle según la etapa del proceso donde son obtenidos. Los duplicados sólo se pueden realizar en un paso en el proceso que reduce la masa de la muestra, a una sub-muestra (por ejemplo, cuando la muestra se divide). En el caso de "duplicados de campo" esto requiere que la muestra se divida previo a su procesamiento. Esto se hace comúnmente en los sondeos por aire reverso mediante la recopilación de una segunda fracción (preferiblemente del mismo tamaño) de la porción no colectada de los detritos de perforación.

Por lo general, tres tipos de duplicados de la muestra pueden obtenerse:

- Duplicados de pulpa: Son divisiones, o la utilización de la parte no utilizada, de la muestra de pulpa utilizada para el ensayo original. Las divisiones se envían al laboratorio árbitro, y también puede ser re-etiquetados y presentarse de nuevo al laboratorio primario con un número de muestra diferente, y que acompañe diferentes lotes de muestras. Estos proporcionan una medida de la exactitud de la determinación inicial realizada por el laboratorio principal, y una estimación de la varianza analítica + varianza del sub-muestreo de la pulpa. A menudo, el paso de la división de la pulpa está mal hecho, lo que puede afectar a los resultados en el caso de los ensayos de oro con partículas de oro más grande que alrededor de 20 micrones.
- Duplicados de rechazo grueso: Son divisiones tomadas en el punto donde el tamaño de la muestra

(peso) sufre la primera división, lo que a menudo se produce después de la molienda de la muestra de perforación bajo -10 mallas. Estas divisiones son las mejores analizadas por el laboratorio principal, como comprobación de la adecuada preparación de la muestra. Estos duplicados proporcionan una medida de la varianza incluida en la verificación de los duplicados del laboratorio, más la varianza introducida por los procedimientos de preparación de muestras, además de la varianza proveniente del sub-muestreo de los rechazos gruesos. Otros nombres incluyen: segundas pulpas, re-división. En los casos en más de una etapa de trituración y de cuarteo se utilicen (por ejemplo, chancar bajo -10 mallas, dividir, chancar bajo -40 mallas, división) la fase de chancado debería indicarse, por ejemplo, "Re-división bajo -10 malla" o "segundas pulpas de rechazos bajo -40 mallas".

- Duplicados de Campo (Drill Rig): Se trata de duplicados divididos (a menudo fracción B) recogidos en el sitio de perforación en el caso de perforación por aire reverso. Se les debe dar un único número de muestras en el lugar (o un sufijo, por ejemplo como "A"). Si cuidadosamente son recogidas y analizadas en el mismo laboratorio por el mismo procedimiento, estos duplicados proporcionan una estimación de la contribución de la varianza aportada por la colección de la muestra completa, preparación, y de los procesos de ensayo.

Otro factor digno de la consideración de situaciones especiales es si los duplicados son procesados juntos en el mismo lote, o se ejecutan en lotes separados. Una comparación de "duplicados del mismo lote" frente a "duplicados de diferentes lotes" se puede utilizar para comprobar el comportamiento errático del laboratorio. Esto es raro, y raramente efectuado a menos que otra información, tal como el desempeño de los MRS insertados, nos lleve a creer que existe un problema.

### 2.3 DEFINICIONES DEL MUESTREO

Para el muestreo por Pierre Gy, fundador de la teoría del muestreo moderno, ofrece las siguientes definiciones:

- Lote: es la colección total de material para la que se requiere la estimación de algunos componentes.
- Componente: La propiedad que se requiere estimar utilizando la muestra, como el grado o ley.
- Muestra: es la parte de un lote en que una determinación de un componente se lleva a cabo, en la que cada parte del lote tiene la misma probabilidad de ser seleccionado en la muestra. Así, una muestra es representativa del lote.
- Incremento: una fracción de una muestra (puede ser 1), seleccionada entre el lote con un solo corte del dispositivo de muestreo. Un número de incrementos se pueden combinar para formar una muestra.

- Muestras gemelas: Set de dos o varias muestras intermedias del mismo rango, obtenidos en condiciones similares, al mismo tiempo, a menudo como el resultado de la división de una muestra intermedia única. La diferencia relativa entre la masa y la composición de las muestras individuales es una variable aleatoria con media cero.

## 3. LABORATORIOS

Programas de análisis deben incluir dos o más laboratorios, con uno actuando como laboratorio principal para cada proyecto, con uno o más laboratorios adicionales sirviendo como laboratorios de chequeo. Puede haber varios laboratorios primarios utilizados por una empresa durante un año típico, con cada proyecto dedicado a un laboratorio primario. El laboratorio principal recibe la mayor parte del trabajo analítico para ese proyecto, mientras que el laboratorio de chequeo recibe sólo el trabajo de los ensayos de verificación. Un tercer laboratorio "árbitro" es utilizado para determinar cuál de los dos Laboratorios en desacuerdo está en lo correcto.

### 3.1 SELECCIÓN DE UN LABORATORIO PRIMARIO

La selección del laboratorio principal se basa en una serie de factores, incluyendo: la calidad del trabajo, el precio, comodidad y el servicio. El laboratorio principal debe proporcionar resultados que sean lo suficientemente oportunos, precisos y fiables para las necesidades del proyecto a un costo competitivo. La precisión generalmente no es tan buena como la ofrecida por los laboratorios arbitrales, pero debe ser suficiente para su uso en las estimaciones de reservas de mineral.

La precisión debe ser suficiente para su uso en modelos de recursos sin la intervención de factores de corrección. Para evitar los factores de corrección, debería haber suficiente evidencia de que la precisión global de los resultados del laboratorio principal se encuentra dentro de un  $\pm 5$  por ciento del valor "verdadero" probable, como lo demuestra el rendimiento en los MRS insertados (valores medios) y de acuerdo con el chequeo (y posiblemente árbitro) de los resultados del laboratorio (comparando los valores medios).

En el caso de estudios de factibilidad utilizados para conseguir financiamiento, es preferible que el laboratorio principal, no esté relacionado con el laboratorio arbitral, y que el laboratorio primario no tenga intereses financieros en la propiedad del proyecto, por ejemplo en los años 90 Anglo American era dueña del 49% de Geolab un Laboratorio situado en una sociedad privada con socios Chilenos. El laboratorio primario puede ser muy competitivo en precio y servicio, sin embargo, durante su selección por la empresa minera, estos atributos no deben ser ponderados en mayor medida que la capacidad del Laboratorio de llevar sistemáticamente un trabajo preciso y exacto,

especialmente en tiempos de cargas de gran volumen de muestras.

Para seleccionar un laboratorio a partir de varios candidatos, se puede presentar una serie de materiales de referencia estándar para cada uno de los candidatos. Por lo menos cinco o seis diferentes materiales se deben presentar, y al menos dos diferentes envíos deberán realizarse en días diferentes. El número de muestras de cada material debe ser variado dentro de cada presentación, pero puede ser igual a un número constante cuando los resultados de todas las presentaciones se combinan. Los protocolos de ensayo de elección deben ser el que está siendo considerado para el trabajo rutinario.

¿Cuántas mediciones son necesarias para caracterizar un laboratorio y cuántos son necesarios para caracterizar un material de referencia estándar propuesto?, es una cuestión discutible, en el que todos coinciden en que "más es mejor". En general, 30 o más determinaciones son necesarias. En el caso de la evaluación de un laboratorio, las 30 determinaciones podrían consistir, por ejemplo, en ensayos con las cinco alícuotas de seis materiales diferentes de referencia estándar. La variedad de materiales de referencia estándar para evaluar, presentados un laboratorio, debe reflejar la variedad de muestras que se presentarán para el proyecto. Por ejemplo, no es prudente presentar únicamente, un material de referencia de un mineral de óxido de Oro, si el proyecto incluye minerales de sulfuros en su modelo de recursos. También el rango de leyes debería reflejarse en alrededor de una ley correspondiente a la 90no-95vo percentil de la población por encima de la ley de corte del mineral. Por ejemplo, si uno cuenta con 100 resultados de muestras que se clasifican como minerales, pueden ser colocados en orden ascendente y el grado 90a-95a seleccionado.

Cuando un número menor de cada material se analizan en un laboratorio, hay métodos estadísticos especiales para el establecimiento de límites de confianza en los valores promedio y las estimaciones de la varianza. Cuando un pequeño número de muestras se envía, pequeño (estadísticamente insignificante) las diferencias de rendimiento entre los diferentes laboratorios puede subordinarse a otras consideraciones tales como la calidad del servicio (tiempo de respuesta), la calidad del almacenamiento de las muestras, etc.).

Una vez que los resultados de todos los laboratorios se compilan, cada laboratorio puede ser "rankeado" de diferentes maneras. La precisión, la desviación estándar obtenida para cada laboratorio en cada material de referencia puede ser calculada. Para cada material, los laboratorios pueden ser clasificados de mayor a menor, con el rango más alto (1) asignado al laboratorio con la menor variación en un determinado material estándar. Para una calificación de exactitud, el laboratorio con la media más cercana del valor certificado ocupa el primer lugar de exactitud, la segunda más cercana ocupa el segundo lugar, y así sucesivamente. Los rangos son fácilmente asignados por el cálculo del valor absoluto de

la diferencia entre la media del laboratorio y el valor certificado.

De esta manera, los ranking de desempeño separados por exactitud y por precisión son asignados a cada laboratorio para cada material de referencia. El promedio del puntaje del ranking de la exactitud y la precisión obtenida por cada laboratorio se puede calcular, y una clasificación general de exactitud y precisión asignada. Un ejemplo se muestra en el siguiente cuadro (cuadro 1). Cabe destacar que el número de resultados que se muestran no es suficiente para caracterizar adecuadamente los laboratorios (o los materiales estándar de referencia), pero es tan sólo una ilustración de un posible enfoque.

En este ejemplo, el estándar 1 es un nuevo material y no tiene un valor certificado que le permita establecer las exactitudes relativas de los laboratorios, sin embargo, una clasificación se puede establecer mediante la comparación de las medias de los laboratorios, y tomando la mediana de los medios como el mejor valor. Algunos estadísticos recomendarán la media en lugar de la mediana, los dos deben ser casi iguales para una distribución normal.

Normalmente, sin embargo, hay al menos un laboratorio altamente errante que se alejará de la media de sustancialmente. En lugar de cuestionarse sobre si los resultados de un laboratorio deben ser rechazados para el cálculo de la media, use la mediana.

Al hacer la selección final hay que examinar los datos de cerca. Por ejemplo, en el cuadro 1, Laboratorio "A" muestra muy buena exactitud en las muestras de óxido pero la exactitud es muy pobre en la muestra de sulfuro, en gran medida se tiende a subestimar el valor certificado. Esto puede indicar protocolos inadecuados para analizar las muestras sulfurosas.

Si las muestras de sulfuro son un componente importante del proyecto, a continuación, el Laboratorio "D" sería una mejor elección para este proyecto.

Cuando más de un ensayo se utiliza en el modelo de recursos, lo mejor es llevar a cabo evaluaciones similares a la tabla 1 en cada uno. Uno puede entonces evaluar la clasificación por el impacto económico estimado de cada ensayo. Por ejemplo, si uno prevé que el 80 por ciento del valor del inventario de minerales vendrá del oro y un 20 por ciento de la plata, se puede multiplicar la clasificación de oro por un 0,8 y por un 0,2 para la clasificación de plata y añadir estos dos números para obtener una clasificación general. Esto debería ser la evidencia de un punto importante: la precisión y la exactitud de subproductos es mucho menos crítica que el producto principal.

A veces no es un contaminante importante el que incide en el valor de los bloques extraídos, como el arsénico en un yacimiento de cobre. Estos pueden ser ponderados de la misma manera como un elemento que aporta valor añadido.



**Table 1. EXAMPLE OF AN EVALUATION OF SEVERAL FICTIONAL LABORATORIES**

LAB	Standard 1: gold oxide, grade approx. 2.0 gm/ton, no best value					Rankings			
	Result 1	Result 2	Result 3	Result 4	Result 5	Mean	Std. Dev.	Accuracy	Precision
A	2.16	2.06	2.22	2.14	2.09	2.14	0.062	1	1
B	2.22	2.13	2.20	2.13	2.42	2.22	0.119	2	3
C	1.73	2.03	2.14	1.70	1.90	1.90	0.189	5	4
D	2.25	2.22	2.39	2.07	2.20	2.23	0.115	3	2
E	2.09	1.46	2.56	2.50	1.32	1.99	0.575	4	5
Best Value (Median of Means)						2.14			
Standard 2: gold oxide, certified value 1.49 gm/ton Au									
A	1.61	1.57	1.48	1.53	1.47	1.53	0.059	2	1
B	1.76	1.66	1.64	1.48	1.80	1.67	0.125	4	4
C	1.51	1.67	1.51	1.57	1.50	1.55	0.072	3	2
D	1.39	1.59	1.48	1.45	1.53	1.49	0.076	1	3
E	1.33	1.26	1.19	1.57	1.20	1.31	0.156	4	5
Standard 3: gold sulfide, certified value 0.67 gm/ton Au									
A	0.27	0.15	0.36	0.45	0.22	0.29	0.118	5	3
B	0.61	0.73	0.47	0.47	0.36	0.53	0.144	3	4
C	0.72	0.96	0.67	0.58	0.72	0.73	0.141	1	4
D	0.72	0.67	0.84	0.75	0.82	0.76	0.070	2	1
E	0.54	0.42	0.57	0.40	0.41	0.47	0.080	4	2

Composite Rankings	Sum of Rankings		Overall Ranking	
	Accuracy	Precision	Accuracy	Precision
A	8	5	2	1
B	9	11	3	4
C	9	10	3	3
D	6	6	1	2
E	12	12	5	5

Mineral Resources Development Inc., U.S.A. 650 358-1116

Por ejemplo, si las multas de arsénico se prevé que restar un 10 por ciento del valor del cobre extraído, el ranking sobre el arsénico puede ser ponderado multiplicando por 0,1. Por supuesto, uno se ve obligado a aplicar suposiciones razonables para cualquier ponderación. Para algunos proyectos, estas se pueden basar en modelos anteriores de los recursos del depósito, u otros depósitos en el distrito.

### 3.2 SELECCIÓN DE UN LABORATORIO ARBITRAL O "CHECK LABORATORY"

Una parte crítica de cualquier programa de QA-QC es el análisis de verificación por un externo, o por un laboratorio arbitral. La selección de un laboratorio de chequeo considera someterse a un examen más riguroso que el necesario para seleccionar al laboratorio principal, ya que este laboratorio (s) debe contar con una rutina analítica de trabajo cuya calidad sea excepcionalmente mayor, mientras que al mismo tiempo se monitorea lo siguiente:

- Finura de las pulpas: Las pulpas recibidas desde el laboratorio principal deben ser revisadas de manera rutinaria por el porcentaje que pasa 100 (o 150) de la malla Tyler. Por lo general cada cinco o diez muestras, que son sometidas al ensayo de verificación, se comprueba también por tamizado (preferiblemente húmedo) 10 o 20 gramos de la pulpa. El material tomado de la bolsa de la pulpa para esta prueba debe ser descartado, no se devuelve a la bolsa.

- Condición y ordenamiento de las muestras: Las muestras recibidas desde el laboratorio principal deben estar los paquetes marcados de manera legible y en buen estado, ordenados correctamente, y acompañados por una planilla que contenga la relación de las muestras. Esta es una reflexión sobre las condiciones de manipulación de las muestras en el laboratorio principal y forma parte de la "cadena de custodia de las muestras".

El objetivo del programa de chequeo es incrementar la confianza en la exactitud del laboratorio primario.

Por lo tanto es importante seleccionar un laboratorio arbitral que sea ampliamente reconocido en la industria analítica que cuente con antecedentes que indiquen una buena precisión.

Un consenso se está formando dentro de la industria minera de que los ensayos de verificación deben ser realizados únicamente por laboratorios acreditados. Organizaciones ampliamente reconocidas confieren acreditaciones como la Organización Internacional de Normalización (ISO) y el recientemente creado "Guía 25" programa del Consejo de Normas de Canadá (SCC) que es administrado por el Centro Canadiense de Tecnología de Minerales y Energía (CANMET). La acreditación de ninguna manera significa que el trabajo realizado sobre un conjunto de muestras es adecuadamente preciso y exacto, ni la falta de acreditación de un laboratorio indican que este funciona mal. El lado negativo de los programas de acreditación es su resistencia a las innovaciones que puedan mejorar la precisión o exactitud.

## 4. LA OBTENCIÓN O FABRICACIÓN DE MATERIALES QA-QC

Los programas de QA/QC incluyen controles; este término se utiliza a veces para referirse a cualquier material QA/QC introducido, y a veces se usa para referirse a los materiales con un grado bien establecido del "commodity". Para evitar esta ambigüedad, los materiales de leyes conocidas se denominan "materiales de referencia estándar", o MRS, para abreviar. Otros materiales QA/QC incluyen duplicados y blancos.

Los materiales estándar de referencia, que generalmente consisten de roca pulverizada, no debe confundirse con los estándares de calibración, que son soluciones de concentración conocida a utilizar en el laboratorio para la calibración de instrumentos, ni deben confundirse con los pesos estándar o masas patrones, utilizadas para verificar las balanzas del laboratorio. El problema de usar el término "estándar" es que esto a veces se utiliza para referirse a la metodología utilizada para preparar y ensayar muestras. Para evitar esta confusión, es mejor hablar de una metodología como un "protocolo".

### 4.1 MATERIALES DE REFERENCIA ESTÁNDAR (MRS)

Un material ideal de referencia estándar tiene una matriz idéntica a las muestras que están siendo analizadas, una heterogeneidad extremadamente baja, con un valor (ley) en el rango utilizado para la clasificación de mineral, y tiene una reputación de ser confiablemente preparado y caracterizado con precisión. Límites de categoría pueden ser reales, como en el caso de un mineral en su ley de corte, o más teóricamente, como en el caso de las leyes de nivelación utilizados en el modelamiento de recursos. Idealmente, un conjunto de estándares debe considerar todos los límites de esa categoría, junto con todas las diferencias importantes en la matriz de la muestra. El conjunto debe incluir MRS que tengan leyes que cubran todas las medidas de los procedimientos importantes en el laboratorio, tales como los pasos de dilución o cambios en la configuración del equipo y en los estándares de calibración. Importantes diferencias en la matriz de las muestra casi siempre incluyen óxidos y muestras de sulfuros, porque los procedimientos de ensayo a fuego utilizan ajustes de flujo y/o cambios en el peso de la muestra en el tratamiento de muestras ricas en sulfuros.

Estos cambios de procedimiento pueden afectar tanto la exactitud y la precisión. Otras potenciales diferencias de matriz podrían incluir altos y bajos niveles de cobre, plata, elementos del grupo del platino, bismuto, telururos, etc, la presencia o ausencia de minerales hidratados, altas y bajas cantidades de azufre total en las muestras no oxidadas, variados niveles de carbono. Ninguno de todos estos factores pudieron haber sido claramente comprendidos en el tiempo en que los MRS fueron creados, lo que se conoce hoy se debe reflejar en las leyes y las matrices de los materiales seleccionados.

### 4.1.1 PLANEAMIENTO PARA FABRICACIÓN DE MRS

1. ¿Qué elementos y rangos de leyes se prevé para los análisis? Se recomienda que al menos cuatro distintos materiales de referencia certificados sean producidos para probar el funcionamiento del laboratorio a través de una gama de leyes. Los materiales de referencia deben reflejar leyes bajas, leyes medias y leyes altas para cada litología de los cuerpos mineralizados principales. El proceso de homogeneización y la certificación es costoso, por lo que es aconsejable considerar cuidadosamente un número adecuado de MRS para asegurar que el proceso no es excesivamente caro.
2. ¿Qué número de muestras se prevé que se enviarán a los programas previstos, por lo tanto que número de muestras de MRS serán necesarios? Por ejemplo, si un programa se espera que genere 50.000 muestras para su envío, a continuación, un total de 2.500 MRS (un 5%) será necesario. Permita que un 10% adicional como muestras de contingencia para generar una necesidad total de 2.750 MRS. Si MRS, de 4 diferentes rangos de leyes se producen, esto equivale a generar aproximadamente 700 muestras para cada rango de ley por cada MRS.
3. ¿Qué muestras están disponibles para su recolección en los rangos de leyes que se exigen? Rechazos gruesos o pulpas son los candidatos ideales para la preparación de MRS, ya que son de leyes conocidas y deben ser de tamaños nominales similares. No utilice rechazos o pulpas almacenadas para la producción de los MRS si han sido mal almacenadas o son mayores de 3 años de edad o que hayan estado sujetas a la oxidación.
4. ¿Qué método o métodos de análisis se emplean para determinar la concentración de los analitos? Esta es una consideración importante para instruir a los laboratorios que participarán en el proceso de certificación. Todos los laboratorios involucrados en la certificación deben utilizar el mismo método analítico preferentemente, por lo tanto, los laboratorios deben contar con el procedimiento requerido en el marco de las posibilidades de solicitud de la cotización de certificación. Algunos laboratorios pueden no ser capaces de ofrecer el método analítico preferido y le sugerirá un método alternativo. El geólogo responsable debe revisar la propuesta de alternativas y evaluar la aptitud del laboratorio para el proceso de certificación. Históricamente este escenario se ha producido cuando se solicita la certificación mediante perlas fundidas por fluorescencia de rayos X (XRF), si esta es la técnica estándar de análisis para ser empleado en un programa de perforación prevista. Hasta hace pocos años, solamente algunos laboratorios comerciales ofrecían servicios de análisis por XRF, por lo tanto, el análisis de la certificación había sido principalmente realizada por digestión ácida terminada con ICP o AAS junto con los laboratorios donde quizás uno o dos ofrecían el análisis de XRF. Actualmente, muchos laboratorios ofrecen análisis

por XRF, sin embargo, porque esta es una técnica relativa (requiere calibración), sigue siendo aconsejable incluir un par de laboratorios que ofrecen la digestión ácida para el análisis en el proceso de certificación.

- ¿Cuántos laboratorios estarán involucrados en el proceso de certificación? Lo ideal es entre 7 y 10 laboratorios internacionales deben estar involucrados en el proceso de certificación. Los laboratorios elegidos deben ser de alto nivel. Los laboratorios comerciales de preparación y de análisis son a menudo los recomendables para llevar el proceso de la certificación. Es preferible que los laboratorios comerciales de propiedad de la empresa que sean utilizados para los programas futuros se excluyan del proceso de certificación para asegurar que los errores sistemáticos que pueden ser experimentados por este laboratorio no influyan sobre el resultado final.
- ¿Cómo se prepara el almacenamiento de los MRS? El método de almacenamiento puede depender de la mineralogía, el clima, el tiempo de almacenamiento de las muestras, de las instalaciones de almacenamiento y tamaño de la muestra MRS (depende de los análisis requeridos). Los requisitos de tamaño de la muestra en general, varían entre 10g y 50g por paquete, para los análisis XRF se requieren <10 g por paquete, mientras que para la metodología por vía química húmeda o análisis de ensayo al fuego se requieren aproximadamente 50 g por muestra. Se recomienda que los MRS se empaqueten en bolsas de aluminio inerte que se han sellado con nitrógeno. Estas bolsas de aluminio protegen los MRS de la oxidación y proporcionan un método conveniente para su envío a los laboratorios. Instalaciones comerciales de preparación de MRS puede realizar el servicio de embalaje en sobre de aluminio a un costo mínimo después de la preparación y homogeneización.
- ¿Las muestras en las aduanas serán sometidas a las regulaciones de cuarentena al ser enviados a un centro de preparación comercial? Esto podría ser una consideración importante para algunos elementos, porque las regulaciones de cuarentena pueden requerir tratamiento térmico de las muestras que podrían causar la pérdida de elementos volátiles (LOI) si no se administra cuidadosamente.
- El mínimo tamaño recomendado de la muestra a granel (por rango de ley del MRS) para ser enviados para la preparación y la certificación es de 70 kg. El proceso de pulverización reduce el tamaño nominal de las partículas a 20 micras. Una proporción significativa de cada muestra a granel en consecuencia se perderá a los sistemas de extracción de polvo como consecuencia de la manipulación de las muestras. La cantidad de muestra también se reducirá debido a la expedición de un número de muestras a los laboratorios participantes para su análisis durante el proceso de certificación. Teniendo en cuenta el costo del análisis para la certificación, envío de muestras a granel que

son menores a 70kg no es económicamente recomendable. Si un pequeño número de MRS son necesarios para la planificación de un programa, MRS sobrantes podrían ser utilizados para programas posteriores.

## 4.2 ESTÁNDARES COMERCIALES CERTIFICADOS

Los materiales estándar de referencia están disponibles para su compra, pero pueden ser costosos.

- Fuentes comerciales (en América del Norte) para material de referencia estándar incluyen:

**Norma Brammer Co. Inc.**  
14603 Benfer Rd.  
Houston, TX 77069-2895  
tel. 281 440 9396 fax 440-4432  
URL del sitio web: [www.brammerstandard.com](http://www.brammerstandard.com)  
Comentario: proveedor con certificación ISO. Vende MRS adquiridos de agencias de todo el mundo.

**CANMET Mining and Mineral Sciences Laboratories**  
Minerals and Metals Sector  
Natural Resources Canada  
555 Booth Street  
Ottawa, Ontario K1A 0G1  
Tel.: +1 (613) 995-4738  
Fax: +1 (613) 943-0573  
Email: [ccrmp@nrcan.gc.ca](mailto:ccrmp@nrcan.gc.ca)  
Web: [www.nrcan.gc.ca/mms/canmet-mtb/mmsl-lmsm/ccrmp/ccrmp-e.htm](http://www.nrcan.gc.ca/mms/canmet-mtb/mmsl-lmsm/ccrmp/ccrmp-e.htm)  
Comentario: el más conocido en América del Norte; tiempos largos de fabricación y MRS costosos

**Oficina de Minas y Geología de Nevada**  
Universidad de Nevada, Reno  
Reno Nevada, 89557-088  
tel. 702 784 a 6691.  
Comentario: Número limitado de MRS de oro y plata solamente.

**CDN Resource Laboratories Ltd.**  
225 Ave. Springer.  
Burnaby, B.C. V5B 3N1  
(604) 291-1303 Fax -1392  
[nfuge@direct.ca](mailto:nfuge@direct.ca)  
Comentario: Número limitado a MRS de oro.

**LQSI (Chicago)**  
708 331-3249  
Comentario: Realiza costosas Rondas Interlaboratorios, los materiales de otro modo no pueden estar disponibles

- Fuentes comerciales (fuera de América del Norte) para material de referencia estándar incluyen:

**Geostats**  
Freemantle, Australia  
Info., para ordenar fuera de Norteamérica: <http://geostats.copl.com.au>  
Para ordenar en América del Norte: [FPSC@aol.com](mailto:FPSC@aol.com)

Comentario: gran selección; reorganiza y caracteriza materiales Gannet

**Gannet Participaciones Pty. Ltd.**  
Calle 43 Federico, Base Naval  
Australia Occidental 6165  
P.O. Caja 329, al sur de Perth  
Western Australia AUSTRALIA 6151  
Comentario: Ampliamente conocido en Australia. Vende al por mayor.

**Rocklabs Ltd.**  
P.O. Caja 18-142  
6 Auckland, Nueva Zelanda  
64-9-634-7696 Fax -6896  
<http://rocklabs.com/>  
Comentario: Mejor conocido por sus equipos de preparación de muestras. Pequeña selección de MRS de Au y Ag. MRS a razonables precios.

**Geomatek**  
Preparation, Homogenisation and Certification of CRM's  
Porto Marina Bracuhy, lote 1 Lj. 5 – Angra dos Reis – RJ  
Brasil CEP: 23.900-000  
Caixa Postal 73.101 – Centro - A. Reis Tel / Fax: +55 21-3576-2290  
Contact: Bruno Freitas (Marketing and Sales)  
Email: [crm@geomatek.com.br](mailto:crm@geomatek.com.br) or [bffreitas@gmail.com](mailto:bffreitas@gmail.com)  
Web: [www.geomatek.com.br](http://www.geomatek.com.br)

**Ore Research & Exploration Pty Ltd**  
Preparation, Homogenization and Certification of CRM's and Sales of Commercial CRM's  
6-8 Gatwick Road  
Bayswater North, VIC, 3153  
Australia  
Phone: (613) 9729 0333  
Fax: (613) 9729 4777  
Managing Director: Paul Hamlyn  
Email: [paul.hamlyn@ore.com.au](mailto:paul.hamlyn@ore.com.au)  
Web: [www.ore.com.au](http://www.ore.com.au)  
Comentario: Selección limitada, pero de mejor calidad que la mayoría; utiliza técnica de preparación de su propiedad.

**African Mineral Standards**  
Preparation, Homogenisation and Certification of CRM's and Sales of Commercial CRM's  
P.O. Box 856 Isando 1600 Johannesburg South Africa  
Tel: +27 11 9237207  
Fax: +27 11 9237029  
Email: [info@amis.co.za](mailto:info@amis.co.za)  
Web: [www.amis.co.za](http://www.amis.co.za)

Hay muchos materiales especificados dentro de los estándares BRAMMER, permitiendo muchas veces seleccionar un material similar a la zona del proyecto. Hay más de 5.000 materiales en su catálogo. Aunque muchos de estos no son relevantes para ciencias de la tierra, tienen probablemente la lista más extensa de materiales geológicos de las organizaciones gubernamentales y cuasi gubernamentales. El catálogo que contiene BRAMMER tiene una amplia lista de

organizaciones no gubernamentales que proporcionan los estándares.

Los materiales CANMET se ha demostrado, como parte de su proceso de certificación, ser lo suficientemente homogéneos y de buen comportamiento: la mayoría suelen proporcionar resultados que puedan ser reproducidos a niveles comparables.

La Oficina de Nevada de Minas y Geología (NBMG) proporciona algunos materiales estándar de referencia recogidos de los sitios mineros seleccionados en Nevada. El material NBMG no es tan homogéneo como el material CANMET, no es tan caro, y se limita a estándares de oro y plata solamente.

Una de las ventajas comerciales de los materiales de referencia estándar, es que son ampliamente conocidos, pero también es una desventaja, ya que los laboratorios comerciales están muy familiarizados con las leyes y la apariencia de los materiales de referencia comerciales. Es difícil presentarlos como muestras "ciegas" al laboratorio intercalados con muestras del proyecto, si el laboratorio de análisis también gestiona las instalaciones de preparación de la muestra, que suele ser el caso. El laboratorio los reconocerá como pulpas, y por lo tanto como un probable material de referencia estándar, de allí hay un paso corto hasta deducir de que material se trata.

Si utiliza los estándares comerciales, es importante revisar la idoneidad de los materiales, y revisar el informe que detalla la certificación. La hoja de resumen de especificaciones con estas materias no siempre ofrecen información suficientemente detallada. Por ejemplo, los estándares CANMET indican el error estándar en los frascos, pero no la desviación estándar promedio; razonables límites de control no pueden establecerse sobre la base del error estándar, ya que esta es una función del número de veces que el material fue analizado durante el proceso de certificación, y no es una medida directa de la variabilidad del material mismo.

Revisión detallada de los informes también puede poner de manifiesto deficiencias en el valor certificado que se ha establecido; por ejemplo, algunos materiales pueden tener un "valor certificado" que incluye algunas determinaciones usando procedimientos que no son adecuados para el material, que proporcionan resultados que son claramente sesgados ya sea altos o bajos en relación con las determinaciones reconocidas por la industria. La inclusión de estos resultados cuestionables en el cálculo del promedio, puede cambiar el valor certificado a tal punto que inapropiados límites de confianza pueden ser establecidos para un estándar.

## 4.3 CREANDO MATERIALES DE REFERENCIA ESTÁNDAR "IN HOUSE"

Si se crea un nuevo estándar a partir de los materiales del proyecto, es importante incluir todos los pasos siguientes:

Recoger cantidades suficientes y tipos de material según las necesidades del proyecto. Es mejor tener un conjunto de varios estándares que se utilicen en todo el proyecto, en lugar de estándares diferentes en momentos diferentes. El tener los mismos estándares proporciona un control más sensible de la "deriva" del laboratorio. Si una cantidad suficiente de material no se puede coleccionar en una primera etapa, es importante superponer los estándares (es decir, incluir partidas que contengan estándares antiguos que están comenzando a agotarse con una nueva partida de estándares).

Los rangos de leyes considerados para los estándares pueden ser:

- Un estándar con una ley cercana a la ley de corte del mineral.
- Un estándar con una ley cercana a la ley media del mineral
- Un estándar con una ley entre el percentil 85th a 90th de todas las muestras del mineral.
- Estándares con leyes cerca de otros posibles "puntos de decisión", como la ley de corte del aglomerado de molino previo a un proceso de lixiviación en pilas.
- Estándares que cubran ajustes en el procedimiento analítico, tales como estándares de óxidos y sulfuros. Puesto que las muestras de sulfuro pueden requerir un ajuste de flujo (ensayo a fuego)
- Estándares que cubran una parte sustancial de los rangos de otros elementos analizados de manera rutinaria.

Primero se debe establecer el nivel de heterogeneidad de un material de referencia estándar propuesto antes de intentar establecer su "mejor" valor. Esto se hace mediante la selección de 24 a 48 muestras al azar proveniente de fracciones representativas de pulpas divididas y su presentación al laboratorio arbitral, u otro laboratorio de alta calidad. Para los efectos de esta única prueba, el laboratorio debe ser informado acerca del rango estimado de las leyes del material y de la naturaleza de la mineralogía. El procedimiento de análisis utilizado deberá ser el mejor disponible para el material (según el tamaño de la muestra prevista, que se utilizarán de manera rutinaria), y el grupo de muestras se debe analizar en su totalidad en uno o más lotes, sin la presencia de cualquier otro material (para evitar posibles confusiones de muestra). Esta prueba no se utiliza para establecer el valor más exacto, sólo para demostrar que el material ha sido preparado adecuadamente (Test de homogeneidad).

Por regla general, si la desviación estándar relativa (desviación estándar / media) es superior a lo que afirma el laboratorio que se puede obtener por este método de análisis y al rango de ley determinado, entonces un procesamiento adicional del material debería realizarse para reducir la heterogeneidad, o el material debe ser desechado. Para los materiales que tengan leyes (más de 20 veces) por encima del límite de detección, lo que normalmente se traduce en el 90 por ciento de los resultados ( $\pm 1,65$  sigma), los resultados deben encontrarse entre los límites comprendidos entre el cinco por ciento del valor medio y todos los resultados

deben encontrarse dentro del 10 por ciento del valor medio. En términos relativos porcentuales, más libertad se debe dar a los materiales de baja ley, especialmente aquellos con leyes medias, menores a 20 veces el límite de detección del método analítico utilizado. Debido a las extensas precauciones tomadas para evitar confusiones de muestras y errores de transcripción, no es prudente descartar uno (por no decir dos) resultados erráticos. Tales ocurrencias son lo que cabría esperar si hay algunos granos de oro grandes, por ejemplo, en un mineral de oro.

También existe la prueba de Fisher para evaluar la homogeneidad de un material, donde se seleccionan entre 24 a 40 muestras que han sido divididas previamente, y se analizan en cuadruplicado cada una de ellas. Se determina la varianza entre los sobres y dentro de cada sobre y su razón se compara con la Tabla de Fisher. Si el valor obtenido es mayor que el coeficiente de Fisher, entonces el material debe volverse a homogenizar o de ser repetitiva la situación, este debe ser eliminado definitivamente.

No todos los depósitos minerales tienen materiales que pueden ser utilizados para confeccionar estándares con tales tolerancias, en particular, los depósitos con oro grueso posibilitan muchos cambios. Dado que la finalidad del estándar es asegurar la exactitud, así como la precisión en el tiempo, no es aconsejable hacer los estándares a partir de ellos. A veces esta limitación puede ser superada clasificando el material a través de una malla 100 o una malla más fina y desechar el material grueso sobre la malla, seguido por un re pulverizado del material bajo la malla. A menudo, en tales casos, uno puede mejor adquirir estándares comerciales, aunque hay algunas diferencias en la mineralogía, o la obtención de un mejor material de otro proyecto o Mina, si está disponible. El problema de oro grueso se puede seguir más de cerca con las muestras de duplicados si el desempeño del laboratorio es exactamente medido mediante el uso de un estándar confiable. Un estándar con una alta heterogeneidad es menos efectivo en la detección de problemas como ser la deriva del laboratorio.

Incluso los errores más obvios tales como el cambio de muestras y he incorporación de dígitos tienen más probabilidades de pasar desapercibidos si la variabilidad del material de referencia estándar es alta.

Una descripción detallada de las pruebas de la adecuación de la preparación del material se puede encontrar en los apéndices de los informes de CANMET, como Apéndice A del informe de CANMET 82-14S, para el material de referencia MP-1A. Una vez que la varianza de las muestras indica que el material parece tener un nivel lo suficientemente bajo de heterogeneidad, el material puede ser cuidadosamente dividido con un divisor rotatorio en múltiples paquetes de muestras individuales. En este punto, es prudente repetir la prueba, mediante el análisis de otras dos docenas de paquetes seleccionados al azar.

El dividir el material en muestras individuales y la colocación de estos en un orden aleatorio es importante, pero es un paso que a menudo es descuidado en la creación de los estándares "In-house".

Establecer el "mejor valor" (también referido a veces como el valor "buscado" o "certificado") y razonables "límites de confianza" se obtiene mediante la presentación del material a un número de diferentes laboratorios acreditados. Deben incluirse los laboratorios que participan en la realización de trabajos metalúrgicos (si dicho trabajo incluye, por ejemplo, los ensayos de oro por ensayo a fuego de las cabezas), además del laboratorio primario y el laboratorio arbitral (o de los candidatos), además de laboratorios ampliamente reconocidos por la industria como realizadores de un trabajo de calidad.

Si hay laboratorios de producción activos dentro de la empresa que de forma rutinaria analizan los "commodities" del proyecto, también deben ser utilizados. Incluya la inserción de algunos estándares comerciales de referencia con valores certificados mediante el "round robin" de laboratorios.

Esto proporcionará una validación adicional de los valores de los nuevos materiales, y ayudará a determinar si los resultados de algún laboratorio deberían excluirse a la hora de fijar los límites de confianza. Solicitar, a cada laboratorio, el procedimiento analítico que describen en su lista de precios que más se parezca al procedimiento previsto para ser utilizado en el proyecto, tratar de evitar la introducción de un nuevo procedimiento para el laboratorio. Para el oro, la elección de los procedimientos por lo general requiere de una selección de peso de la muestra de análisis (por ejemplo, un assay-Ton) y determinar el término del procedimiento (ya sean gravimétrico o por absorción atómica). Los laboratorios no deben ser alertados acerca de la naturaleza de las muestras (que se trata de materiales estándar de referencia, o de las leyes que se espera de cada uno de ellos).

Los materiales deben ser presentados por lo menos en dos lotes separados en días diferentes, el número de muestras de cada material debe ser variable en cada lote, pero en el total que representen el mismo número de determinaciones (típicamente entre 8 a 10 determinaciones por cada laboratorio por cada material) cuando se combinan todas las partidas. De esta manera, la varianza entre los lotes estará incluida. Por ejemplo, la primera partida se envía al laboratorio "A" que puede contener 5 muestras del estándar 1 y 3 muestras del estándar 2, y la segunda partida incluiría entonces 3 muestras del estándar 1, y 5 muestras del estándar 2, por lo que un total de ocho muestras del estándar 1 y ocho muestras del estándar 2 se analizan. Esto hace que sea un poco menos obvio para el laboratorio que la misma muestra se presenta varias veces. El anonimato puede potenciarse aún más mediante la inclusión de pulpas de perforación de muestras que se envían para un ensayo de chequeo, si hay un programa en curso.

Algunos laboratorios tratan de dar una buena impresión mediante el análisis de cada muestra varias veces cuando saben que el material es para el control de calidad. Esto nos da un valor más confiable del mejor valor, pero induce a error en el establecimiento de los límites de confianza en el material. Si esta circunstancia se sospecha, el peso de la muestra debe ser cuidadosamente restringido.

El "mejor valor" puede ser el valor promedio de todos los resultados que queda después de descartar los valores extremos (generalmente los resultados de más de 3 desviaciones estándar por encima o por debajo de la media), o la mediana de la población de las medias de los laboratorios se pueden tomar.

El establecimiento de los límites de confianza de un material de referencia estándar es más problemático que establecer el mejor valor. Muchos materiales de referencia comerciales no declaran los límites de confianza. Por ejemplo, los materiales estándar de referencia CANMET tienen límites de confianza establecido en sus etiquetas. Éstos no pueden ser utilizados como límites de confianza, sino que son el "error estándar de la media", estrechos límites que se estrechan aún más a medida que más ensayos se utilizan para calcular la media, y no son una medida directa de la variabilidad intrínseca entre las sub-muestras del material (además de los errores típicos de medición aportados por el procedimiento de ensayo).

El problema con el establecimiento de los límites de confianza es que el rendimiento de un laboratorio dado, es probable que tenga un sesgo pequeño en relación con el mejor valor y, en consecuencia, la desviación estándar calculada a partir de todos los resultados del round robin (incluso si se excluyen los outliers) incorporará muchos sesgos pequeños.

Por lo tanto, si todos los datos aceptados se utilizan para calcular los límites, los límites serán mucho más amplios que los típicamente obtenidos por un solo laboratorio, y si los límites se fijan en relación con el mejor valor, un laboratorio en particular, teniendo un sesgo relativo respecto del mejor valor, mostrará valores fallidos que serán parcialmente una consecuencia del sesgo relativo en lugar de una pérdida de precisión. Esto es típicamente visto como una tendencia de casi todos los valores fallidos que se ubican en un lado (ya sea la más baja o límite superior) del mejor valor, y estarán fuera del límite en cantidades similares a la diferencia entre el mejor valor y la media de los laboratorios para ese material.

Una forma de solucionar este problema, utilizada por algunas empresas mineras grandes, es establecer dos límites de confianza. El rango más amplio de los límites será para aquellos en los que existe un alto grado de probabilidad de que algún error grueso se haya cometido (errores probables del tipo I, por ejemplo, mezclas de muestras), y el rango más estrecho se utilizará para detectar la deriva de laboratorio y "posibles" errores del tipo I. Los resultados que quedan fuera del límite exterior siempre desencadenan acciones

correctivas, mientras que los resultados que quedan dentro de los límites de confianza promueven acciones solamente si ellos se producen con una frecuencia inusualmente alta.

Si se utiliza este enfoque, los límites de los grandes errores pueden establecerse a partir de la población de todos los resultados (incluidos los outliers) encontrando el rango que incluya el 95 por ciento de todos los resultados. Para hacer esto, disponer todos los resultados del round robin ordenados por ley y eliminar el 2,5% los resultados más bajos y el 2,5% de los resultados más altos, luego tomar los valores máximos y los valores mínimos de la población restante. Si los resultados del round robin son representativos del material más el sesgo relativo entre los laboratorios, entonces estos límites no deberían ser excedidos más que un máximo de un 5% de las veces, independientemente del laboratorio. Los límites pueden estar sesgados en torno del mejor valor, especialmente si la muestra es de baja ley. Esto puede reflejar la heterogeneidad en el material, y por lo tanto sería un argumento válido el tener algún grado de asimetría. Este enfoque funciona mejor si uno tiene una gran cantidad de datos.

Si los datos son limitados y no tienen un problema grave de asimetría (o se opta por ignorarlo) uno podría descartar resultados que se encuentran a más de 3 desviaciones estándar de la media de todos los resultados, a continuación, volver a calcular la desviación estándar con los datos restantes. Si una distribución sesgada tiene un aspecto log-normal, se puede convertir los resultados tomando sus logaritmos, calculando la desviación estándar de los valores de los logaritmos (omitiendo los resultados de más de 3 desviaciones estándar en la población de los datos convertidos, que muy rara vez ocurre), entonces convertir los límites de nuevo, tomando el antilogaritmo. Esto asegurará que el menor límite de confianza será siempre un número positivo. Sin embargo, si uno tiene que ir a través de este camino para el cálculo de los límites, por lo general significa que uno tiene un material muy pobre para fabricar un estándar.

Un rango más reducido de los límites de confianza pueden ser adaptados para un laboratorio en particular, teniendo en cuenta cualquier sesgo relativo (diferencia relativa entre el valor promedio obtenido por el laboratorio para ese material de referencia y el mejor valor para ese material), utilizando la media de los laboratorios en vez que el mejor valor. Esto sólo debe intentarse si la incertidumbre en la media obtenida por el laboratorio es pequeña, medida por el error estándar de su media. Si la incertidumbre de la media supera el dos por ciento, más resultados del laboratorio cuestionado serán requeridos, antes de que un valor medio pueda ser establecido. La incertidumbre en la media debe disminuir proporcional a la raíz cuadrada del incremento en el número de mediciones, por ejemplo, cuadruplicando el número de resultados se debe reducir a la mitad o menos la incertidumbre de la media.

Uno puede entonces tomar la "típica" desviación estándar mostrada por los laboratorios de round robin y utilizar esta para colocar límites equidistantes entre sí alrededor del valor medio de los laboratorios para el material de referencia. La mediana de las desviaciones estándar del "round robin" interlaboratorios es el valor por el cual la mitad de los laboratorios participantes muestran una mejor precisión y una peor media, y es sin duda una elección justa. Si esta desviación estándar promedio se multiplica por dos y el número resultante es sumado a la media del laboratorio para determinar un límite superior, y se resta para determinar un límite inferior, entonces el laboratorio debe exceder estos límites únicamente un cinco por ciento del tiempo, siempre y cuando sea tan bueno como la mitad de los laboratorios participantes. Si se tiene una mejor precisión que la mitad de los laboratorios, se mostrará una menor tasa de rechazos.

Los datos del Cuadro 1 (sección 3.1) pueden servir para ilustrar. Standard 1 tiene una media de 2,09 y una desviación estándar (de todos los datos) de 0,290, dando un rango medio de  $\pm 3$  sigma de 1,22 a 2,96, que abarca toda la gama de resultados (1,32 a 2,56). Por lo tanto, ningún dato cabe excluir, sobre la base de ser más de 3 desviaciones estándar de la media.

El rango de los límites de confianza de  $\pm 2$  sigma es 1,51 a 2,57. El método alternativo de excluir los valores más altos y más bajos del 2,5 por ciento de la población no puede ser fácilmente aplicado a una población de 25 resultados, ya que cada resultado constituye un cuatro por ciento de la población. El rango de uso de este método por lo tanto no debe incluir la supresión de ningún resultado, con exclusión de dos resultados (es decir, el más alto y el más bajo de los resultados) que define un límite inferior situado en algún lugar entre 1,32 y 1,46, y un límite superior entre 2,50 y 2,56. Estos son límites muy amplios. Uno debe tener en la práctica un material de mejor comportamiento que el de este ejemplo.

El "interior" de los límites de confianza del Laboratorio A deberían estar separados simétricamente alrededor de la media de los resultados de laboratorio A para Standard 1, que es 2,14. La mediana de las desviaciones estándar del laboratorio para el Standard 1 es 0,119, lo que los límites para un laboratorio de  $2,14 \pm 0,238$ , o 1,90 a 2,37. En comparación, los límites equivalentes para el Laboratorio C son  $1,90 \pm 0,238$ , o 1,66 a 2,14.

Idealmente, el sesgo relativo de un laboratorio debe ser pequeño, debido a que un laboratorio no debe ser seleccionado para un proyecto si muestra un sesgo grande. Los laboratorios (o protocolos de ensayo) que muestran sesgos que excedan un cinco por ciento (sobre el "commodity" del mineral) debe ser evitado. En cualquier caso, la cantidad de sesgo que es aceptable es dependiente del contexto provisto por el modelo de recursos.

Los que financian la empresa no son perturbados por el uso de menores estimaciones, mientras que los que están promoviendo la propiedad si son afectados. Los

sesgos deben ser vistos desde la base de todos los ensayos de los materiales de referencia estándar, y también se pueden ver desde la base de períodos prolongados de altos o bajos resultados (la deriva de laboratorio). Como regla general, para el principal "commodity", un sesgo (utilizando el promedio de todos los resultados del material de referencia) de menos de cinco por ciento relativo es ampliamente aceptado, y una tendencia de más de diez por ciento es rechazado ampliamente. Peores prejuicios a veces son aceptados para los subproductos y contaminantes, en consonancia con su impacto más pequeño en las evaluaciones.

Ha habido varios casos en que las empresas mineras, en la fabricación de sus propios estándares, se han basado principalmente en el roleo y agitación de un material para reducir su heterogeneidad. Luego se retira el material de una mezcladora de cemento (o un cubo que ha rodado por el suelo del laboratorio), un cubo a la vez, y lo han puesto en frascos numerados, que luego han procedido a su uso en secuencia. Más tarde, cuando un frasco se ha agotado y se comienza a usar el siguiente frasco, parece que el laboratorio tiene una deriva en su desempeño, ligeramente superior o inferior. De hecho, el laboratorio no se ha modificado, lo que ha cambiado es la ley del material de referencia estándar que se envía al laboratorio.

La mejor manera de prevenir esta situación es dividir el material hasta en el tamaño de los lotes que se utilizará en su presentación (por lo general alrededor de 100 gramos de material). Los paquetes de material a continuación, se deben colocar en orden aleatorio, por lo que cualquier heterogeneidad no se concentre en distintos períodos de tiempo, y en cambio se observa apropiadamente como parte de la variabilidad intrínseca del material.

Es importante que, durante el proceso de certificación de un material de referencia estándar propuesto, se tenga cuidado en el muestreo de cada parte del material. Con polvos, esto se puede lograr con un divisor de rifle vibrante, aunque un divisor rotatorio es capaz de producir un producto muy superior, cuando funciona a una velocidad de avance lento. Aunque la división de rifle no puede superar la división rotatoria, esta se puede mejorar haciendo pasar el material a través del divisor y recombinar varias veces antes de hacer la división. Además, como el número de ranuras en el divisor de rifle aumenta, la calidad de la división de rifle mejora.

Por último, todos los certificados de ensayo, elaboración y análisis de datos deben estar debidamente archivados de manera que estén disponibles para su revisión por los auditores. A menudo, esta documentación se pierde, lo que hace que el rendimiento de un laboratorio sobre un material determinado tenga una reclamo sin fundamento de la exactitud. El error se ve agravado cuando el material se encuentra completamente agotado, de modo que no queda nada para enviar a otros laboratorios, a fin de demostrar que el mejor valor es válido. A menudo, también, cuando una propiedad cambia de manos esta información nunca se solicita y

nunca es presentada, una falta de diligencia que a veces tiene consecuencias nefastas.

#### 4.4 LOS BLANCOS

Los blancos son muestras de los materiales desprovista del elemento donde se realiza un análisis. Los blancos ayudarán a controlar la contaminación por arrastre y la pérdida de la secuencia de las muestras durante el proceso de preparación mecánica de muestras y análisis.

Los blancos pueden ser presentados como material grueso (blancos a granel) que consiste de material estéril de  $\frac{1}{4}$  pulgadas nominales, que se insertan en el flujo de muestras en el sitio de perforación (en el caso de sondajes RC) o durante la división de testigos DDH. Este material se somete a los mismos pasos de preparación mecánica que las muestras del proyecto. Otro tipo de blanco se compone de material de pulpa, como la arena de Ottawa, o de otras arenas de alta pureza, o de material estéril recogido de forma fiable en el sitio de perforación del proyecto, que ha sido convertido en una pulpa. Estos blancos de pulpa se envían en el flujo de muestras después de la muestra ha completado su proceso de preparación mecánica.

La mineralogía del blanco debe ser similar a la de los materiales que se analizarán periódicamente (por ejemplo, recortes de perforación estéril), sin embargo, esto no es tan crítico para el material en blanco como lo que corresponde a los estándares. Un material blanco grueso debe ser lo suficientemente duro y de gran tamaño de partícula suficiente para permitir una molienda e impregnación efectiva de cualquier material contaminante (a partir de las muestras anteriores) que se adhieran al equipo de preparación mecánica de las muestras. En otra parte del laboratorio, este material blanco pondrá de manifiesto: la presencia de niveles inaceptablemente altos de concentraciones de elementos de fondo causado por contaminación cruzada (polvo, elementos de molienda, etc.), limpieza deficiente de los equipos de laboratorio, o bien, en circunstancias en que resultados por debajo del límite de detección son poco frecuentes, finalmente el mal ordenamiento de las muestras.

Como regla general, los blancos gruesos deben devolver los valores menores o iguales dentro de dos veces del valor del límite de detección en el 80 por ciento de las veces. Los blancos de pulpa deben devolver valores menores o iguales a dos veces el valor del límite de detección en el 90 por ciento de las veces. Después de efectuar las correcciones de algún intercambio de muestras y de la sustitución de los resultados de lotes fallidos con nuevos resultados, el valor medio de los "blancos de pulpa" (la asignación de un valor de "0" a las muestras reportados como debajo del límite de detección) no deben exceder el límite de detección.

#### 4.5 MUESTRAS EN DUPLICADOS

Un grupo de duplicados de las muestras se pueden crear desde cualquier punto del proceso de muestreo en que la masa de la muestra se ha reducido (es decir, la muestra se divide y un rechazo es creado). En las etapas iniciales del establecimiento del muestreo, la preparación mecánica de muestras y los protocolos de ensayos, los duplicados se deben colectados frecuentemente en todas estas etapas, con la finalidad de generar datos suficientes para obtener estimaciones de la variación introducida en cada paso.

La teoría del muestreo es útil para predecir la mejor manera de optimizar los procesos por los cuales las estimaciones de las leyes son obtenidas, pero esto no funciona en el vacío. Debe ser apoyado por datos experimentales (como son los obtenidos del análisis de duplicados) y por observaciones (como los informes de mineralogía sobre la distribución de tamaños de partículas de oro). Una vez que el proceso ha sido establecido y probado, el número de duplicados puede ser reducido a un modesto porcentaje de las muestras, con el fin de monitorear el proceso (control de calidad) y demostrar su adecuación (aseguramiento de calidad).

Uno puede describir suficientemente tipos de duplicados por una medición adecuada del tamaño de partícula a la cual el material se divide (split), y la masa de la división. Pierre Gy (1992) ha hecho una extensa investigación, utilizando diferentes tipos de equipos de trituración y molienda, para saber qué medida del tamaño de partículas es la que mejor caracteriza una muestra. Gy encontró que el tamaño de la malla que permite que el 95 por ciento de la muestra pueda pasar, es la medida que es más independiente del método por el cual fue triturado el material o el suelo, y más independiente del rango de los tamaños de las partículas (es decir, se aplica bien a ambos, a los finos y a los materiales gruesos). Más recientemente, Francois-Bongarcon (, mediante una comunicación personal) ha proporcionado una explicación teórica de por qué esto es así.

Esto es al revés de lo que suele ser el caso de cómo un tamaño de muestra es descrito. A menudo, un material triturado se describe como "de malla 10", por ejemplo, sin ningún tipo de descripción de qué porcentaje de la muestra pasa las 10 mallas. A menudo un material preparado por un laboratorio comercial y descrito por ellos como "de malla 10" es, de hecho, alrededor de 50 a 60 por ciento pasando la malla 10. Los Metalúrgicos a menudo se refieren a la "D-50" de tamaño, sobre todo en Australia: el tamaño de malla que permite a la mitad de la muestra pasar. Los Metalúrgicos del Norte de América y los expertos de toma de muestras habitualmente usan "P" (de paso), seguido por el porcentaje pasante, los criterios más comunes son "P-80" o "P-90" para 80 y 90 por ciento pasante, respectivamente. Estos son seguidos por el tamaño de la malla, como en "P-80 # 10" o "P-90 4.1" pulgadas.

La práctica más común de los laboratorios de ensayo comercial es describir trituración de salida de 10 mallas seguidos de algunos porcentajes pasantes, en lugar de

determinar el tamaño de la malla que permite el 95 por ciento del material pasante. Esto muchas veces puede ocultar problemas que pueden estar presentes en un determinado material, tales como la presencia de grandes (más de 2 o 3 pulgadas de dimensión) "láminas" o "astillas" provenientes de una trituradora de rodillos, que pueden ser perjudiciales para la precisión de la muestra. Si la teoría del muestreo indica que el proceso debe aportar un nivel de precisión donde los resultados de los duplicados indican que no es conseguido, la distribución de tamaño de partícula es el primer lugar donde se debe buscar un problema.

Un segundo parámetro importante cuando describimos los duplicados, es la masa de la muestra. Esto es a menudo fácilmente hecho como un rango de un factor de dos, como 4 a 8 kg, o de 200 a 400 gramos, si un divisor de riffle se está utilizando, cuando se utiliza correctamente, se divide el material en dos masas iguales de la muestra. En consecuencia, a menos que uno practique una compleja rutina de división y recombinación de muestras, uno se queda con la opción de dividir una vez más, o no. De allí el factor de dos en el rango. En algunos otros escenarios, como el uso de un divisor rotatorio, un rango más estrecho de las masas puede ser logrado. Si la teoría del muestreo indica un proceso con un nivel de precisión que los duplicados indican que no está siendo alcanzado, este es el primer lugar de búsqueda de un problema en el caso de los duplicados del sitio de perforación, y el segundo lugar (después de tamaño de partícula) para buscar en el caso otros tipos de duplicados.

Aunque no existen verdaderamente los duplicados de las muestras, las muestras, a veces denominadas "duplicados" incluyen la otra mitad del testigo de sondaje DDH, y muestras gemelas o "twin samples" en el caso de un sondaje RC. La división de testigos DDH incluye una mayor variabilidad que los duplicados de una plataforma (de un sondaje RC) porque hay una pequeña pero cuantificable separación espacial de las dos muestras, esto contribuye a la varianza que es una función de la geología del yacimiento y no del método de muestreo. Para los testigos de sondajes DDH, una selección aleatoria de los intervalos mineralizados puede ser analizada, para establecer que el proceso de selección de las mitades del sondaje es equiprobable (sin sesgo).

Algunos geoestadísticos encuentran útil examinar el nivel de varianza para este tipo de muestra duplicada cuando completan variografías (para una estimación independiente del efecto pepita en la separación a una escala de centímetros de las muestras). Pozos gemelos tienen incluso una mayor separación espacial y aún más a menudo son difíciles de evaluar. Esto se debe a que las muestras no pueden ser fácilmente vinculadas entre dos pozos de perforación, ya que los controles de mineral no son siempre horizontales, y con frecuencia son bastante variables sobre una escala de metros.

Debido las dificultades de ciertos intervalos para crear pares en pozos gemelos, incluso cuando los pozos de perforación han sido objeto de detallados estudios

dentro del pozo, es aconsejable comparar los pozos gemelos sobre la base de la similitud de las distribuciones, como se hace con un gráfico cuantil - cuantil (Q-Q). En algunos casos, la comparación de dos diferentes técnicas de perforación revela la presencia de sesgos de muestreo, causada por factores como la contaminación del pozo durante la perforación rotativa húmeda, o por la pérdida selectiva de mineral durante la perforación del testigo, en comparación con la perforación rotatoria seca. Pareando los datos o comparando las medias es aún más problemático en tales circunstancias, ya que los tamaños de las muestras suelen ser desiguales.

Dadas dos poblaciones de muestras tomadas del mismo lote, pero con diferentes masas de muestra, la población de muestras más pequeñas tendrán una distribución con una "cola" más larga, es decir, será más asimétrica que la población con muestras más grandes. Ambas poblaciones, tendrán la misma media, o cercanas, si las muestras se recogen adecuadamente, y si el tamaño de la población es lo suficientemente grande. Este efecto es a veces descrito como "cambio de soporte": incrementando el soporte tiene el efecto de reducir la diferencia de los valores ensayados, pero de tal manera que la media no cambie. Uno puede encontrar esto cuando comparamos los resultados entre los pozos de tronadura y los sondajes de exploración, o entre sondajes de diferente diámetro, o cuando se comparan sondajes diamantinos con sondajes por aire reverso.

Otra opción es hacer varios conjuntos diferentes de pares usando comparables observaciones geológicas entre los miembros de los pares y las variaciones establecidas en la elevación de la muestra. Esto es permitido en la posibilidad de que la tendencia de la mineralización no sea horizontal sobre la estrecha distancia de separación entre dos pozos de perforación. Los diversos duplicados, clasificados como 0, 1, 2 o más longitudes de intervalo de las muestras de perforación, pueden ser procesadas por separado para obtener un rango de estimaciones para la comparación de los gemelos. Los promedios se pueden calcular para las unidades geológicas, ya sea por la ley promedio o el contenido metálico promedio (suma de leyes en el tiempo) para cada unidad geológica. Esto puede mejor utilizado cuando las unidades de mineral en curso son variables en amplitud sobre distancias cortas. Los límites de las unidades geológicas deben estar basados en observaciones geológicas no influenciadas por los resultados de los ensayos.

#### 5. INSERCIÓN DE CONTROLES EN LOTES DE MUESTRAS

##### 5.1 PETICIONES POR LOTES

Un lote "es un término impreciso, pero se puede definir como un grupo de muestras que se somete a procesamiento (por ejemplo, secado en un horno, calentamiento en una placa caliente) como un grupo.

Es útil conocer el número de muestras de cada lote de laboratorio, y cómo el número varía según la técnica analítica. Estas cifras pueden variar por cada laboratorio. Los estándares deben ser presentados al laboratorio en número suficiente y con una adecuada frecuencia de tal manera que cada lote de laboratorio contenga al menos un estándar mineral, además de un blanco, además de un estándar de baja ley o duplicado de pulpas. El programa interno del laboratorio de control de calidad-QC debe incluir al menos un duplicado de la muestra y / o muestra de control, y un blanco, esto es un procedimiento ampliamente utilizado QA-QC en laboratorios comerciales.

Si el laboratorio no incluye un blanco en cada lote de muestras, entonces los blancos se deben incluir con la suficiente frecuencia para que a lo menos un blanco esté incluido en cada lote de laboratorio. Hay una circunstancia especial en que el geólogo del proyecto debe presentar blancos a ciegas en cada lote, a pesar de que el laboratorio de rutina inserta blancos en los lotes como parte de su control de calidad: si no hay al menos una muestra debajo del límite de detección en casi todos los lotes procesados. Esta situación es atípica para la mayoría de los depósitos de oro.

En cualquier caso, cada presentación (envío de muestras) al laboratorio debe incluir al menos un blanco a granel. Los blancos son cada vez más críticos como método para controlar el de error del laboratorio entre la ley de corte del mineral y cada vez que se acerca más cerca al límite de detección. Como regla general, si la ley de corte del mineral es inferior a 15 veces el límite de detección, un blanco debe ser insertado en cada lote de muestras. Es, sin embargo, mejor evitar los protocolos de análisis que tienen límites de detección muy cercanos de la ley de corte del mineral.

Blancos a granel deben presentarse al laboratorio de preparación de muestras en cantidad suficiente para asegurar al menos que uno de esos blancos se transforme en el control de cada turno de funcionamiento de la instalación de preparación mecánica. El geólogo o un técnico de la supervisión de colección de las muestras de la plataforma deben estar pendientes de metrajes significativos (típicamente cuatro o más intervalos de muestra) de material visual identificados como probable mineral, e insertar los blancos a granel en los espacios asignados en el flujo de las muestras dentro o justo después de que algunos de estos "aparecen". Tiene poco valor en la colocación de blancos a granel en el flujo de muestras después de un material estéril, ya que la contaminación cruzada no puede ser detectada a menos que las muestras anteriores tengan niveles detectables del elemento de interés.

MRS de baja ley deben tener las leyes cerca de la ley de corte prevista (para el oro, por ejemplo 0,4 a 0,8 g/t, o 0,012 a 0,023 oz/ton corta). Un MRS de alta ley debiera estar por encima de cualquier ley de corte de mineral de cabeza de alimentación / ó de Lixiviación o del percentil 85th de todas las muestras de mineral previamente analizadas. La precisión del análisis en este nivel de

concentración es muy importante para reducir al mínimo la clasificación errónea del material.

Otro estándar de alta ley debe tener leyes iguales o por encima del "rango lineal de rutina" utilizado habitualmente por el espectrómetro de absorción atómica (si se usa este procedimiento), es decir, por encima del umbral en el que el laboratorio debe diluir la muestra, o re-calibrar el instrumento con diferentes (concentraciones superiores) conjuntos de estándares de calibración. Porque el oro tiene a menudo un alcance de 3,5 g / tonelada (0.102 oz / ton corta), pero el umbral variará según el laboratorio. Este estándar de alta ley permite la detección de una incorrecta o inexacta dilución o re-calibración, que a menudo se produce en algún momento en el tiempo si un proyecto es extenso.

Otro estándar de alta ley podría ser seleccionado en el rango de ley de la mediana de las leyes de las muestras minerales del depósito, o de las medianas de las leyes de las muestras de óxido o de sulfuro del depósito, si hay una gran disparidad entre las leyes de las zonas de óxidos y sulfuros.

## 5.2 CANTIDADES SUGERIDAS DE MATERIALES QA/QC

Como programa mínimo, se recomienda lo siguiente:

- Un estándar de grado mineral (del apropiado estado de oxidación), y una muestra de baja ley o un blanco debe analizarse en cada lote de laboratorio. El total de tales inserciones debe incluir un 5 por ciento de las muestras enviadas al laboratorio.
- Los blancos deben existir en cada batch del Laboratorio. Si el laboratorio no inserta blancos, como parte de su control de calidad, entonces estos deben ser presentados a un ritmo de un blanco por cada lote por el supervisor del proyecto. Adicionalmente blancos a granel deben ser insertados de vez en cuando o inmediatamente después de visualizar muestras de alta ley.
- Duplicados del rechazo grueso deben constituir un cinco por ciento de las muestras enviadas al laboratorio. Un cinco por ciento de duplicados de pulpa reenumerados de las muestras de perforación (la misma pulpa) deben volver a presentarse junto con los estándares, si la misma organización lleva a cabo la preparación de muestras y el ensayo, con el fin de mantener un mejor anonimato de los estándares. En el muestreo de perforación de aire reverso, los duplicados de la plataforma puede utilizarse en lugar de los duplicados de rechazos gruesos.
- Algunos proyectos rutinariamente envían todas las muestras de perforación para el análisis, incluyendo unidades de roca que se saben estéril, como la tapa de lixiviados de un depósito de pórfidos de cobre. En los casos en que estas unidades puedan ser identificadas con toda fiabilidad sin ensayarlas, ellas

pueden quedar exentos de un doble proceso de selección.

Los resultados analíticos de los estándares se utilizarán para evaluar los datos analíticos y para aceptar o rechazar los lotes de resultados de los laboratorios. Los duplicados de los rechazos gruesos se utilizan para evaluar el desempeño de la preparación de las muestras. Los blancos a granel se utilizan para evaluar tanto la preparación de muestras y ensayo. Es preferible que los duplicados de las muestras sean analizados en un lote diferente de la muestra original, porque la mayoría de los laboratorios incluyen sus propios duplicados en cada lote. Si algún error de procesamiento afecta a todas las muestras de un lote de una manera idéntica, los duplicados en el mismo lote estarán de acuerdo, no así los duplicados ensayados en diferentes momentos.

Una estimación aproximada de la cantidad mínima de material de referencia estándar necesaria para una campaña de perforación se puede obtener mediante la fórmula:

$$0,02625 * D * w / l$$

donde w = peso promedio de una muestra estándar, D = total de metros de perforaciones previstos, y l = longitud promedio de la perforación en el intervalo de las muestras.

Este número incluye las inserciones de material de referencia estándar en los insertos enviados al laboratorio de ensayo de verificación. Por lo tanto 10.000 metros de perforaciones de la muestra en un intervalo de tiempo promedio de 2 metros se necesitarían como mínimo 132 inserciones de estándares, si el peso de la muestra un promedio de 100 gramos cada uno, asciende a 13,3 kilogramos de material.

Una cantidad similar de MRS de bajo grado + material blanco sería necesario. Si el tamaño del lote es inferior a 40, más material se requiere para insertar una muestra de grado mineral (y un blanco o un MRS de baja ley) en cada lote. En tal caso, la cantidad mínima de material de referencia de estándar grado mineral puede estimarse a partir de

$$w * D / (n * l) + 0.05 * D * w / (m * l)$$

donde n es el número de muestras procesadas en cada lote de laboratorio primario y m es el número de muestras procesadas en cada lote de laboratorio arbitral.

## 5.3 MANTENER EL ANONIMATO DE LOS MATERIALES QA/QC

Por lo general, la preparación de muestras se realiza en la misma instalación donde se está haciendo el trabajo de análisis en el laboratorio primario. Esto facilita y reduce al mínimo la manipulación de la muestra y acelera la recepción de los ensayos. Por otra parte, un ahorro de costos se obtiene de; la reducción del tiempo

invertido en el seguimiento de la muestra (llamadas telefónicas); de envío de la muestra (de carga aérea de las pulpas), y descuentos por volumen de trabajo.

Debido a que todos los materiales de referencia estándar son generalmente presentados como pulpas, es imposible mantener en secreto su identidad a partir de un laboratorio primario, que en el otro caso de recibir material geológico de tamaño variable.

La introducción "ciega" de los estándares para el laboratorio principal se vería facilitada si la preparación de muestras fueran manejadas por una institución que no sea el laboratorio de ensayo de primario. Si se hace esto, todas las muestras que llegan al laboratorio principal será pulpas y los estándares intercalados serán más fácil de ocultar para el laboratorio. La mayoría de los laboratorios comerciales, no realizan solamente la preparación mecánica de las muestras, sin embargo, la preparación por sí sola puede ser costosa, ya que los precios anunciados son a menudo la preparación subvencionada por los precios de los análisis que tienen mayor margen de utilidad para el laboratorio. Los laboratorios son renuentes a realizar la preparación de muestras sin obtener el trabajo analítico también, porque la preparación de muestras puede convertirse en un cuello de botella que impide que el laboratorio a partir de la obtención de más trabajo remunerativo que incluye tanto la preparación, así como los análisis.

Las opciones de completar la preparación en una instalación separada debe ser explorada. Hay unos pocos laboratorios establecidos que ofrecen la preparación mecánica con una oferta a su medida. Algunos grandes laboratorios que realizan habitualmente tanto la preparación y el análisis, harán la preparación de muestras sólo por un suplemento muy importante (alrededor de 100 por ciento). Por otra parte, para los programas a gran escala de la duración, la construcción de una instalación de preparación de muestras debe ser evaluada.

Si hay alguna duda sobre si los controles ciegos pueden ser identificados y sometidos a tratamientos especiales, pares de estándares, que difieran entre sí en el valor del ensayo en 1,5 sigma deben ser enviados. Esto es generalmente de cuatro a ocho por ciento en relación, con una diferencia porcentual más en relación a los estándares que tienen las leyes más cerca del límite de detección analítico. Cerca de la ley de corte del mineral, como un par de los estándares puede tener valores de 0,48 y 0,52 g / t Au (una diferencia relativa de 0.04/0.50, u 8 por ciento). Un par de estándares de alta ley podrían tener valores de 2,04 y 1,96 g / t Au (una diferencia relativa de 0.8/20.0, o 4 por ciento). Estas diferencias son difíciles de identificar para un laboratorio con certeza sobre la base de un único ensayo. Cuando este enfoque se utiliza, los dos estándares de cada par se puede graficar en el gráfico de control mismo, como líneas separadas.

Además de esto, un porcentaje de las pulpas de la muestra previamente ensayadas ("duplicados de la misma pulpa"), son re envasados y re enumerados por

el expedidor del proyecto a fin de ser indistinguibles de los paquetes del material estándar, también se debe incluir en los materiales de control de calidad-QC suministrado al laboratorio para su inserción. Típicamente, la mayoría de los programas de control de calidad-QC utilizan dos o tres estándares (ley de corte, con ley promedio, ley de tratamiento especial) para cada tipo de mineral (por ejemplo, "óxido" y "sulfuro de" minerales en un yacimiento de oro). Con el fin de asegurar que un estándar de alto grado y un estándar de grado bajo o un blanco son insertados en la mayoría de los lotes de muestras, el laboratorio puede disponer de dos cajas de pulpas para la inserción: una que contiene blancos, estándares de baja ley y duplicados de pulpas inicialmente con los ensayos de baja ley, y los que contienen estándares de alta ley y los duplicados de pulpas con los resultados de alta ley.

Cuando los laboratorios cuentan con los materiales de referencia estándar para la inserción, es importante comprobarlo, cada vez que visite el laboratorio, para asegurarse de que el material se inserta en cada lote, y no son, por ejemplo, ejecutados por separado por duplicado o triplicado y los resultados promedios consignados en el informe final. Es una buena práctica pre-asignar y pre-enumerar los estándares en condiciones muy controladas de modo que la probabilidad de un etiquetado incorrecto o de una mala enumeración se reduzca:

- Cuando sea posible, una lista de claves se debe mantener para cada muestra "identidad MRS". Al igual que para las muestras, cada inserción de un MRS debe ir acompañada de un número de muestra único.
- Para mantener el anonimato y para controlar la ubicación de los MRS en el flujo de las muestras, los números de muestra pueden ser reservados en libros impresos donde se indique el número de la muestra que corresponde al MRS. Esto se puede hacer mediante el uso de un sello de goma "STANDARD: \_\_\_" en las páginas seleccionadas, de manera que cada grupo de muestras (igual al tamaño del lote) tenga lugares reservados para los MRS.
- La selección de los números de la muestra utilizada para la asignación puede variar ligeramente, por ejemplo, la adición de un número entero seleccionado al azar entre -4 y +4 con un número constante igual al tamaño del lote. Una lista puede ser muy fácil generar en una hoja de cálculo como Excel o Quattro Pro, que luego se importan a la base de datos para hacer una tabla de MRS.
- Una lista también está impresa y guardada junto con los libros de muestra, por lo que la identidad de los MRS insertados puede ser llenada. El llenado en la lista es entonces devuelta, y la tabla MRS se actualiza.
- Para evitar la introducción de los errores, es aconsejable incorporar algunas redundancias en las tareas, como tener un papel removible (papel

recortado) sobre cada estándar, que debe ser removido y marcado con el número de la muestra, al mismo tiempo como un número de muestra que está escrito en el sobre del estándar. Estas etiquetas se pueden colocar en un sobre con la fecha de envío, y mantenerse hasta que los resultados estén de vuelta. Si se plantea alguna duda acerca de la mezcla de los MRS insertados, el sobre apropiado puede ser comprobado. Escribir la información sobre una libreta no parece funcionar tan bien, posiblemente porque la gente se olvida de hacerlo cuando están apurados. Si un técnico se olvida de quitar una etiqueta, el laboratorio conocerá la identidad del estándar para esta muestra, pero al menos no habrán sido mal identificadas.

- Es importante proporcionar información a los técnicos implicados en las tareas, alertando a ellos de los errores que se están encontrando, así ellos estarán vigilantes.

Entonces se convierte en la responsabilidad de supervisar el geólogo o el geotécnico para ingresar la identidad de los MRS insertados en el sobre de la muestra (en lugar de un intervalo de metraje de perforación) y sobre la lista de los MRS. Vale la pena hacer un esfuerzo para introducir un apropiado estándar en la secuencia, basado sobre la base de lo que se registra en las muestras cercanas (logeo). Para las muestras de oro, deben hacerse esfuerzos para insertar un estándar de óxido (por lo general de color rojo) con muestras de óxido y un estándar de sulfuro (gris o negro) con las muestras de sulfuro, de modo que el MRS y las muestras recibirán el mismo ajuste de flujo una vez iniciado el proceso.

Cuando metrajes de perforación se utilizan como números de las muestras, los MRS no se pueden insertar fácilmente. Uso de intervalos ficticios del la perforación es una fuente potencial de confusión, y no se recomienda. Si se adopta este enfoque de todos modos, los metrajes de perforación ficticia se debe asignar una longitud cero (es decir, debe ser igual el desde = hasta) para que puedan recibir de cero (y ser descartado) si por error es incorporado en el modelo del recurso.

Una alternativa es añadir un sufijo al intervalo de perforación que precede al punto de inserción, y asignar este al control, esto a veces compromete el anonimato de los materiales de control insertados. Cuando se utiliza este enfoque, no se insertan de manera rutinaria un duplicado próximo a la muestra original. Uno puede usar etiquetas "desprendibles", ya impresas con la identidad del estándar, porque la muestra ya cuenta con un sufijo distinto. La etiqueta es entonces retirada en el momento de la inserción y el etiquetado del sobre con el material estándar, y la etiqueta retirada es pegada en el libro de la muestra, o en una lista de claves, que identifica los estándares. Un enfoque similar se puede utilizar para la inserción de los blancos a granel.

## 6. MÉTODOS DE CONTROL Y CRITERIOS DE CALIDAD

### 6.1 EL CONCEPTO DE ACEPTACIÓN O RECHAZO DE LOTES

Un aspecto crítico de un programa de control de calidad es el proceso de decisión para aceptar o rechazar los datos del laboratorio. Los datos son a menudo revisados sobre la base del lote del Laboratorio; una serie de lotes de laboratorio pueden constituir un completo "Job" del laboratorio. Por lo tanto, rara vez es necesario rechazar un trabajo completo, sino que, algunos lotes individuales de todos los trabajos del laboratorio son los que, bajo condiciones ideales, ocasionalmente necesitarán ser rechazados.

Por lo general, es impracticable ejercitar el control de los lotes desde el exterior del laboratorio. El director del proyecto no suele saber dónde termina un lote y comienza el otro, y así por lo general debe revelar la identidad de la muestra control (si no es ya conocida) para que el laboratorio pueda identificar el lote. En cambio, el director del proyecto debe solicitar la readmisión del ensayo de un pequeño grupo de muestras (de cinco a diez) que incluirá el estándar insertado, de manera que la posición del estándar no esté en el comienzo ni el final de la secuencia, pero que por lo demás, debe variar con cada solicitud de re-análisis. El laboratorio, previa investigación, es a menudo capaz de identificar al director del proyecto del tipo de error que ha cometido (lotes, intercambio de muestras, etc.) y realizar la acción adecuada (re-analizar el lote apropiado si hay un error en el lote, entonces emitir un certificado de ensayo corregido).

La idea del control de calidad por lote, indica que un lote completo puede haber sido sometido a un inadecuado procedimiento y por lo tanto el lote completo está "malo". Esto ocurre a veces, pero no suele ser el caso. La mayoría de los tipos comunes de errores en los ensayos son errores episódicos, que se producen al azar. Ejemplos de ello son lecturas erróneas de un número en una balanza o instrumento, la transposición de dígitos cuando se graba un número, colocación incorrecta de un punto decimal, derrames o "proyecciones" de una muestra, un bloqueo parcial en el flujo de líquido del espectrómetro, la contaminación por escurrimientos que ocurren en un horno sucio, la reutilización de un crisol contaminado, y así sucesivamente.

Por lo general, el segundo tipo más común de error implica el cambio de dos muestras, que se traduce en dos muestras cercanas con resultados incorrectos. Tener un lote "malo" suele ser un acontecimiento extraño. Algunos ejemplos son "de lectura" (del instrumento) una gradilla de muestras hacia atrás, leyendo las muestras del estante equivocado, el calentamiento de un grupo de muestras en un demasiado largo o demasiado corto período de tiempo o con la temperatura incorrecta, utilizando los reactivos equivocados o con un errónea calibración de los instrumentos. Debido a que estos son errores de procedimiento que pueden ser eliminados mediante la

introducción de buenos procedimientos "best practices", los buenos laboratorios tienen pocos lotes rechazados. Los otros tipos de errores son más difíciles de prevenir, pero se pueden reducir mediante el uso de computadores (conectados al espectrómetro y las balanzas, por ejemplo, para evitar que la transposición de dígitos). Sistema LIMS por ejemplo.

Es una buena práctica hacer un acuerdo con el laboratorio especificando el nivel de desempeño requerido del laboratorio, cómo se va a medir, y qué medidas correctivas se requieren bajo diferentes resultados o situaciones. Las modalidades concretas varían, pero normalmente el laboratorio acuerda re-ensayar los lotes rechazados por el director del proyecto, sin costo adicional. Este acuerdo se deteriora si el programa de Control de Calidad es mal manejado como lo demuestra, por ejemplo, la presencia de frecuentes intercambios de muestras realizadas por el personal del proyecto responsable del etiquetado y de la inserción de estándares y duplicados ciegos.

Para materiales de referencia certificados estándar, la "tolerancia" (rango en torno al valor de referencia) debe basarse en lo que se ha alcanzado en otros laboratorios utilizando procedimientos analíticos similares, publicados en el informe de certificación. Límites razonables típicamente abarcan alrededor del 95 por ciento de las determinaciones obtenidas durante el proceso de certificación, no es el error estándar de la media (la incertidumbre en la estimación para el valor certificado) que está impreso en algunas etiquetas comerciales, incluidas los estándares CANMET.

En el caso de los ensayos de verificación con el Laboratorio arbitral, los resultados originales y los chequeados comúnmente exhiben diferencias sistemáticas de un pequeño porcentaje relativo (por ejemplo, un Laboratorio devuelve valores ligeramente superiores a los otros, en promedio, con el tiempo). Esta componente de sesgo relativo entre los laboratorios es típicamente encontrada en las declaraciones de la desviación estándar de los informes del certificado. Las muestras que tienen concentraciones cercanas al límite de detección deben tener mayores tolerancias (en términos del porcentaje relativo a la concentración). Este efecto debe reducirse todo lo posible mediante la selección de un laboratorio primario y un laboratorio arbitral que muestren una buena concordancia con otros laboratorios y un muy buen acuerdo entre sí.

Un resultado puede ser autorizado a pasar los límites si:

- Para materiales de referencia, el rango aceptado debe ser el valor buscado  $\pm 2$  sigma (nominalmente para un intervalo de confianza de un 95 por ciento). Esta es una tolerancia generosa. Uno puede esperar que, si el laboratorio se está desempeñando por encima del promedio y las muestras no son mal etiquetadas antes de su envío al laboratorio, que a lo menos el cinco por ciento de los estándares enviados estén fuera de este rango.

- Los blancos de pulpa deben devolver los valores menores o iguales a dos veces el límite de detección. Los valores de los blancos a granel no deben ser superiores a tres veces el límite de detección.

La colocación de los límites de confianza de los resultados de los duplicados es más problemática, porque se sabe menos sobre la variabilidad de los pares duplicados. Lo que puede parecer un requisito muy exigente para un depósito puede ser fácilmente aceptable para otro. Algunas reglas en bruto "reglas de oro" especifican que el 90 por ciento de los pares duplicados debe cumplir con alguno de estos criterios:

- Duplicados de los resultados (A y B) realizados sobre las muestras de campo (RC ó DDH) deben estar dentro de  $\pm 30$  por ciento del error relativo absoluto (diferencia de pares dividido por su media):

$$\frac{|A - B|}{0,5 * (A + B)} < 0,3$$

- Duplicados de los resultados (A y B) realizados sobre los rechazos gruesos (duplicados de PM) deben estar dentro de  $\pm 20$  por ciento del error relativo absoluto (diferencia de pares dividido por su media):

$$\frac{|A - B|}{0,5 * (A + B)} < 0,2$$

- Duplicados de los resultados (A y B) realizados sobre las pulpas deben estar dentro de  $\pm 10$  por ciento de error relativo absoluto:

$$\frac{|A - B|}{0,5 * (A + B)} < 0,1$$

En las fórmulas anteriores, los resultados debajo del límite de detección se les asigna un valor de cero. Las ecuaciones no están definidas cuando ambos valores están por debajo del límite de detección. La media de valores pareados ( $0,5 * (A + B)$ ), que son menores a 15 veces el límite de detección se les permiten límites relativos más amplios:

- Para las pulpas, si el valor absoluto de  $|A - B|$  es menor o igual al doble del límite de detección, es aceptado
- Para rechazos gruesos, el valor  $|A - B|$  debe ser menor o igual a tres veces el límite de detección, para poder ser aceptado.

La eficacia de estas "reglas del pulgar" trabajan para resultados duplicados cerca del límite de detección y dependen de cómo el laboratorio define su límite de detección; se observa que estas reglas son consistentes con lo indicado para las muestras de blancos.

Estas reglas son bastante eficaces para la identificación de pares de resultados que son aceptables. Un

laboratorio que tiene una alta proporción de los resultados, cerca del límite de detección puede que no cumpla con los criterios anteriores, pero un buen desempeño para muestras con leyes mayores, puede subestimar este (práctico) límite de detección. Varios trabajos de Thompson y Howarth discuten este problema en detalle. Una solución es redefinir el "práctico" límite de detección a un nivel más alto que el establecido por el laboratorio (por ejemplo, el doble del mismo). Hay poco riesgo para la estimación de recursos, siempre y cuando el "nuevo límite de detección" esté todavía muy por debajo de cualquier posible ley de corte del mineral prevista para el proyecto. Si la ley de corte del mineral, es menor a 15 veces el límite de detección redefinido, la adecuación del método analítico debe ser detenidamente revisada.

## 6.2 TIPOS DE ERRORES

Los "errores" en los datos generales se pueden clasificar en tres tipos diferentes: los que identificamos como "equivocaciones", los que son consecuencia de las limitaciones del proceso, y los de fallas en el proceso los cuales proveen respuestas consistentemente equivocadas.

Los errores incluyen acciones como la transposición de dígitos al registrar una lectura, mezclando las muestras, o el olvido de aplicar un factor de dilución en el cálculo de un resultado, ya sea electrónico o mecánico de una medida instrumental, y no coincidente con los resultados de la numeración de las muestras, por nombrar sólo algunos. Este tipo de error se refiere a veces como "errores del tipo I". Los resultados con este tipo de errores no tienen ninguna relación previsible con los resultados sin errores. Es decir, dada una lista de resultados, para todos aquellos que contienen este tipo de error, no se puede hacer ninguna predicción acerca de los resultados que se informarían sin este tipo de errores. La diferencia entre el resultado erróneo y el "valor real" puede ser muy grande o muy pequeña. Algunos de los errores de este tipo se pueden cuantificar por su frecuencia de ocurrencia. Por ejemplo, por el chequeo de algunas de las entradas en una base de datos contra la documentación de origen, uno podría encontrar qué porcentaje tiene errores en la entrada de datos.

Errores de medición y toma de muestras, a veces llamados "errores del tipo II", son más predecibles. Una población suficientemente grande de estos errores tiene una media de cero (errores positivos y negativos tienden a compensarse). Para este tipo de errores, uno podría calcular los intervalos de confianza y similares. Esta clase de errores no nos impiden obtener los resultados "correctos". Los errores de medición y de toma de muestras no se pueden prevenir, sólo reducirlos en tamaño.

El tercer tipo, los errores sistemáticos que también son predecibles, pero proporcionan resultados "incorrectos". Por ejemplo, si la calibración de una balanza utilizada para pesar alícuotas de la muestra está un 5 por ciento

más baja, entonces el promedio de los resultados de las muestras pesadas en esta balanza será un 5 por ciento más alto, porque cada alícuota de muestra pesada en esta balanza tiene un promedio de un cinco por ciento con más masa de muestra que la que se utiliza para calcular la concentración de la muestra. Pequeños errores sistemáticos existen en cualquier proceso, pero será la razón del porque los diferentes laboratorios obtendrán resultados promedios ligeramente diferentes en el mismo conjunto de muestras. Grandes errores sistemáticos en los ensayos o en la toma de muestras pueden ser fatales en la determinación de un modelo de recursos.

Estos tres tipos diferentes de errores conviven en un conjunto de datos de control de calidad. Un efectivo control de calidad toma esto en cuenta.

El primer ítem para localizar son los grandes errores del tipo I. Estos son los "valores atípicos" en los gráficos de dispersión de resultados de duplicados. Estos pueden ser encontrados en los gráficos de dispersión. Si se pueden identificar y eliminar, el resto de datos contiene pequeños errores de tipo I que son indistinguibles de los del tipo II, y de los errores sistemáticos. Después de quitar los valores extremos, los datos duplicados se pueden utilizar para construir una tabla para aceptar o rechazar cualquier par de resultados duplicados.

## 6.3 LA IDENTIFICACIÓN DE VALORES "ATÍPICOS" EN LAS POBLACIONES DE RESULTADOS DUPLICADOS

La precisión, expresada en términos de la diferencia relativa entre dos mediciones en muestras duplicadas, varía con la concentración. La precisión en las cercanías del límite de detección será más pobre que la precisión en las concentraciones superiores. Esto puede ocurrir cuando algunos errores de medición son constantes. Por ejemplo, si un conjunto de lecturas de los instrumentos tiene incrementos de 0,1, con una incertidumbre (por ejemplo con 2 sigma) de 0,1, la precisión de 2 sigma es de  $\pm 100$  por ciento de una muestra produciendo una lectura de 0,1, mientras que una muestra produciendo una lectura de 1,0 tiene una precisión de  $\pm 2$  sigma entorno al 10 por ciento.

Por consiguiente, si uno no toma en cuenta la concentración, la diferencia relativa entre los pares rechazará a un número desproporcionado de pares de algunas concentraciones de la población. Otros errores de medición no son constantes, como, por ejemplo, la dilución de una muestra. Un error de 1 por ciento en la dilución produce una diferencia de 0,01 en una muestra que tenga una concentración de 1, y una diferencia de 0,001 en una muestra que tenga una concentración de 0,1.

Hay que evaluar el conjunto de datos para definir qué nivel de precisión es aceptable para una determinada concentración.

Aquí hay una aproximación. Coloque los resultados de los duplicados en las columnas A y B de una hoja de cálculo. Calcule la media del par de datos  $([A + B] / 2)$  en la columna C, y las diferencias  $(A - B)$  en la columna D. Entonces:

1. Ordenar los datos por la media de los pares.
2. Calcule la varianza de cada par en una nueva columna, por ejemplo,  $E32: = \text{VAR}(A32, B32)$ .
3. En otra columna F32, utilizando un tamaño razonable de población (generalmente más de 32 pares, pero menos del 10 por ciento de la población - se necesita un montón de pares para esto), calcula una "ventana móvil" de la mediana de las varianzas pareadas. Asegúrese de que la ventana móvil esté bien centrada para que la mitad de los pares se encuentren por encima y por abajo, para E32 una ventana móvil de 33 pares debería ser = MEDIANA (E16: E48).
4. Los pares con concentraciones promedio cercanas al límite de detección generan "outliers" porque, si uno de los valores es mucho más grande que el otro, la media del par les sitúa más lejos del límite de detección. En consecuencia, las estimaciones de precisión cerca del límite de detección no se puede hacer de esta manera. Siguiendo hacia abajo en la columna E, borrar las entradas hasta el peak de los resultados y comience a disminuir. Los pares con las mayores concentraciones promedio también tendrán un problema: no hay pares en la población por encima de ellos.

En consecuencia, las fórmulas en la última celda deben ser modificadas mediante la fijación del rango utilizado para calcular la mediana. Por ejemplo, si los datos terminan en la fila 340, la fórmula de celda E320 no es = MEDIANA (E316: E348), es = MEDIANA (E16: E340).

5. Calcular la razón de la varianza de cada par a la mediana de su población, por ejemplo,  $G32 = E32/F32$ .
6. Copiar los valores (pegado especial - valores) de esta hoja de cálculo a otra hoja de cálculo y ordene en orden decreciente según las razones en la columna G. Los candidatos a "outliers" son ahora ordenados al principio de la lista.
7. Si se sabe qué porcentaje de los pares tienen grandes errores administrativos u otros errores del Tipo I, se podría a continuación seleccionar el número apropiado de pares en la parte superior de esta lista como valores "outliers" probables. En el ausencia de cualquier estimación, un porcentaje fijo podría ser seleccionado, o un diagrama de dispersión realizado y números variables (desde la parte superior de la lista hacia abajo) graficados como valores extremos "outliers". Este es un refinamiento sobre un simple enfoque visual, en que se hace un juicio subjetivo en este caso sobre

el número de valores anómalos, pero no elige qué puntos son los valores extremos. Por lo tanto, podría decirse que es una selección más objetiva, haciendo una selección estrictamente visual, mantener la misma escala X e Y, o cambiar el conjunto de datos x por y.

8. Si los valores "outliers" seleccionados están en desacuerdo con el sentido común, recuerda que las reglas del sentido común: ajustan el tamaño de la población hacia arriba o hacia abajo al menos un 20 por ciento y luego buscan mejoras.

Esto puede ser rápidamente realizado mediante la edición de las fórmulas en la columna F32 (paso 3). No te olvides de editar la fórmula para los valores más altos (paso 4).

A veces, un número desproporcionado de los valores extremos "outliers" se encuentran en las leyes más altas (donde la ventana móvil se está reduciendo al final de la distribución de leyes que se ha llegado). Esto puede ser consecuencia de ciertos errores del tipo I, como la colocación incorrecta del punto decimal o en su defecto para convertir los resultados de una unidad de medida a otra (por ejemplo, algunos resultados son en ppb y la mayoría están correctamente en g / t). También se puede producir porque la dispersión es cada vez mayor, pero el método de estimación, cerca de la cola de la distribución carece de datos suficientes para extrapolar correctamente.

## 6.4 CONSTRUYENDO UNA TABLA DE ACEPTACIÓN O RECHAZO PARA IDENTIFICAR OUTLIERS

La mayor característica común de la falta de control de calidad mediante el uso de datos duplicados es un procedimiento documentado para los duplicados. Muchos laboratorios comerciales tienen algoritmos más sofisticados construidos en sus LIMS (Laboratory Information Management Systems) que activan las alarmas cuando los procesos se salen de control. Debido a que estos implican una secuencia de datos que normalmente proviene de un número de clientes distintos, no es práctico para ellos para presentar estos datos y mantener la confidencialidad sobre los datos de sus clientes. Al menos, esto es un argumento que han utilizado.

Estos sistemas de monitoreo tanto de la frecuencia y la magnitud de las desviaciones (por lo general en unidades de desviación estándar) de los valores óptimos. Por ejemplo, un único resultado con una desviación estándar más alto que el "mejor valor" (media) se debe esperar que se produzcan con cierta frecuencia. Si siete resultados consecutivos están fuera por más de una desviación estándar, esto es improbable, y provocará una "alarma" en algunos sistemas. Por el contrario, un único resultado por fuera de 3 desviaciones estándar por lo general dispara una alarma.



El laboratorio puede ejercer un control sobre los lotes de muestras. Por lo general es poco práctico para el geólogo tratar de hacerlo. Sin embargo, una vez que uno tiene un centenar de duplicados de algún tipo, se puede generar una tabla para decidir si un par de resultados duplicados están lo suficientemente cerca para ser aceptables. Así una tabla mostrará aceptables cantidades de diferencias para un rango de leyes, como las estimadas por el promedio de los pares. Todos los laboratorios estatales de la antigua Unión Soviética fueron operados sobre una tabla de este tipo. En ese costoso e insensible ambiente, todas las muestras fueron analizadas por oro en duplicado. Cuando la tabla (Tabla 6.1) es consultada. ¿La muestra califica para la clase de laboratorio que usted utiliza? Si no, solicite 2 ensayos más.

El inconveniente de este enfoque (además de su bajo costo-efectividad) es que los depósitos geológicos no conforman la ideología socialista: pues algunos tienen oro visible, dando un fuerte "efecto nugget", y algunos no.

Así, la tabla, que se podría pensar a primera vista sería una ayuda para un ensayo en un laboratorio comercial en el oeste, de hecho, para los depósitos de oro grueso, se han convertido en una pesadilla de ensayos repetidos. Una posible solución socialista a este dilema es colocar los depósitos con un efecto "nugget fuerte" sobre los laboratorios "Clase C", en lugar de arriesgarse a perder a uno de "Clase A". El resultado irónico probable es que las muestras más difíciles de ensayar son conducidas al laboratorio menos preparado para manejarlas.

Table 6.1

Official State-Prescribed Tolerance Limits				
Grade Range, Au g/t		Tolerance in percent* Laboratory "Class"		
min	max	a	b	c
50	99	8.9	18	25
20	49	15	25	33
10	19	23	33	55
5	9.9	33	50	75
2	4.9	50	75	83
0.5	1.9	75	83	83
0.2	0.49	83	83	83

\* | Pair Difference | / (Pair Mean)

Un mejor enfoque es adaptar una tabla de aceptación o rechazo con el material y los protocolos utilizados. Una vez que un programa tiene un gran número de pares de duplicados del mismo tipo, entre ellos algunos valores extremos, la identificación visual de los valores extremos se puede utilizar para establecer los criterios de aceptación o rechazo. Esto se logra mediante un trabajo adicional utilizando el procedimiento para identificar valores atípicos (sección 6.3). Las varianzas calculadas para los pares de resultados duplicados son iguales a  $\frac{1}{2}[a-b]^2$ , donde a y b son los dos resultados duplicados. Utilizando la relación de criterios (pasos 5 y 7 en la sección 6.3) seleccionados para lo que define un valor

extremo, se puede calcular la diferencia aceptable (a-b) para la media de cada par.

En la mayoría de los casos (hay excepciones para algunos depósitos que tienen más de una población de minerales que tienen muy diferentes distribuciones de tamaño de partículas), la varianza puede aumentar o mantener el mismo valor con el incremento de la ley. La precisión baja, porque es proporcional a la raíz cuadrada de la varianza dividida por la media, pero la varianza se arrastra siempre hacia arriba (va aumentando con respecto a la ley).

Si procedemos desde los pasos de la Sección 6.3:

- Encontrar la proporción más baja de [varianza del par] / [mediana varianza pareada] (lo llaman p) en la población de outliers (es decir, la menor proporción necesaria para calificar como un outlier).
- En una columna aparte, por ejemplo la columna H, calcular la "varianza criterion" para un par fallido desde "p \* varianza mediana". Para "suavizar" está en una función monocíclica en aumento, use (por ejemplo, en la celda H23): = max (H22, p \* E22), donde E22 contiene la varianza media pareada de la población (Ver pasos 3 y 4).
- Calcular los límites de confianza diferencia par (a-b) por separado en una columna I. Siguiendo con el ejemplo, I32 contiene la fórmula = SQRT [2 \* H32]. Alrededor de estas diferencias para que coincida con el origen de los datos, por ejemplo, si el origen de datos tiene 2 lugares después del punto decimal, las diferencias pareadas también.
- Ahora tiene una función en forma escalonada. La mayor diferencia de pares aceptable será constante para un rango de valores medios, a continuación aumentarán. A partir de esta, construir una tabla, al encontrar el mínimo y máximo de medias de pares por cada diferencia de pares. Esto produce una tabla de búsqueda que tiene la estructura del ejemplo en el cuadro 6.2

Table 6.2

Example of part of a Pass/Fail Table for Duplicates		
If Pair Mean is	and	Pair Difference  Must Be
>=	<	<=
0	0.2	0.1 (all pass)
0.2	0.6	0.2
0.6	1.1	0.3
1.1	1.7	0.4
1.7	1.9	0.5

Ahora se tiene una tabla que una persona puede utilizar para identificar las fallas en la devolución de datos. Esto es mucho más efectivo y consistente de "escanear" para los resultados de duplicados con "grandes" diferencias.

Los valores extremos "outliers" identificados usando esta tabla deben ser bastante raros los casos en que se relacionan con los grandes errores del tipo I. La primera

acción a tomar con ellos es para buscar posibles errores en la introducción de datos y mezclas de muestras. Puede ser necesario o deseable solicitar de nuevo los ensayos de estos pares de muestras. Si la disparidad es el resultado de un error de información (tales como la transposición de dígitos, mientras se lee en el instrumento) o error de ensayo (derrame o proyecciones por sobre ebulliciones), un re-ensayo de las dos muestras duplicadas proporcionará los resultados que están de acuerdo unos con otros, y con uno de los dos resultados, duplicado u original. Si una repetición del ensayo da dos resultados dispares similares a la primera pareja de resultados, indica que las muestras han sido mezcladas. Esto es muy útil para distinguir estas dos condiciones, de modo que las medidas correctoras oportunas se pueden tomar.

## 6.5 DERIVA DEL LABORATORIO

Para cada informe, es importante trazar el valor medio de cada uno de los MRS en una secuencia de tiempo, así la deriva del laboratorio puede ser monitoreada. La diferencia de los promedios entre el valor original y los ensayos de verificación también pueden registrarse en una secuencia de tiempo. Estas dos gráficas pueden detectar cualquier deriva del laboratorio que pueda ocurrir. Cuando han habido valores fallidos y los informes del laboratorio han sido revisados, los datos anteriores deben ser eliminados y reemplazados con los nuevos antes de calcular los resultados. Prolongadas diferencias (más de un lapso de tiempo de 10 o 20 MRS) de más de cinco por ciento es generalmente inaceptable. El laboratorio debe estar consciente de su deriva, pero no se debe revelar información confidencial sobre la identidad y las leyes de los MRS ciegos. Esto es generalmente mejor hecho mediante el suministro de información sobre los ensayos de verificación en lugar de los resultados del estándar. Los resultados de un MRS ciego sólo debe ser utilizado como un "último recurso" para intentar resolver un problema con el laboratorio; primero preguntar al laboratorio sobre el desempeño de sus propios estándares insertados durante el tiempo cuestionado.

## 6.6 PRÁCTICAS DEL MONITOR DE CALIDAD

Las pulpas de las muestras deben ser re-homogeneizadas si las muestras se envían desde cualquier distancia. Se recomienda que las pulpas sean pasadas a través de un pulverizador de anillo ó disco de 10 - a 20 segundos antes de su pesaje, lo que reduce la segregación que se hayan producido mediante el movimiento de las partículas más densas, la segregación por forma o tamaño de partícula, aglomeraciones, etc. Obviamente, de las muestras seleccionadas para el control de la calidad del grado de molienda de las pulpas, se debe obtener alícuotas para esta prueba que deben ser retiradas antes de la mezcla de la pulpa en un pulverizador. En este caso la fracción tomada para la prueba de granulometría debe ser recogidas por roleo y extensión de la pulpa en un paño tomando muchas sub-muestras pequeñas. Una

mejor muestra se obtiene haciendo pasar la muestra a través de un micro divisor vibratorio, pero esto se hace rara vez, la mayoría de los laboratorios no tienen uno. La sub-muestra utilizada para la prueba de tamizaje húmedo debe ser desechada, no debe volver a la bolsa de la pulpa de la muestra.

La mayoría de los laboratorios de ensayos comerciales completan el proceso de ensayo a fuego de las muestras de baja ley con un sistema de EAA en lugar de pesar el botón ("acabado gravimétrico"). El laboratorio de chequeo debe verificar rutinariamente las leyes por encima de 1 a 2 g / t, ensayadas y finalizadas por el método gravimétrico, porque es más preciso para las muestras de oro de alta ley. Esto proporciona una buena comprobación sobre lo realizado por el laboratorio principal sobre el proceso terminado por AA-llama, que puede verse afectado por la dilución y por los errores de calibración.

Como se mencionó anteriormente, el laboratorio de chequeo debe medir la calidad de la pulpa (finura) de algunas de las pulpas enviadas desde el laboratorio principal. Una medición de la calidad es mucho mejor que un toque cualitativo, que no puede ser fácilmente documentado. Por lo general, comprobando una pulpa de cada 10 (de las pulpas presentadas para el análisis de verificación) son suficientes. El laboratorio de chequeo debe ser provisto de aproximadamente de un cinco por ciento de todas las pulpas para el análisis de verificación, esto significa que aproximadamente la mitad del uno por ciento de las pulpas serán verificadas por un adecuado pulverizado. Las pulpas deben ser evaluadas con el tamaño de malla que permite que un 95 por ciento de la muestra (en peso) pase a través de ella. Esto debe hacerse mediante el pesaje de 10 o 20 gramos de rechazo de pulpa seca y mediante un tamizaje en húmedo a través de un pequeño tamiz, secando y pesando la fracción de sobre tamaño y calculando el porcentaje pasante de la malla. Este es un paso de control de calidad; el propósito es mantener la calidad durante el proyecto.

Si el laboratorio principal no cita el porcentaje de material que se espera pasar su tamaño de malla especificado, la convención es asumir que el 95 por ciento debe pasar este tamaño (P-95). Este porcentaje pasante se ha encontrado experimentalmente que proporciona la estimación más fiable del tamaño medio de partícula independientemente de la tecnología de molienda empleada. A veces la palabra "nominal" se utiliza para obviar el tamaño de la malla, se indica "las pulpas se muelen a una malla nominal de -150 #", que, en este contexto, significa "sólo el nombre". Esto no es aceptable.

En su lugar, una especificación que establece el tamaño de la malla a través de los cuales el 95 por ciento de la muestra (en peso) es aprobada, debe ser indicada por el laboratorio principal. El laboratorio deberá estar obligado a cumplir con sus propias especificaciones con una tasa de fracaso (determinado por las pruebas al azar de rutina realizado por el laboratorio de chequeo) de menos de cinco por ciento. El tamaño de la malla P-95 debe ser

el tamaño al cual se consiguen resultados reproducibles de las pulpas duplicadas (como se ha indicado anteriormente, dentro del  $\pm 10$  por ciento en relación, el 90 por ciento del tiempo).

En el caso de los depósitos de oro, el tamaño de las partículas es mucho más crítico que, por ejemplo, en el caso de depósitos de cobre, donde los resultados reproducibles puede obtenerse incluso con pulpas relativamente gruesas. Para el oro, un punto de partida podría establecer una especificación de que un 95 por ciento de la pulpa testada pase un tamiz de 150 mallas. Una vez más, los requisitos de la teoría del muestreo hacen necesario que el criterio se exprese en términos de P-95; prestaciones indicadas en términos de otros porcentajes (como "85 por ciento pasando un tamiz de 200 mallas, o un 100 por ciento pasando un tamiz de 100 mallas") no se debe utilizar. Si el laboratorio principal utiliza una especificación distinta P-95, puede ser satisfecha por medio de 2 mallas, una para el probable tamaño P-95 y la otra para la estipulación del laboratorio.

También es fundamental obtener una reducción de tamaño constante y adecuada durante el chancado de las muestras de perforación antes de tomar una división para la molienda hasta la obtención de una pulpa para el análisis. Las instalaciones de preparación de muestras deben tamizar una fracción del rechazo grueso de una muestra seleccionada al azar en cada turno de operación, y ajustar los equipos para el triturado cuando sea necesario. El chancado a un tamaño "nominal de bajo -10 mallas" suele ser más deplorable que un pulverizado a un tamaño "nominal bajo -150 mallas" en el requisito del 95 por ciento pasante. No es raro descubrir que un laboratorio de preparación que indica trabajar bajo -10 mallas, se traduce en que sólo el 50 por ciento de la muestra es chancado a -10 mallas. No solamente la instalación de preparación debería de realizar esta prueba en cada turno, sino que debería registrar rutinariamente cada resultado de la prueba en un gráfico publicado en la muestrera, esto muy rara vez se hace con excepción de los laboratorios que cumplen con las prácticas de la ISO.

Dentro de los límites prácticos, el geólogo del proyecto y el geoquímico de la empresa (o persona encargada de vigilar el control de calidad) debe periódicamente realizar, visitas sin previo aviso al laboratorio primario y a su proceso de preparación de muestras para examinar los procedimientos, y examinar la organización global de las instalaciones y su limpieza. Esto debe incluir el asegurarse que los materiales de control de calidad están recibiendo el mismo tratamiento que las muestras de perforación, y confirmar que los tamaños de partículas son medidos y mantenidos. Una breve nota para documentar su visita es una adición útil al archivo de control de calidad.

En sus visitas a las instalaciones de preparación de la muestra, una muestra aleatoria de rechazo secundario debe ser probada para determinar si el chancado es adecuado. A veces, uno descubre que la planta de

preparación no tiene ni siquiera una malla para realizar esta prueba.

## 6.7 LOS NIVELES DE EXACTITUD SUGERIDOS

Para su uso en modelos de recursos donde se solicita un financiamiento externo, se recomienda que la ley promedio de todas las pulpas chequeadas debe estar dentro del 5 por ciento de la ley media de todas las pulpas originales así controladas (este criterio se suma al criterio muy diferente de que al menos el 10 por ciento de los ensayos de verificación tengan una diferencia relativa superior al 10 por ciento). Si esto no es así, un laboratorio arbitral puede ser usado para el reensayo de las muestras con las mayores discrepancias entre los laboratorios. Esto es menos costoso para supervisar el funcionamiento del laboratorio y corregir los defectos de procedimiento que participar en un extensivo programa de re-ensayo posterior en la vida del proyecto. Cualquier valor outlier debe ser identificado y omitido antes de calcular los promedios utilizados para comparar los ensayos originales con los ensayos de chequeo. Sin embargo, los valores extremos, deben ser contabilizados por su requerimiento de re-análisis siendo realizados por el laboratorio de ensayo de verificación. Esto se hace fácilmente si se evalúan los resultados poco después de que se reciban.

Si el laboratorio de ensayo de verificación va a alcanzar el mismo resultado en el re-ensayo como el primer ensayo, el valor extremo puede ser considerado como un error cometido por el laboratorio de ensayo original. La frecuencia de los errores debe ser reportada, y no debe ser superior a cinco por ciento de la población del ensayo original. Si lo hace, los protocolos deben ser modificados a fin de reducir los errores del tipo I.

## 6.8 LOS NIVELES DE PRECISIÓN SUGERIDOS

La falta de precisión tiene muchos efectos sutiles sobre el modelo del recurso, esta reduce la seguridad con que cualquier bloque en particular en un modelo de recurso pueda ser clasificado como mineral, hace los programas de producción menos fiables, y puede llevar a un inventario de minerales en el que menos toneladas son colocadas en la categoría de reservas "probadas y probables" o reservas "medidas e indicadas" y más toneladas se colocan en la categoría de reservas "inferidas" o "posibles". A veces la distribución del mineral en el depósito es problemática, y los esfuerzos para mejorar la precisión del muestreo, preparación y ensayos son infructuosos. En otros casos, el geólogo del proyecto u otra persona competente llega a la conclusión de que la distribución del mineral es la responsable de los problemas de precisión, y no hace esfuerzos para mejorar la toma de muestras, preparación y protocolos de análisis que mejoren el modelo del recurso.

La precisión llega a ser muy pobre cuando el número de partículas de mineral en la alícuota de la muestra

sometidos al ensayo caen por debajo de 20 (Bacon, et al). En tal caso, la adición o sustracción de una partícula puede cambiar la ley en más del cinco por ciento. Este problema está muy restringido a los diamantes y minerales de metales preciosos.

Para cualquier mineral, la precisión se convierte en una problemática cuando uno se acerca al límite de detección analítico, en donde la precisión es de más o menos 100 por ciento (por lo general limitada entre 2 o 3 desviaciones estándar). Si la ley de corte del mineral es inferior a 15 veces el límite de detección analítico, normalmente habrá problemas.

Como regla general, si el 90 por ciento de los duplicados de la misma pulpa o replicados con una ley media de pares por encima de la ley de corte media prevista del mineral tiene una diferencia relativa (media de pares dividida por la diferencia entre los pares) dentro de  $\pm 10$  por ciento, entonces la molienda de la pulpa, el tamaño de la alícuota de ensayo y el método de ensayo puede ser descrito como que proporcionan una buena precisión. Del mismo modo, si el 90 por ciento de los duplicados de los rechazos gruesos tienen una diferencia relativa dentro del  $\pm 20$  por ciento, el protocolo de preparación se puede considerar que proporciona una buena precisión.

Si el 90 por ciento de los duplicados de las muestras recogidas en el sitio de perforación se encuentran dentro del  $\pm 30$  por ciento, la precisión general puede considerarse suficiente, previendo que la longitud media asociada con una muestra sea menos de la mitad de la altura prevista para un banco minero, si el plan minero es muy selectivo, la precisión tiene que ser mejorada con el fin de apoyarlo.

## 7. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE DATOS QA/QC

Es aconsejable mantener un registro visual del desempeño del laboratorio actualizado con los nuevos datos que se reciben.

Las representaciones gráficas, si se hacen bien, resumen de la historia del proyecto y por ende, ofrecen un contexto útil para los resultados actuales. Las preferencias personales juegan un papel importante en la naturaleza precisa de estos gráficos. Los siguientes ejemplos son los que se consideran útiles.

La precisión y la exactitud de los datos deben ser monitoreadas y manejadas preservando el aseguramiento de la calidad según los siguientes criterios y recomendaciones:

- La colección de la muestra combinada con la preparación y el procedimiento de análisis debe garantizar una precisión total de  $\pm 15\%$  en el intervalo de confianza del 95%.
- Los datos y la metodología de estimación utilizados para definir una medida de recursos debe garantizar la predicción de toneladas de mineral recuperado y

vendibles con un grado de tolerancia de  $\pm 10\%$  sobre una base anual o de un  $\pm 15\%$  sobre una base trimestral.

- La clasificación de recursos debería tratar de conseguir los siguientes resultados:
  - Recursos Medidos: 90% de confianza que el incremento de planificación trimestral es de  $\pm 15\%$  de toneladas, el contenido de leyes y de metal.
  - Recursos Indicados: 90% de confianza que el incremento anual de planificación es de  $\pm 15\%$  de toneladas, el contenido de leyes y de metal.
  - Recursos Inferidos: 90% de confianza que los recursos globales es de  $\pm 25\%$  de toneladas, el contenido de leyes y de metal.
- Además, se recomienda que la exactitud debe estar dentro de un  $\pm 5\%$  de un valor certificado (conocido) con un intervalo de confianza del 95%. El cumplimiento de la exactitud se mide según los resultados obtenidos en términos del número de desviaciones estándar y el valor de referencia.
- Durante un período definido de análisis, el 95% de los valores de los ensayos deben regresar para un CRM dentro de dos desviaciones estándar del valor certificado y el 99% de los valores de ensayo deben ser devueltos dentro de 3 desviaciones estándar.
- Se recomienda que un lote debe ser rechazado si los valores de los blancos retornan con más de 3 veces el límite de detección de cualquier elemento de interés.

Metodología de estimación contribuirá al logro de las recomendaciones generales, sin embargo garantía de la calidad de los datos es fundamental para el éxito del proceso de estimación

### 7.1 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LOS DATOS PARA DETERMINAR EL ERROR Y LA PRECISIÓN

#### 7.1.1 DEFINICIÓN DEL ERROR Y LA PRECISIÓN

La Precisión o error puede ser calculado a partir de una serie de pares duplicados. La precisión es la capacidad de repetición o reproducibilidad de una serie de medidas. Se recomienda la presentación de informes de precisión para definir la variación relativa de los datos.

**Precisión:** La precisión debe ser evaluada sobre dos desviaciones estándar, expresado como la variación porcentual relativa en el intervalo de confianza del 95% para una concentración determinada.

**Error:** Error debe ser calculado como una desviación estándar y corresponde a la variación porcentual relativa en el intervalo de confianza del 68% para una concentración definida. No se recomienda el informe de la variación absoluta de los datos relativos a 1

desviación estándar. Resultados de error se deben multiplicar por 2 para permitir que la precisión sea considerada en la presentación de los informes técnicos.

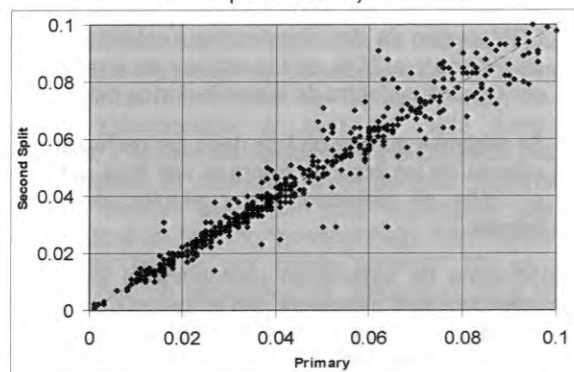
### 7.1.2 ANÁLISIS GRÁFICO DE LOS DATOS

Se recomienda a los profesionales que deben visualizar los datos para determinar si hay algún sesgo o tendencias evidentes de los datos entre el original y duplicado para cada par de datos. Las inspecciones visuales de los datos deben llevarse a cabo antes de los controles de cómputo. Las inspecciones visuales permiten a los profesionales obtener una "sensación" de sus datos y para verificar si hay errores evidentes en los mismos.

Algunos métodos de visualización son:

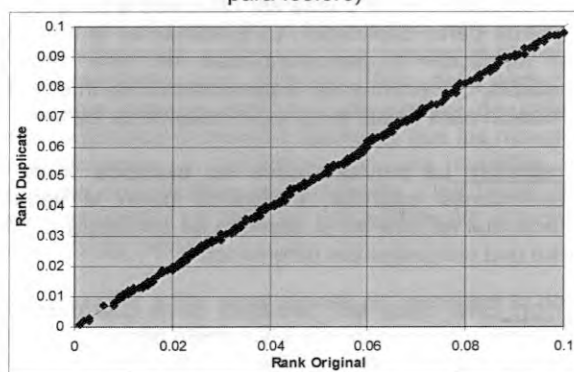
- Grafique X1 versus X2 en un simple gráfico X-Y de dispersión para cada par dentro de un set de datos (Figura 15)

Figure 15. Gráfico de dispersión de pares de muestras (710 duplicados de rechazos de muestras analizadas para fósforo)



- Gráficos Quantil-Quantil de datos X1 rankeados versus datos X2 rankeados para un set de datos para identificar si existe un sesgo relativo entre los datos originales y los datos duplicados (Figura 16).

Figure 16. Gráficos Quantil-Quantil de muestras pareadas (710 duplicados de rechazos de muestras analizadas para fósforo)



#### 7.1.2.1 Presentación gráfica de la Diferencia Relativa Absoluta contra el rango de porcentaje para determinar el error relativo en comparación con criterios definidos.

Un gráfico de frecuencia acumulada de la Diferencia Relativa Absoluta proporciona una poderosa evaluación del desempeño del error de los pares de duplicados dentro de criterios establecidos. Este gráfico debería ser utilizado por todos los reportes QA/QC.

1. Calcule la Diferencia Relativa Absoluta (ARD) para cada par de duplicados.
2. Realice un ranking de cada resultado de ARD de acuerdo con la posición porcentual dentro del set de datos.
3. Grafique ARD versus la posición rankeada para cada par (ver figura 16).
4. Evaluar el desempeño de cada dato versus el criterio establecido más abajo.

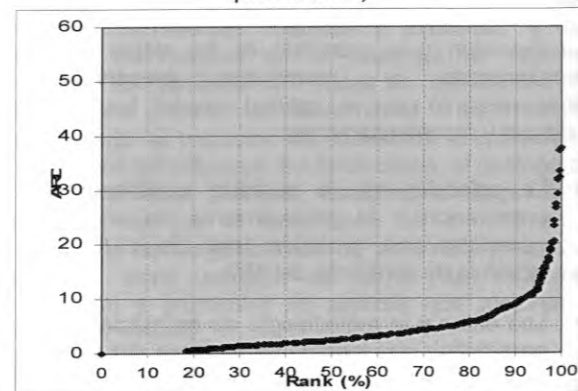
**Diferencia Relativa Absoluta =  $2 * |(X1-X2)/(X1+X2)$**  donde X1 y X2 son valores individuales recibidos para cada par de muestras y la diferencia absoluta es relativa a la ley media de cada par. ARD aproxima el error a 1 desviación estándar

#### CRITERIOS DE DESEMPEÑO:

Los criterios aplicados para los resultados del ARD que pueden determinar si las muestras pareadas indican un error aceptable son:

- El 90% de los pares de duplicados de terreno deben tener un ARD < 15%
- El 90% de los pares de duplicados de chancado deben tener un ARD < 10%
- El 90% de los pares de duplicados de pulpa o pulpas reensayadas deben tener un ARD < 5%

Figure 17. Gráfico de ARD para duplicados de pulpas contra el porcentaje de las muestras. Denominado también como "Gráfico de frecuencia acumulada" (710 duplicados de rechazos de muestras analizadas para fósforo)

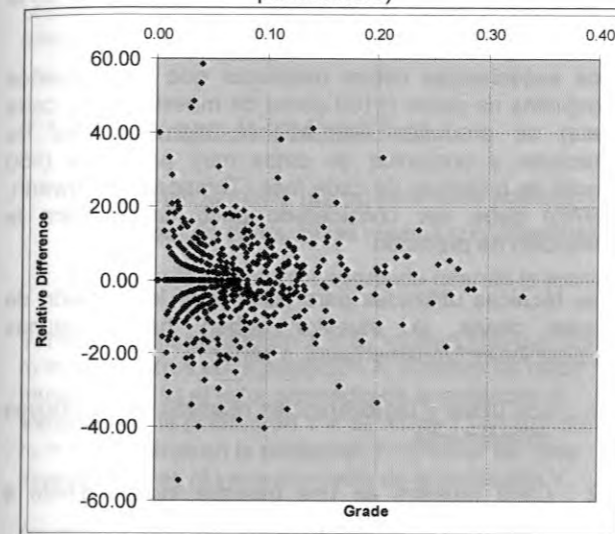


La Diferencia Relativa para cada par puede ser calculada utilizando la fórmula,

**Diferencia Relativa =  $2*(X1-X2)/(X1+X2)$**  donde X1 y X2 son valores individuales recibidos de cada par de muestras. La Diferencia Relativa se aproxima al error de 1 desviación estándar.

La Diferencia Relativa para cada par puede ser graficada versus la ley y visualizar para indicar si un sesgo está presente, por ejemplo un sesgo es indicado si el gráfico es asimétrico (ver Figura 18).

Figure 18. Gráfico de la Diferencia Relativa contra la concentración (P%) (710 duplicados de rechazos de muestras analizadas para fósforo)



#### 7.1.2.2 Identificación de valores atípicos "outliers"

Los datos deben retornar con un pequeño número de valores con datos extremos. Estos resultados pueden originarse en un cambio de muestras, fallas aisladas de los equipos, transcripción de errores, errores de reporte, etc. Los resultados pueden ser extremos y pueden afectar la capacidad de interpretar con claridad los resultados para el resto del conjunto de datos.

Los valores extremos de los datos pueden crear un efecto de enmascaramiento y se deben quitar antes del análisis del conjunto de datos, sin embargo, es importante distinguir entre verdaderos valores extremos de datos puntuales ligeramente erróneos.

La robusta técnica del Z score es apropiada para la identificación de los valores atípicos.

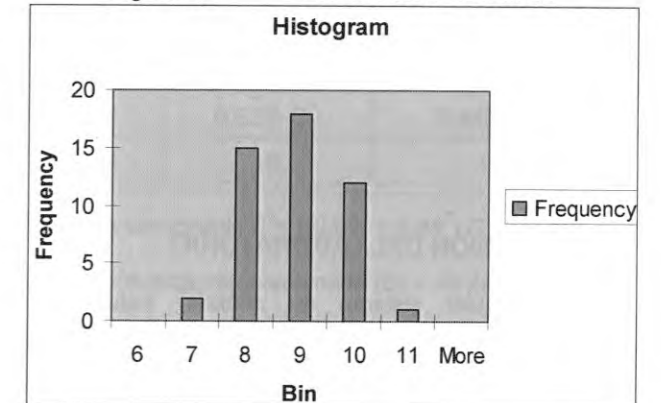
La robusta técnica del Z score asume que los datos se distribuyen normalmente y no se debería ser utilizada para los datos asimétricos o bimodales.

1. La distribución de los datos debe ser graficada y analizada. Para determinar un apropiado número

de clases de histogramas a utilizar para la gráfica, aplique la fórmula de Sturge's donde:

Número de clases  $\geq 1 + 3.32 * \log_{10}(N)$  donde N= número de datos y es válido para un número  $\leq 200$  muestras.

Figure 19. Distribución de los datos



recipiente	frecuencia
6	0
7	2
8	15
9	18
10	12
11	1
More	0

2. Cálculo de la Robustez del Z score:

Calcule la mediana de los datos. Determine el Quartil Superior (Q3). Determine el Quartil Inferior (Q1). Calcule el Rango Inter cuartil (IQR) = Q3-Q1 Normalice el IQR para proveer una medida de variabilidad de los resultados. Esto es comparable a una Desviación Estándar con un intervalo de confianza del 68% por ejemplo un normalizado IQR = IQR x 0.7413.

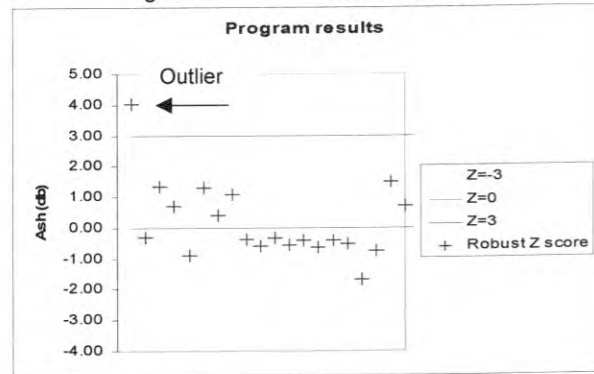
El robusto Z score para cada muestra es calculado como:

$$Z = (X - \text{mediana}) / \text{IQR normalizado}$$

La ISO 13528 indica que cuando un resultado de Z score es  $\pm 3.0$  este debería ser considerado como un outlier.

Los resultados pueden ser graficados para visualizar los identificados outliers por ejemplo como en la Figura 20. Los outliers deberían ser removidos del set de datos.

Figure 20. Robust Z Scores



## LA PRECISIÓN DEL LABORATORIO

Para cualquier sistema de análisis, incluidos los "commodities", la precisión de una determinación aumentará en forma lineal (es decir, menor variación) al aumentar la concentración del elemento de interés. es decir,  $\sigma_c = \sigma_o + KC$  donde  $\sigma_c$  = desviación estándar de la medición,  $\sigma_o$  = desviación estándar de concentración cero,  $C$  = concentración real y  $K$  = una constante para el sistema.

Precisión en lo que se cita en un laboratorio, se refiere al nivel de concentración por encima de un múltiplo del límite de detección. El múltiplo es normalmente de 20 a 50 veces el límite de detección y se refiere a un nivel por encima del cual la precisión es razonablemente estable.

Los ensayos se hacen menos precisos cuando el límite de detección se aproxima.

Thompson y Howarth (1973) definen el límite de detección como igual a  $2 \times \sigma_o$  y el estado de precisión que debe alcanzar un valor estable a concentraciones superiores a dos órdenes de magnitud por encima del límite de detección.

Los resultados analíticos deben ser reportados en unidades que reflejen el método de análisis, es decir, el número de cifras significativas informado debe coincidir con la precisión analítica.

Un límite de detección superior se define como el nivel a partir del cual se recomienda que un análisis se repita mediante la utilización de una técnica más apropiada porque la concentración del elemento es mayor que el límite de calibración para el equipo.

### 7.1.3 ANÁLISIS NUMÉRICO DE LA PRECISIÓN DE LOS DATOS

Varianza se incurrirá en cada uno de los procesos de toma de muestras, preparación de muestras y ensayo. La recopilación y análisis de pares duplicados a través de cada etapa de muestreo (duplicados de campo), preparación de muestras (trituradora o chancado secundario como duplicados de rechazos) y análisis (ensayo de duplicados de pulpas, reensayos de pulpa)

proporcionará los datos que se pueden evaluar para cuantificar el error.

Diferentes poblaciones de las muestras debe evaluarse por separado para que los diversos factores que contribuyen a los errores puedan ser identificados por separado, por ejemplo parejas analizadas en laboratorios diferentes no deberán ser evaluadas por pares que han sido analizados en un laboratorio único, parejas de diferentes dominios mineralógicos no debe compararse directamente. Pares recolectados a través de diferentes métodos de muestreo y equipos deben ser ordenados por el método de muestreo y equipos y evaluarse en consecuencia.

Un mayor número de datos pareados proporcionan un error estándar menor y por lo tanto más confianza en la precisión calculada.

Los especialistas deben reconocer que los pequeños conjuntos de datos (<100 pares de muestras para cada fase) se producen estimaciones menos fiables de precisión y conjuntos de datos muy pequeños (<50 pares de muestras de cada fase (Thompson y Howarth, 1976)) debe ser considerado poco fiables para la definición de precisión.

Las técnicas utilizadas para determinar la precisión de pares desde la muestra deben hacer algunas suposiciones fundamentales, a saber:

1. Los datos y las diferencias relativas se distribuyen normalmente.
2. Cada muestra es una muestra independiente e imparcial de la población.
3. Las características de las poblaciones de pares que se muestran son constantes.
4. Cada una de las poblaciones de pares que se comparan tienen la misma varianza.

La Precisión del análisis puede ser directamente definida por un conjunto de datos mediante el análisis de duplicados de las pulpas.

La Precisión de la Preparación de la muestra se puede calcular restando las varianzas del ensayo duplicado de la pulpa de la varianza de la trituradora o chancado secundario de la misma serie de datos.

La Precisión de muestreo se puede calcular restando la varianza de los duplicados de la trituradora (que contiene variabilidad analítica inherente) de la varianza de los duplicados de terreno para la misma serie de datos.

Los Informes de precisión siempre deben incluir una descripción del origen de los datos y el número de pares utilizados para la evaluación.

La Precisión históricamente ha sido cuantificada por dos métodos diferentes:

1. Errores de medición absoluta
2. Errores de medición relativa.

Ambos métodos se deben utilizar para evaluar el componente de error de los datos.

Para los datos de pequeños grupos de menos de 50 pares de muestras, la hipótesis nula debe ser probada antes de la estimación de la precisión. La hipótesis nula  $H_0$  afirma que no hay diferencia significativa entre las poblaciones que se comparan.

Si se detecta una diferencia entre las dos poblaciones de pares la muestra, entonces las técnicas de estimación de precisión recomendadas definidas en las secciones 7.1.4.3 y 7.1.4.4 de este manual no se deben utilizar. La técnica descrita en el punto 7.1.4.1 es la alternativa recomendada para evaluar la precisión.

#### 7.1.3.1 Test para la hipótesis nula

1. Calcule la media ( $\mu_x, \mu_y$ ) para cada población del set de datos. Si las medias son diferentes,
2. Calcule la varianza agrupada usando la técnica

**Varianza de la población X** =  $S_1^2 = 1/n_1 - 1 \sum (x_i - \mu_x)^2$  donde  $n_1$  = n° muestras en la población X,  $X_i$  = valor de cada muestra y  $\mu_x$  es el valor promedio de la población X.  
**Varianza de la población Y** =  $S_2^2 = 1/n_2 - 1 \sum (y_i - \mu_y)^2$  donde  $n_2$  = n° muestras en la población Y,  $Y_i$  = valor de cada muestra y  $\mu_y$  es el valor promedio de la población Y.

Asumiendo que el número de muestras en cada población es la misma, la varianza agrupada (varianza de la población agrupada) es definida como:

$S^2 = ((S_1^2 + S_2^2) / 2)$  y la desviación estándar (S) de esta es  $\sqrt{S^2}$ .

El t-test permite probar la significancia de la diferencias observadas entre las medias de las poblaciones X e Y, donde el número respectivo de las muestras  $n_1, n_2$  es el mismo (n):

$$t = ((\mu_x - \mu_y) / S \sqrt{2/n})$$

El valor de t obtenido se comparan con las tablas-t, con  $(n_1 + n_2 - 2)$  grados de libertad ( $\Phi$ ) para un intervalo de confianza apropiado (95% recomendado) para probar la diferencia.

Si no hay diferencia significativa entre el resultado calculado para t y el resultado de la T-tablas, entonces la hipótesis nula es aceptada y la precisión se puede calcular de acuerdo a los métodos recomendados en las secciones 4.6.1.3.3 y 4.6.1.3.4 descritos a continuación.

Si hay una diferencia significativa entre el resultado calculado para t y el resultado de la T-tablas, entonces la hipótesis nula es rechazada. Los límites de confianza del

95% para la diferencia observada  $\mu_x - \mu_y$  se definen como  $\pm t \times S (1/n_1 + 1/n_2)^{0.5}$ , donde t se obtiene de T-tablas con un intervalo de confianza adecuado (95% recomendado) y  $(n_1 + n_2 - 2)$  grados de libertad ( $\Phi$ ).

#### Ejemplo de Aplicación del Test t cuando la hipótesis nula es rechazada

	Population X	Population Y
$\mu$	3.26% Cu	2.13% Cu
S	0.62% Cu	0.44% Cu
N	16	16

Varianza combinada  $S^2 = ((0.62^2 + 0.44^2) / 2) = 0.289$

Desviación estándar combinada (S) =  $\sqrt{0.289} = 0.538$

$$\begin{aligned} t\text{-test} &= ((\mu_x - \mu_y) / S \sqrt{2/n}) \\ &= ((3.26 - 2.13) / 0.538 \sqrt{2/16}) \\ &= 5.94 \text{ con } 30 \text{ grados de libertad} \end{aligned}$$

Desde las tablas t, este valor es significativamente diferente (2.75) con un >99% de confianza (test t de una cola).

La hipótesis nula es rechazada  $\mu_x > \mu_y$  es aceptada.

El valor de t en un intervalo de confianza del 95% es 2.04.

El 95% error de confianza de las diferencias observadas entre la media de las 2 poblaciones es:

$$\begin{aligned} \pm t \times S (1/n_1 + 1/n_2)^{0.5} &= 2.04 \times 0.538 (1/16 + 1/16)^{0.5} \\ &= 2.04 \times 0.538 \times (0.354) \\ &= \pm 0.389 \% \text{ Cu error de confianza, donde la diferencia entre las leyes medias de las poblaciones es } = 1.13\% \pm 0.389\% \text{ Cu y la precisión relativa es definida como un } \pm 39\%. \end{aligned}$$

#### 7.1.3.2 Definición del error de medición absoluto y del error de medición relativo

**Error de medición absoluto:** se define como la diferencia entre un par de valores de datos, siempre se considera como un valor positivo (absoluto). La magnitud de la diferencia es el resultado importante de esta técnica de evaluación en particular, no si la diferencia es positiva o negativa.

Cuando un valor absoluto es requerido, una fórmula que se cubrirá dentro de dos líneas verticales. Por ejemplo si  $X_1 = 7.0$  y  $X_2 = 10.0$ , la diferencia relativa entre los dos valores es  $X_1 - X_2 = 0$  o  $7.0 - 10.0 = -3.0$ , la diferencia absoluta relativa entre los dos valores es  $|X_1 - X_2| = 3.0$

**Error de medición relativo:** se define como la diferencia entre un par de valores de datos. La diferencia puede ser positiva o negativa y se registra como tal (véase el ejemplo anterior).

7.1.3.3 Método 1

**Diferencia Absoluta - Use este método para visualizar gráficamente y evaluar el error de los pares individuales dentro de una serie.**

Thompson y Howarth (1973, 1976) han calculado el error (1 desviación estándar) para pares de datos en un rango de ley similar por la determinación de las diferencias absolutas dentro de un par de leyes.

La Evaluación del error puede ser determinada gráficamente (es preferido) o se puede calcular. El método de cálculo se incluye aquí por su interés pero no se recomienda para los informes.

Los resultados sirven como sustituto de la duplicación de la desviación estándar. Si los duplicados de análisis se obtienen para una serie de muestras dentro de un rango estrecho de leyes, la mediana de las diferencias absolutas entre los pares, multiplicado por 1.048 es una estimación de la desviación estándar para ese rango.

En todos los casos las muestras originales y duplicados podrían ser analizadas por el mismo laboratorio, o también es factible que el duplicado se pueda enviar a un laboratorio árbitro. Los datos deben ser evaluados por separado si se analiza en un laboratorio diferente.

**Método para construir un gráfico Thompson-Howarth:**

1. Para pares individuales de muestras, calcule la diferencia absoluta entre cada par:

$$\text{Diferencia Absoluta} = |(X1-X2)| \text{ donde } X1 \text{ y } X2 \text{ son los valores individuales retornados para cada par de muestras.}$$

2. Calcule la ley promedio para cada par de muestras:

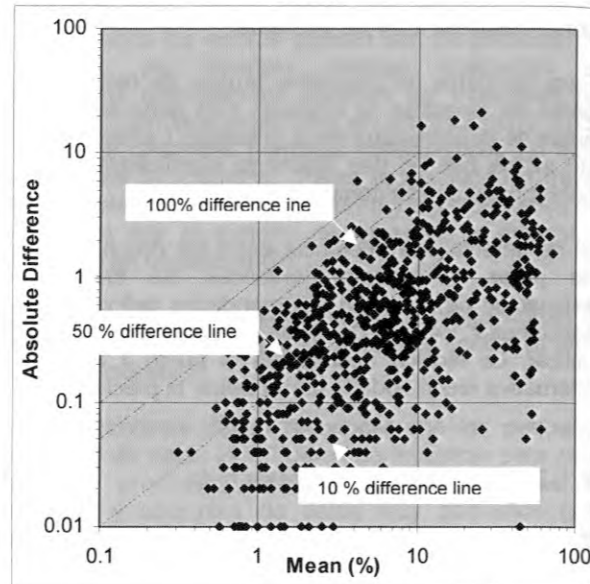
$$\text{Ley media} = (X1+X2)/2 \text{ donde } X1 \text{ y } X2 \text{ son los valores individuales retornados para cada par de muestras.}$$

3. Grafique la ley promedio contra la diferencia absoluta para cada par de muestras sobre ejes log-log de un gráfico X-Y (Ver Figura 21) para evaluar la precisión a través de un rango de leyes.

**Método de Thompson-Howarth para el cálculo de la precisión:**

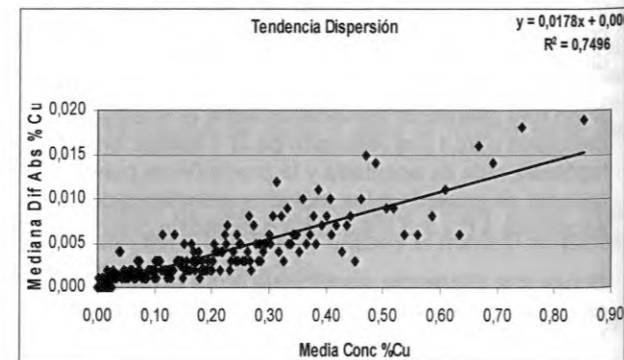
1. Proceda con los duplicados de análisis pareados sobre un rango de leyes (se sugiere que para n muestras, el número de rangos de leyes debería ser aproximadamente n/3) para al menos 50 muestras.
2. Para cada uno de los pares (X1 y X2) dentro de cada agrupación calcule la diferencia absoluta  $|(X1-X2)|$  y la media  $(X1+X2)/2$ .

Figure 21. Gráfico de la Diferencia Absoluta contra la ley media (Thompson and Howarth) (710 coarse reject duplicate pulp pairs analysed for silica)



3. Ordene los resultados, utilizando una hoja de cálculo, en orden creciente de su ley media, con la correspondiente diferencia absoluta al lado de cada ley media.
4. Para los primeros 11 resultados dentro de cada grupo, obtenga la ley media y la mediana de las diferencias.
5. Repita este procedimiento por cada grupo de 11 resultados dentro de cada grupo pero ignore al final si algún grupo tiene menos que 11 resultados.
6. Calcule una regresión lineal de las medianas versus las medias y multiplique el intercepto, el coeficiente y el error estándar por 1,048. La mediana multiplicada por 1,048 se aproxima a 1 desviación estándar, entonces cuando el resultado es multiplicado por 2 este valor se aproxima a la precisión.

La ecuación de la regresión lineal da cuenta de la variación de la desviación estándar para el conjunto de datos pareados en función de la concentración o de la ley del elemento monitoreado.



$$Sc=So+kc$$

So	0,0178	intercepto
k	0,0002	pendiente

$$Pc=2Sc/c \quad \text{precisión}$$

$$Pc=2So/c+2k \quad \text{Curva de la precisión}$$

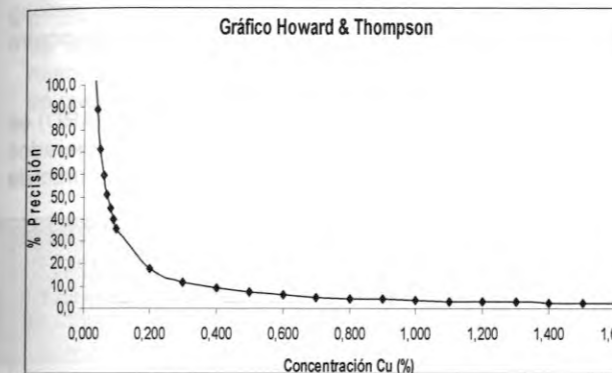
$$Cd=2So/(1-2k) \quad \text{Limite de detección}$$

variation standard deviation

cuando  $Pc=1.0 \rightarrow 0,036 \text{ \% Cu}$

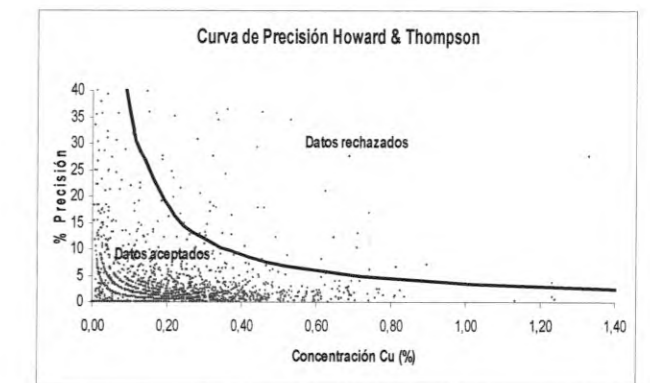
La Ecuación  $Pc=2So/c+2k$  permite construir una curva de precisión en función de la concentración del elemento monitoreado, así podemos obtener el grado de precisión para cada nivel de concentración.

La curva de la precisión se ilustra en el siguiente gráfico asociado a la tabla numérica



CURVA DE PRECISIÓN (Cu)	
Cu (%)	(%) Pc
0,036	100,0
0,040	89,9
0,050	71,8
0,060	59,8
0,070	51,2
0,080	44,8
0,090	39,8
0,10	35,8
0,11	32,5
0,12	29,8
0,22	16,3
0,32	11,2
0,42	8,5
0,52	6,9
0,62	5,8
0,72	5,0
0,82	4,4
0,92	3,9
1,02	3,5
1,12	3,2
1,22	3,0
1,32	2,7
1,42	2,5
1,52	2,4
1,62	2,2
1,72	2,1
1,82	2,0
1,92	1,9
2,02	1,8

Así como se muestra en la gráfica siguiente la curva de la precisión puede ser utilizada para los criterios de aceptación o rechazo de los lotes enviados al Laboratorio.



7.1.3.4 Método 2

**Diferencia Relativa - Es utilizada para determinar la precisión de un conjunto de datos de pares de duplicados.**

7.1.3.4.1 Situación corriente

Varios métodos han sido desarrollados por diferentes estadísticos para calcular el error relativo promedio de una serie de n datos duplicados.

En cuanto a la determinación de la diferencia absoluta, en primer lugar, se deben comprobar si los datos y error de los datos se distribuyen normalmente (se supone) y debe probar que las varianzas de los resultados originales y sus duplicados en el conjuntos de datos no son significativamente diferentes.

En algunos casos los métodos son los mismos pero han sido identificados por diferentes nombres por ejemplo. La Diferencia Porcentual Media Absoluta (AMPD) fue definida por Bumstead en 1984.

Para determinar el error relativo absoluto de un simple par de duplicados usando el método AMPD se tiene:

$$\text{AMPD (Par simple duplicado)} = (100 * [|X1-X2| / (X1+X2)]) \text{ donde } X1 \text{ y } X2 \text{ son los valores individuales retornados para cada par de muestras.}$$

Para determinar el error relativo absoluto de un **simple par de duplicados**, usando el método AMPD donde un miembro de la muestra pareada es un **material de referencia ó estándar**:

$$\text{AMPD}(\text{Par simple duplicado con material de referencia}) = (100 * [|X1-m| / (m)]) \text{ donde } m \text{ es el valor certificado del material de referencia.}$$

Para determinar el error absoluto relativo promedio de un conjunto de datos de **múltiples pares de duplicados** utilizando el método AMPD se tiene,

$$\text{AMPD}(\text{Múltiples pares duplicados}) = \sqrt{1/n \sum [(X1-X2)/(X1+X2)]^2} \text{ donde } X1 \text{ y } X2 \text{ son los valores individuales retornados desde cada par de muestras y } n \text{ es el número de muestras pareadas en el conjunto de datos.}$$

AMPD define el error a menos de una desviación estándar y se refiere al coeficiente de variación (CV) como  $\sqrt{2} / 2 * CV$  ó  $0.707 * CV$  y se acerca a cero a medida que la precisión mejora. Para definir la precisión (aproximadamente), el AMPD se debe multiplicar por 2.

AMPD fue renombrado como la **Diferencia Relativa Absoluta Media (HARD)** por Shaw en 1997, sin embargo los 2 términos son exactamente los mismos.

Para determinar el error relativo absoluto de un **simple par de duplicados** usando el método HARD se tiene:

$$\text{HARD}(\text{Par simple duplicado}) = (1/2 * [|X1-X2| / ((X1+X2)/2)] * 100) = (100 * [|X1-X2| / (X1+X2)]) \text{ donde } X1 \text{ y } X2 \text{ son los valores individuales retornados desde cada par simple de muestras}$$

Los resultados del método HARD pueden ser rankeados y graficados para revisar su desempeño (en forma similar al método ARD, ilustrado de la Fig 17 de más arriba)

Para determinar el error absoluto relativo promedio de un conjunto de datos de **múltiples pares de duplicados** utilizando el método HARD se tiene,

Para cada par de duplicados calcule la Diferencia Relativa Media (HRD) como  $(X1-X2)/(X1+X2)$ .

$$\text{Calcular la Desviación Estándar de todos los resultados HRD para los pares como } \sigma_{\text{HRD}} = \sqrt{[(\sum (\text{HRD}_i - \mu_{\text{HRD}})^2) / n]} \text{ donde, HRD}_i \text{ es la diferencia relativa media para cada par duplicado individual, } \mu_{\text{HRD}} \text{ es la media de todos los resultados HRD para todos los pares y } n \text{ es el número de muestras pareadas en el conjunto de datos.}$$

Multiplique el resultado de la desviación estándar para todos los pares por 1.96 que le dará el error simplificado para el conjunto de datos de todos los pares en el intervalo de confianza del 83,4%. El error calculado está cerca de la definición de la precisión, pero se sitúa en un intervalo de confianza ligeramente inferior. El funcionamiento del conjunto de datos se compara con el siguiente conjunto de criterios.

Para los resultados será aceptable si:

$\sigma_{\text{HRD}}$  debería ser <20-40% para los duplicados de terreno  
 $\sigma_{\text{HRD}}$  debería ser <40-60% para los Duplicados de Pozos de Tronadura  
 $\sigma_{\text{HRD}}$  debería ser <15% para Duplicados de pulpas

En otros casos, diferentes formulas son aplicadas para estimar el error por ejemplo la **Diferencia Relativa Absoluta (ARD)** es la diferencia de ley absoluta entre **pares de muestras** relativa a la ley media para cada par.

$$\text{Diferencia Relativa Absoluta (Par simple duplicado)} = 2 * |(X1-X2)/(X1+X2)| \text{ donde } X1 \text{ y } X2 \text{ son los valores individuales retornados para un par de muestras.}$$

ARD define el error como 1 desviación estándar y equivale a  $\sqrt{2} * CV$ . Los resultados de ARD para cada par de muestras puede ser graficado contra su ranking relativo para evaluar el rendimiento de los datos contra los criterios establecidos. Ver sección 4.6.1.3.4.

El promedio de la diferencia relativa absoluta (MARD) es el valor promedio de los resultados ARD generados desde **múltiples muestras pareadas** en el conjunto de datos.

$$\text{MARD}(\text{Múltiples pares duplicados}) = \sqrt{1/n \sum [2 * |X1-X2| / (X1+X2)]^2} \text{ donde } X1 \text{ y } X2 \text{ son los valores individuales retornados para cada par de muestras y } n \text{ es el número de muestras pareadas en el conjunto de datos.}$$

$$\text{MARD} = 2 * \text{AMPD.}$$

MARD define el error como 1 desviación estándar y equivale aproximadamente al promedio del Coeficiente de Variación (CV) para un conjunto de pares pero este resultado puede variar dependiendo de la cantidad y extensión de los valores extremos y el número de pares de muestras. Para definir la precisión, el resultado de MARD debe multiplicarse por 2.

Los ejemplos anteriores sirven para ilustrar el potencial que existe para la confusión en torno a la elección del método a utilizar para calcular el error relativo promedio de un conjunto de datos y la evaluación posterior de los resultados obtenidos por el método en el contexto de los criterios establecidos. Cabe señalar que los criterios establecidos por un método pueden ser totalmente inadecuados para un método diferente a menos que todos los resultados se tienen en cuenta para que sean comparables aproximadamente en partes iguales. Para superar la confusión que existe entre los diversos métodos de estimación del error, una técnica alternativa se propone.

#### 7.1.3.4.2 Método recomendado para el cálculo y la evaluación del error relativo promedio de un conjunto de datos

Todas las fórmulas indicadas son proporcionales al coeficiente de variación (CV). El coeficiente de variación

se define como la desviación estándar de un conjunto de datos con respecto a su media y es el método más estadísticamente correcto y universalmente aceptado para la cuantificación del error para datos pareados de rangos de leyes similares

$$CV = \sigma / \mu.$$

Las metodologías presentadas anteriormente tenían más probabilidades de desarrollarse como sustitutos del CV tiempo atrás cuando el poder computacional estaba limitado, por lo que, el cálculo de CV se consideraba relativamente lento y complejo. Actualmente los recursos de cómputo y el hecho de que las funciones de la desviación estándar se incrustan en la mayoría de los paquetes estadísticos y hojas de cálculo elimina las limitaciones anteriores relacionados con el cálculo del coeficiente de variación de un conjunto de datos (Stanley y Lawie, 2007).

El CV también puede ser calculado a partir de replicados de los datos, por ejemplo los datos por triplicado, mientras que las técnicas descritas anteriormente sólo se pueden utilizar para pares de datos.

#### 1. Para determinar el CV de un simple par de duplicados:

$$CV = 2 / \sqrt{2} * [|X1-X2| / (X1+X2)] \text{ donde } X1 \text{ y } X2 \text{ son los valores individuales retornados desde un simple par duplicado de muestras. Para convertir a 2 desviaciones estándar del error relativo (precisión) a aproximadamente un 95% de intervalo de confianza el resultado debería ser multiplicado x 2.}$$

Nota: Los resultados del CV determinados para una serie de datos de pares duplicados puede ser rankeado y graficado para revisar su desempeño contra los criterios establecidos. Esto puede ser realizado en lugar del procedimiento gráfico que describe el uso de datos clasificados en ARD 4.6.1.2.1.

#### 2. Para determinar el promedio del CV de múltiples pares de duplicados:

$$\mu CV = \sqrt{1/n \sum [2 / \sqrt{2} * |X1-X2| / (X1+X2)]^2} \text{ donde } X1 \text{ y } X2 \text{ son los valores individuales retornados desde cada par y } n \text{ es el número de pares de muestras en el conjunto de datos. Para convertir a 2 desviaciones estándar del error relativo (precisión) a aproximadamente un 95% de intervalo de confianza el resultado debería ser multiplicado x 2.}$$

El CV es una medida descriptiva del error relativo. Los cuadrados de los errores relativos para un conjuntos de datos son aditivos y la raíz cuadrada media debe ser utilizada para determinar la cantidad de los errores incurridos en cada etapa del muestreo, preparación de muestras y en el proceso de análisis, por ejemplo, si los duplicados de terreno devuelven un CV medio del 30% y los duplicados de preparación mecánica devuelven un CV promedio de 20%, el CV para definir el componente de error de muestreo se calcula como  $\sqrt{[(0.3)^2 + (0.2)^2]} = 22\%$ .

La raíz cuadrada media (promedio) del coeficiente de variación puede utilizarse para evaluar si los datos se encuentran dentro del umbral de rendimiento requerido, por ejemplo, si la precisión de un conjunto de duplicados de campo debe ser igual o inferior al 15% en el intervalo de confianza del 95% y un conjunto de datos duplicados devuelve CV 10%, lo que equivale a una precisión de 20% en el intervalo de confianza del 95% entonces el rendimiento de los datos no es aceptable.

#### Criterios establecidos:

Criterios recomendados para aplicar a 2 x el promedio del CV de los resultados cuando se está evaluando el desempeño de la precisión a aproximadamente dos desviaciones estándar (intervalo de confianza 95%) es:

< 15% para los duplicados de los sondajes o de los duplicados de campo (error acumulativo analítico + error de preparación + error de muestreo en el campo)

< 5% para pulpas duplicadas (error analítico)  
 Estos criterios pueden necesitar ser modificados para un elemento en particular, sin embargo la referencia cruzada de la varianza de los resultados del Test de heterogeneidad (sección 3.1.3) debería proporcionar alguna orientación en cuanto a criterios alternativos adecuados.

Los criterios establecidos no deben relajarse para enmascarar los errores de sistemáticos, los errores de calibración, ó los errores de operación.

#### 7.1.3.5 Determinación del Error Estándar

El componente de error estándar en torno a una estimación del error relativo promedio puede ser calculado para un conjunto de datos.

El cálculo del error estándar es de valor para los estadísticos cuando trabajan con conjuntos de datos pequeños (menos de 100 pares de datos), ya que definirá la confianza sobre un resultado de la estimación del error.

El tamaño de una estimación del error de un conjunto de datos es definido por el coeficiente de variación y es dependiente de los errores estándar sobre los promedios de los duplicados y de las desviaciones estándar de los duplicados. Los errores estándar de la media y la desviación estándar se suponen independientes. Los errores estándar son inversamente proporcionales a la raíz cuadrada del número de repeticiones que se evalúa. Si los duplicados se están considerando, entonces el número de repeticiones es de 2.

La fórmula para evaluar el error estándar sobre el error relativo promedio de n repeticiones es:

$$\sigma_{\mu CV} = \sqrt{1/n \sum [(CV/\mu CV)^2 \sigma_{CV}^2]}$$

Donde  $CV_i$  es el Coeficiente de Variación para  $i = 1...n$  estimaciones (comúnmente  $i=2$  si duplicados son analizados),  $\mu_{CV}$  es el error relativo promedio y  $\sigma_{CV}^2$  es la varianza del CV.

Esta fórmula demuestra que a medida que el número de estimaciones de error relativo ( $n$ ) aumenta, el error estándar del error relativo medio disminuirá. Como la fórmula es también una función del CV, mayores errores estándar del error relativo se producen con mayores errores relativos. Por lo tanto los estadísticos deben ser conscientes en la planificación para recoger cantidades importantes de duplicados o replicados de datos pareados ( $n$ ) y esto es particularmente importante en los proyectos donde los datos están volviendo con mayores errores relativos (más pobres de precisión).

Por ejemplo, si un error estándar de 3,65% se calcula sobre un error relativo promedio del 12,59% para un pequeño conjunto de datos de 100 pares, esto equivale a un error relativo del 29% de un CV dado (o de precisión) e indica que un mayor número de pares son necesarios para mejorar la confianza en el error relativo calculado o de precisión (Stanley y Lawie, 2007).

Como regla general, los criterios establecidos de la combinación de la colección de la muestra, de la preparación y del análisis, debe garantizar una precisión total de  $\pm 15\%$  en el intervalo de dos desviaciones estándar de confianza del 95% y se debe utilizar como guía para evaluar el error relativo y por lo tanto la aceptación o rechazo de un conjunto de datos. Este criterio puede ser necesario calibrarlo para algunos minerales, por ejemplo oro, pero no debe ser modificado para ocultar el error relativo alto si esto se debe al insuficiente número de pares de datos para su procesamiento.

## 7.2 MÉTODO PARA DETERMINAR LA EXACTITUD DE LOS DATOS

### 7.2.1 DEFINICIÓN DE EXACTITUD

La exactitud es una medida de la desviación de un resultado verdadero o esperado. Datos inexactos puede mostrar una desviación positiva o negativa que se define como sesgo. Un sesgo de los datos puede deberse a un error de calibración, un error sistemático o un error operacional.

El error aleatorio puede estar presente, sin embargo, no se puede predecir y tiende a cero en el tiempo.

Los valores atípicos pueden ser observados y deben ser evaluados mediante una robusta metodología de Z score (ver discusión en 4.6.1.2.2). Los valores atípicos pueden ocurrir debido a errores de envío de la muestra (cuando un incorrecto CRM o estándar es despachado ó una muestra se etiqueta incorrectamente), mezcla de muestras, contaminación, errores de calibración, etc. Los outliers siempre deben ser investigados.

Materiales de referencia certificados (CRM) o estándar son las herramientas utilizadas para supervisar la exactitud. Estas herramientas también proporcionan información sobre la precisión y pueden ayudar en la detección de la mezcla de muestras.

Los CRM deben ser enviados periódicamente a un segundo o tercer laboratorio como un control de exactitud contra el laboratorio principal. Esta información es particularmente útil cuando se detecta un sesgo.

Los CRM deben ser homogéneos y de un tamaño adecuado nominal para garantizar la liberación de los elementos de interés. Es preferible que el CRM elegido coincida con la matriz mineralógica y con el rango de leyes de las muestras. El valor certificado del valor de referencia del CRM debe ser analizado utilizando la misma técnica que se utiliza rutinariamente para el análisis de las muestras.

Los resultados devueltos para los CRM o estándares deben ser evaluados de manera proactiva, tanto de forma gráfica como numéricamente para cada lote presentado en el momento en que los resultados se reciben. Un protocolo acordado debe existir entre el laboratorio participante y el cliente con respecto a la acción a tomar cuando la exactitud de la muestra no se ajusta a los límites definidos (prueba de rechazo).

### 7.2.2 ANÁLISIS GRÁFICO DE LOS DATOS

El valor certificado, junto con 1, 2 y 3 valores de desviación estándar de error para cada elemento de interés para cada CRM o estándar (o blanco) se almacenan en una base de datos relacional (preferido) o en las hojas de cálculo.

CRM con leyes y matrices concordantes deben ser incluidos (5%) y distribuidos de acuerdo a los tamaños de lote del laboratorio, con todos los lotes presentados a los laboratorios para la preparación y análisis.

Los blancos deben ser incluidos (2%) con muestras mineralizadas en todos los lotes presentados a los laboratorios para la preparación y análisis. Los resultados del análisis de exactitud deben ser revisados (lo ideal es gráficamente en el momento de la importación de ensayo) para todos los CRM insertados, y blancos para cada lote individual retornados desde el laboratorio de ensayos.

Los resultados analíticos deben ser probados de forma proactiva contra los criterios de rendimiento predefinidos para cada lote de ensayos recibidos.

A continuación se presentan los criterios sugeridos de rendimiento para el uso en la evaluación de los lotes individuales:

Un lote individual de muestras debe ser rechazado si:

- (i) Si 1 CRM ó estándar en informado fuera del límite de 3 desviaciones estándar de error (compruebe outliers para errores obvios, como confusión de muestras, error de despacho, etc.).

- (ii) Si 2 de 3 de CRM son devueltos fuera del límite de 2 desviaciones estándar de error.
- (iii) Si 4 de 5 de CRM son devueltos fuera del límite de una desviación estándar de error
- (iv) Si 9 consecutivos CRM son devueltos por encima o por debajo del valor certificado medio.
- (v) Si los blancos son retornados con 3 veces el límite de detección.

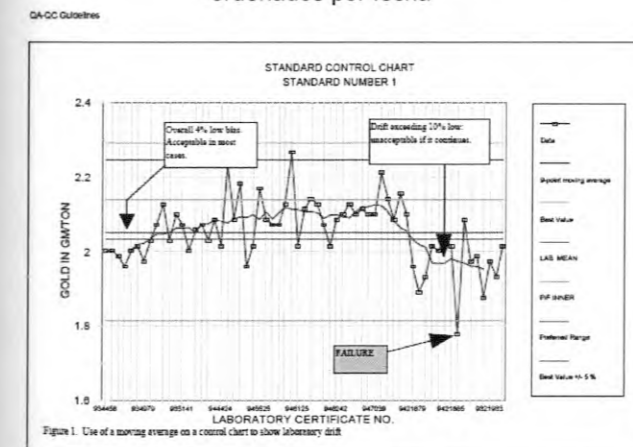
Cuando un lote de muestras es rechazado por el estadístico responsable, el protocolo acordado entre cliente-laboratorio para tratar y corregir los lotes debe ser invocado de inmediato.

Es muy importante evaluar los datos tan pronto como se reciben. La recuperación de las pulpas para el re-análisis es más efectiva en esta etapa. Los errores sistemáticos, los errores de calibración y los errores de operación pueden ser abordados sin demora si el laboratorio es informado de que existe un problema.

Si un problema no se detecta o no se comunica en el momento de su ocurrencia, esto podría dar lugar a retrasos de modelamiento y en la estimación de recursos, mientras que un re-ensayo se lleva a cabo. Un escenario en el peor de los casos podría ser una reducción en la confianza de clasificación de los recursos si las muestras se han perdido o destruido y ya no están disponibles para su re-análisis.

Los resultados analíticos de los laboratorios individuales deben registrarse en tiempo para cada elemento de cada material de CRM o de referencia y para las muestras blanco (ver figura 22).

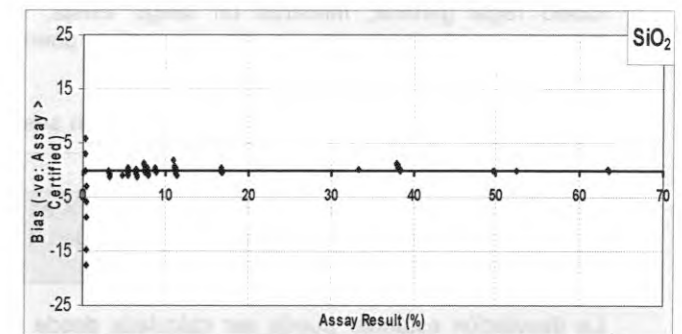
Figure 22. Resultados de los ensayos de un CRM ordenados por fecha



Mineral Resources Development, U.S.A. (55) 353-1116

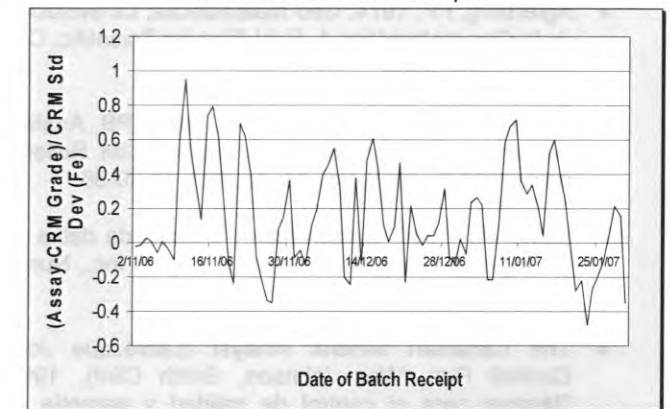
Un segundo método gráfico recomendado de los datos considera el cálculo y ploteo del sesgo absoluto para cada CRM ó muestra estándar contra su ley para un periodo de tiempo dado, por ejemplo mensualmente/trimestralmente ó durante la duración del proyecto. Los resultados deben demostrar un comportamiento exacto sobre un rango de ley definido, por ejemplo la ley de corte.

Figure 23. Sesgo de cada CRM graficado contra los resultados ensayados



Un tercer método gráfico recomendado para la evaluación de los datos es el cálculo y ploteo del promedio móvil de los resultados analíticos normalizados para todos los CRM y estándares disponibles para un elemento en particular y un laboratorio específico contra las fechas en que estos resultados son recibidos (ver figura 24). Este gráfico puede indicar el comportamiento de las tendencias de la exactitud y podría asistir con la investigación para identificar la fuente (s) y duración de los datos inexactos.

Figure 24. Promedio móvil de resultados de Fe normalizados versus Tiempo



### 7.2.3 ANÁLISIS NUMÉRICO DE LOS DATOS

El sesgo debe ser calculado desde los resultados retornados desde los CRM para cada elemento de interés (para cada rango de concentración) como:

$$\text{Relative Bias \% (single result)} = 100 \cdot (m-x)/m$$

donde  $m$  es el valor certificado del material de referencia certificado y  $x$  es el valor retornado desde el laboratorio.

$$\text{Relative Bias \% (multiple results)} = 100 \cdot 1/n \sum ((m-x)/m)$$

donde  $m$  es el valor certificado del material de referencia certificado y  $x$  es el valor retornado desde el laboratorio y  $n$  es el número de muestras de referencia.

El sesgo ideal debería ser cero. Un sesgo positivo retornado desde estos cálculos indican que los resultados son muy bajos, mientras que un sesgo

negativo indica que los resultados están considerablemente altos.

Como regla general, mientras un sesgo exista, las mayores concentraciones de los elementos pueden indicar grandes desviaciones del valor verdadero.

El sesgo absoluto puede ser calculado desde un sesgo relativo, como:

**Absolute Bias = (Relative Bias/100)\* X**, donde X es la ley promedio del elemento de interés (dentro de un rango de leyes) para un conjunto de datos.

La desviación estándar puede ser calculada desde un conjunto de resultados retornados desde los CRM como:

**Desviación Estándar (múltiples resultados) =  $\sqrt{1/n \sum (m-x)^2}$**  donde m es el valor esperado o certificado del material de referencia, x es el valor retornado desde el laboratorio y n es el número de muestras de referencia.

## 8. REFERENCIAS

- Agterberg, FP, 1974, Geo matemáticas; La evolución de la Geo matemática 1, Publ Elsevier Scientific. Co., Amsterdam, 596p.
- Bacon, W.G., Hawthorn, G.W. y Poling, PB, Análisis de Oro - mitos, fraudes y verdades, CIM Bulletin, noviembre de 1989, vol. 82, no. 931, pp 29-36.
- Davis, JC, 1986, Estadísticas y análisis de datos en geología (2ª ed.), John Wiley and Sons Inc., Nueva York, 646 p.
- The Canadian Mineral Analyst (Labrecque John Connell Ron, Wes Johnson, Smith Clint), 1992, "Manual para el control de calidad y garantía de calidad en Química Analítica".
- Francois-Bongarcon, Dominique, 1996, "Extracción de información de error la varianza de los datos pareados y aplicaciones a la teoría de muestreo", Mineral Resources Development internal report, octubre de 1996.
- Davis, B. y Widham, C., 1996, "El control estadístico para la producción de estándares de laboratorio de ensayo", Ingeniería de Minas, 48, N° 3, 73-76.
- Gy, Pierre, 1992, Muestreo de los sistemas materiales heterogéneos y dinámicos: Teoría de la heterogeneidad, muestreo y la homogeneización, Elsevier Science Publishers BV: Países Bajos. ISBN 0-444-89601-5.
- Thompson, Michael y Richard Howarth, 1973, "La estimación rápida y el control de precisión en las

determinaciones por duplicado", el analista, 98, 153-160.

- Thompson, Michael y Richard Howarth, 1976, "Duplicados de análisis en prácticas geoquímicas, Parte 1: Enfoque teórico y la estimación de la reproducibilidad analítica.", The Analyst, 101, 690-698.
- Thompson, Michael y Richard Howarth de 1976, "Duplicados de análisis en prácticas geoquímicas, Parte 2: Examen del método propuesto y los ejemplos de su uso", The Analyst, 101, 699-709.
- Thompson, Michael y Richard Howarth, 1978, "Duplicados de análisis en prácticas geoquímicas, Un nuevo enfoque para la estimación de la precisión analítica", J. geoquímica de exploración, 9, 23-30.





### ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS

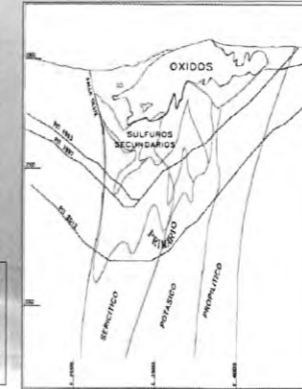
• LAS PROPIEDADES MINERALÓGICAS DE UN MINERAL SON MUY IMPORTANTES YA QUE SON INDICATIVAS DEL GRADO DE VIABILIDAD DE ESE MINERAL PARA SER PROCESADO.

• POR EJEMPLO EL COBRE PUEDE APARECER COMO CALCOPIRITA QUE CONTIENE EL 34% DEL METAL, COMO BORNITA EN LA CUAL EL METAL TIENE UN CONTENIDO DEL 63% Y DE CALCOSINA CON UN 80% DEL METAL.

• EN EL CASO DEL NIQUEL, LOS SILICATOS SON MUCHOS MÁS DIFÍCILES QUE PROCESAR QUE LOS SULFUROS; LOS PRIMEROS DEBEN TENER UN CONTENIDO AL MENOS DE 15%; LOS SEGUNDOS PUEDEN SER PROCESADOS CON CONTENIDOS INFERIORES A 0.5%.

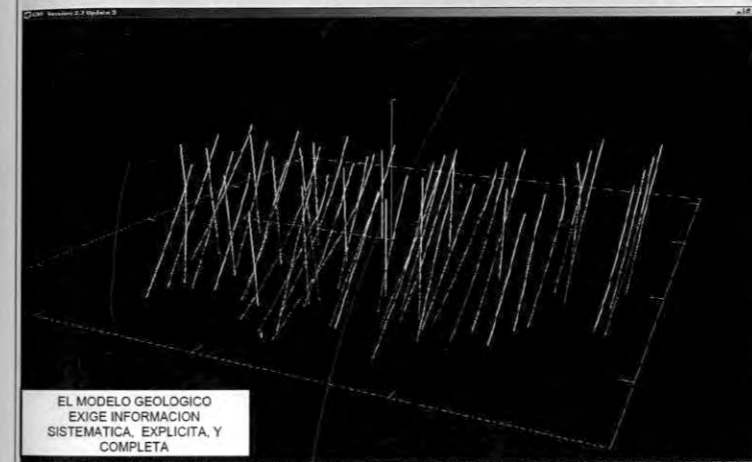
• LA NATURALEZA MINERALÓGICA DEL MINERAL TAMBIÉN COLOCA LÍMITES A LOS CONTENIDOS MÁXIMOS DE LOS CONCENTRADOS.

• SUBSTANCIAS INDESEABLES PUEDEN EXISTIR EN EL MINERAL Y EN LA GANGA. POR EJEMPLO EL ARSÉNICO PUEDE SER DAÑINO NO SOLO PARA EL COBRE SINO TAMBIÉN PARA EL NIQUEL. LOS CASTIGOS FINANCIEROS QUE SE IMPONEN A LOS GASTOS DE FUNDICIÓN PUEDEN SER IMPORTANTES.



© Edmundo Tulcanaza

### ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS



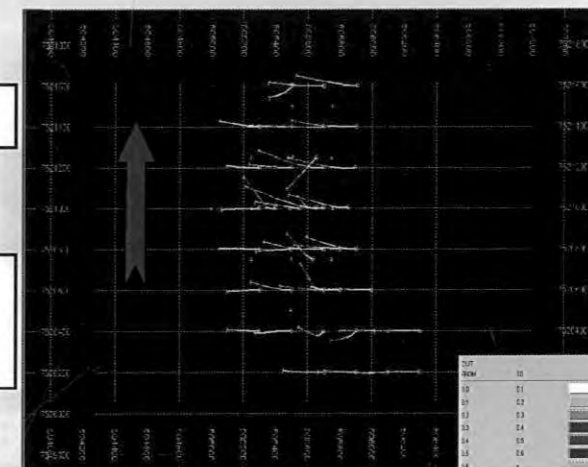
EL MODELO GEOLOGICO EXIGE INFORMACION SISTEMÁTICA, EXPLICITA, Y COMPLETA

© Edmundo Tulcanaza

### ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS

• EL MODELAMIENTO GEOLOGICO

• EL MODELO GEOLOGICO CONSISTE EN HACER COHERENTE Y CONSISTENTE INFORMACION 3D



© Edmundo Tulcanaza

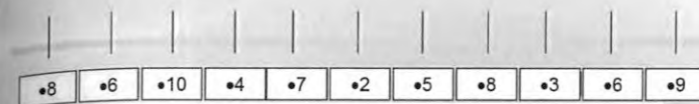








**ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS**



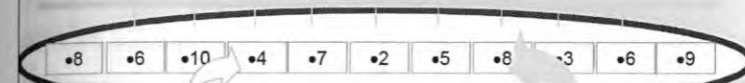
•como medir la exactitud de un estimador?

- valor medio = 5.90 (con los primeros 10 valores)
- varianza =  $4.41+0.01+16.81+3.61+1.21+ 15.21+0.81+4.41+8.41+0.01= 5.49$
- valor medio = 6.00 (con los últimos 10 valores)
- varianza =  $0+16+4+1+16+1+4+9+0+9= 6.00$
- covarianza=  $(8-5.9)(6-6) + (6-5.9)(10-6) + (10-5.9)(4-6) + (4-5.9)(7-6) + (7-5.9)(2-6) + (2-5.9)(5-6) + (5-5.9)(8-6) + (8-5.9)(3-6) + (3-5.9)(6-6) + (6-5.9)(9-6) = 0+ 0.4 - 8.2 - 1.9 -4.4+3.9 -1.8 - 6.3 +0 + 0.3 = -1.8$

- varianza de los errores =  $5.49 -2(-1.8) + 6.00 = 15.09 = 15.1$
- esta varianza también da la diferencia entre un valor y su vecino

© Edmundo Tulcanaza

**ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS**



•MUESTRAS EN X

•MUESTRAS EN X+h

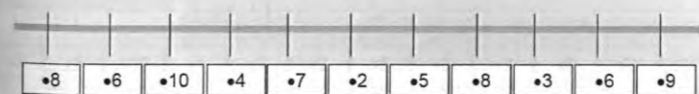
•como medir entonces la exactitud de un estimador?

- varianza de los errores =  $5.49 -2(-1.8) + 6.00 = 15.09 = 15.1$
- VZA DE ERRORES=VZA(MUESTRAS x)- 2 COVZA(MUESTRAS x, MUESTRAS x + h)+VZA (MUESTRAS x + h)

•.....PERO TAMBIEN.....

© Edmundo Tulcanaza

**ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS**



- La varianza de los errores cometidos al estimar un punto por su vecino ubicado a una distancia unitaria, en una dirección seleccionada, es equivalente al promedio de las sucesivas desviaciones entre tales valores.
- Ese promedio equivalente se denomina variograma a una distancia de 1 unidad

- La varianza de los errores cometidos al estimar un punto por su vecino ubicado a n distancias unitarias, en una dirección seleccionada, es equivalente al promedio de las sucesivas desviaciones entre tales valores.
- Ese promedio equivalente se denomina variograma a una distancia de n unidades

© Edmundo Tulcanaza

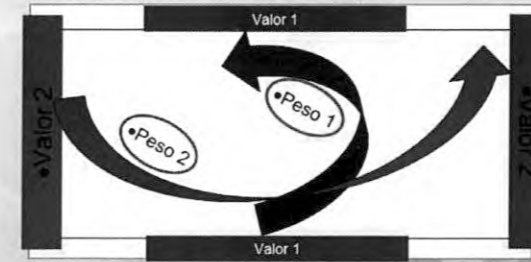








ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS



$$\lambda_1 \gamma(\omega_1, \omega_1) + \lambda_2 \gamma(\omega_1, \omega_2) + \mu = \gamma(\Omega, \omega_1)$$

$$\lambda_1 \gamma(\omega_2, \omega_1) + \lambda_2 \gamma(\omega_2, \omega_2) + \mu = \gamma(\Omega, \omega_2)$$

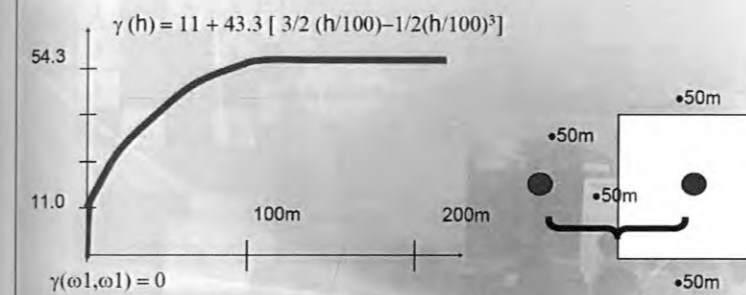
$$\lambda_1 + \lambda_2 = 1$$

$$\sigma^2_k = \sum \lambda_i \gamma(\omega_i, \Omega) + \mu - \gamma(\Omega)$$

El kriging

© Edmundo Tulcanaza

ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS



$$\gamma(\omega_1, \omega_1) = 0$$

$$\gamma(\omega_1, \omega_2) = 11 + 43.3 [ 3/2 (50/100) - 1/2 (50/100)^3 ] = 40.8(\%)^2$$

$$\gamma(\Omega, \omega_1) = 11 + 43.3 [ 0.28 ] = 23.1(\%)^2$$

$$\gamma(\Omega, \omega_2) = 11 + 43.3 [ 0.71 ] = 41.6(\%)^2$$

© Edmundo Tulcanaza

ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS

$$\lambda_1 \gamma(\omega_1, \omega_1) + \lambda_2 \gamma(\omega_1, \omega_2) + \mu = \gamma(\Omega, \omega_1)$$

$$\lambda_1 \gamma(\omega_2, \omega_1) + \lambda_2 \gamma(\omega_2, \omega_2) + \mu = \gamma(\Omega, \omega_2)$$

$$\lambda_1 + \lambda_2 = 1$$

El kriging (ordinario)

$$\lambda_1 0 + \lambda_2 40.8 + \mu = 23.1$$

$$\lambda_1 40.8 + \lambda_2 0 + \mu = 41.6$$

$$\lambda_1 + \lambda_2 = 1$$

$$\lambda_1 = 0.73$$

$$\lambda_2 = 0.27$$

$$\mu = 12.08$$

$$\sigma^2_k = \sum \lambda_i \gamma(\omega_i, \Omega) + \mu - \gamma(\Omega)$$

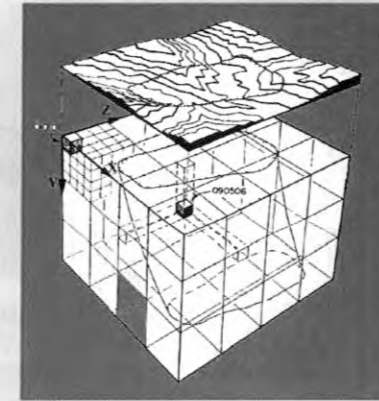
$$\sigma^2_k = 0.73 \times 23.1 + 0.27 \times 41.6 + 12.08 - 27.2 = 13.0(\%)^2$$

$$\sigma_{\sigma_k} = \pm 7.2$$

© Edmundo Tulcanaza



ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS



© Edmundo Tulcanaza

---

---

---

---

---

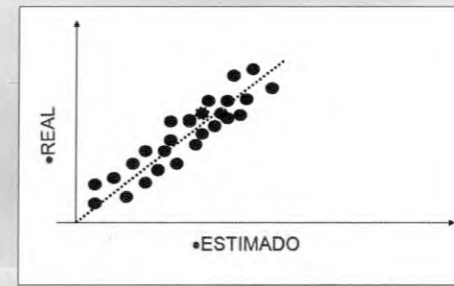
---

---

---

ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS

•MUCHAS VECES ESTA CONDICIONALIDAD SE PRESENTA SOLO A INTERVALOS EN BASE A PROMEDIOS.



•ESTIMACION INSEGURA CONDICIONAL

© Edmundo Tulcanaza

---

---

---

---

---

---

---

---

ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS



© Edmundo Tulcanaza

---

---

---

---

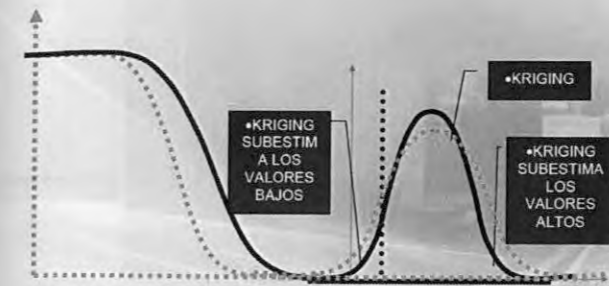
---

---

---

---

ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS



© Edmundo Tulcanaza

ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS

$$S^2(v/V) = S^2(v/V) + \sigma^2_K$$

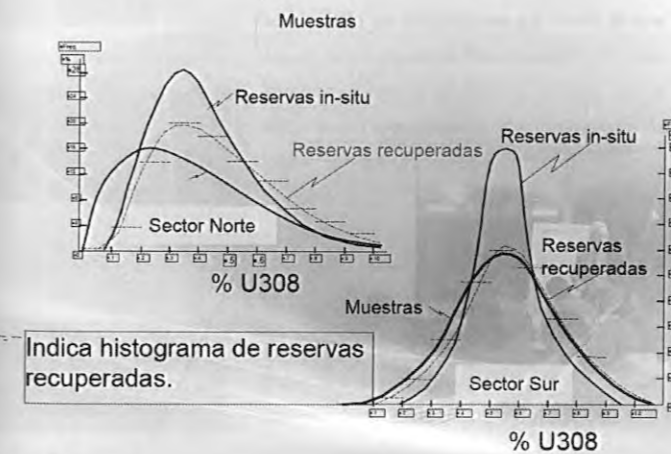
•  $S^2(v/V)$  = varianza de valores verdaderos

•  $S^2(v/V)$  = varianza de valores estimados

•  $\sigma^2_K$  = varianza de kriging promedio

© Edmundo Tulcanaza

ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS



© Edmundo Tulcanaza











### ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS

#### La mineralogía .....

La información importante desde el punto de vista mineralógico es:

- A) la composición química
- B) la identificación mineralógica
- C) las proporciones de los minerales presentes y sus composiciones químicas
- D) la granulometría y su grado de liberación
- E) las texturas y estructuras mineralógicas
- F) los cambios que se producen de sector en sector y en profundidad

© Edmundo Tulcanaza

### ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS

#### Identificación mineralógica ;

•Las investigaciones iniciales son la simple observación visual con la ayuda de una lupa y/o con el microscopio binocular.

•Instrumentos más sofisticados incluyen:

#### •Difracción de rayos-x:

- la difracción registrada en un film fotográfico es único para todo tipo de mineral.

#### •El microanalizador:

- Un rayo de energía es focalizado a distancia micrométrica de una superficie pulida del mineral. Se obtiene también una imagen fotográfica.

#### •Sem (scanning electron microscopy):

- Es una ampliación tridimensional de las superficies del mineral. Se pueden estudiar texturas y porosidades.

© Edmundo Tulcanaza

### ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS

#### MINERAL ENCLAUSTRADO :

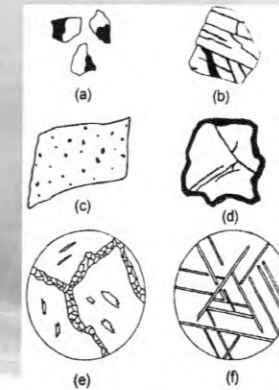
•SE SUPERIMPONE UNA MALLA SOBRE LA SUPERFICIE PULIDA Y SE PRODUCE UN CONTEO DE LOS ESPECÍMENES. ESTE NÚMERO SE TRANSFORMA EN PORCENTAJES.

•ALGUNOS MINERALES PUEDEN ACUSAR UN ALTO % DEL METAL .

#### ANÁLISIS MODAL :

•SE SUPERIMPONE UNA MALLA SOBRE LA SUPERFICIE PULIDA Y SE PRODUCE UN CONTEO DE LOS ESPECÍMENES. ESTE NÚMERO SE TRANSFORMA EN PORCENTAJES POSTERIORMENTE.

•ALGUNOS MINERALES PUEDEN ACUSAR UN ALTO % DEL METAL DE INTERÉS SIN EMBARGO, SOLO UN 50% DE ESTE % PUEDE ESTAR EN UN MINERAL EXTRAÍBLE. EL RESTO ES ENCERRADO EN UN MINERAL REFRACTARIO.



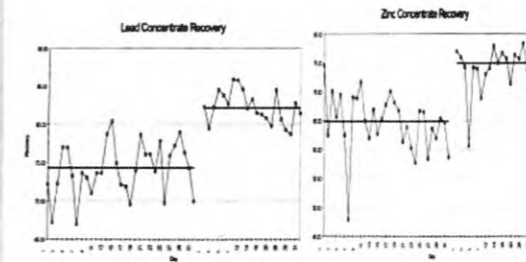
© Edmundo Tulcanaza



**ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS**

•EL PROGRESO SISTEMÁTICO DEL APRENDIZAJE GEOMETALURGI

... Y DEL MEJORAMIENTO CONTINUO



© Edmundo Tulcanaza

---

---

---

---

---

---

---

---

**ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS**

**MODELO GEOMETALURGICO**

RESERVAS Y RECURSOS : CARACTERIZACION



ZONA	RESERVA (%)	ELONGACION (%)	DUREZA (HV)
1	86	28 a 30	14 a 14,5
2	<90	28 a 30	12,5
3	<90	>32	<12
4	86	30, con insoluble alto	13,5 a 14
5	86	>32	13,5 a 14,5
6	80 a 86	30 a 32	15,8
7	80 a 86	30	12 a 15
8	<80	28	14,8

© Edmundo Tulcanaza

---

---

---

---

---

---

---

---

**ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS**

actividad que, sobre la base de dominios estructurales y de índices físico-mecánicos tales como la designación de la calidad de la roca - RQD, su frecuencia de fracturas - FF, su grado de descomposición, su elasticidad, porosidad y permeabilidad permiten caracterizar geomecánicamente el macizo rocoso mineralizado

El modelo geotécnico e hidrogeológico descansa en condiciones estructurales y geomecánicas que presenta el macizo y que incluyen las características intrínsecas de la roca que controlan su resistencia a la deformación, sus planos de debilidades, el relleno de sus fracturas, la ubicación y flujo de agua subterránea.

El modelo geomecánico permite zonificar y modelar predictivamente el macizo rocoso de acuerdo a la productividad granulométrica, a las zonas de desestabilidades permitiendo definir, durante la fase del diseño minero, la definición de ángulos de talud (rajo abierto), la separación de puntos de extracción (mina subterránea), y otros.

© Edmundo Tulcanaza

---

---

---

---

---

---

---

---

**ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS**

SISTEMA ROBÓTICO DE AUSCULTACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS DE LOS TALUDES APSWIN.



© Edmundo Tulcanaza

---

---

---

---

---

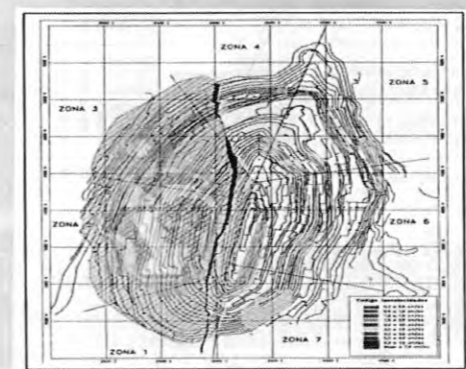
---

---

---

**ESTIMACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS**

ISODESPLAZAMIENTOS MES DE MARZO 2001 DE PARED OESTE.



© Edmundo Tulcanaza

---

---

---

---

---

---

---

---



**ESTANDARES INTERNACIONALES**

RECURSOS INFERIDOS  
*lo que pudiera ser*

RECURSOS INDICADOS  
*lo que si puede ser*

RECURSOS MEDIDOS  
*lo que si es*



© Edmundo Tulcanaza

**ESTANDARES INTERNACIONALES**

**CHILE**  
DEFINICIONES Y GUIAS  
Código para la Certificación de Prospectos de Exploración, Recursos, y Reservas Mineras.

~ El Código ~

**AUSTRALIA**  
Australasian Code for Mineral Resources and Ore Reserves Reporting of Exploration Results.

~ The JORC Code ~

**CANADA**  
CIM DEFINITION STANDARDS  
On Mineral Resources and Mineral Reserves Prepared by the CIM Standing Committee on Reserve Definitions.

~ National Instrument 43-101 ~

**SOUTH AFRICA**  
•South african code for Reporting of mineral resources And mineral reserves.

~ The SAMREC Code ~

**UNITED KINGDOM-W EUROPE**  
•Code for Reporting of Mineral Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves.

~ The Reporting Code ~

**USA**  
A Guide for Reporting Exploration Information, Mineral Resources, and Mineral Reserves

The SME ~

© Edmundo Tulcanaza

**ESTANDARES INTERNACIONALES**

•"CRIRSCO (Committe for Mineral Reserves International Reporting Standards) formed in 1994 under the auspices of the Council of Mining and Metallurgical Institutes (CMMI), is a grouping of representatives of organisations that are responsible for developing mineral reporting codes and guidelines in Australia (JORC), Chile (National Committee), Canada (CIM), South Africa (SAMREC), the USA (SME), UK (National Committee) and Western Europe (IGI and EFG). The combined value of mining companies listed on the stock exchanges of these countries accounts for more than 80% of the listed capital of the mining industry"

•(website [www.crirSCO.com](http://www.crirSCO.com))

© Edmundo Tulcanaza



## ESTANDARES INTERNACIONALES

### PRINCIPIO

- **TRANSPARENCIA:** Informes completos, inequívocos, específicos, explícitos.
- **MATERIALIDAD:** Informes concretos, relevantes, basados en evidencias.
- **COMPETENCIA:** Informes emitidos por Persona Competentes / Calificadas.

### • LA PERSONA COMPETENTE

Profesional titulado universitario, con 5 años de experiencia en su área de expertise, calificado en informar sobre los aspectos geominerometalúrgicos de los recursos y reservas, miembro de una entidad profesional que cuente con poderes fiscalizadores y disciplinarios.

© Edmundo Tulcanaza

## ESTANDARES INTERNACIONALES

Las Naciones Unidas desea facilitar los sistemas de clasificación de minerales en las economías de mercado con aquellos de los países de economías centralmente planificada. Para ello solicitó a CRIRSCO, a la SPE, y a la IAEA trabajar en la convergencia de normas que faciliten una integración de los diversos sistemas de clasificación de minerales sólidos y de los hidrocarburos. Además de estas normas, se consideró la convergencia de esas normas con las normas de la International Accounting Standards Board (IASB) respecto a las International Financial Reporting Standards (IFRS).



El IASB es responsable de desarrollar los International Financial Reporting Standards (IFRS) los cuales son obligatorios en varios países de la Unión Europea además de Australia y SudÁfrica. Existe un acuerdo con el SEC para armonizar los reglamentos de modo que sean imposiciones a todos los Gobiernos Corporativos.

© Edmundo Tulcanaza

## ESTANDARES INTERNACIONALES

### CONVERGENCIA ENTRE LOS ESTÁNDARES MINEROS Y FINANCIEROS

#### EL PROPÓSITO DE DEFINIR LA INFORMACIÓN QUE SOBRE RECURSOS Y RESERVAS PODRÍA SER INCLUIDA EN LOS INFORMES FINANCIEROS SE RELACIONAN CON

**SU OBJETIVO:** El informe debe proporcionar datos útiles para la toma de decisiones en relación a los recursos y reservas que ayuden a una compañía a respaldar y preparar su propia evaluación.

**EL ALCANCE DEL REPORTE FINANCIERO:** El informe no solo debe contener declaraciones financieras y notas al pie de páginas para evaluar los flujos futuros de una compañía. Información esencial no-financiera tales como datos productivos, costos operacionales, y reconciliaciones puede ser relevante para analizar y evaluar una toma de decisiones relacionadas con los prospectos de exploración y los recursos y reservas mineras. Esta debe ser debidamente informada y relevada.

**CONSISTENCIA Y COMPARACIÓN:** El informe sobre recursos y reservas debe claramente indicar el grado de consistencia y comparación entre los estándares respaldados por entidades reguladoras (Instrumento 43-101/ 51-101 en Canadá; y el SEC en los EEUU); por Bolsas de Valores (la ASX respecto del JORC; la JSX respecto del SAMREC, y la BVL respecto del JORC) y por las Leyes de un país (Congreso Chileno respecto al Código Chileno), y

**NIVEL DE DESAGREGACIÓN:** El informe debe desagregar los recursos y reservas a un nivel consistente con los requerimientos de la compañía para propósitos de transparencia y confiabilidad.

© Edmundo Tulcanaza

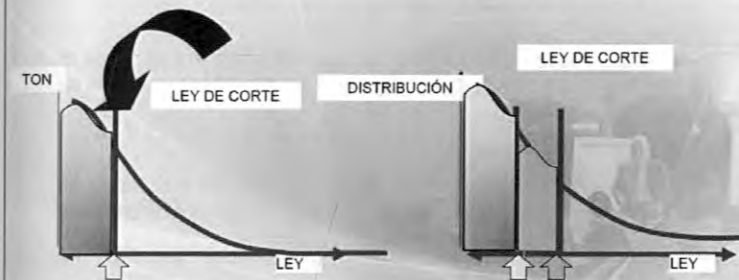
Estimación y Categorización de Recursos y Reservas  
Estándares Internacionales  
Fases y Parámetros de un Proyecto Minero  
Dimensionamiento y secuencia minera  
Análisis de Inversiones Mineras  
Financiamiento y Aspectos Contables

Consortio Capacitación en Certificación de Reservas  
Rocas y Minerales S.A. Edmundo Tulcanaza

© Edmundo Tulcanaza

FASES Y PARAMETROS DE UN PROYECTO MINERO

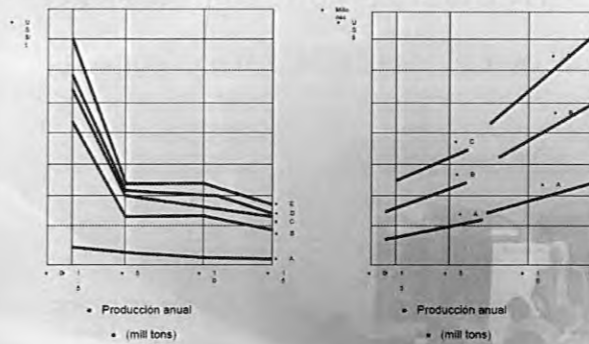
LA CURVA TONELAJE LEY



Ley de Corte = satisface requerimientos técnicos y/o económicos

© Edmundo Tulcanaza

FASES Y PARAMETROS DE UN PROYECTO MINERO



- A = preparación sobrecarga + tronadura
- B = A + remoción sobrecarga
- C = B + arranque mineral
- D = C + tratamiento mineral
- E = D + gastos generales + gastos del medio ambiente

Costo de producción v/s nivel de producción

© Edmundo Tulcanaza

- A = mina
- B = mina + gastos generales
- C = mina + gastos generales + planta

Costo de capital v/s nivel de producción



FASES Y PARAMETROS DE UN PROYECTO MINERO

RELACIÓN PRECIO DEL MINERAL - LEY MEDIA

$$V(m) = b \times m$$

V(m) = precio del mineral de ley m

b = precio del mineral de ley unitaria

m = ley media del mineral

© Edmundo Tulcanaza

FASES Y PARAMETROS DE UN PROYECTO MINERO

VALOR DE UNA TONELADA DE LEY M

En este caso, se trata de determinar el valor b de 1 tonelada de mineral de ley unidad, de tal modo que la tonelada de mineral de una ley cualquiera m tiene el valor:

$$V(m) = b \cdot m \cdot \phi$$

considerando una recuperación metalúrgica  $\phi$  • b puede también incluir costos de proceso (maquilas).

© Edmundo Tulcanaza

FASES Y PARAMETROS DE UN PROYECTO MINERO

VALOR DE UNA TONELADA DE CONCENTRADO DE LEY C, V( C )

Valor del concentrado con gastos de proceso dependientes de su ley en metal

$$V(c) = (P - G) \cdot (c - q) - S$$

Por ejemplo, en el caso de un concentrado de cobre, se puede tener:

P = 200 cts US \$/lb

G = 20 cts US \$/lb

c = ley del concentrado de cobre

q = 5% Cu

S = 75 US \$/ton concentrado, por lo cual

$$\text{Ingreso (I)} = (P - G)(c - q) - S$$

$$2205[(200 - 20)/100] [(c - 5)/100] - 75 \text{ US\$ /tcon}$$

© Edmundo Tulcanaza

FASES Y PARAMETROS DE UN PROYECTO MINERO

RAZON DE CONCENTRACION

Haciendo variar la ley del producto c se obtiene una serie de rectas V (c) que corresponden, por ejemplo, a diferentes cotizaciones del metal (P). Sin embargo, muchas veces puede ser más práctico y útil establecer estas relaciones en función de la ley m del mineral extraído. En este caso se considera la "razón de concentración" R (t concentrado/t mineral) para obtener el valor de una tonelada de mineral de ley m:

$$R = \frac{c - r}{m - r}$$

m = ley del mineral  
 c = ley del concentrado  
 r = ley del relave ( $r \ll c ; r \approx m$ )

De este modo, la relación V(c) se transforma en V(m). Así para cada ley del mineral m se tendrá ahora una serie de rectas de V(m) en función de la cotización P.

© Edmundo Tulcanaza

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

FASES Y PARAMETROS DE UN PROYECTO MINERO

BENEFICIO ANUAL, B ( M,T )

Designaremos por beneficio económico bruto anual a la diferencia entre los ingresos anuales percibidos y los costos anuales de producción.

$$\begin{aligned}
 \text{Ingreso Anual} &= V(m) \cdot t \\
 \text{Costo Anual} &= p(t) \cdot t \\
 B(m, t) &= \text{Beneficio Anual} \\
 &= [V(m) - p(t)] \cdot t
 \end{aligned}$$

© Edmundo Tulcanaza

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

FASES Y PARAMETROS DE UN PROYECTO MINERO

DE LA ROCA AL CATODO

DE LA ROCA AL CONCENTRADO

**PAGOS:**  
NORMALMENTE ENTRE EL 50 Y EL 80%.

**EL RETORNO NETO DE FUNDICION (NSR):**  
INCLUYE

- EL METAL EN CONCENTRADO
- EL COSTO DE TRANSPORTE
- EL PROCESO DE FUNDICION NETO DE PERDIDAS DE TRATAMIENTO
- LA RECUPERACION
- DEDUCCIONES POR PERDIDAS DURANTE LA FUNDICION

EJEMPLO

LEY MEDIA	0.80%
LEY CONCENTRADO	25%
COSTOS TRANSPTE	60US\$/Tconc
PROCESO FUNDICION	100US\$/Tconc
CARGOS REFINACION	0.3US\$/KgCu
RECUPERACION	90%
DEDUCCIONES X PERDIDAS	1% CONC Cu
PRECIO METAL	3.00US\$/lb

FACTOR CONCENTRACION

$$25 / (0.80 \times 0.90) = 34.72$$

34.72 T MIN  
PROPORCIONAN 1 T CONC.

© Edmundo Tulcanaza

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



### FASES Y PARAMETROS DE UN PROYECTO MINERO

El valor de la unidad de metal correspondiente a un mineral de ley  $m$ , si  $\phi$  es la recuperación en la planta de beneficio, es

$$b = V(m) / (m \times \phi)$$

Si llamamos  $V_0$  al ingreso mínimo admisible, la ley mínima admisible para

el inicio de la explotación será:  $m_0 = V_0 / (b \times \phi)$

Y de acuerdo a lo visto en el punto anterior diremos que:

$$m_0 = \frac{\rho_0 \cdot \frac{I(t)}{I} + p(t)}{b \cdot \phi}$$

© Edmundo Tulcanaza

### FASES Y PARAMETROS DE UN PROYECTO MINERO

La ley límite de explotabilidad económica para obtener una tasa de rentabilidad  $\rho_0$  está dada por  $m_0$ .

Cabe señalar que si el margen de rentabilidad por tonelada es nulo (caso de un yacimiento marginal o de la definición de una envolvente de largo plazo) la ley límite se convierte en una ley límite de explotabilidad técnica.

$$m_0 = \frac{p(t)}{b \cdot \phi}$$

© Edmundo Tulcanaza

### FASES Y PARAMETROS DE UN PROYECTO MINERO

Otras definiciones,

**LEY MARGINAL ( $x_m$ )** : ley límite que permite equilibrar el ingreso marginal con el costo marginal. Esta ley, denominada también crítica, define la porción mineralizada de la porción estéril en el depósito. Esta ley otorga, por otra parte, el máximo beneficio que se puede obtener con la reserva a lo largo de toda su vida.

**LEY DE CORTE ( $x$ )** : ley límite que permite no sólo pagar la extracción y beneficio de una tonelada de mineral sino que es capaz de generar un cierto y bien definido beneficio adicional. En el caso de que esa ley no cubra este beneficio adicional, esa ley es equivalente a la ley marginal.

**LEY DE CORTE CONDICIONAL ( $x_c$ )** : ley límite, bajo la ley de corte, que debido a condiciones técnico - económicas muy específicas permite la extracción de selectos sectores del depósito, alterando, de algún modo, los costos de extracción del sector y produciendo, en todo caso, un aumento en los beneficios económicos provenientes de su extracción.

© Edmundo Tulcanaza





### FASES Y PARAMETROS DE UN PROYECTO MINERO

Supongamos que el VAN de una operación es de 47.5MUF y que existe una limitación en la planta de tratamiento:

De acuerdo a una de las expresiones de K. Lane

$$\text{Ley de corte} = (\text{costo} + \{\Delta\text{VAN}\}) / (b \times \phi)$$

en la que  $\Delta\text{VAN}$  es el cambio de VAN en el año.

Entonces

$$\text{Ley de corte} = (19 + \{\text{VAN} \times \text{tasa de descuento}\}) / (10 \times 0.95)$$

$$\text{Ley de corte} = (19 + \{47.5 \times 0.10\}) / (10 \times 0.95) = 2.5 \text{ g/t min (ver Fig anterior)}$$

Se determina un nuevo  $\Delta\text{VAN}$  y se continúa hasta que la ley de corte se estabilice.

© Edmundo Tulcanaza

---

---

---

---

---

---

---

---

Estimación y Categorización de Recursos y Reservas  
Estándares Internacionales  
Fases y Parámetros de un Proyecto Minero  
Dimensionamiento y secuencia minera  
Análisis de Inversiones Mineras  
Financiamiento y Aspectos Contables

Consortio Capacitación en Certificación de Reservas  
Rocas y Minerales S.A. Edmundo Tulcanaza

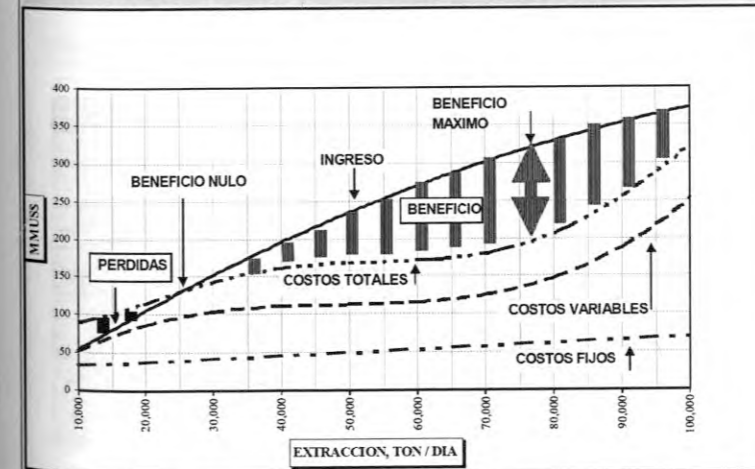
© Edmundo Tulcanaza

### DIMENSIONAMIENTO Y SECUENCIA MINERA

Extracción	Producción	Inversión	Costo	Costo	Costo fijo	Costo var	Costo mg	Costo mg	Ingreso anual	Ingreso mg	Ben anual	Wds	Factor	VA	VAN
Ton/año	Ton/año	MM US\$	MM US\$/año	MM US\$/año	MM US\$/año	MM US\$/año	MM US\$/año	MM US\$/año	MM US\$	MM US\$/año	MM US\$	Año	n	MM US\$	MM US\$
Ext	Fino	Ley	Inv	C	CF	CV	Cmg	Cmg	Ing	Ing_mg	B	n	f	VA	VAN
30,000	24,800	0.850	149	14.7	90	34	56	30	8.1	55	51	150	10.0	(154)	(99)
35,000	28,800	0.820	173	16.4	110	38	61	30	9.0	66	67	150	10.0	(141)	(94)
40,000	32,800	0.790	200	18.0	130	43	68	30	9.9	77	78	150	9.9	(127)	(87)
45,000	36,800	0.760	230	19.6	150	48	76	30	10.8	88	89	150	9.8	(113)	(80)
50,000	40,800	0.730	263	21.2	170	54	84	30	11.7	99	100	150	9.5	(99)	(73)
55,000	44,800	0.700	300	22.8	190	60	93	30	12.6	110	111	150	9.2	(85)	(66)
60,000	48,800	0.670	340	24.4	210	67	102	30	13.5	121	122	150	8.9	(71)	(59)
65,000	52,800	0.642	383	26.0	230	74	111	30	14.4	132	133	150	8.5	(57)	(52)
70,000	56,800	0.615	430	27.6	250	82	120	30	15.3	143	144	150	8.2	(43)	(45)
75,000	60,800	0.588	480	29.2	270	90	130	30	16.2	154	155	150	7.8	(29)	(38)

© Edmundo Tulcanaza

### DIMENSIONAMIENTO Y SECUENCIA MINERA



© Edmundo Tulcanaza



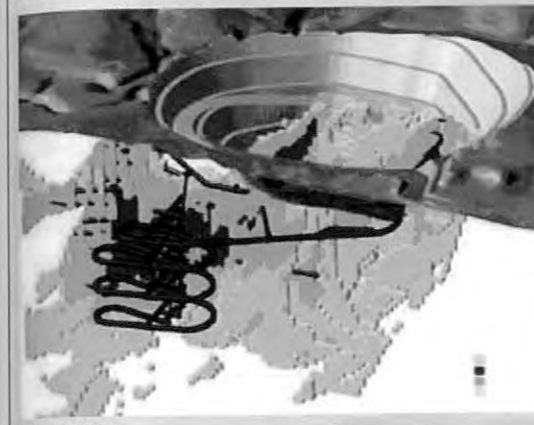






## DIMENSIONAMIENTO Y SECUENCIA MINERA

### Diseño y plan productivo: el caso de minas subterráneas



© Edmundo Tulcanaza

## DIMENSIONAMIENTO Y SECUENCIA MINERA

### Diseño y plan productivo: el caso de minas subterráneas

•La explotación de una mina subterránea se enfrenta a una serie de factores de variada naturaleza. De aquí que no existe un diseño de extracción típico, sino que, por el contrario, el diseño puede revestir una gama de opciones:

•Corte y relleno, Shrinkage, Caserones y pilares, Sub level Stopping, Hundimiento de bloques, y otros.

•El diseño depende en gran medida de:

- La geometría del depósito.
- La naturaleza de la roca.
- La continuidad y definición de los sectores mineralizados.
- La tasa de producción diaria.
- La recuperación y dilución.

© Edmundo Tulcanaza

## DIMENSIONAMIENTO Y SECUENCIA MINERA

### Diseño y plan productivo: el caso de minas subterráneas

•La regla de Taylor determina la vida de la mina en base a relación empírica

•Vida de la mina (años) =

**0.20 (toneladas de mineral esperadas)<sup>0.25</sup>**

•y

•Tasa productiva (tons/día) =

**(5 {t mineral esperadas} 0.75) / (días trabajados/año)**

•Ejemplo,

•Toneladas esperadas 1.000.000 tons > Vida de la mina: 6.3 años

•Días de trabajo/año(250ds)= 632 t/d (350)= 452 t/d

© Edmundo Tulcanaza

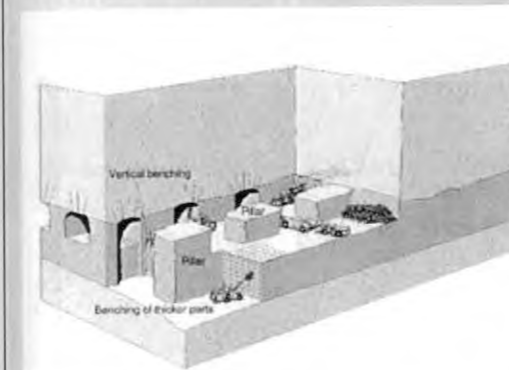
## DIMENSIONAMIENTO Y SECUENCIA MINERA

Nos referiremos a cuatro métodos apropiados para tasas entre 100 y 500 tons/día. El criterio para seleccionar el método incluye

1. La geometría del yacimiento (buzamiento, espesor, otros)
2. La competencia de la roca: la roca encajadora, techo y piso
3. La continuidad del mineral
4. La tasa productiva
5. Recuperación y dilución

© Edmundo Tulcanaza

## DIMENSIONAMIENTO Y SECUENCIA MINERA



### •Caserones y pilares

•Especialmente para depósitos horizontales, homogéneos, relativamente delgados. Baja recuperación de tonelaje.

© Edmundo Tulcanaza

## DIMENSIONAMIENTO Y SECUENCIA MINERA

### El Método de Caserones y Pilares

- Método normalmente usado en mantos con inclinación menor a
- 40° y con extensión lateral alta a mediana. El tamaño de los
- caserones y pilares depende de las condiciones de la roca y del
- espesor del cuerpo. Depósitos horizontales y de alto espesor
- pueden admitir alta mecanización dando alta productividad y
- bajos costos (500 tons/día).

### •Criterios básicos

- Inclinación debe ser menor a 40°.

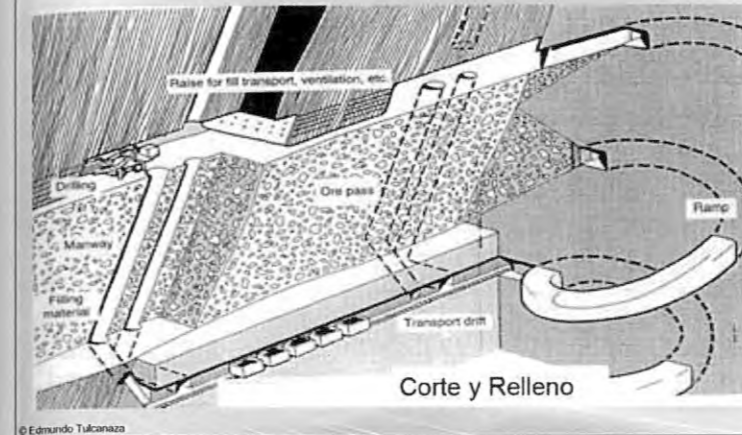
© Edmundo Tulcanaza





## DIMENSIONAMIENTO Y SECUENCIA MINERA

### El Método de Corte y Relleno



© Edmundo Tulcanaza

## DIMENSIONAMIENTO Y SECUENCIA MINERA

### El Método de Corte y Relleno

- Método dedicado a extraer pequeñas tajadas de mineral las cuales son parcial o completamente rellenas antes de extraer la tajada siguiente. Las labores de acceso, ventilación, drenaje, y remoción de mineral se desarrollan a través del relleno.

#### Crterios básicos

- Debe existir relleno.
- Inclinación al menos 40°.
- Altos costos
- La aplicación es en depósitos con inclinaciones moderadas o fuertes, con dimensiones restrictivas, paredes débiles, y minería selectiva.

© Edmundo Tulcanaza

## DIMENSIONAMIENTO Y SECUENCIA MINERA

### El Método de Corte y Relleno

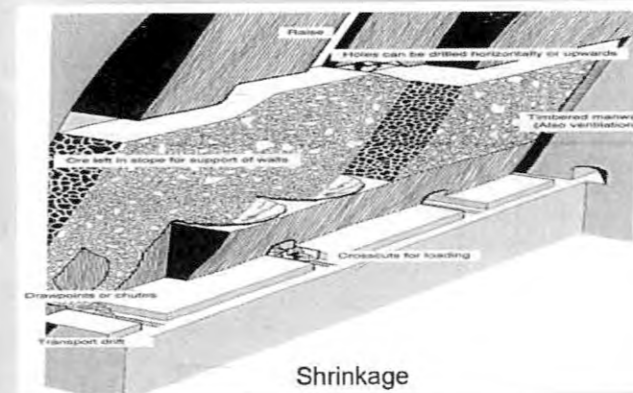
Dimensiones del Caserón Corte & Relleno	
Longitud (m)	60
Espesor (m)	2.5
Altura de la inclinación (m)	60
Volumen (m3)	9,000
Factor de tonelaje (ton/m3)	3.0
Tonelaje del Caserón (ton)	27,000
% del mineral desde caserones	93%
% del mineral desde desarrollo	7%
Productividad Laboral (ton/hombre-turno)	17
Distancia entre punto de vaciado y pique de traspaso (m)	150

© Edmundo Tulcanaza



DIMENSIONAMIENTO Y SECUENCIA MINERA

El Método de Shrinkage



© Edmundo Tulcanaza

---

---

---

---

---

---

---

---

DIMENSIONAMIENTO Y SECUENCIA MINERA

El Método de Shrinkage

- Método normalmente usado en vetas de alta inclinación en las cuales el mineral y las paredes son bastantes competentes para quedar sin soporte especial. Debilidades menores en la roca encajadora pueden ser toleradas hasta que la dilución resultante no sean un problema serio. Severos desprendimientos pueden tapar los "chutes" y buzones El mineral debe ser competente.

**Crterios básicos,**

- Inclinación al menos 50° o al ángulo de reposo del "quebrado".
- Mineral y roca competentes

© Edmundo Tulcanaza

---

---

---

---

---

---

---

---

DIMENSIONAMIENTO Y SECUENCIA MINERA

El Método de Shrinkage

Dimensiones del Caserón Esponjado	
Longitud (m)	60
Espesor (m)	2.5
Altura de la inclinación (m)	32
Volumen (m3)	4,800
Factor de tonelaje (ton/m3)	3.0
Tonelaje del Caserón (ton)	14,400
% del mineral desde caserones	82%
% del mineral desde desarrollo	18%
Productividad Laboral (ton/hombre-turno)	21

© Edmundo Tulcanaza

---

---

---

---

---

---

---

---

## DIMENSIONAMIENTO Y SECUENCIA MINERA

El Método de Shrinkage

COSTOS DE CASERON ESPONJADO		\$/ton
1	Perforación	
2	Desarrollo Caserones	
3	Mano de Obra	
4		
5	Perforación para Voladuras – Aceros, coronas	
6	Voladura – Explosivos & Accesorios	
7		•40-50 US\$/t
8		
9	Soporte de Roca	
10	Cañerías, Maderas, otros elementos	
11	Equipos de Operación y Mantenimiento	
12		
Subtotal		
Costos Misc@ 10%		
<b>TOTAL</b>		xxxx
Rango		20.00 – 30.00 US\$/t

© Edmundo Tulcanaza

## DIMENSIONAMIENTO Y SECUENCIA MINERA

El Método de Shrinkage

### Ventajas,

- Alta recuperación, baja dilución
- No se requiere relleno externo
- Buena ventilación, seguro, flexible, y selectivo
- Adecuado para mecanización

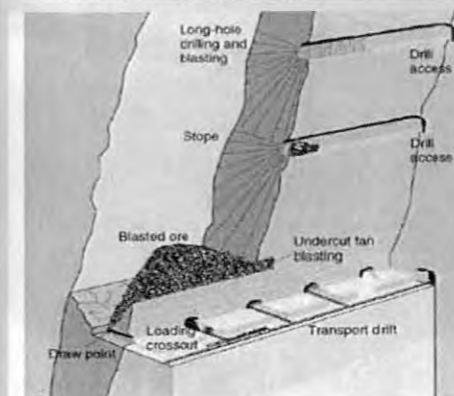
### Desventajas,

- El mineral queda amarrado a los caserones en producción.
- Puede conducir a una dilución excesiva si no existe control de las rocas del entorno.

© Edmundo Tulcanaza

## DIMENSIONAMIENTO Y SECUENCIA MINERA

El Método de Sub Level Stopping



### • Sublevel Stopping

- Especialmente para cuerpos muy inclinados.

© Edmundo Tulcanaza









### ANÁLISIS DE INVERSIONES

El valor del dinero en el tiempo debe incluir un proceso del descuento.

Cuando A es el valor inicial de una inversión que gana un i % al año durante N años, el retorno compuesto ( en esos N años) final es

$$\text{Retorno final ( en el futuro) = VAN} = A (1+i)^N$$

- Depósito = 100UF
- Tasa = 6%
- Número de años = 1
- Retorno Final =  $100 \times (1+0.06)^1 = 100 + 6 = 106\text{UF}$
- Con un Retorno Final de 106UF, el VAN de este Retorno es de 100UF.

© Edmundo Tukanaiza

### ANÁLISIS DE INVERSIONES

- En dos años el retorno final o terminal es
- $100 \times (1 + 0.06) (1 + 0.06) = 100 \times (1 + 0.06)^2 = 112.36\text{UF}$
- El VAN de este retorno final =  $(112.36) / (1.06)^2 = 100.00\text{UF}$

Si se obtiene un Retorno Final de 112.36 – durante 2 años – el VAN de este Retorno es de 100UF.

Para determinar el valor terminal (Retorno Final) las cantidades se componen hacia delante.

Para determinar el valor presente las cantidades se descuentan hacia atrás.

© Edmundo Tukanaiza

### ANÁLISIS DE INVERSIONES

Un caso de aplicación:

Año	Cash Flow	x	Factor de Descuento	=	VAN
0	-1000	X	$(1+0.08)^0$	=	-1000
1	+100	X	$(1+0.08)^{-1}$	=	+92.59
2	+200	X	$(1+0.08)^{-2}$	=	+171.46
3	+200	X	$(1+0.08)^{-3}$	=	+158.76
4	+550	X	$(1+0.08)^{-4}$	=	+404.25
				VAN	= - 172.94

© Edmundo Tukanaiza

### ANÁLISIS DE INVERSIONES

Explicar

$$\sum_{t=0}^N \frac{A_t}{(1+i)^t} \begin{matrix} > 0 \\ = 0 \\ < 0 \end{matrix}$$

$$A_t [1 - \exp(-iN)] / i$$

© Edmundo Tukcanaza

### ANÁLISIS DE INVERSIONES

Si ponemos los mismos 1000UF a 8% en 4 años >>  $1000 \times (1 + 0.08)^4 = 1360.50$ . Este sería su valor terminal al 4º año.

- Que pasa si invertimos los 1000UF hoy ¿Qué flujos obtenemos al 4º año si
- ponemos esos flujos al 8% en depósitos
- Cash Flow x Factores de Descuento (año 4)

				Valor Final
1	+100	X	$(1+0.08)^3$	= +125.97
2	+200	X	$(1+0.08)^2$	= +233.28
3	+20	X	$(1+0.08)^1$	= +216.00
4	+550	X	$(1+0.08)^0$	= +550.00
Valor terminal =				1125.25

© Edmundo Tukcanaza

### ANÁLISIS DE INVERSIONES

El VAN de 1360.50 es  
 $1360.00 \times (1 + 0.08)^{-4} = 1000.00UF$ .

El VAN de 1125.25 es  
 $1125.25 \times (1 + 0.08)^{-4} = 827.06UF$ .

La diferencia entre ambos es (172.94UF).  
 Este es el VAN negativo del Proyecto anterior.

© Edmundo Tukcanaza







### ANÁLISIS DE INVERSIONES

#### Composición y Descuento

##### Factores de interés compuesto:

La cantidad que alcanza un suma de 1UF en N años a la tasa  $i$  es  $(1+i)^N$

##### Factores de valores presentes

El valor actual de una cantidad de 1UF puesta durante N años a la tasa  $i$  es  $(1+i)^{-N}$  (pej  $1/(1+i)^N$ )

© Edmundo Tukcanaza

### ANÁLISIS DE INVERSIONES

#### Composición y Descuento

##### Valor Presente de una anualidad

- $[1 - (1+i)^{-N}] / i$
- Para una anualidad de 100UF durante 4 años al 16%, el
- VAN es
- $100 \times [1 - (1.16)^{-4}] / 0.16 = 100 \times 2.7982 = 279.82UF$

$$[1 - \exp(-iN)] / i$$

© Edmundo Tukcanaza

### ANÁLISIS DE INVERSIONES

#### Composición y Descuento

##### Factores Equivalentes Anuales

- $i / [1 - (1+i)^{-N}]$
- Cual es la cantidad anual que debemos colocar durante
- 5 años @ 8% a fin de tener un valor presente de
- 2000UF.
- $2000 \times [0.08 / \{1 - (1.08)^{-5}\}] = 2000 \times 0.2505 = 501 UF / \text{año.}$
- Si fueran los mismos 5 años pero diferidos en 3 años:
- $2000 \times 0.2505 \times (1.08)^3 = 2000 \times 0.2505 \times 1.2597 = 631.11UF$

© Edmundo Tukcanaza









ANÁLISIS DE INVERSIONES

Evaluación de Flujos de Caja – Evaluación con Inflación

Año Flujo @ 10.0% (tasa real)

Año	Flujo	Factor	Valor Presente
0	-1000	x 1	-1000
1	+ 761.92	x 0.9091	692.66
2	+ 544.20	x 0.8264	449.73
VAN			142.39

© Edmundo Tulcanaza

---

---

---

---

---

---

---

---

ANÁLISIS DE INVERSIONES

•Evaluación de Flujos de Caja – Evaluación con Inflación

- Inversión - 1000UF
- Vida 30 años
- Resid 100UF
- Retornos netos 20UF por año
- Flujos aumentan 8% por año
- Inflación 6% por año
- Tasa de mercado 14.48%

© Edmundo Tulcanaza

---

---

---

---

---

---

---

---

ANÁLISIS DE INVERSIONES

Evaluación de Flujos de Caja – Evaluación con Inflación

Veamos la tasa real

$(1.1448/1.06) - 1 = 0.08 >> 8\%$ . Entonces los Flujos son:

Año	Inv	Resid	Retorno neto
0	-1000		
1			+120 (1.08) <sup>1</sup>
2			+120 (1.08) <sup>2</sup>
.			
30		+ 100	+120 (1.08) <sup>30</sup>

© Edmundo Tulcanaza

---

---

---

---

---

---

---

---

### ANÁLISIS DE INVERSIONES

#### Evaluación de Flujos de Caja – Evaluación con Inflación

Entonces

- Año
- 0
- 1  $120 (1.08)^1 \times (1.08)^{-1} (1.06)^{-1} = 120 (1.06)^{-1}$
- 2  $120 (1.08)^2 \times (1.08)^{-2} (1.06)^{-2} = 120 (1.06)^{-2}$
- .
- 30  $120 (1.08)^{30} \times (1.08)^{-30} (1.06)^{-30} = 120 (1.06)^{-30}$

© Edmundo Tulcanaza

### ANÁLISIS DE INVERSIONES

#### Evaluación de Flujos de Caja – Evaluación con Inflación

Entonces

- Los flujos de ingresos serán
- Valor Presente  $120 \times FA (30@6\%) = 120 \times 13.7648$
- Valor Presente **1651.78**
- El valor Residual
- $100 (1.08)^{-30} (1.06)^{-30}$
- **1.73**
- Inversión **1.000**
- **VAN = - 1000 + 1.73 + 1651.78 = 653.51UF**

© Edmundo Tulcanaza

### ANÁLISIS DE INVERSIONES

#### Acercamientos al Riesgo en la Evaluación de Proyectos

Una mina puede pasar por tres estados:

	0	1	2	3
1. Boom	-1000	+500	+700	+980
2. Normal	-1000	+500	+600	+700
3. Deprimido	-1000	+300	+300	+250

- Considerando una TDD 10%

- 1 +769 \*
- 2 +477
- 3 -291

© Edmundo Tulcanaza

ANÁLISIS DE INVERSIONES

Acercamientos al Riesgo en la Evaluación de Proyectos

Si las probabilidades de ocurrencia de uno de esos estados es:

- Boom 0.20
- Normal 0.60
- Deprimido 0.20

$VAN \text{ esperado} = 0.20 \times 769 + 0.60 \times 477 + 0.20 \times (-291) = 387.8UF$

© Edmundo Tulcanaza

ANÁLISIS DE INVERSIONES

Acercamientos al Riesgo en la Evaluación de Proyectos 1

Supongamos otro caso (probabilidades variables)

Año1	Prob	Ret Neto	Año2	Prob	Ret Neto
Est1	0.5	+80	Est1	0.6	+100
			Est2	0.3	+80
			Est3	0.1	+20
Est2	0.3	+30	Est1	0.4	+80
			Est2	0.3	+40
			Est3	0.3	+10
Est3	0.2	+10	Est1	0.1	+70
			Est2	0.4	+40
			Est3	0.5	+5

© Edmundo Tulcanaza

ANÁLISIS DE INVERSIONES

Acercamientos al Riesgo en la Evaluación de Proyectos 2

Supongamos otro caso (probabilidades variables)

Año1	Ret	Año2	Prob	
Est1	100	0.6	+60	86
	80	0.3	+24	
	20	0.1	+2	
Est2	80	0.4	+32	47
	40	0.3	+12	
	10	0.3	+3	
Est3	70	0.1	+7	25.5
	40	0.4	+16	
	5	0.5	+2.5	

© Edmundo Tulcanaza

### ANÁLISIS DE INVERSIONES

#### Acercamientos al Riesgo en la Evaluación de Proyectos 3

Supongamos otro caso (probabilidades variables)

Año1	Prob	InvAño1	RetNetAñ1	RetNetAñ2	
Est1	0.5	-40	+80		+86
Est2	0.3	-40	+30		+47
Est3	0.2	-40	+10		+25.5

Con una TDD de 20% ( por el riesgo asumido)

Año1	Prob	VAN			
Est1	0.5	86.4	43.2		
Est2	0.3	17.6	5.3		
Est3	0.2	-14.0	-2.8	VAN=	45.7

© Edmundo Tulcanaza

### ANÁLISIS DE INVERSIONES

#### El Valor de la Información Adicional

Supongamos un proyecto con las siguientes características.

Est	Prob	VAN		
Est1	0.2	+110	+22	
Est2	0.5	+70	+35	
Est3	0.2	+5	+1	
Est4	0.1	-25	-2.5	VAN= 55.5

Se contrata un servicio para determinar con anticipación la ocurrencia de esos estados. Cualquiera de los primeros tres estados confirmaría la entrada en producción. La confirmación del cuarto estado cancelaría el proyecto. Valor del estudio 2000UF.

© Edmundo Tulcanaza

### ANÁLISIS DE INVERSIONES

#### El Valor de la Información Adicional

Si el estudio proporciona los siguientes datos

Est	Decisión	Prob Estudio	VAN	
Est1	ACEPTA	0.2	+110	+22
Est2	ACEPTA	0.5	+70	+35
Est3	ACEPTA	0.2	+5	+1
Est4	RECHAZA	0.1	0	+0
			VAN= + 58	

•VAN esperado con estudio	>>	58.000
•VAN esperado sin estudio	>>	55.500
•Valor máximo aportado	>>	2.500
•Costo	>>	2.000
•APORTE NETO		500

© Edmundo Tulcanaza

ANÁLISIS DE INVERSIONES

El Valor de la Información Adicional

Veamos otro caso de una exploración minera

Resultado	Prob	VAN	=
Éxito	0.6	100	60
Fracaso	0.4	-40	-16
			VAN = +44

Un estudio proporciona los siguientes datos @ 90% de precisión.

Estado		
A	Éxito sea correcto	(90%)
B	Éxito sea incorrecto	(10%)
C	Fracaso sea correcto	(90%)
D	Fracaso sea incorrecto	(10%)

© Edmundo Tulcanaza

ANÁLISIS DE INVERSIONES

El Valor de la Información Adicional

De esta manera las probabilidades serán

Estado	Prob	Prob		
• A	0.6	0.9	0.54	
• B	0.6	0.1	0.06	
• C	0.4	0.9	0.36	
• D	0.4	0.1	0.04	
Estado	Decisión	Prob	Resultado	VAN
A	ACEPTA	0.54	+100	54
B	ACEPTA	0.06	-40	-2.4
C	RECHAZA	0.36	0	0
D	RECHAZA	0.04	-100	-4
				VAN = 47.6

© Edmundo Tulcanaza

ANÁLISIS DE INVERSIONES

El Valor de la Información Adicional

•Resultados:

•VAN esperado con estudios	47.6
•VAN esperado sin estudio	44.0
•Aporte máximo	3.6

Fijémonos en los -100.

Este pasa a ser un costo de oportunidad: si lo rechazamos y el estudio estaba malo, perdemos la oportunidad de ganar 100UF.

© Edmundo Tulcanaza

### ANÁLISIS DE INVERSIONES

#### EL Análisis de Sensibilidad

• **Inversión:** Cual debería ser la máxima para tener un VAN cero??

$$-X + 500 \times FA(3;10\%) = 0$$

$$X = 500 \times FA(3;10\%) = 1243UF$$

La inversión inicial podría subir hasta 1243 para tener un VAN de cero.

**Vida:** Cual debería ser la mínima para tener un VAN cero??

$$-1000 + 500 \times FA(x;10\%) = 0$$

La vida se encuadra entre los dos y tres años.

$$X = 2 + [132 \times (3 - 2) / (243 + 132)] = 2.35 \text{ años}$$

© Edmundo Tulcanaza

### ANÁLISIS DE INVERSIONES

#### EL Análisis de Sensibilidad

**Ingresos:** Cual debería ser el mínimo para tener un VAN cero??

$$-1000 + X \times FA(3;10\%) - 1500 \times FA(3;10\%) = 0$$

$$X = [1000 + 1500 \times FA(3;10\%) / FA(3;10\%) = 1902UF$$

El ingreso anual podría descender hasta 1902UF para tener un VAN de cero.

**Costos:** Cual debería ser el máximo costo para tener un VAN cero??

$$-1000 + 2000 \times FA(3;10\%) - X \times FA(3;10\%) = 0$$

$$X = [1000 + 2000 \times FA(3;10\%) / FA(3;10\%) = -1598$$

Los costos podrían ser tan altos como 1598UF durante los tres años antes que la decisión de seguir adelante se pruebe que es incorrecta.

© Edmundo Tulcanaza

### ANÁLISIS DE INVERSIONES

#### El Análisis de Sensibilidad

**Tasa de Descuento:** Cual debería ser la máxima para tener un VAN cero??

$$-1000 + 500 \times FA(3;x\%) = 0$$

$$\bullet FA(3;10\%) = 1000/500 = 2$$

• Usando una interpolación lineal :

$$\bullet FA(3;20\%) = 2.11$$

$$\bullet FA(3;25\%) = 1.95$$

$$\bullet x = 0.20 + [(2.11 - 2.0) \times (0.25 - 0.20)] / (2.11 - 1.95)$$

$$\bullet x = 0.234$$

• La tasa puede ser tan alta que alcance a 23.4%.

© Edmundo Tulcanaza

ANÁLISIS DE INVERSIONES

EL Análisis de Sensibilidad

Resultados:

Variable	original	max valor	delta	% delta
Invers	1000	1243	+243	+24.3%
Vida	3	2.35	-0.65	-21.7%
Ingres	2000	1902	-98	-4.9%
Costos	1500	1598	+98	+6.5%
TDD	10%	23.4%	+13.4	+134%

© Edmundo Tukanaza

ANÁLISIS DE INVERSIONES

Caso de flujos no-anualizados

Invers	2300UF		
Vida	3 años		
TDD	10%		
Ingres	Año1	2000	Costo -900
	Año 2	2400	-1100
	Año 3	1600	-800

Sobre estas bases el VAN es 375UF.

© Edmundo Tukanaza

ANÁLISIS DE INVERSIONES

EL Análisis de Sensibilidad

**Inversión:** Cual debería ser la máxima para tener un VAN cero??

$$-X + 1100 (1.10)^{-1} + 1300 (1.10)^{-2} + 800 (1.10)^{-3} = 0 \text{ VAN}$$

$$-X + 2675 = 0$$

$$X = 2675 \text{UF}$$

La inversión inicial podría subir hasta 2675 para tener un VAN de cero.

**Vida:** Cual debería ser la mínima para tener un VAN cero??

•Asumamos vidas de 2 y 3 años

•Para 3, VAN = 375

•Para 2, VAN

$$-2300 + 1100 (1.10)^{-1} + 1300(1.10)^{-2} = -226 \text{UF}$$

$$X = 2 + [ - 226 \times (3 - 2) / (226 - ( + 375))] = 2.38 \text{ años}$$

© Edmundo Tukanaza



## ANÁLISIS DE INVERSIONES

### EL Análisis de Sensibilidad

TDD: Cual debería ser la máxima para tener un VAN cero??

•Para x = 10%. VAN = 375UF

•Para x = 20%. VAN

- 2300 + 1100 (1.20)<sup>-1</sup> + 1300 (1.20)<sup>-2</sup> + 800 (1.10)<sup>-3</sup> = 0 VAN

X = 10% + [(375 x (20% - 10%) / (375 + 18))] = 19.5%

La TDD podría subir hasta 19.5% para tener un VAN de cero.

**Ingresos:** Si los ingresos disminuyeran 5% al año, ellos serían:

•Año 1 1900UF

•Año 2 2280UF

•Año 3 1520UF

VAN = - 2300 + 1000 (1.10)<sup>-1</sup> + 1180 (1.10)<sup>-2</sup> + 720 (1.10)<sup>-3</sup> = + 125UF

© Edmundo Tukansa

## ANÁLISIS DE INVERSIONES

### EL Análisis de Sensibilidad

•Ingresos: Si los ingresos disminuyeran 10% al año, ellos serían:

•Año 1 1800UF

•Año 2 2160UF

•Año 3 1440UF

•VAN = - 2300 + 900 (1.10)<sup>-1</sup> + 1060 (1.10)<sup>-2</sup> + 640 (1.10)<sup>-3</sup> = - 125UF

•Costos: Si los ingresos aumentarían 5% al año, ellos serían:

•Año 1 - 945UF

•Año 2 - 1155UF

•Año 3 - 840UF

•VAN = - 2300 + 1055 (1.10)<sup>-1</sup> + 1245 (1.10)<sup>-2</sup> + 760 (1.10)<sup>-3</sup> = + 259 UF

•Si aumentan en 10% al año

•VAN = - 2300 + 1010 (1.10)<sup>-1</sup> + 1190 (1.10)<sup>-2</sup> + 720 (1.10)<sup>-3</sup> = + 142 UF

© Edmundo Tukansa

## ANÁLISIS DE INVERSIONES

### EL Análisis de Sensibilidad

•Resultados:

Variable	original	max valor	delta	% delta
•Invers	2300	2675	+375	+16.3%
•Vida	3	2.38	-0.62	-20.7%
•TDD	10%	19.5%	+9.5	+95%

•Ingresos La decisión no es sensible al 5% pero sí al 10%.

•Costos La decisión no es sensible ni al 5% ni al 10%.

© Edmundo Tukansa





**Gestión de Inversiones Mineras Bajo Incertidumbres**  
Black & Scholes y Nodos Binomiales  
Aplicaciones a las Exploraciones Mineras  
Aplicaciones al Desarrollo Minero  
Tasación y valorización de Propiedades Mineras  
Discusión, Comentarios, Evaluación, y Certificación

Consortio Capacitación en Certificación de Reservas  
Rocas y Minerales S.A. Edmundo Tulcanaza

© Edmundo Tulcanaza

#### GESTIÓN DE INVERSIONES MINERAS

- Los recursos y reservas mineras constituyen activos afectos a una serie de incertidumbres y riesgos: Incertidumbres de sus características intrínsecas, y riesgos derivados de las volatilidades y fluctuaciones de los parámetros que definen un negocio minero.
- La manera más efectiva de proveer confiabilidad a la existencia de un activo de valor es mediante estándares y protocolos que garanticen la transparencia, eviten la ambigüedad, y exijan competencia para informar y reportar esos activos
- La necesidad de valorizar activos con características inciertas ha despertado el interés de las finanzas para evaluar tales generados de valor. La disciplina general dedicada a este tema constituye el área de las opciones; la disciplina particular dedicada a los activos reales se denomina opciones reales.

© Edmundo Tulcanaza

#### GESTIÓN DE INVERSIONES MINERAS

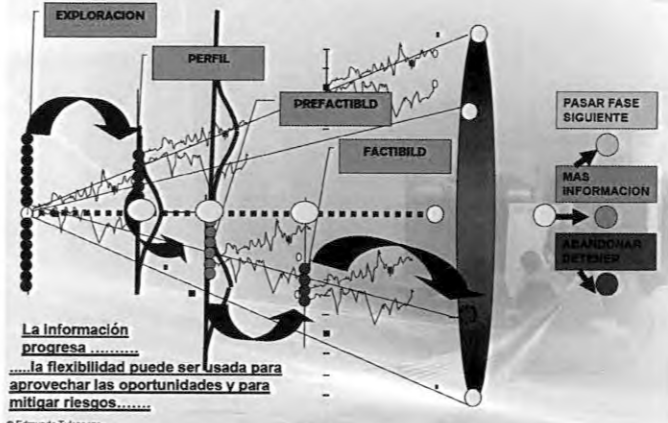
- Naturalmente que la valorización de un activo minero requiere de información confiable. Para ello es indispensable desarrollar una estrategia de estudio y caracterización que marche en paralelo a las fases por las cuales transita ese activo desde la fase de exploración hasta su factibilidad incluyendo el valor durante la puesta en marcha.
- Lo anterior solo traduce la necesidad estratégica de conducir el estudio de iniciativas o negocios mineros de acuerdo a su fases de desarrollo como son la exploración (generativa, de seguimiento, y avanzada), el estudio de perfil, la prefactibilidad, la factibilidad, y la aprobación para la construcción.
- Veremos en lo que sigue la asociación que existe entre las características de los recursos y reservas de acuerdo a las fases de ingeniería y – de acuerdo con esto – valorizaremos el activo minero de acuerdo al conocimiento que se tenga del mismo.

© Edmundo Tulcanaza





### GESTIÓN DE INVERSIONES MINERAS



La información  
progresiva.....  
.....la flexibilidad puede ser usada para  
aprovechar las oportunidades y para  
mitigar riesgos.....

© Edmundo Tukanaza

---

---

---

---

---

---

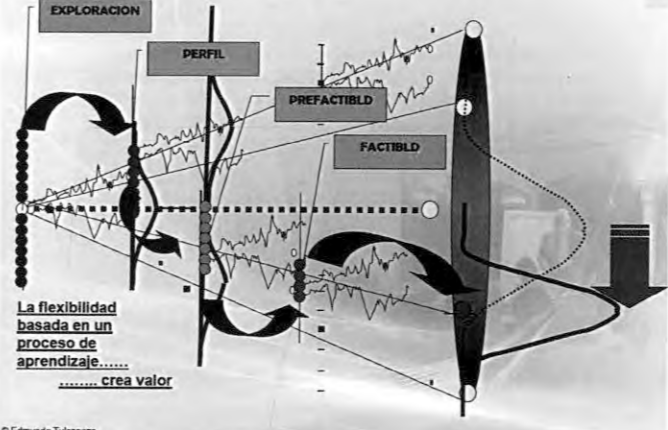
---

---

---

---

### GESTIÓN DE INVERSIONES MINERAS



La flexibilidad  
basada en un  
proceso de  
aprendizaje.....  
..... crea valor

© Edmundo Tukanaza

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

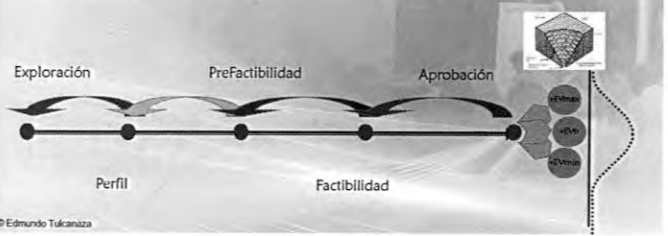
### GESTIÓN DE INVERSIONES MINERAS

#### El problema:

Como valorizar un activo bajo incertidumbres a través de fases de ingeniería diferentes.

#### La aproximación:

Valorizar la fase de aprobación inversional y regresar progresivamente en el tiempo valorizando las diferentes fases de ingeniería.



© Edmundo Tukanaza

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---







Gestión de Inversiones Mineras Bajo Incertidumbres  
Black & Scholes y Nodos Binomiales  
Aplicaciones a las Exploraciones Mineras  
Aplicaciones al Desarrollo Minero  
Tasación y valorización de Propiedades Mineras  
Discusión, Comentarios, Evaluación, y Certificación

Consorcio Capacitación en Certificación de Reservas  
Rocas y Minerales S.A. Edmundo Tulcanaza

© Edmundo Tulcanaza

#### BLACK & SCHOLES

Generalizando el modelo binomial a un número significativo de períodos, aumenta los escenarios, sus resultados, y sus complejidades. Debido a eso que si se modelan los retornos de activos inciertos mediante la ley lognormal muchos de estos problemas desaparecen.

Concretamente, si esos retornos son lognormalmente distribuidos con un valor medio,  $\mu$ , y desviación estándar  $\sigma$ , en un tiempo  $t$  unitario, entonces el valor de una opción con un número infinito de períodos hasta su expiración está influenciado por factores de crecimiento y decrecimiento dados por:

$$U = (r + 0.5 \sigma^2) t + \sigma \sqrt{t}$$

$$D = (r - 0.5 \sigma^2) t - \sigma \sqrt{t}$$

Fisher Black y Myron Scholes desarrollaron un modelo de valorización de opciones sobre la base de que los precios de los activos cambian continuamente y siguen una ley de distribución log-normal.

© Edmundo Tulcanaza

#### BLACK & SCHOLES

$$C_0 = \text{valor de la opción} = S_0 N(d_1) - E e^{-rT} N(d_2)$$

$S_0$  = precio del activo

$N(d_1)$  = Probabilidad acumulativa de la variable normal reducida  $d_1$

$N(d_2)$  = Probabilidad acumulativa de la variable normal reducida  $d_2$

$E$  = precio de ejercicio

$T$  = Tiempo de maduración

$r_f$  = tasa libre-de-riesgo

$$d_1 = \left\{ \frac{\ln(S_0/E) + r_f T}{\sigma \sqrt{T}} + \frac{1}{2} \sigma \sqrt{T} \right\}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$

© Edmundo Tulcanaza

### BLACK & SCHOLES

- Precio actual= S: \$40Millones
- Precio ejercicio= X: \$42Millones.
- tasa-libre-de-riesgo: 5% = 0.05
- tiempo de expiración: 6 meses = 0.5
- volatilidad: 10% = 0.10

$$d1 = \frac{[\ln (P/PV(K)) / \sigma \sqrt{\Delta t}] + (\sigma \sqrt{\Delta t}) / 2}{\sigma \sqrt{\Delta t}} = \frac{[\ln (40/42 \exp(-0.05 \times 0.5)) / 0.10 \sqrt{0.5}] + (0.10 \sqrt{0.5}) / 2}{0.10 \sqrt{0.5}}$$

$$= \frac{[\ln (40/40.96) / 0.07071] + 0.03536}{0.07071} = -0.335 + 0.035 = -0.30 >>>> 0.3821$$

$$d2 = d1 - \sigma \sqrt{\Delta t} = -0.30 - 0.07071 = -0.3707 >>>> 0.3557$$

**Valor de la Opción** =  $40 \times 0.382 - 42 \times \exp(-0.05 \times 0.5) \times 0.356$   
 =  $15.28 - 42 \times 14.58 = 0.70$   
 = \$700.000

© Edmundo Tukanaza

### NODOS BINOMIALES

Calculemos el precio de la opción que expira en 6 meses con un precio de ejercicio de \$42Millones. Asumamos que el precio estimado HOY es de \$40Millones. La volatilidad es de 10% y la tasa-libre-de-riesgo es de 5%.

$$\sqrt{\Delta t} = \sqrt{1/12} = 0.29$$

$$\sigma = 10\% = 0.10$$

$$\text{Retorno}_{\text{anual}} = 1.05 > \text{Retorno}_{\text{mensual}} = 1 + 0.05/12 = 1.0042$$

$$S = \text{Precio HOY} = \$40$$

$$u = \text{tasa de aumento anual} = \exp(\sigma \sqrt{\Delta t}) = \exp(0.10 \times 0.29) = 1.029$$

$$d = \text{tasadedisminución anual} = 1/u = 0.972$$

El precio HOY es de S= 40\$ y las expectativas, a 1 mes son de \$41.1millones y de \$38.9millones.

© Edmundo Tukanaza

### NODOS BINOMIALES

Veamos el crecimiento de estos valores a lo largo de los 6 meses:

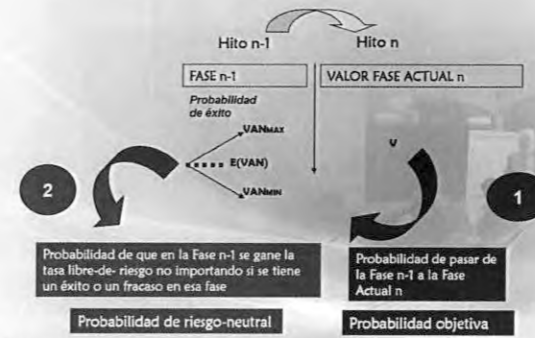
	Meses						
	0	1	2	3	4	5	6
40	41.1	42.3	43.5	44.8	46.1	47.4	
		38.9	40	41.1	42.3	43.5	44.8
			37.8	38.9	40	41.1	42.3
				36.7	37.8	38.9	40
					35.6	36.7	37.8
						34.6	35.6
							33.6

© Edmundo Tukanaza



## NODOS BINOMIALES

Asociación probabilística de los valores de un activo entre dos fases consecutivas de su desarrollo



© Edmundo Tukanaza

---

---

---

---

---

---

---

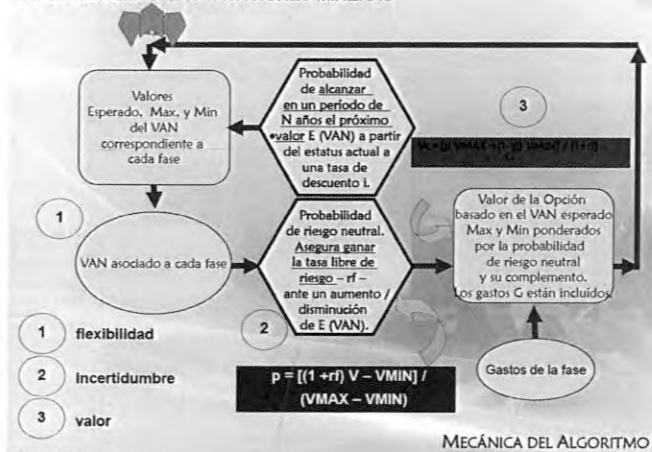
---

Gestión de Inversiones Mineras Bajo Incertidumbres  
 Black & Scholes y Nodos Binomiales  
 Aplicaciones a las Exploraciones Mineras  
 Aplicaciones al Desarrollo Minero  
 Tasación y valorización de Propiedades Mineras  
 Discusión, Comentarios, Evaluación, y Certificación

Consortio Capacitación en Certificación de Reservas  
 Rocas y Minerales S.A.      Edmundo Tulcanaza

© Edmundo Tulcanaza

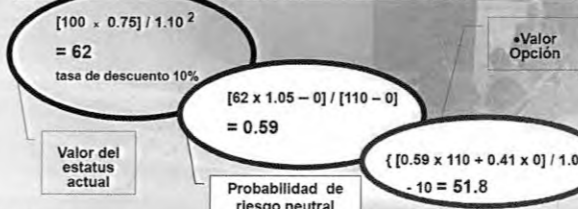
APLICACIONES A LAS TASACIONES MINERAS



© Edmundo Tulcanaza

APLICACIONES A LAS TASACIONES MINERAS

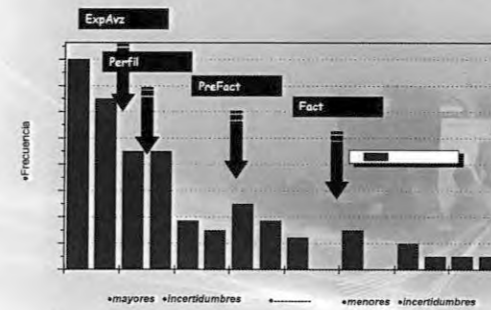
I	II	III	IV	V	VI
VALOR ESPERADO DE LA FASE	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA ENTRE FASES CONSECUTIVAS	N	PROBABILIDAD DE RIESGO NEUTRAL	G	VALOR OPCION
110 100 0	0.75	2	RIESGO PROBABILIDAD NEUTRAL	10	VALOR OPCION



© Edmundo Tulcanaza

APLICACIONES A LAS TASACIONES MINERAS

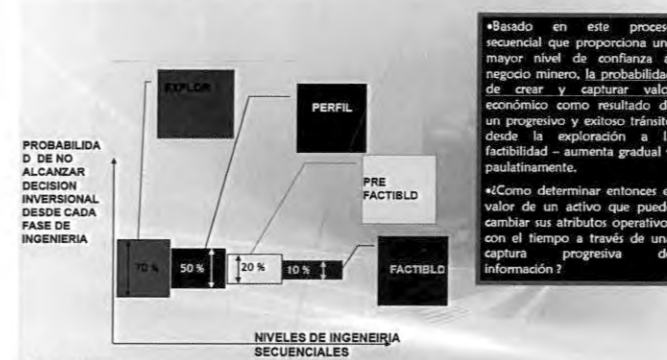
Disponibilidad de Transacciones de Activos de Cobre de acuerdo a Estatus



© Edmundo Tulcanaza

APLICACIONES A LAS TASACIONES MINERAS

PROBABILIDADES DE FRACASO DE ALCANZAR DECISION INVERSIONAL



© Edmundo Tulcanaza

APLICACIONES A LAS TASACIONES MINERAS

PROBABILIDADES DE FRACASO DE ALCANZAR DECISION INVERSIONAL

Comparación entre niveles de riesgo para no alcanzar aprobación final  
Industria Minera vs. Industria Farmacológica

INDUSTRIA	EXPLOR GEN	EXPLOR INTERM	EXPLOR AVANZADA	PERFIL	PRE FACTIBLE	FACTIBLE	APROVACION y CONSTRUCCION
Industria Minera			70	50	20	10	
Industria Farmacológica (1)	93	85	65		20		

(1) Axel J. Jägle, "Shareholder value, real options, and innovation in technology-intensive companies", R&D Management 29.3, 1999.

© Edmundo Tulcanaza

APLICACIONES A LAS TASACIONES MINERAS

PROBABILIDADES DE EXITO DE ALCANZAR DECISION INVERSINAL

Asociación de niveles de probabilidad para no alcanzar la decisión inversinal a partir de exploración y diversas fases de ingeniería

SECTOR	EXPLOR GENER	EXPLOR INTERME	EXPLOR AVANZDA	PERFIL	PRE FACTIBLD	FACTIBLD	APROV
MINERIA	93	85	65	50	30	10	minimo

Proposición de probabilidades asociadas con alcanzar la decisión inversinal a partir de exploración y diversas fases de ingeniería

SECTOR	EXPLOR GENER	EXPLOR INTERME	EXPLOR AVANZDA	PERFIL	PRE FACTIBLD	FACTIBLD	APRO
MINERIA	7	15	35	50	80	90	maxim

Probabilidades de éxito de pasar de una fase de desarrollo minero a otra

SECTOR	EXPLOR GENER	EXPLOR INTERME	EXPLOR AVANZDA	PERFIL	PRE FACTIBLD	FACTIBLD	APRO
MINERIA	7	15	35	50	80	90	100
	46.67	42.86	70.00	62.50	88.88	90.00	100
	0.15 X 46.67 = 7	0.50 X 70.00 = 35	0.90 X 88.88 = 80				
		0.35 X 42.86 = 15	0.80 X 62.50 = 50	1.00 X 90.00 = 90			

© Edmundo Tulcanaza

APLICACIONES A LAS TASACIONES MINERAS

Asumamos:

100,000 tCufino-año

25 años

Precio del cobre : 2US\$/lbCu

Costo : 1US\$/lbCu

Inversión: 1540MUS\$

Tasa de descuento : 10%

Tasa libre de riesgo: 5%

Tenemos:

Utilidad: 1US\$/lbCu

Utilidad Anual: 220,5MUS\$/año

Utilidad 25 años:  $220,5 \times (1 - e^{-2.5}) / 0.10$

Utilidad 25 años: 1984MUS\$

Excedente: 444MUS\$

Recurso Total = 100,000 x 25 x 2205 = 5512MlbCu

© Edmundo Tulcanaza

APLICACIONES A LAS TASACIONES MINERAS

I	II	III	IV	V	VI
VALOR INVERSINAL DE LA FASE	PROBABILIDAD DE ALCANZAR LA DECISION	PROBABILIDAD DE ALCANZAR LA DECISION	PROBABILIDAD DE ALCANZAR LA DECISION	PROBABILIDAD DE ALCANZAR LA DECISION	PROBABILIDAD DE ALCANZAR LA DECISION
<b>FACTIBILIDAD</b> NPVmax = 444 EQPV = $444 \times 0.95^{25} = 163$ NPVmin = 0	0.90	1	$365 \times 1.05^{-25} = 168$	100%	$(0.85 \times 444 + 0.15 \times 0) \times 0.95^{25} = 163$ <b>\$35M</b>
<b>PRE FACTIBILIDAD</b> NPVmax = 365 EQPV = $365 \times 0.88^{25} = 298$ NPVmin = 0	0.8888	1	$298 \times 1.05^{-25} = 138$	70%	$(0.88 \times 365 + 0.12 \times 0) \times 0.95^{25} = 298$ <b>\$28M</b>
<b>PERFIL</b> NPVmax = 298 EQPV = $298 \times 0.82^{25} = 139$ NPVmin = 0	0.8250	1	$139 \times 1.05^{-25} = 68$	50%	$(0.82 \times 298 + 0.18 \times 0) \times 0.95^{25} = 139$ <b>\$13M</b>
<b>EXPLORACION AVANZADA</b> NPVmax = 139 EQPV = $139 \times 0.79^{25} = 95$ NPVmin = 0	0.79	1	$95 \times 1.05^{-25} = 48$	30%	$(0.82 \times 139 + 0.18 \times 0) \times 0.95^{25} = 95$ <b>\$9M</b>
<b>EXPLORACION INTERMEDIA</b> NPVmax = 95 EQPV = $95 \times 0.74^{25} = 34$ NPVmin = 0	0.7486	1	$34 \times 1.05^{-25} = 17$	20%	$(0.79 \times 95 + 0.21 \times 0) \times 0.95^{25} = 34$ <b>\$3M</b>
<b>EXPLORACION GENERATIVA</b> NPVmax = 34 EQPV = $34 \times 0.68^{25} = 14$ NPVmin = 0	0.6867	1	$14 \times 1.05^{-25} = 8$	10%	$(0.74 \times 34 + 0.26 \times 0) \times 0.95^{25} = 14$ <b>\$1M</b>

© Edmundo Tulcanaza



APLICACIONES A LAS TASACIONES MINERAS

CONCLUSIONES : EL SEGMENTO MINERO, SEGMENTO DE CREACION DE VALOR

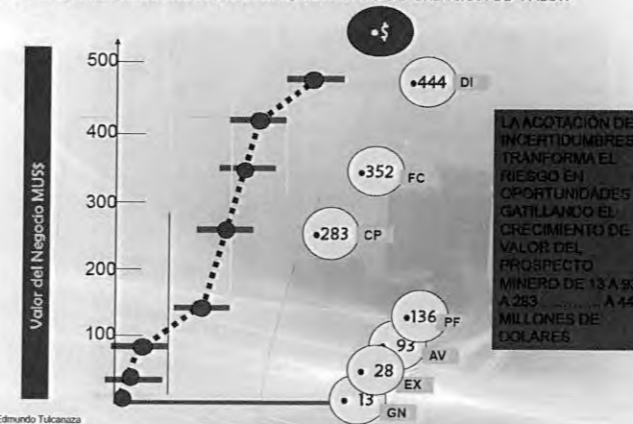
PHASE	VAN (MUS\$)	VAN c.US\$/lbCu	% VAN	GASTOS ACUMULADOS (MUS\$)	IV*
DECISION INVERSIONAL	444	8.1	100		
FACTIBILIDAD	352	6.4	79	28.2	12
PRE FACTIBILIDAD	283	5.1	64	18.2	16
PERFIL	136	2.5	31	11.2	12
EXPLORACION AVANZADA	93	1.7	21	6.2	15
EXPLORACION INTERMEDIA	28	0.5	6	4.2	7
EXPLORACION GENERATIVA	13	0.2	3	1.2	11

© Edmundo Tukanaza

\* IV = VAN / Gastos Acumulados

APLICACIONES A LAS TASACIONES MINERAS

CONCLUSIONES : EL SEGMENTO MINERO, SEGMENTO DE CREACION DE VALOR



© Edmundo Tukanaza

APLICACIONES A LAS TASACIONES MINERAS

Asumamos:

500 000 ozAu/año

14 años

Precio del oro: 700US\$/ozAu

Costo : 180US\$/ozAu

Inversión: 1200MUS\$

Tasa de descuento : 10%

Tasa libre de riesgo: 5%

Tenemos:

Utilidad: 520US\$/ozAu

Utilidad Anual: 260MUS\$/año

Utilidad 14 años:  $260 \times (1 - e^{-1.4}) / 0.10$

Utilidad 14 años: 1950MUS\$

Excedente: 750MUS\$

Recurso Total = 500,000 x 14 = 7MozAu

© Edmundo Tukanaza

APLICACIONES A LAS TASACIONES MINERAS

I	II	III	IV	V	VI
VALOR INICIAL DE LA TALA	PRE-FACTIBILIDAD	FACTIBILIDAD	PRE-FACTIBILIDAD	FACTIBILIDAD	PRE-FACTIBILIDAD
NPVmax = 750 EVANS = 750 NPVmin = 0	0.99	1	614 + 1.05 - 0.750 + 0.85	10M\$	6.857720 = 0.1440 / 0.021 = 0.101 - \$603M
PRE-FACTIBILIDAD					
PERFIL					
EXPLORACION AVANZADA					
EXPLORACION INTERMEDIA					
EXPLORACION GENERATIVA					

© Edmundo Tukanaza

APLICACIONES A LAS TASACIONES MINERAS

CONCLUSIONES: EL SEGMENTO MINERO, SEGMENTO DE CREACION DE VALOR

PHASE	VAN (MUS\$)	VAN US\$/ozAu	% VAN	GASTOS ACUMULADOS (MUS\$)	IV*
DECISION INVERSIONAL	750	107	100		
FACTIBILIDAD	603	86	80	28.2	21
PRE FACTIBILIDAD					
PERFIL					
EXPLORACION AVANZADA					
EXPLORACION INTERMEDIA					
EXPLORACION GENERATIVA					

© Edmundo Tukanaza

\* IV = VAN / Gastos Acumulados

APLICACIONES A LAS TASACIONES MINERAS

Categoría de Recursos y Reservas y valor "in-situ" estimado



© Edmundo Tukanaza



APLICACIONES AL DESARROLLO MINERO

Una compañía tiene una mina cuyo VAN es de 400MUS\$. Esta compañía busca doblar la producción adquiriendo otra mina por un precio de 250MUS\$ en cualquier momento dentro de los próximos 5 años. ¿cual sería el valor de esa compañía al adquirir esa compañía?

- El VAN proyectado, a una tasa de mercado, es 400MUS\$.
- La volatilidad de los de los retornos logarítmicos es  $\sigma = 35\%$
- La tasa libre-de-riesgo es 7%
- ¿Cuánto vale esta opción de expansión?

© Edmundo Tulcanaza

APLICACIONES AL DESARROLLO MINERO

Factor de expansión; 2 con 250MUS\$

$S = 400MUS\$$ ;  $\sigma = 0.35$

$t = 5$ ;  $r_f = 0.07$

$\Delta t = 5 \text{ años} / 5 \text{ pasos} = 1$

$u = e^{\sigma \sqrt{\Delta t}} = 1.4191$

$d = e^{-\sigma \sqrt{\Delta t}} = 0.7047$

$p = [e^{r_f(\Delta t)} - d] / (u - d) = 0.515$

Evolución del activo subyacente.

	So	Sou	Sou <sup>2</sup>			2301.8
						1622.1
Se calcula de acuerdo a una opción de venta americana ya que se puede ejercer en cualquier momento.				1143.1		1143.1
			805.5		805.5	
		567.6		567.6		567.6
	400.		400.0		400.0	
		281.9		281.1		281.9
			198.6		198.6	
				139.9		139.98
					98.6	
	So	Sod	Sod <sup>2</sup>	....	..	69.5

© Edmundo Tulcanaza

APLICACIONES AL DESARROLLO MINERO

Expansión; 2 x SuS-Inv : 2 x 2301.8 - 250 = 4353.7

En este caso, vale la pena ir por la expansión (4353.7) más que continuar (2301.8)

En el último caso, vale más la pena continuar (89.5) que expandir (-111 = 2(89.5) - 250)

Expansión = 2 (805) - 250 = 1361  
Opción = [2068.9 p + (1-p) 917.9] e<sup>-rt</sup> = 1408.4

Expansión = 2 (400) - 250 = 550  
Opción = [950.9 p + (1-p) 401.9] e<sup>-rt</sup> = 638.3

El valor del VAN es 550 (=2x 400-250). El valor a través de la Opción Real es 638.3. Por lo tanto el valor agregado por la Opción es de 638.3 - 550 = 88.3M\$

Si la empresa no considera la evaluación por opciones, se producirá una subvalorización.

	Sou	Sou <sup>2</sup>	Sou <sup>3</sup>			4353.7
						3011.1 (E)
Se calcula de acuerdo a una opción de venta americana ya que se puede ejercer en cualquier momento.				2068.8		2036.1
			1408.4		1377.9	(E)
		950.9		917.9		885.2
	638.3		607.5		566.9	(E)
		401.9		368.9		313.7
			243.7		213.9	(E)
				147.3		139.9
					98.6	(C)
	Sod	Sod <sup>2</sup>	Sod <sup>3</sup>			69.5 (C)

© Edmundo Tulcanaza

# OPCIONES PARA LA INDUSTRIA MINERA COLOMBIANA EN BOLSAS INTERNACIONALES

Ángela María Osorio Zappa

## Mercado de Capitales

- › **Objetivo principal:** Recaudar fondos y dinero de los inversores para direccionarlos a sectores donde existe un déficit o necesidad de la inversión.
- › **Incluye:** Mercado de valores, mercado de commodities, mercado de bonos y casi cualquier servicio físico o virtual donde deuda y capital pueden ser comprados o vendidos.
- › **Mercados:** Primario (acciones nuevas y bonos son emitidos a los inversores), Secundario (intercambio de acciones y participación de empresas que cotizan en bolsa).

## Ventajas y Desventajas

- › Punto de encuentro entre inversionistas y demandantes de capital.
- › Transparencia de precios y liquidez. Proporcionan una plataforma segura para una amplia gama de inversionistas, incluyendo los bancos, compañías de seguros, fondos de pensiones, fondos mutuos, y los inversores minoristas.
- › Diversificación del riesgo.
- › El mercado secundario permite el uso eficiente del capital limitado por la información de precios.
- › Los precios de los bonos se ven influidos por los datos económicos como el crecimiento de los rendimientos del trabajo, el descenso, los precios al consumidor y los precios industriales.
- › Los precios de las acciones pueden ser muy volátiles.
- › Influencia de otras acciones por niveles de liquidez.



› **Bolsa de Australia.**

› **Bolsa de Toronto**

- TSX
- TSX- Venture

› **Bolsa de Londres**

- Main Market
- AIM

---

---

---

---

---

---

---

---

### Australian Securities Exchange Limited – ASX

- › **Inicios:** Establecimiento de la bolsa de Melbourne (1861), bolsa de Sydney (1871), bolsa de Hobart (1882), bolsa de Brisbane (1884), bolsa de Adelaide (1887) y bolsa de Perth (1889). Para un total seis bolsas de valores.
- › 1937, se estableció la Australian Associated Stock Exchange (AASE) con representantes de cada bolsa. Con el tiempo la AASE definió un régimen uniforme de cotización, las normas de corredor y las tasas de comisión.
- › La apertura de la Bolsa de Futuros de Sydney (1960) impulsó el mercado y fue seguida en 1976 por la apertura del mercado de opciones y en 1990 por el mercado de Garantías.
- › En 1985 se sentaron las bases para la bolsa nacional de Australia como la conocemos hoy. La AASE y las demás bolsas de valores se reunieron para discutir el futuro del mercado de valores y se decidió por una sola entidad nacional, Bolsa de Australia, dándose la fusión y operatividad en 1987.
- › Al mismo tiempo, los avances en sistemas electrónicos llevaron a la automatización de la información en 1996 a través del sistema CHES.
- › En los siguientes 10 años, se dio la reforma financiera que condujo a una fusión entre la Bolsa de Futuros de Sydney y la Bolsa de Australia en 2006.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Clasificación General de las Compañías en ASX

- › **Compañías de Recursos:** Compuesto por dos grupos: Minerales y Energía. Algunas de las acciones cotizadas en el sector de Recursos son: BHP Billiton Limited (BHP), Woodside Petroleum Limited (WPL), RIO Tinto Limited (RIO), Origin Energy Limited (ORG) – Energy.
- › **Compañías Industriales:** En el sector industrial existe una combinación de todos aquellos sectores que no se ajustan al sector de Recursos. Bancos, aseguradoras, compañías de comunicaciones, medios, periódicos, aerolíneas, entre otros, tales como: Commonwealth Bank of Australia (CBA) – Financials, National Australia Bank Limited (NAB) – Financials, Woolworths Limited (WOW) – Consumer Staples, QBE Insurance Group Limited (QBE) – Financials.

---

---

---

---

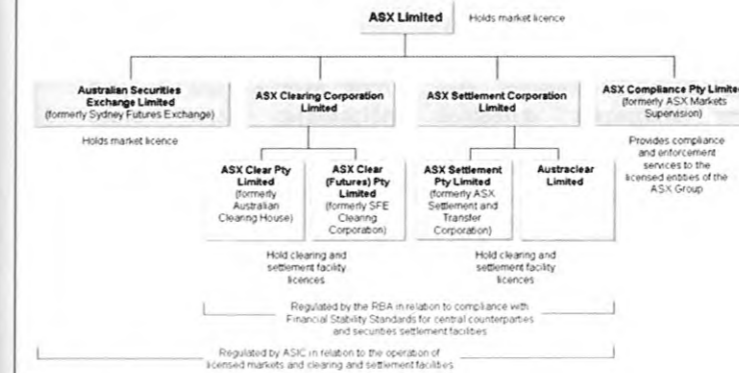
---

---

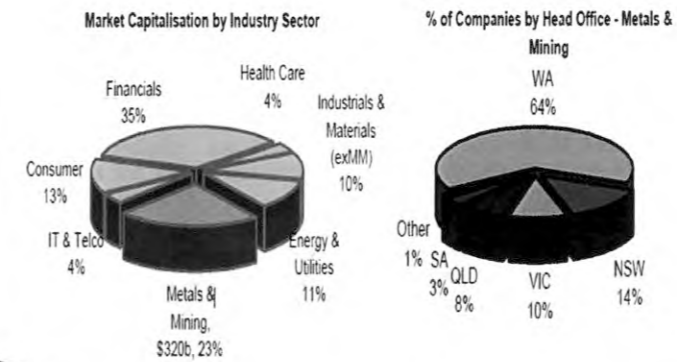
---

---

## Estructura ASX



## Composición del Mercado



Fuente: [www.asx.com.au](http://www.asx.com.au). Datos a Julio de 2010

## El Camino hacia la ASX

### Categorías para las compañías extranjeras

- ASX Listing.
- ASX Foreign Exempt Listing.
- ASX Debt Listing.



## Requerimientos Generales. ASX Listing

### Generales

- › Registro bajo La Ley de Corporaciones o Acto 2001 como una corporación extranjera.
- › Cumplir con los requerimientos de Gobierno Corporativo.
- › Contar con el registro en Clearing House Electronic Subregister System (CHES).

### Trayectoria

- › La empresa que esté bajo esta categoría no precisa demostrar trayectoria en tiempo o en cotización en otras bolsas.
- › Para las compañías que estén aplicando bajo revisión de utilidades, debe demostrar su rentabilidad a lo largo de los tres últimos años.

## Requerimientos Financieros ASX LISTING- ASX

### Utilidad

- › Utilidad operacional de mínimo A\$1 millón, durante los tres últimos años.
- › Utilidad operacional consolidada de A\$400.000 para los 12 meses anteriores al registro.
- › Un reporte firmado por los directores donde se clarifique que no hay algún evento que vaya a cambiar la tendencia de utilidad presentada.

### Activos

- › Activos tangibles netos por A\$2 millones, una vez descontado el costo del fondeo (A\$15mill) o una capitalización de A\$10 mill.
- › El 50% de los activos netos resultantes deben ser líquidos o fácilmente convertibles. "Cash Box"
- › Contar con A\$1.5mill como capital de trabajo.

## Requerimientos Distribución de Capital ASX LISTING.

### Socialización

- › Mínimo 500 accionistas, valor por acción A\$2.  
O
- › 400 accionistas, valor por acción A\$2, cuando al menos el 25% esté en terceras partes.

### Precio y negociación

- › Sin mínimo establecido
- › El precio de la acción expresado en la moneda australiana.
- › El precio de registro de cada acción equivalente a un mínimo de A\$0,20.

## Documentación ASX Listing.

- › Formato de Aplicación a ASX.
- › Copia del último informe anual y los reportes intermedios.
- › Prospecto de la colocación.

### Bajo revisión de utilidad:

- › Estados Financieros auditados 3 años previos.
- › Estados financieros consolidados a la fecha.

### Bajo revisión de activos:

- Estados Financieros auditados 3 años previos.
- Estados financieros consolidados a la fecha.

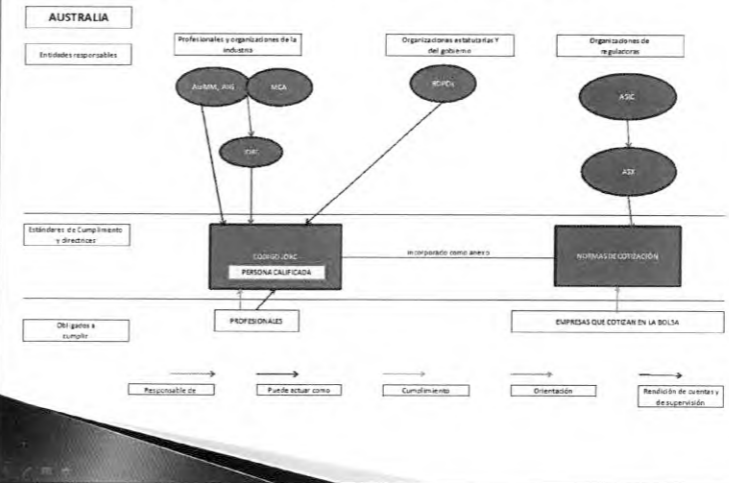
## ASX Foreign Exempt Listing, Requisitos Básicos

- › Cotizar en una bolsa inscrita en la World Federation Exchanges.
- › A\$200 millones de utilidad antes de impuestos para cada uno de los tres años anteriores ó A\$200 millones en activo tangible neto.
- › Mínimo mil accionistas cada uno de los cuales debe tener grupos de acciones con un valor de al menos A\$500.

## PROCESO TÍPICO Y CRONOGRAMA INDICATIVO PARA REGISTRAR UNA COMPAÑÍA EXTRANJERA EN LA ASX



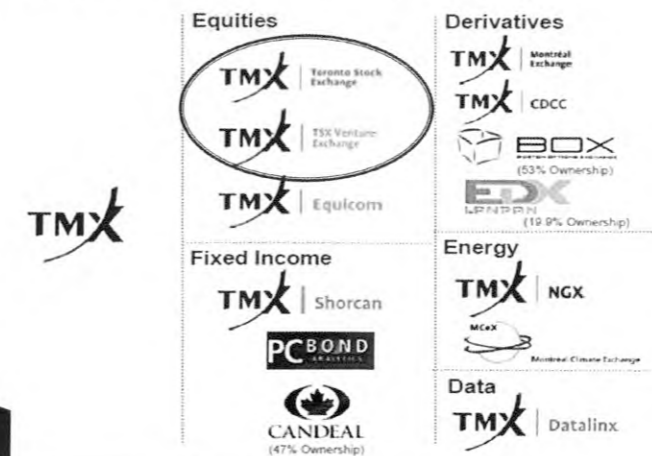
### Ambiente de Reporte del Sector Minero en ASX



### Toronto Stock Exchange – TSX

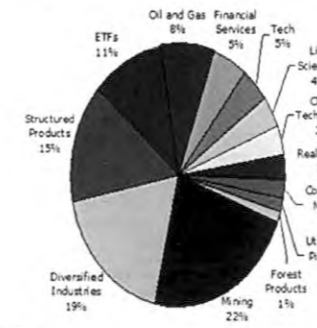
Creada en 1852, en 1865 se constituyó un comité para autorizar la publicación semanal de la relación de los valores cotizados. En 1872, se convirtió en una sociedad, ley por la provincia de Ontario. En 1896 se creó la "Toronto Stock and Mining Exchange" para "capitales de riesgo" requeridos para la construcción de ferrocarriles en las provincias occidentales de Canadá y el descubrimiento de las minas de oro en la Columbia Británica. En 1897 se creó la "Standard Stock and Mining Exchange" que en 1934 se fusionó con la Toronto Stock Exchange, entidad que en 1977 inició su proceso de intercambio electrónico que terminó en 1997 con la virtualización total de sus operaciones. En 2000, la Bolsa de Toronto se convirtió en una empresa con fines de lucro y en 2001 su sigla fue cambiado a TSX y este mismo año adquirió la Canadian Venture Exchange, que pasó a llamarse la TSX Toronto Venture Exchange.

### Estructura de TMX Group

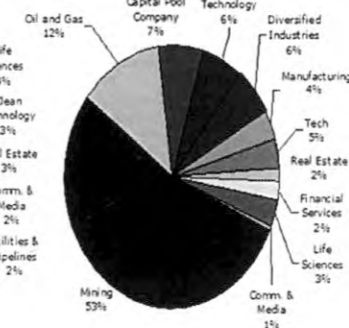


## TSX

**Toronto Stock Exchange**  
Number of Issuers by Sector  
Total = 1485



**TSXV**  
Number of Issuers by Sector  
Total = 2143



## Clasificación General de las Compañías en TSX

- ▶ **Industrial.**
  - Compañías rentables
  - Compañías con rentabilidad proyectada
  - Compañías de tecnología
  - Compañías de investigación y desarrollo
- ▶ **Compañías Mineras.**
  - Compañías mineras en producción
  - Compañía de exploración y desarrollo minero
- ▶ **Compañías de Petróleo y Gas.**

## El camino hacia la TSX, categorías para los aplicantes extranjeros.

- ▶ Exentos.
- ▶ No Exentos.

## Requerimientos Financieros TSX

TSX	No Exentos en etapa de Exploración y Desarrollo	No Exentos en etapa de Producción (Productores)	Exentos
Requerimientos de Propiedad	Como mínimo el 50% de una propiedad con exploración avanzada	Tres años de estimación de reservas probadas y probables, determinadas por una persona calificada. Si no se encuentra en producción, debe haberse tomado la decisión de producción.	Tres años de estimación de reservas probadas y probables, determinadas por una persona calificada. Si no se encuentra en producción, debe haberse tomado la decisión de producción.
Activos Netos, Utilidades e Ingresos	\$3.000.000 en activos tangibles netos.	\$4.000.000 en activos tangibles netos, evidenciar una probabilidad razonable de rentabilidad futura soportada por un estudio de factibilidad o por producciones históricas y un promedio de \$500.000 para los 2 años anteriores.	\$7.500.000 en activos tangibles netos. Rentabilidad antes de impuestos de las operaciones en curso en el último año fiscal, flujo de caja de \$700.000 antes de impuestos en el último año fiscal y un promedio de \$500.000 para los 2 años anteriores.
Recursos Financieros y Capital de Trabajo	Como mínimo \$2.000.000 de capital de trabajo. Todo lo necesario para completar el programa de trabajo recomendado más 18 meses G&A. Estructura de capital apropiada.	Los fondos necesarios para llevar la propiedad a producción comercial, más capital de trabajo adecuado para todo el llevar adelante el negocio. presupuesto de gastos de capital y gastos de funcionamiento. Estructura de capital apropiada.	Capital de trabajo adecuado para la estructura de capital apropiada.

## Requerimientos Generales TSX

TSX	No Exentos en etapa de Exploración y Desarrollo	No Exentos en etapa de Producción (Productores)	Exentos
Generales	Informe técnico completo a la fecha realizado por una persona calificada independiente y 18 meses de proyección por trimestre de fuentes y uso, firmado por el Gerente Financiero (CFO).	Informe técnico completo a la fecha realizado por una persona calificada independiente.	
Programa de Trabajo Recomendado	\$750.000 sobre una propiedad de exploración avanzada como recomendado en el reporte comercial geológico.	Llevar la mina a producción comercial	Nivel comercial de la operación minera
Directores y Miembros de Junta.	Los administradores, incluyendo la junta directiva, deben poseer la experiencia adecuada y un alto grado de experiencia técnica en el negocio y la industria, así como en compañías públicas. Se requiere que las compañías tenga al menos 2 directores independientes.		

## Requerimientos Distribución de Capital TSX

TSX	No Exentos en etapa de Exploración y Desarrollo	No Exentos en etapa de Producción (Productores)	Exentos
Distribución de Acciones	Una compañía pública de \$4.000.000, 1.000.000 acciones públicas, 300 accionistas de board lots.		
Patrocinador		Requerido	No requerido

## Clasificación General de las Compañías en TSX Venture

- › Industrial, tecnología o Ciencias
- › Compañías Mineras.
- › Compañías de Petróleo y Gas.
- › Inversiones y negocios inmobiliarios.

## El camino hacia la TSX, categorías para los aplicantes extranjeros.

- › Nivel 1 (Tier 1). Emisores junior con experiencia como compañías públicas.
- › Nivel 2 (Tier 2). Nuevos emisores con poca experiencia como compañías públicas.

## Requerimientos Financieros TSX-Venture

TSX Venture	TSX Venture Nivel 1	TSX Venture Nivel 2
Requerimientos de Propiedad	Interes Material en una propiedad Nivel 1	Más del 50% en una propiedad calificada o el derecho a obtener al menos el 50% en una propiedad calificada; demostrar gastos de exploración sobre dicha propiedad por al menos \$100.000 en los tres años anteriores.
Activos Netos, Utilidades e Ingresos	\$2.000.000 en activos tangibles netos	No hay requerimientos
Recursos Financieros y Capital de Trabajo	Capital de trabajo suficiente para ejecutar el plan de trabajo por 18 meses después del registro en bolsa. \$200.000 en fondos no colocados	Capital de trabajo adecuado y recursos financieros para realizar el programa de trabajo o ejecutar el plan de negocio para los 12 meses siguientes al registro.

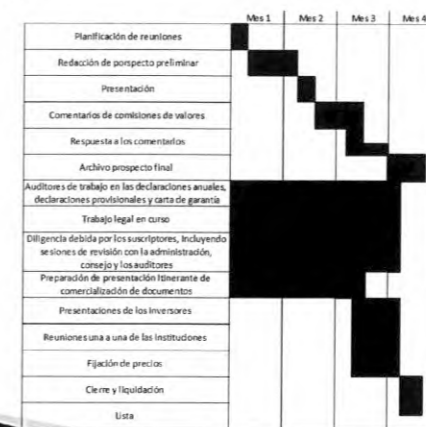
## Requerimientos Generales TSX-Venture

	TSX Venture	TSX Venture Nivel 1	TSX Venture Nivel 2
Generales	Reporte Geológico con las recomendaciones para llevar a cabo el plan de trabajo. NI. 43 101		
Programa de Trabajo Recomendado	\$500.000 sobre una propiedad	\$200.000 sobre una propiedad	\$200.000 sobre una propiedad
Directores y Miembros de Junta.	Los administradores, incluyendo la junta directiva, deben poseer la experiencia adecuada y un alto grado de experiencia técnica en el negocio y la industria, así como en compañías públicas. Se requiere que las compañías tenga al menos 2 directores independientes.		

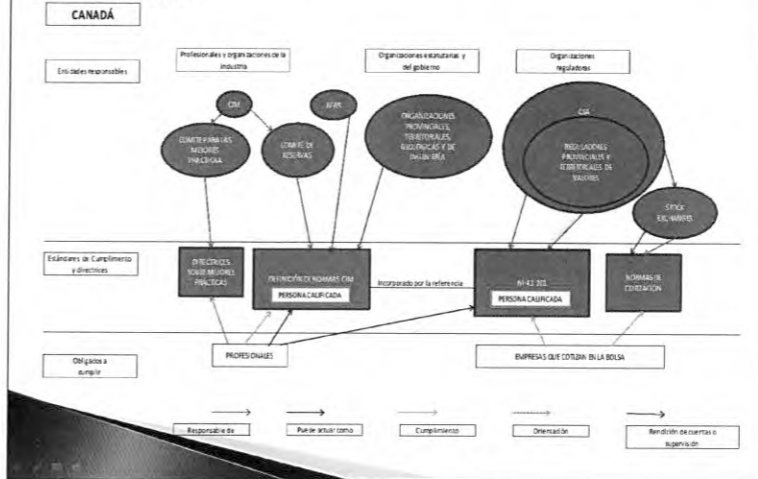
## Requerimientos de Distribución de Capital TSX- Venture

	TSX Venture	TSX Venture Nivel 1	TSX Venture Nivel 2
Distribución de Acciones	1.000.000 de acciones, 250 accionistas públicos	500.000 de acciones, 250 accionistas públicos	250 acciones, 250 accionistas públicos
Patrocinador	Un miembro de la Bolsa, patrocinador, debe presentar los reportes.		

## PROCESO TÍPICO INDICATIVO DE REGISTRO EN TSX y TSX VENTURE



## AMBIENTE DE REPORTE PARA EL SECTOR MINERO EN TSX y TSX VENTURE



## London Stock Exchange – LSE

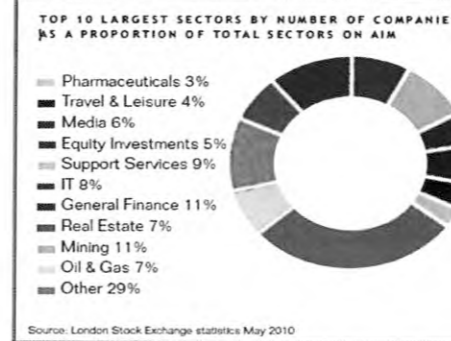
- › Creada en 1570 como un mercado de capitales organizado y oficialmente regulado por unos intermediarios y unas formas de contratación específicas.
- › En 1698, el listado de precios de las acciones, comienza a ser publicado por Juan Castaing, surgiendo la primera negociación organizada.
- › En 1761, se agrupa un sector de 150 corredores, formando una sociedad para comprar y vender y poco después construyen su propio edificio al que le dan el nombre de "bolsa".
- › 1761 - 150 corredores y corredores comunes forman el club Jonathan para intercambio de participaciones.
- › 1801 - Abre bajo una base formal de suscripción y calidad de miembro. A esta fecha se remonta el intercambio regulado que ha venido evolucionando hasta la bolsa actual.
- › En 1973 los centros de intercambio británicos y los centros de intercambio regionales irlandeses se unen en la Bolsa de Londres.
- › 1986 - Desregulación del mercado que abre las puertas a la internacionalización de las operaciones y a su virtualización.
- › 1991 - Cambio organizacional y autorización al nombre "bolsa de Londres".
- › 2000 -Traslado a la autoridad financiera de función. FSA.

## Estructura LSE

- Main Market**  
Our flagship market for larger, more established companies
- AIM**  
The world's leading growth market for ambitious smaller companies
- Professional Securities Market**  
The Exchange regulated market for listed debt and depositary receipts
- Specialist Fund Market**  
The market specifically designed for issuers of specialist funds



## LSE



## Clasificación General de las Compañías en LSE

- Premium, que a su vez se subdivide en acciones, fondos de inversión abiertos y fondos de inversión cerrados.
- Estándar, que se subdivide en acciones, títulos de deuda, bonos convertibles en acciones, derivados, entre otros.

## Requerimientos Generales - LSE

LSX	MAIN MARKET	AIM
Historia en Bolsa	3 años	No hay requerimiento
Patrocinador y Asesores	Se debe contar con un patrocinador, que debe ser autorizado por la FSA.	Se debe contar con un asesor nombrado, durante el proceso, "Nomad". Debe ser autorizado por la LSE.
Otros	Requiere un prospecto	No requiere un prospecto

## Requerimientos Financieros – LSE

LSX	MAIN MARKET	AIM
Capitalización	Al menos £700.00.	Ninguna
Activos	La Compañía debe controlar y haber mantenido el control de sus activos durante los últimos tres años.	No hay requerimiento
Capital de Trabajo	No hay requerimiento	Suficiente para atender los requerimientos de mínimo 12 meses después de su inscripción.
Recursos Financieros	Mínimo el 75% del negocio de estar soportado por ingresos históricos de los últimos 3 años. La compañía debe estar en	No hay requerimiento específico, sin embargo, si la actividad principal es un negocio que no ha generado utilidad en los últimos 2

## Requerimientos de Distribución de Capital –LSE

LSX	MAIN MARKET	AIM
Directores y Miembros de Junta.	Se requiere que las compañías tenga al menos 3 directores independientes.	Se requiere que las compañías tenga al menos 3 directores independientes.
Distribución de Acciones	25% de las acciones deben estar en manos del público.	Las acciones de la compañía deben ser transferibles y aptas para el registro electrónico.
Costos	Entre el 7% y 10% del valor fondeado.	Entre el 8% y 12% del valor fondeado.

## PROCESO TÍPICO Y CRONOGRAMA INDICATIVO PARA REGISTRAR UNA COMPAÑÍA EXTRANJERA EN MAIN MARKET



**PROCESO TÍPICO Y CRONOGRAMA INDICATIVO PARA REGISTRAR UNA COMPAÑÍA EXTRANJERA EN LA AIM**

	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4
Nombramiento de Nómada y sus asesores	█			
La debida diligencia	█	█	█	
Admisión de documentos de redacción	█	█	█	
Publicación del documento de admisión para inversores			█	
Marketing a inversores potenciales			█	
Documento de admisión final publicado y puesto en convocatoria			█	
Acciones admitidas a negociación				█

---

---

---

---

---

---

---

---

**AMBIENTE DE REPORTE PARA EL SECTOR MINERO EN LSE**

Son aceptados los siguientes reportes:

- CPRs, Competent Person's Report.
- Qualified Person's Reports (QPRs),
- Mineral Resource Statements
- NI 43-101, when accompanied by a NI51-101 Valuation Form.

Realizados utilizando:

- JORC: Joint Ore Reserves Committee Code .
- SAMREC: South African Code for the Reporting of Mineral Resources and Mineral Reserves.
- SAMVAL: The South African Code for the Valuation of Mineral Assets

---

---

---

---

---

---

---

---

**ALGUNOS REQUISITOS ADICIONALES**

- › Estándares de reporte financiero.
- › Supervisión y fortalecimiento de las reglas para listarse en Bolsa.

---

---

---

---

---

---

---

---



Febrero 4 de 2011



## Cómo Financiar Proyectos Mineros



Objetivo

Cómo Financiar Proyectos Mineros

El objetivo de este documento es el de presentar las posibilidades y limitaciones que tiene la Industria Minera en el país para obtener Financiación para el desarrollo de sus proyectos



## Introducción

---

---

---

---

---

---

---

---

### Cómo Financiar Proyectos Mineros

Es destacada la importancia que ha tomado la industria minera en Colombia en los últimos años. Alrededor del 25% de los ingresos que generan las exportaciones colombianas provienen del sector minero y cada vez es mayor el interés de inversionistas extranjeros, por participar en la exploración y explotación de minerales en el país.

Excepto por las grandes empresas mineras, el sector de la minería en Colombia se maneja de manera bastante informal. Los potenciales proyectos mineros cuentan con pocos o ningún estudio técnico-económico, por lo que la viabilidad de estos proyectos puede ser subjetiva y por ende, tienen dificultades para acceder a los recursos crediticios del mercado.

Pero el auge minero apenas comienza, estamos a tiempo para organizar el desarrollo de este importante sector.

5

---

---

---

---

---

---

---

---



## Pasos para Financiar Proyectos Mineros

---

---

---

---

---

---

---

---

Para obtener la financiación que requiere el desarrollo de un proyecto minero en Colombia, se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

1. Identificar el tipo de Proyecto Minero
2. Identificar las Necesidades de Financiación
3. Buscar las Fuentes de Financiación
4. Hacer los trámites para obtener la Financiación



### 1. Identificación del Tipo de Proyecto Minero

El primer paso que se debe dar es la identificación del tipo de proyecto. Los proyectos mineros se pueden clasificar de diferentes maneras; a continuación se explicarán algunas de ellas

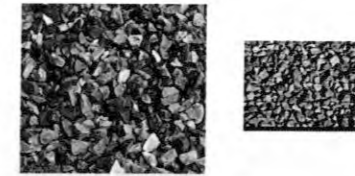
#### A. Proyectos según las características del Mineral:

De acuerdo con los contenidos mineralógicos del material que se planea explotar, los proyectos mineros pueden ser para:

- Minerales No Metálicos
- Minerales Metálicos

• **Proyectos para  
Minerales No Metálicos:**

Son aquellos que para poder extraerlos y beneficiarlos requieren tratamiento físico (trituración, molienda, pulverización) y no necesitan tratamiento químico. Ejemplo: materiales para la industria de la construcción



---

---

---

---

---

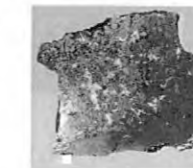
---

---

---

• **Proyectos para  
Minerales Metálicos:**

Aquellos que para su extracción y beneficio generalmente requieren un alto nivel de procesamiento con la aplicación de reactivos químicos en su tratamiento, que generan grandes cantidades de desechos finos. Ejemplo: el oro



---

---

---

---

---

---

---

---

**B. Proyectos según el método de Explotación:**

Según la forma en que se extrae el mineral del yacimiento, los proyectos pueden ser de:

- Explotación a Cielo Abierto
- Explotación Subterránea
- Explotación por lavado y dragado

---

---

---

---

---

---

---

---



• **Proyectos de Explotación a Cielo Abierto:**

Aquellos en los que se remueve la capa superficial o sobrecarga de la tierra, para hacer accesibles los yacimientos al mineral



13

---

---

---

---

---

---

---

---

• **Proyectos de Explotación Subterránea:**

Son proyectos en los que se accesa al yacimiento del mineral por debajo de la superficie terrestre mediante túneles, cavernas, socavones, galerías y pozos



14

---

---

---

---

---

---

---

---

• **Proyectos de Explotación por Dragado:**

Son proyectos en los que se obtiene el mineral mediante la recuperación de sedimentos en aguas poco profundas, a través de una draga



15

---

---

---

---

---

---

---

---

c. **Proyectos según el tamaño de la Explotación:**

De acuerdo con las cantidades de mineral a extraer del yacimiento, los proyectos pueden ser:

- Grandes
- Medianos
- Pequeños

---

---

---

---

---

---

---

---

• **Proyectos de Explotación Grandes:**

Aquellos proyectos en los que se extraen más de 75,000 toneladas anuales de mineral, utilizando para ello equipos y tecnologías especializadas



---

---

---

---

---

---

---

---

• **Proyectos de Explotación Medianos:**

Aquellos proyectos en los que se extraen más de xx toneladas anuales de mineral



---

---

---

---

---

---

---

---

• **Proyectos de Explotación Pequeños:**

Aquellos proyectos en los que se extraen menos de 250 toneladas anuales de mineral y generalmente se obtienen en forma artesanal con herramientas manuales



**2. Identificación de las Necesidades de Financiación**

El segundo paso que se debe dar es la identificación de las fases del proyecto minero y la determinación de cuál de ellas requiere financiación.

Generalmente un proyecto minero tiene 2 grandes fases:

- A. La Fase de Desarrollo Minero
- B. La Fase de Operación Minera

**A. Fase de Desarrollo Minero:**

El Desarrollo Minero es la etapa en la cual se prepara la mina para poder explotar el mineral. Comprende las siguientes actividades:

- > Se confirma la existencia del yacimiento a través de los estudios de exploración y de caracterización del mineral de interés
- > Se obtienen los derechos, permisos y licencias exigidas por la ley para extraer el mineral: el contrato de concesión, el registro minero, los permisos para disposición de desechos y para utilización de aguas y muy importante, la licencia ambiental que se requiera

---

---

---

---

---

---

---

---

- > Se realiza el acceso al yacimiento, construyendo o arreglando las vías o caminos principales
- > Se hace el diseño y el planeamiento minero, para extraer el mineral en la forma más eficiente posible
- > Se construye la infraestructura requerida para la explotación del mineral: patios para almacenar el mineral, talleres, bodegas, oficinas, servicios, diques, canales, plantas de tratamiento de agua, vías internas, etc.
- > Se seleccionan y adecuan las zonas de botaderos, donde se depositarán los materiales estériles o subproductos de la explotación
- > Se adecúan los terrenos y se adquieren e instalan los equipos necesarios para la explotación y beneficio del mineral

---

---

---

---

---

---

---

---

**B. Fase de Operación Minera:**

La Operación Minera es la etapa en la cual se obtiene el mineral, se prepara para su comercialización, se vende y se envía a los clientes; comprende las siguientes actividades:

- > Se extrae el mineral por medio de equipos y máquinas o por medios manuales, dependiendo del tamaño de la explotación y del tipo de material y de acuerdo con el plan y el diseño minero
- > Se depositan los materiales estériles en los botaderos
- > Se carga el mineral a los vehículos que lo llevarán a los patios de almacenamiento

---

---

---

---

---

---

---

---

- > Se transporta el mineral a los patios de almacenamiento o a las plantas de beneficio y se descarga allí
- > Se beneficia o procesa el mineral, ya sea mediante molienda, lavado, separación, pulverización, mezcla, etc.
- > Se vende el mineral
- > Se carga el mineral a los vehículos que lo distribuirán a los clientes y se transporta hasta su punto de entrega

---

---

---

---

---

---

---

---

**Qué se financia en la Fase de Desarrollo Minero:**

En esta fase se puede financiar:

**1. Adquisición de Activos Fijos tales como:**

- ✓ Terrenos: tanto los que se encuentran cobijados por el contrato de concesión, como aquellos que se utilizarán para instalar las plantas de beneficio del mineral
- ✓ Equipos de Minería necesarios para extraer y procesar el mineral: Perforadoras, retroexcavadoras, bulldozers, dragas, tuneladoras, cargadores, plantas de beneficio, etc
- ✓ Vehículos requeridos para el transporte y distribución del mineral
- ✓ Construcción de infraestructura como edificaciones, vías de la mina

---

---

---

---

---

---

---

---

**Qué NO se financia en la Fase de Desarrollo Minero:**

En esta fase no se puede financiar:

**1. Capital de trabajo para**

- ✓ Estudios de exploración y caracterización del mineral
- ✓ La obtención de derechos, permisos y licencias
- ✓ Los diseños y el plan minero

**2. Otros Activos**

- ✓ Compra de Títulos Mineros

---

---

---

---

---

---

---

---

**Qué se financia en la Fase de Operación Minera:**

En esta fase se puede financiar:

**1. Adquisición o reposición de Activos Fijos:**

- ✓ Terrenos: tanto los que se encuentran cobijados por el contrato de concesión, como aquellos que se utilizarán para ensanchar la capacidad de beneficio del mineral
- ✓ Equipos de Minería para reponer los equipos anteriores deteriorados o equipos adicionales para ampliar la capacidad de explotación, tanto maquinaria amarilla como plantas de beneficio
- ✓ Vehículos para el transporte y distribución del mineral, ya sea para reposición o para equipos adicionales

---

---

---

---

---

---

---

---

- ✓ Construcción de infraestructura en la mina, como nuevas edificaciones, nuevas vías de la mina, reposición o nuevas plantas de tratamiento, etc.

**2. Capital de trabajo para el desarrollo de la operación minera**

- ✓ Para pagar los salarios del personal de la operación
- ✓ Para comprar materiales, insumos y servicios necesarios para la explotación del material

---

---

---

---

---

---

---

---

**Qué NO se financia en la Fase de Operación Minera:**

En esta fase no se puede financiar:

**1. Otros Activos**

- ✓ Compra de Títulos Mineros

---

---

---

---

---

---

---

---

**Necesidades de financiación:**

Una vez establecida la etapa en la que se encuentra el proyecto minero, es importante identificar el valor total del mismo, así como el capital con que cuentan los inversionistas para aportar al proyecto y los requerimientos de recursos del crédito que necesitan.

El valor del proyecto se debe establecer en forma detallada, como se verá posteriormente. El valor a financiar se debe tener muy claro, así como las actividades que lo conforman.



**3. Búsqueda de Fuentes de Financiación**

El tercer paso para obtener financiación para un proyecto minero es la búsqueda y consecución de la o las fuentes de financiación del mismo.

Existen dos tipos de fuentes de financiación:

- A Fuentes Nacionales
- B Fuentes Internacionales

**A. Fuentes Nacionales:**

Son aquellas entidades públicas o privadas que conforman el sector financiero del país y cuya función es la captación de recursos monetarios para colocarlos a través de operaciones de crédito. Entre las fuentes nacionales que prestan dinero para proyectos mineros se cuentan:

**1. Bancos Comerciales**

- |                 |                    |
|-----------------|--------------------|
| Banco de Bogotá | Banco de Occidente |
| Banco AV Villas | Banco de Colombia  |
| Banco Agrario   | BBVA               |
| Banco Popular   |                    |

---

---

---

---

---

---

---

---

**2. Corporaciones Financieras**

- Corporación Financiera Colombiana
- Corporación Financiera Nacional y Suramericana
- Corporación Financiera del Valle
- Corporación Financiera de Occidente

**3. Compañías de Leasing**

Empresas dedicadas al arrendamiento financiero de maquinarias e inmuebles, donde la primera opción de compra la tiene el cliente:

- |                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| Leasing Colombia     | Leasing Bogotá          |
| Leasing de Occidente | Leasing Corficolombiana |
| Leasing Popular      | Leasing de Crédito      |

---

---

---

---

---

---

---

---

**4. Otras Entidades Financieras**

Fondos Privados de Inversión: inversionistas privados que se agrupan para aportar capitales de riesgo para invertir en proyectos de gran potencial, que preferiblemente se encuentren en sus etapas iniciales

**5. Entidades Financieras con régimen especial**

Entidades dedicadas a generar créditos de fomento para fines específicos de interés nacional, a través de los bancos comerciales que sirven de intermediarios al cliente final:

- Bancoldex
- Finagro
- Findeter

---

---

---

---

---

---

---

---



**Ventajas de las Fuentes Nacionales:**

- ✓ Los Bancos Comerciales están ubicados en casi todas las ciudades del país
- ✓ Las Corporaciones están interesadas en fomentar el desarrollo de sectores clave para el país
- ✓ Los Fondos Privados están dispuestos a colocar capital de riesgo
- ✓ Las entidades de régimen especial generalmente ofrecen tasas de interés más bajas
- ✓ Los trámites de obtención de los créditos pueden ser más rápidos
- ✓ Los inversionistas pueden hacer directamente los trámites ante las entidades para obtener los créditos

---

---

---

---

---

---

---

---

**Desventajas de las Fuentes Nacionales:**

- ❖ Exigen garantías reales como hipotecas o pignoraciones, que para los pequeños o medianos mineros, son difíciles de cumplir
- ❖ Exigen que los inversionistas aporten al proyecto porcentajes importantes de dinero, que la mayor parte de las veces no tienen
- ❖ Prestan dinero a corto y mediano plazo
- ❖ Generalmente los pequeños inversionistas mineros no tienen la posibilidad de acceder a estos recursos
- ❖ Los trámites de obtención de crédito con las entidades de régimen especial pueden ser bastante demorados
- ❖ Si el monto solicitado es muy grande, el crédito debe ser concedido por varios bancos (sindicado)

---

---

---

---

---

---

---

---

**B. Fuentes Internacionales:**

Son aquellas entidades internacionales públicas o privadas que hacen operaciones de crédito a otros países. Entre las fuentes internacionales nacionales que prestan dinero para proyectos mineros se cuentan:

**1. Bancos Comerciales**

Principalmente Bancos Comerciales de Estados Unidos y Europa

Algunos Bancos de China y Alemania otorgan créditos pero solo para adquisición de maquinaria y equipo minero fabricado en dichos países, a través del proveedor

---

---

---

---

---

---

---

---

**2. Banca Multilateral**

Son bancos internacionales que apoyan el desarrollo de proyectos en países emergentes, mediante el otorgamiento de préstamos en condiciones financieras favorables y el suministro de asistencia técnica en la ejecución de los proyectos. Algunas de estas entidades son:

- La Corporación Andina de Fomento – CAF
- El Banco Interamericano de Desarrollo – BID

**3. Otras Entidades Financieras**

Fondos Privados de Inversión: inversionistas internacionales privados que se agrupan para aportar capitales con el fin de invertir en proyectos de gran potencial en diversos países

---

---

---

---

---

---

---

---

**Ventajas de las Fuentes Internacionales:**

- ✓ Otorgan créditos a largo plazo, hasta 20 años
- ✓ Los créditos se otorgan en dólares
- ✓ En períodos de revaluación monetaria en Colombia, las tasas de interés en dólares pueden ser muy favorables, ya que en términos reales son menores que las tasas de interés en pesos
- ✓ Pueden recibir como garantía del crédito las reservas mineras
- ✓ No hay inconvenientes si el monto solicitado es alto

---

---

---

---

---

---

---

---

**Desventajas de las Fuentes Internacionales:**

- ❖ Los trámites de obtención del crédito se deben hacer a través de una Banca de Inversión o del proveedor en el caso de compra de equipos y maquinaria
- ❖ Los trámites pueden ser demorados ya que los bancos o entidades financieras deben corroborar y validar toda la información que les envíen los solicitantes del crédito
- ❖ Los créditos no siempre aplican para cualquier región ni para cualquier tipo de proyecto minero
- ❖ Los créditos de la Banca Multilateral solo obedecen a políticas económicas de Estado

---

---

---

---

---

---

---

---



#### 4. Trámites para Obtener Financiación

---

---

---

---

---

---

---

Para obtener créditos destinados a financiar proyectos mineros, cada banco o entidad financiera tiene sus propios requisitos y trámites. No obstante, hay algunas actividades genéricas que de una forma u otra, todos los que apliquen a la solicitud de créditos deben hacer.

Los trámites básicos pueden ser:

- A. Para Fuentes Nacionales
- B. Para Fuentes Internacionales

---

---

---

---

---

---

---

#### A. Para Fuentes Nacionales:

Los trámites básicos que se deben cumplir para obtener créditos de fuentes nacionales son:

##### 1. Elaborar el Documento de Estructuración del Proyecto Minero

Este documento es la base de todo ya que es el que contiene la descripción del alcance completo del proyecto minero.

El documento debe contener lo siguiente:

- Los antecedentes del proyecto, indicando cómo surgió

---

---

---

---

---

---

---

- La definición de los Promotores del Proyecto: si es una sociedad se debe informar qué tipo es, cuál es su objeto social, su composición de capital y se debe dar la información de cada socio
- Hacer un análisis de la oferta y la demanda del mineral de interés, tanto en la región como en Colombia
- Establecer el alcance del mercado potencial del mineral que se obtenga con el proyecto
- Describir el alcance técnico del proyecto, indicando cómo se hará el proceso de extracción y beneficio y cuáles máquinas y equipos se emplearán en ello
- Presentar todos los permisos, derechos y licencias del proyecto
- Describir la estructura organizacional del proyecto y su modelo de gestión

---

---

---

---

---

---

---

---

- Describir detalladamente el valor de la inversión que requiere el proyecto
  - Describir los costos de operación del proyecto
  - Describir los ingresos que generará el proyecto
  - Hacer un modelo de proyecciones financieras del proyecto a 10 o 20 años
  - Calcular la rentabilidad del proyecto
  - Hacer un cronograma de actividades y desembolsos del proyecto
- 2. Diligenciar la solicitud ante el ente financiero y presentar la documentación de estructuración**  
Solicitar al banco o entidad financiera los formularios pertinentes y adjuntar los documentos debidos

---

---

---

---

---

---

---

---

- 3. Presentar los documentos de soporte requeridos por el banco**  
Por ejemplo, escrituras de propiedad, contrato de concesión, título minero, licencia ambiental, extractos bancarios, planos geológicos, estudio de reservas, análisis de caracterización del mineral, etc.
- 4. Presentar las garantías exigidas por el banco**  
Hacer las hipotecas o pignoraciones correspondientes, presentando los documentos que lo acrediten
- 5. Demostrar al banco la solvencia económica de los propietarios**  
Allegar los estados financieros y extractos bancarios de los socios

---

---

---

---

---

---

---

---

**B. Para Fuentes Internacionales:**

Los trámites básicos que se deben cumplir para obtener créditos de fuentes internacionales son:

**1. Elaborar el Documento de Estructuración del Proyecto Minero**

Este documento es el que ya se explicó en el literal A de este capítulo

**2. Conseguir la Banca de Inversión que presentará el proyecto**

Buscar una Banca de Inversión que garantice la consecución de los recursos y negociar sus honorarios

---

---

---

---

---

---

---

---

**3. Entregar a la Banca de Inversión los documentos del Proyecto**

Explicar detalladamente el proyecto a la banca de Inversión y entregarle el documento de estructuración y los documentos de soporte que se requieran (escrituras de propiedad, contrato de concesión, título minero, licencia ambiental, extractos bancarios, planos geológicos, estudio de reservas, análisis de caracterización del mineral, documentos de demostración de solvencia económica de los socios, etc.)

**4. Preparar y atender las visitas de auditoría que realizará la entidad financiera internacional**

Preparar la información de soporte, cumplir la agenda de la visita y hacer las presentaciones detalladas del proyecto

---

---

---

---

---

---

---

---

**5. Presentar a la Banca de Inversión las garantías exigidas por el ente financiero internacional**

Si el crédito es aprobado, hacer las hipotecas o pignoraciones, tomar los seguros o garantías bancarias que se requieran y entregarle la documentación de los mismos a la Banca de Inversión

**6. Hacer los trámites requeridos por el Banco de la República y la DIAN**

Cuando se trata de préstamos internacionales, se debe legalizar la entrada de dichos recursos haciendo los trámites que exige el Banco de la República y la DIAN

---

---

---

---

---

---

---

---



8. Los Aspectos Financieros del Proyecto

- La inversión
- El Modelo de Proyecciones Financieras
- El análisis de rentabilidad del Proyecto
- Los indicadores del Proyecto
- Los Escenarios del Proyecto
- Los Recursos a financiar
- Las Garantías a ofrecer
- El cronograma de desembolsos



6. El Modelo de Proyecciones Financieras

1. Los supuestos macroeconómicos y microeconómicos
2. La estructura de costos variables y costos fijos de explotación
3. La estructura de gastos de venta y de administración
4. Los activos fijos y la depreciación proyectada
5. El capital de trabajo proyectado
6. El modelamiento de la deuda
7. El Balance proyectado
8. El G y P proyectado
9. El Flujo de Caja proyectado
10. Los indicadores del proyecto
11. La rentabilidad del proyecto
12. Los escenarios proyectados

**LA TITULARIZACIÓN DE ACTIVOS MINEROS COMO  
UN MECANISMO DE FINANCIACIÓN EFECTIVO  
PARA EL SECTOR**

Andrea González  
Directora de Productos Financieros  
ALMAVIVA S.A

**TABLA DE CONTENIDO:**

**1. Los Almacenes Generales de Depósito, Aliados Estratégicos del Negocio.**

**2. Los Certificados de Depósito de Mercancías y Los Bonos de Prenda.**

2.1. Definiciones.

2.2. Clases de productos objeto de titularización.

2.3. Clases de Bodegas en las que se pueden expedir los títulos

**3. Diferentes Operaciones a Desarrollar con los títulos.**

3.1. Garantía para el otorgamiento de créditos Bancarios.

3.2. Garantía de cumplimiento de Pagos a Proveedores.

3.3. Garantía para otorgar anticipos de pago del Precio del Producto.

3.4. Garantía para Obtener Financiación a Través de la Bolsa Mercantil de Colombia.

3.8. Ventajas y desventajas de las Operaciones RREPO Frente a la Financiación Bancaria.

**4. Responsabilidad de los AGD en la Expedición de Títulos**

**5. Requisitos Especiales de Aprobación de Cupo para Expedición de Títulos**

**6. Requisitos Especiales de Aprobación de Bodega.**

**7. Operaciones de Financiación a Través de la Bolsa mercantil de Colombia BMC.**

7.1. Definición.

7.2. Modalidades de Operación en la BMC

7.3. operaciones REPO sobre CDM.



**1. LOS ALMACENES GENERALES DE DEPÓSITO ALIADOS ESTRATÉGICOS DEL NEGOCIO**

Los Almacenes Generales de Depósito son entidades auxiliares de crédito como las fiduciarias, cuya Función principal consiste en el depósito, la conservación y custodia, el manejo y distribución, la compra y venta por cuenta de sus clientes de mercancías y de productos de procedencia nacional o extranjera; así como la expedición, si lo solicitaren los interesados, de Certificados de Depósito de Mercancías (CDM) y Bonos de Prenda, transferibles por endoso o destinados a acreditar, respectivamente, la propiedad y depósito de las mercancías y la constitución de garantía prendaria sobre ellos.

Los AGD son las únicas entidades que se encuentran facultadas para expedir Certificados de Depósito de Mercancías (CDM) y Bonos de Prenda (BP).

---

---

---

---

---

---

---

---

**2. LOS CERTIFICADOS DE DEPÓSITO DE MERCANCÍAS Y LOS BONOS DE PRENDA**

CERTIFICADOS DE DEPÓSITO DE MERCANCÍAS	BONOS DE PRENDA
-Títulos Representativos de mercancías que se asimilan a los conocimientos de embarque (BL) en los que consta que una mercancía ha sido depositada en las Bodegas (Propias o Particulares) de un AGD. -Incorpora el derecho a reclamar del AGD la Mercancía depositada. - Esta destinado servir como instrumento de enajenación de la Mercancía depositada a través de su endoso en propiedad.	-Títulos de contenido crediticio, como los Cheques, que se expiden con posterioridad a la expedición de un CDM en los que se incorpora: (1) Un crédito otorgado por un acreedor bancario o extra bancario al depositante de las mercancías y (2) Un derecho de Prenda sobre las mercancías depositadas. -Su finalidad es facilitar el otorgamiento de crédito mediante la pignoración de la mercancía que se encuentra bajo la custodia de un AGD.

---

---

---

---

---

---

---

---

**2.1. Definiciones.**

**PRINCIPALES USOS DEL CDM**

1. Permitir la movilización jurídica de las mercancías depositadas en un AGD, mediante su endoso en propiedad.
2. Servir Como instrumento de garantía para el otorgamiento de créditos mediante su endoso en prenda. Este título no es idóneo para garantizar créditos pero se ha utilizado por razones tributarias.
3. Servir como instrumento de financiación directa mediante operaciones REPO en el escenario de la BMC o a través de otros inversionistas privados como Carteras Colectivas de SAI's.
4. Permitir a los agricultores el acceso a los incentivos de almacenamiento otorgados por el gobierno.

---

---

---

---

---

---

---

---

**2.1. Definiciones.**

**PRINCIPALES USOS DEL BONO DE PRENDA**

"De acuerdo con lo previsto en el artículo 3o., literal b) del Decreto 2360 de 1993, una de las características de la garantía admisible consiste en ofrecer un "respaldo jurídicamente eficaz al pago de la obligación garantizada al otorgar al acreedor una preferencia o mejor derecho para obtener el pago de la obligación". (Circular Básica Jurídica)

Los Bonos de Prenda son la garantía por excelencia porque son los únicos Títulos Valores en Colombia que tienen un mecanismo de ejecución privada, de forma que si el deudor incumple, el Banco puede dirigirse al AGD y solicitarle el remate de las mercancías almacenadas para obtener el pago del crédito,

---

---

---

---

---

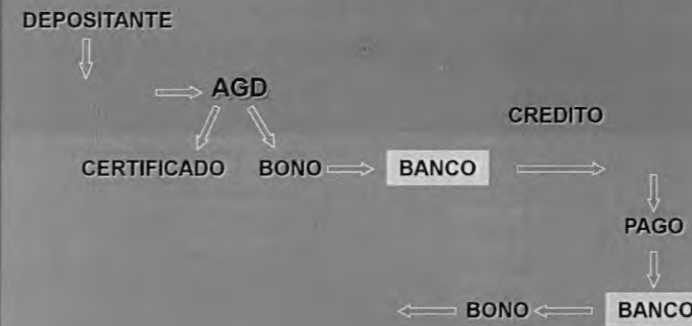
---

---

---

**2.1. Definiciones.**

**CIRCULACIÓN DEL BONO DE PRENDA**



---

---

---

---

---

---

---

---

**2.1. Definiciones.**

**PRINCIPALES USOS DEL BONO DE PRENDA**

"De acuerdo con lo previsto en el artículo 3o., literal b) del Decreto 2360 de 1993, una de las características de la garantía admisible consiste en ofrecer un "respaldo jurídicamente eficaz al pago de la obligación garantizada al otorgar al acreedor una preferencia o mejor derecho para obtener el pago de la obligación". (Circular Básica Jurídica)

Los Bonos de Prenda son la garantía por excelencia porque son los únicos Títulos Valores en Colombia que tienen un mecanismo de ejecución privada, de forma que si el deudor incumple, el Banco puede dirigirse al AGD y solicitarle el remate de las mercancías almacenadas para obtener el pago del crédito,

---

---

---

---

---

---

---

---



**4. RESPONSABILIDAD DE LOS ALMACENES GENERAL DE DEPOSITO EN LA EXPEDICION DE LOS TITULOS**

- El AGD responde por la existencia, conservación e integridad de la mercancía amparada por los títulos que expide. No se permite sustitución o cambio de la garantía.
- No se pueden expedir títulos sobre mercancía sobre la cual exista algún gravamen.
- También responde por la correcta valoración de la mercancía.
- Desde el punto de vista legal, quien califica si la mercancía es idónea y suficiente para respaldar el crédito es el acreedor.
- Los AGD como depositarios especializados deben cerciorarse del grado de comercialización de la mercancía, de su obsolescencia y de la cobertura del crédito.

---

---

---

---

---

---

---

---

**5. REQUISITOS ESPECIALES DE APROBACIÓN DE CUPO PARA EXPEDICIÓN DE TÍTULOS**

Fotocopia del NIT o RUT.  
Original del Certificado de Existencia y Representación Legal de la Sociedad con una vigencia no mayor a 30 días.  
Fotocopia de la última declaración de renta - año 2010.  
Fotocopia de la Cédula del Representante Legal.  
Lista de Socios o accionistas de la Sociedad si los Mismos no Figuran en el certificado de Existencia y Representación Legal.  
Estados Financieros (Balance y PYG) Certificados Con Notas y con corte a 31 de Diciembre del año inmediatamente Anterior.  
Si el representante legal no tiene facultades para comprometer a la empresa en la realización de esta operación ya sea por la naturaleza o por el monto, se requiere adjuntar el acta de junta directiva donde se otorgue tales facultades al representante legal.  
Explicación breve y resumida sobre su operación (objeto social, segmento del mercado que maneja, etc.), la naturaleza, manejo o utilización y comercialización de las mercancías dadas en prenda.  
Carta de solicitud de Cupo para expedición de títulos con Explicación breve y resumida de la destinación que va a dar la empresa al cupo aprobado.

---

---

---

---

---

---

---

---

**6. REQUISITOS ESPECIALES PARA LA APROBACION DE UNA BODEGA**

Escritura pública de propiedad y Certificado de Libertad y Tradición de la Bodega o contrato de arrendamiento debidamente legalizado.  
Un ejemplar de los planos correspondiente en papel no transparente y dibujado en escalas no inferiores a 1:200 para las plantas y cortes.  
Una copia fotostática de los planos de tamaño 20 por 30 cms.  
Un pliego de especificaciones informativas generales, que indique claramente los materiales usados en cada parte de construcción (Estructura, cubierta, pisos, cerramientos y puertas), lo mismo que sus dimensiones, área, volumen y tipo de almacenamiento.  
Relación clara y concreta de la clase de mercancías objeto del depósito.  
Concepto del estado actual de construcción y su aptitud para los fines a que se destina, expedida por un Arquitecto o Ingeniero Civil.  
Fotocopia de la tarjeta profesional del arquitecto o ingeniero civil que firme los planos y las certificaciones de las bodegas.  
Fotocopia de la póliza de seguros de daños sobre la mercancía almacenada en la bodega particular, en la que conste el endoso del beneficiario a favor de ALMAVIVA.  
Pagare en blanco.  
Descripción de los sistemas de seguridad física e industrial de la bodega y de vigilancia que utilizará el depositante en la Bodega que a aprobar.

---

---

---

---

---

---

---

---

**7. OPERACIONES DE FINANCIACION A TRAVES DE LA BOLSA MERCANTIL DE COLOMBIA**

7.1 Definición de la Bolsa Mercantil de Colombia

7.2 Modalidades de Operaciones en la BMC

7.3 Sistema de Inscripción de la Bolsa- SIBOL

7.4 Procedimiento de Registro de Productos y Commodities en el SIBOL

7.4.1 Bienes Objeto de Inscripción

7.4.2 Solicitud de inscripción

7.4.3 Elaboración de ficha técnica del producto o commodity

7.5 Operación Repo sobre Certificado de Deposito de Mercancías CDM

**7. OPERACIONES DE FINANCIACION A TRAVES DE LA BOLSA MERCANTIL DE COLOMBIA**

**PROCESO DE EXPEDICIÓN DE TÍTULOS SOBRE CARBÓN METALÚRGICO EN PROCESO DE EXPORTACIÓN**



• El AGD controla los inventarios de Carbón del Exportador almacenados en el centro de Acopio de Carbón del Interior del País.  
• Una entidad certificadora realiza un análisis de calidad al carbón que ingresa al País.  
• Con base en el análisis de calidad, el AGD expide semanalmente CDMs sobre los inventarios de carbón ingresados al patio.

• El Exportador negocia los CDMs sobre carbón con una Entidad Bancaria o a través de la Bolsa para obtener financiación.  
• El Exportador cierra el negocio de venta con su Cliente del Exterior.  
• El cliente del exterior abre una carta de crédito a favor del exportador pagadera contra conocimiento de embarque (BL) de la mercancía.

• El EXPORTADOR contrata con una TRANSPORTADORA el transporte del carbón del patio de acopio al Puerto de exportación.  
• El AGD realiza el control y seguimiento de los despachos de mercancía con Destino al Puerto, exigiendo el cumplimiento de los requisitos para expedición de CDMs sobre mercancía en tránsito.

• La mercancía llega al Puerto y se almacena en un Patio o centro de Acopio previamente aprobado por la Superintendencia y controlado por el AGD.  
• Una vez se acopia la totalidad del carbón a exportar (25.000 a 30.000 Toneladas), el exportador realiza su totalidad al puerto bajo la supervisión del AGD.

• Previa la realización de los trámites aduaneros de exportación, el Carbón ingresa al Puerto y es cargado al buque.  
• La Naviera expide Conocimiento de Embarque.  
• Se hace efectiva la carta de crédito abierta por el cliente del Exterior.  
• El exportador cancela el crédito otorgado por el Banco o la Bolsa.  
• El AGD cancela los CDMs y/o EP.

Capacitación sobre estándares internacionales de reportes técnicos, valoración de reservas, proyectos mineros y planes de negocios en el sector minero/Consortio Capacitación en Certificación de Reservas; Rocas y Minerales S.A.; Edmundo Tulcanaza

338.2 C755c Ej. 1

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA

FECHA PEDIDO	PRESTADO A	FECHA DEVUELTO

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA



01004027  
BIBLIOTECA