

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MINERA Y METALURGICA



## ESTIMACION GEOESTADISTICA DEL CUERPO MINERALIZADO MAGISTRAL SUR DE LA CIA. MINERALES SANTANDER Y SENSIBILIDAD ECONOMICA EN SU EXPLOTACION

INFORME DE INGENIERIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

**INGENIERO DE MINAS**

ALTAMIRANO IBAÑEZ, JORGE LUIS

Promoción: 1989-II

**LIMA - PERU  
1996**

## I N D I C E

INTRODUCCION .....	1
<b>CAPITULO I:</b>	
I. GENERALIDADES .....	3
1.1 Breve comentario sobre de la Compañía minera .....	3
1.1.1 Ubicación y proceso productivo ..	4
1.2 Conceptos Previos .....	6
1.2.1 Reservas Estimadas y seleccionadas .....	7
Caso Minería Subterránea .....	7
Caso Minería Superficial .....	7
1.3 Información Utilizada .....	8
1.3.1 Ordenamiento de la Información	8

## CAPITULO II:

II.	ANALISIS GEOSTADISTICO .....	10
2.1	Conceptos Básicos de la Geoestadística .....	10
2.1.1	Las Variables Regionalizadas .....	10
2.1.1.1	Características .....	13
	a. La Localización .....	14
	b. La Continuidad .....	15
	c. La Anisotropía .....	16
2.1.1.2	Métodos de Estudio .....	18
	a. Los Métodos Transitivos..	18
	b. Los Métodos Intrínsecos..	19
2.1.2	La Función Variograma .....	20
2.1.3	La Varianza de Extensión o Estimación .....	22
2.1.4	La Varianza de Dispersión .....	23
2.1.5	Regularización y Variograma Regularizado .....	24
2.2	Estudio Estadístico-Estructural de Datos de Campo .....	26
2.2.1	Medias y Varianzas (Sin Ley de Corte) .....	27
2.2.2	Diagramas de Leyes Medias y Varianzas según Profundidad .....	28
2.2.3	Histogramas .....	29
2.2.4	Coeficientes y Nubes de Correlación .....	30
2.2.5	Variogramas .....	30

2.3	Cálculo de Reservas .....	34
2.3.1	Método del Inverso de la Distancia .....	34
2.3.2	Método del Krigeage Clásico o Puntual (Geoestadístico) .....	37

### **CAPITULO III:**

III.	ELECCION DEL METODO DE MINADO .....	50
3.1	Detalles Técnicos del OPEN PIT .....	51

### **CAPITULO IV:**

IV.	ANALISIS DE SENSIBILIDAD ECONOMICA-FINANCIERA EN LA EXPLOTACION DE MAGISTRAL SUR .....	52
4.1	Aspectos Económicos .....	53
4.1.1	Producción .....	53
4.1.2	Valorizaciones .....	53
4.1.3	Ingresos y Costos .....	54
4.1.4	Inversión y Financiamiento .....	55
4.2	Evaluación Económica-Financiera .....	56
4.2.1	Evaluación Económica .....	56
4.2.2	Evaluación Financiera .....	57

### **CAPITULO V:**

V.	COMPARACION ENTRE RESULTADOS ESTIMADOS POR LOS METODOS GEOESTADISTICOS E INVERSO DE LA DISTANCIA .....	63
----	--	----

5.1	Curvas de Ley de Corte Vs. Ley Media (Gráfico 1) .....	63
5.2	Curvas de Ley de Corte Vs. Tonelaje de Mineral (Gráfico 2) .....	64
5.3	Curvas de Ley de Corte Vs. Cantidad de Metal (Gráfico 3) .....	64

**CAPITULO VI:**

VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68
6.1	Conclusiones .....	68
6.2	Recomendaciones .....	70

**ANEXOS:**

ANEXO 1	.....	73
ANEXO 2	.....	83
ANEXO 3	.....	92
ANEXO 4	.....	110
ANEXO 5	.....	113
ANEXO 6	.....	119

## **INTRODUCCION**

La existencia de depósitos minerales de leyes cada vez más marginales y la tarea cada vez más difícil de descubrir nuevos depósitos minerales, hacen imprescindible la aplicación de técnicas conducentes al mejor aprovechamiento del recurso no renovable. La Geoestadística (técnica del Krigeage) es una de estas técnicas que está mejor sustentada por información y conclusión de carácter analítico que la respaldan y le permiten una mejor interpretación del recurso natural.

Para la aplicación Geoestadística en el Cuerpo Mineralizado Magistral Sur se trabajó con datos de taladros diamantinos. Se hallaron histogramas los cuales evidenciaron un adecuado tratamiento de la variable por el Krigeage Puntual. Se obtuvieron variogramas en las direcciones horizontal y vertical mostrando la existencia de una isotropía direccional, con estos datos se estimó la ley del yacimiento.

Además del Método Geoestadístico utilizamos el Método del Inverso de la Distancia para la estimación de la ley de Magistral Sur, e hicimos la comparación de resultados, confirmándose las ventajas del Geoestadístico.

Con los datos de leyes estimadas y seleccionadas se hizo un Análisis de Sensibilidad Económica-Financiera en función del método de explotación (Tajo Abierto), mostrándonos los riesgos que ocurren a bajas cotizaciones y altos costos operativos (Cur-Off); y hallamos el Pit más adecuado para salvar todos estos problemas.

## CAPITULO I

### **I. GENERALIDADES**

#### 1.1 BREVE COMENTARIO DE LA COMPAÑIA MINERA

El Cuerpo Mineralizado estudiado Magistral-Sur pertenece a la Cía. Minerales Santander S.A.. Este Cuerpo Mineral fue detectado por prospección geofísica y perforación diamantina en campañas de explotación dentro de una longitud prospectable de 900 mts. (Zona Magistral), además de este Cuerpo Mineral fueron delineados 2 cuerpos más; Magistral Central y Norte, los cuales no contaban con la información suficiente para incluirlos en el análisis. Las dimensiones de estos Cuerpos son aproximadamente de 60 y 120 respectivamente con potencias desde 2 hasta 10 mts.

La Cía. Santander viene produciendo desde hace más de 2 décadas por minado subterráneo, el yacimiento es de origen metasomático constituido por



un Cuerpo tubular cilíndrico de Skarn (Granita). Los sulfuros más abundantes que ocurren dentro del cuerpo de skarn son: Esfalerita que es la mena más importante en su variedad Marmatita, Pirrotita, Pirita y en proporciones pequeñas ocurre la Chalcopirita y Galena Argentífera. El yacimiento ha sido reconocido hasta una profundidad de 450 mt. (Nivel 4020), exploraciones recientes muestran que la mineralización por debajo de 490 mt. (Nivel 3980) ya ocurre en forma errática y discontinua. Este cambio en la mineralización limita el potencial del yacimiento.

#### **1.1.1 UBICACION Y PROCESO PRODUCTIVO**

La Cía. Minera está ubicada en la Provincia de Canta Departamento de Lima.

El Método de Explotación empleado es el de Sub-niveles con Taladros Largos. Actualmente las labores de producción llegan al Nivel 4020 (450 mt. de profundidad), el cual viene presentando un gran problema de aguas subterráneas que hacen excesivamente costosa la extracción de mineral (el costo Operativo de Bombas es muy elevado) producto de la recuperación de pilares y de zonas que fueron eventualmente accesibles.

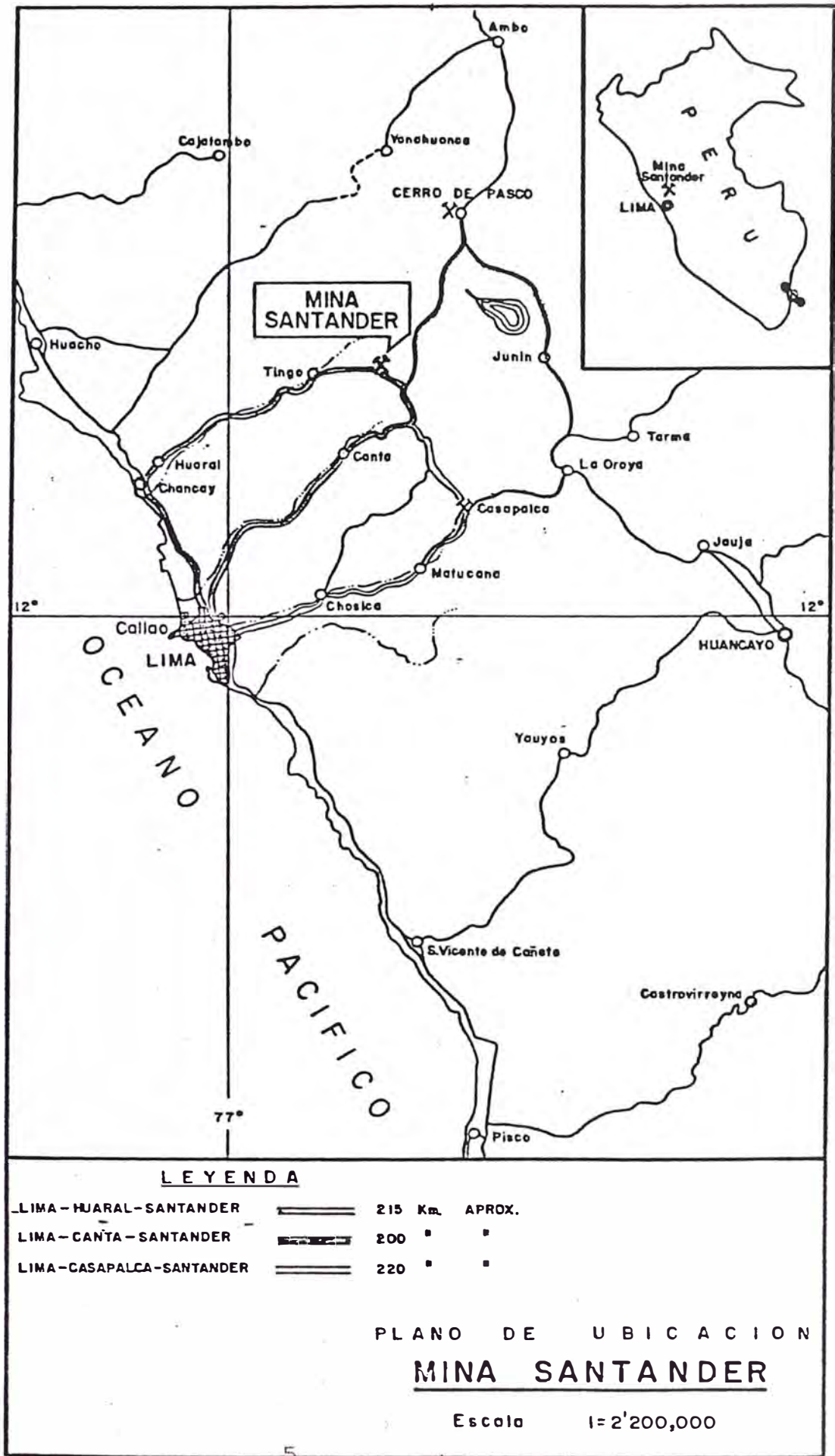


FIG. 1

Normalmente la Producción de Santander es de 900 a 1000 TM. diarias pero debido a los inconvenientes mencionados ésta producción no puede ser mantenida, es así que surge la necesidad de explotar el Cuerpo Mineralizado Magistral-Sur (que es el que posee mayor información geológica hasta el momento), para nivelar la producción de la Mina.

La Planta Concentradora de la Cía. produce concentrados de Zinc, pocas cantidades de Plomo y eventualmente concentrados de Cobre.

## **1.2 CONCEPTOS PREVIOS**

En todos los yacimientos mineros la ley de mineral presenta variaciones dentro del campo mineralizado, donde no es posible por causas económicas explotarlo todo; se necesita seleccionar el mineral bajo determinadas leyes de corte.

El problema de selección está ligado al sistema de explotación que se está empleando, en nuestro caso el método será el Tajo Abierto (Open-Pit) por consideraciones que más adelante se mencionan (Capítulo III). Para mejor comprensión de lo dicho

se define 2 conceptos importantes:

### **1.2.1 RESERVAS ESTIMADAS Y SELECCIONADAS**

Se mostrará la diferencia que puede presentarse entre estos dos conceptos en casos de Minería Subterránea y Superficie):

#### **CASO: MINERIA SUBTERRANEA:**

La selección del mineral se realiza aplicando el criterio de Ley de Corte sobre leyes estimadas de los blocks (calculados por los métodos Ponderados por la Distancia ó Geométricos). Después de la selección efectuada no se hace una selección posterior, quiere decir que un bloque seleccionado para explotación será definitivamente explotado y uno rechazado será dejado de lado.

#### **CASO MINERIA SUPERFICIAL:**

En este caso se hace una primera selección como el caso anterior aplicando Ley de Corte sobre leyes estimadas, pero durante la explotación misma, se efectúa una nueva selección, más fina basándose en el muestreo de los sondajes de disparo. Lo que quiere decir, que en este método de explotación

generalmente no se explotan las mismas reservas que las que habían sido estimadas.

### **1.3 INFORMACION UTILIZADA**

La información disponible que fue utilizada son de taladros diamantinos (Diamond Drill Holes). Los cuales fueron realizados por la Cía. Minera desde superficie en campañas de exploración.

Se pudo inferir con esto la geometría del Cuerpo Mineralizado como de forma Lenticular, el cual tiene su mayor potencia en superficie, en profundidad se adelgaza y bifurca en dos ramales poco potentes. Se contorneo el Cuerpo Lenticular conservadóramente y se hicieron planos cada 10 metros de profundidad como se muestran en el Anexo de Gráficos 1A.

#### **1.3.1 ORDENAMIENTO DE LA INFORMACION**

Los taladros diamantinos están dispuestos de forma irregular, hubo entonces necesidad de ordenarlos regularmente.

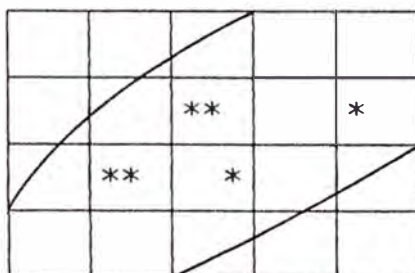
El yacimiento fue subdividido en paneles de 5x5x10 metros, las dimensiones fueron elegidas de acuerdo al método de explotación futuro, que será de Tajo Abierto

(Capítulo III), con una altura de banco de 10 mts., y a la malla de perforación a usarse (5\*5 mts.). Se procedió de la siguiente manera: se hizo un programa de cómputo para representar estos taladros como leyes de blocks (compósitos) dispuestos regularmente. En el bloque donde se presentaban más de una información se tomó la ley representativa del block el promedio de las leyes de dichos taladros.

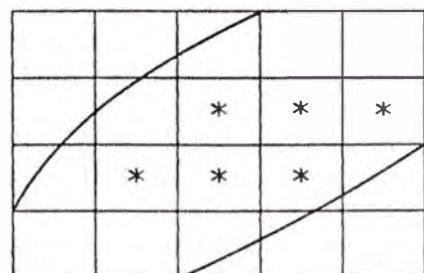
Se hubiera podido tomar dimensiones más pequeñas pero la precisión de estimación hubiera bajado fuertemente debido a que hubieran aumentado los blocks sin información interior.

Con la información final ordenada regularmente dimos inicio al análisis de estimación por los métodos Geoestadísticos e Inverso de la Distancia.

**Información Original**



**Información Final**



## CAPITULO II

### **II. ANALISIS GEOESTADISTICO**

#### 2.1 CONCEPTOS BASICOS DE GEOESTADISTICA

##### 2.1.1 LAS VARIABLES REGIONALIZADAS

###### **Definición.-**

Los fenómenos naturales se reparten en la naturaleza de acuerdo a determinadas leyes físico-químicas que en combinación con las condiciones existentes en un momento dado, estructuran o configuran la existencia de estos fenómenos en el espacio. Estudiar dichos fenómenos significa estudiar sus características esenciales que varían especialmente de un punto a otro, tomando valores definidos en cada lugar de observación.

En el caso particular de los yacimientos mineros, las características que permiten definir un cuerpo mineralizado (ley, potencia, pendiente, superficie, etc.), están representados por un conjunto de valores que, sabemos, varían en cada uno de los lugares de estudio y que se distribuye en su variación espacial en forma continua o discontinua de acuerdo a la presencia (o ausencia) del fenómeno natural. Tal continuidad se manifiesta a través del espacio por la tendencia de estos valores a discrepar menos en dos lugares, cuando estos menos alejados están.

Considerando entonces que la formación de un yacimiento ha dependido de la estructura espacial, que ha servido de camino y depositación a las soluciones mineralizadas originales, la continuidad aquí invoca o lo que es lo mismo, la mayor o menor discrepancia entre esos valores "variables", representativos de las características del yacimiento, permitirá interpretar, en una buena medida, las características esenciales



(estructurales) del espacio (o de la región del espacio) en el cual esas "variables" se distribuyen (o localizan). Así es como ha nacido el concepto y estudio de las "variables regionalizadas" por M. George Matheron para su aplicación al caso de los yacimientos mineros. La teoría de las variables regionalizadas, desarrolladas por M. Matheron, constituye una etapa superior y complementaria respecto al estudio de los yacimientos mediante "variables aleatorias" que desde un punto de vista probabilístico o estadístico consideran los valores representativos de las características de un yacimiento impuestos al azar dentro de él, sin ninguna dependencia entre ellos y sin considerar que la estructura espacial ha tenido influencia en la distribución de esos valores.

Una de las principales aplicaciones actual de la teoría de las variables regionalizadas se encuentran en el estudio de los yacimientos mineros.

### 2.1.1.1 CARACTERÍSTICAS

Los fenómenos que se presentan desplazados en el espacio, manifestando de este modo una cierta estructura, reciben el nombre de fenómeno regionalizado. Así, el  $F(x)$  es el valor en el punto  $x$  de una característica dada de este fenómeno, diremos que  $f(x)$  es una variable regionalizada (V.R.). Por variable regionalizada, entendemos entonces, una función del espacio cuyo valor varía de un lugar a otro con una cierta apariencia de continuidad. Una ley en mineral, el espesor de una veta, la superficie o el volumen de un bloque de mineral, en un yacimiento minero, son variables regionalizadas. ya hemos dicho que la continuidad atribuida a estas variables se manifiesta sobre todo por la tendencia de ellas a tomar valores, al menos, menos diferentes en dos lugares cuando estos menos alejados estén.

A partir de estas V.R. representadas en la práctica por una cierta cantidad de datos numéricos brutos disponibles, se obtienen datos e informaciones sobre las

características cualitativas estrechamente ligadas a la estructura del fenómeno natural que ellos representan. Tales características esenciales a la V.R. son:

- a. La Localización
- b. La Continuidad
- c. La antesotropía

**a. La Localización.-**

La V.R. no toma sus valores importantes sino en el campo geométrico", es decir, en el campo en el cual la variable es susceptible de tomar valores definidos y al interior del cual se estudiará su variación. para una ley en mineral este campo estará constituido por el espacio geométrico del yacimiento o eventualmente por una parte solamente del yacimiento. Por otra parte se debe limitar el estudio de la variable a una porción de su campo geométrico natural, es decir, la variable debe ser definida como una función de un elemento del espacio. Nos interesa muy a menudo el valor medio de la variable en el interior de un pequeño campo o soporte geométrico,

es decir, el volumen sobre el cual el valor de la V.R. es definida o calculada. Para una ley en mineral este será el volumen de la muestra tomada. La elección del campo geométrico no es, en general, arbitrario. El campo, en efecto, debe ser definido de tal modo que respete ciertas condiciones de homogeneidad física.

**b) La Continuidad.-**

La V.R. que se presenta con una continuidad más o menos estable en su variación espacial, puede ser expresada a través de una desviación más o menos importante entre los valores de dos muestras vecinas. Esta desviación más o menos importante refleja, por otra parte, el grado de dependencia o independencia que existe entre un valor y otro.

Algunas variables por ejemplo, con un carácter geométrico marcado (espesor, potencias, dependientes de una formación) están envueltas con aquella continuidad estricta de las funciones matemáticas y eso refleja el alto grado de dependencia entre un valor y su adyacente. Existen

circunstancias, en que aún esta continuidad poco definida no puede ser confirmada y entonces se habla de estar en presencia de un cierto "efecto pepita" (caso de los minerales erráticos).

Por último existen casos donde los valores representativos de las características de un yacimiento no poseen ninguna dependencia entre ellos, es decir, son totalmente independientes, expresando con esto una disposición verdaderamente impuesta al azar (caso de variable aleatoria) dentro de yacimiento. El estudio de esta continuidad nos lleva a considerar la "variable aleatoria" como un caso particular de "variable regionalizada".

**c) La Anisotropía.-**

Estas características esencial de la V.R. se refiere a que puede existir una dirección privilegiada a lo largo de la cual los valores no varían en forma significativa mientras que ellos varían sí a lo largo de otra dirección. Estos

fenómenos son también conocidos bajo el nombre de "zonalizaciones".

De acuerdo a las consideraciones relativas a la continuidad de la V.R., expuestas anteriormente aquellas se presentan bajo dos aspectos complementarios.

Un aspecto aleatorio: representado por la alta irregularidad y por las variaciones imprevistas de uno a otro;

Un aspecto estructural, representado por las características estructurales del fenómeno regionalizado.

Debido a estos fenómenos específicos de la distribución espacial de la V.R. se confirma la necesidad de superar el marco neto del cálculo de probabilidades y de encontrar nuevas herramientas matemáticas que permitan adoptar un modo de formulación sintética, capaz de interpretar estos dos caracteres

esenciales de la V.R., su aspecto aleatorio y estructural, de aquí que la geoestadística se propone dos objetivos principales:

Expresar estas características estructurales mediante una formulación matemática adecuada;

Resolver el problema de la estimación de una V.R.

Estos dos objetivos están ligados por una sola operación: El muestreo del yacimiento, que proporcionará un mayor o menor error en la estimación de acuerdo a las características estructurales del yacimiento, ya que mientras más irregular y más discontinua sea la V.R. en su variación espacial, mayor podrá ser el error cometido en la estimación.

#### **2.1.1.2 METODOS DE ESTUDIO.-**

Para el estudio de la V.R. se utilizan:

a. Los métodos Transitivos, que mediante la representación de valores numéricos permiten

obtener una realidad física. Estos métodos no utilizan interpretaciones probabilísticas.

**b. Los Métodos Intrínsecos**, que postulan la homogeneidad del fenómeno en estudio en el espacio y que se formula en términos probabilísticos.

Los Métodos Intrínsecos son menos generales pero más poderosos. Menos generales en el sentido que muchos fenómenos no pueden considerarse como estacionarios; más poderosos ya que los fenómenos transitivos no distinguen, en una regionalización, lo imputable a la variable misma y lo imputable de la geometría de su campo mientras que los métodos Intrínsecos eliminan toda la influencia geométrica. Sin embargo, hay convergencia entre los resultados otorgados por ambos métodos y se puede suponer entonces que:

Los métodos transitivos poseen un carácter probabilístico implícito, y que

Los métodos intrínsecos no utilizan sino en apariencia la hipótesis de estacionariedad que parece indispensable en su construcción.



### 2.1.2 LA FUNCION VARIOGRAMA

En la herramienta fundamental de la Geoestadística, expresa mediante modelización matemática el comportamiento de la mineralización. Se calculan mediante la fórmula general:

$$2\gamma(h) = \sum_{i=1}^n \frac{[Y(x+h) - Y(x)]^2}{(n - h)}$$

Donde:

Y = variable estudiada (en nuestro caso: Ley de Zn)

Y(x) = valor de la variable en el punto x

Y(x+h) = valor de la variable en el punto x+h

h = paso entre las muestras (distancias)

n = número de muestras

$2\gamma(h)$  = valor de la función variograma para un valor h

Uno de los modelos teóricos más usados para aproximar variogramas experimentales es el Esférico ó de Matheron, y que como se verá

posteriormente también hemos utilizado. Se tiene:

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C [3h/2a - h^3/2a^3]; & \text{para } h < a \\ C_0 + C & ; \text{ para } h > a \end{cases}$$

$$y, \quad C = \sigma^2 - C_0$$

Donde:

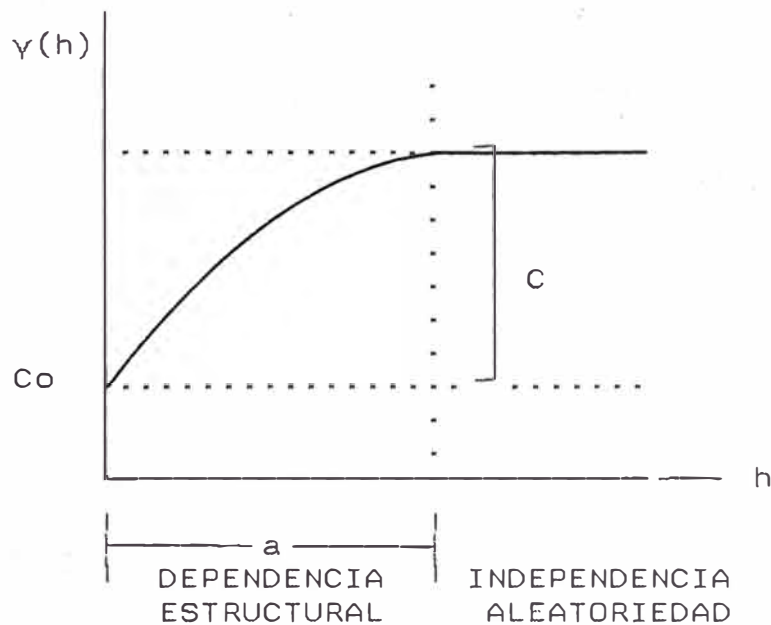
$a$  = alcance o influencia

$\sigma^2$  = varianza

$C_0$  = efecto de pepita

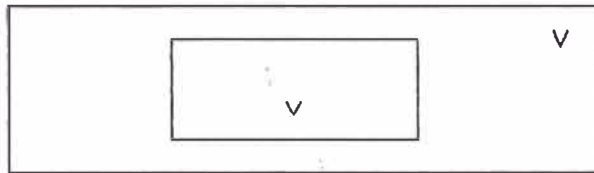
$C$  = meseta

$\gamma$  , cuyo gráfico es el siguiente:



### 2.1.3 LA VARIANZA DE EXTENSION O ESTIMACION

Supongamos estimar un bloque mineralizado  $V$ , mediante un pique  $v$  y asignémosle al bloque  $V$ , la ley media  $Z(v)$  obtenida en el pique. Al estar "extendiendo" el valor  $v$  a todo el bloque  $V$ , estamos cometiendo un error que se cuantificará mediante la "Varianza de Extensión".



Ley media del bloque (desconocido):

$$Z(V) = \frac{1}{V} \int Y(x) dx$$

Ley media del pique (estimada):

$$Z(v) = \frac{1}{v} \int Y(x) dx$$

Donde:  $Y$  es la ley de mineral.

La varianza de extensión  $v$  a  $V$ ,  $\sigma^2(v/V)$ , será la varianza del error  $Z(V)-Z(v)$  que se comete al atribuirle a  $V$ , la ley media  $Z(v)$  de  $v$ , que escribiremos:

$$\sigma^2(v/V) = 2\gamma(V,v) - \gamma(V^2) - \gamma(v^2)$$

Para el método Geoestadístico (Kriging) se tiene una fórmula de Varianza de Estimación distinta y que está involucrada dentro de la Precisión Relativa que veremos más adelante.

#### 2.1.4 LA VARIANZA DE DISPERSION

Supongamos ahora que en lugar de conocer la ley media  $Z(v)$  de  $Y(x)$  en el pique  $v$ , conozcamos la ley media.

$$Z^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y(x_i)$$

De  $N$  muestras efectuadas en  $N$  puntos  $x_i$  al interior de un yacimiento.

$Z^*$  es una variable aleatoria, cuyas características pueden deducirse de  $\gamma(h)$  que corresponda. Llamaremos Varianza de Dispersión  $\sigma^2$ , (de  $V$  mediante  $N$  muestras efectuadas en los  $N$  puntos  $x_i$ ) a la varianza de la diferencia  $Z(V) - Z^*$ . Se encuentra así la fórmula fundamental:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [Z(V) - Z^*]^2$$

En función del variograma es posible expresarla como:

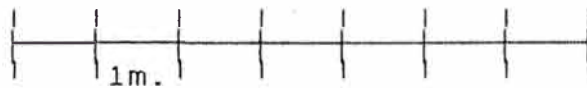
$$D^2(v/V) = \gamma(V,V) - \gamma(v,v)$$

La varianza de dispersión funciona como un medidor de la homogeneidad de la mineralización al interior del cuerpo.

Podríamos decir que la Varianza de Extensión se reserva a la extensión de una muestra única en su "zona de influencia" y el de Varianza de Dispersión a la extensión de un número de muestras en el yacimiento entero o en un gran panel.

#### 2.1.5 REGULARIZACION Y VARIOGRAMA REGULARIZADO

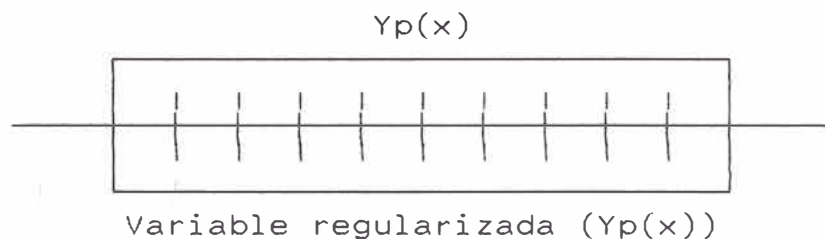
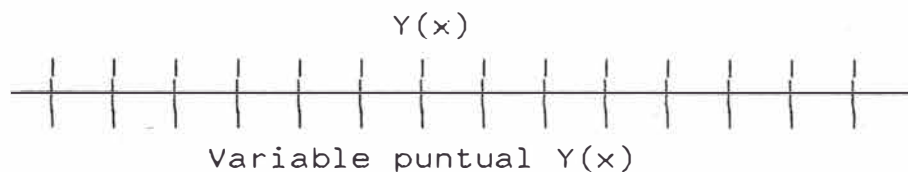
Supongamos tener un sondaje muestreado metro a metro, tal como lo indica la figura. Cada muestra es puntual y por lo tanto la variable en estudio (ley en mineral, peso específico, etc.) puede ser definida como una variable puntual.



Sin embargo ciertas veces se requiere no hacer un estudio sobre cada "punto" del zondaje sino sobre un conjunto de estos "puntos". Por ejemplo si nos interesa la distribución de bloques de 5 metros de altura

en el yacimiento, tendremos que reunir 6 puntos (5 intervalos de a metro) y hacer el estudio sobre la Variable ahora reunida en conjuntos de 6 puntos. Como la nueva variable es más regular que la variable puntual, aquella recibe el nombre de Variable Regularizada, (Y digamos de paso que la distribución y estudio de los trazos de 5m. proporcionará una distribución y estudio bastante diferente de los puntos distanciados a cada metro).

El nuevo "soporte" de la variable regularizada está constituido ahora, por la agrupación de 5 trazos de 1m. cada uno.



En términos generales podemos escribir que:

$$Y_p = \frac{n_1 y_1 + n_2 y_2 + \dots + n_n y_n}{n}$$

Donde:

$n_i$  = número de muestras de intervalo de valor  $y_i$

$$n = \sum_{i=1}^n n_i$$

Es decir:

$$y_p = \frac{n_1}{n} y_1 + \frac{n_2}{n} y_2 + \dots + \frac{n_n}{n} y_n ; \text{ osea}$$

$$y_p = \sum_{i=1}^n p_i y_i, \quad \text{en que } p_i = \frac{n_i}{n}$$

El variograma regularizado es simplemente una ponderación del variograma puntual; así, cada término del variograma puntual contribuye con su respectivo aporte al variograma regularizado.

## 2.2 ESTUDIO ESTADÍSTICO - ESTRUCTURAL DE DATOS DE CAMPO

El estudio estadístico (Ver Anexo 1) involucra el estudio de histogramas y coeficientes de correlación básicamente, este estudio sólo puede ofrecer una visión global acerca del comportamiento

de la variable, pues la trata como Variable Aleatoria; no revela información acerca de su comportamiento local, ni acerca de la orientación preferencial de la mineralización económica que si la obtenemos mediante el Estudio Estructural la cual expresa estos conceptos en modelos matemáticos.

Este Cuerpo Mineralizado posee información de 3 metales: Zinc, Plata y Plomo, pero debido a las bajas leyes de los metales Plata y Plomo, consideramos en el presente estudio al Zinc como la variable principal.

### 2.2.1 MEDIAS Y VARIANZAS (Sin Ley de Corte)

VARIABLE	MEDIA	VARIANZA( $\sigma^2$ )	VARIANZA RELATIVA( $\sigma r^2$ )
Zinc	6.40	2.853	0.070
Plata	0.63	0.259	0.650
Plomo	0.20	0.076	1.900

Con la finalidad de hacer una comparación entre los rangos de variabilidad de dos o más variables utilizamos la Varianza Relativa ( $\sigma r^2$ ). Como sabemos, el grado de homogeneidad de las variables se refleja en sus respectivas varianzas, así tenemos que para la variable Zinc la Varianza relativa es bastante pequeña



en relación a las otras, lo que quiere decir que la mineralización es muy homogénea respecto del Zinc.

#### **2.2.2 DIAGRAMAS DE LEYES MEDIAS Y VARIANZAS SEGUN PROFUNDIDAD**

En estos gráficos (Anexo 2) se observan el comportamiento de la media y varianza estadística, nos proporciona una idea de la cantidad de metal y grado de variación de las diferentes variables en cada uno de los bancos.

Observando el número de compositos (NCOMP) por banco de mineral para cada variable, diremos que la estimación no podrá ser más abajo de 6 ó 7 bancos debido a la poca información conocida más allá de ese nivel, por esto centraremos nuestro estudio hasta el banco 7 solamente.

Se aprecia además que en profundidad las leyes de Zinc van disminuyendo, presentándose en cambio un incremento en la Plata (aunque en un nivel bastante bajo) y la presencia del Plomo es casi inexistente.

### 2.2.3 HISTOGRAMAS

Se calcularon para las variables Zn, Pb y Ag. obteniendo los siguientes resultados:

LEY DE CORTE	VARIABLE	TIPO DISTRIBUCION	GRAFICO No.
2.50	Zinc	Normal	2a
0.20	Plata	Aprox. Log.-Normal	2b
0.10	Plomo	Log. Normal	2c

Observando los histogramas se aprecia que la variable Zinc tiene una Distribución Normal lo cual es confirmado por el valor del Chi-cuadrado positivo ( $16.08 < 23.70$ ), lo cual ya se preveía debido a su homogeneidad alrededor de la media ( $\sigma^2 = 0.07$ ); la variable Plata con un valor chi-cuadrado negativo ( $34.14 > 23.70$ ) presenta una Distribución aproximadamente Log-Normal; y la variable Plomo con un valor negativo del Chi-cuadrado ( $215.92 \gg 23.70$ ) presenta una Distribución Log-Normal aunque quizás debido a que algunos de los datos fueron probablemente mal transcritos según muestra el respectivo gráfico.

La Distribución Normal de nuestra variable principal Zinc nos condiciona un tratamiento posterior adecuado para el Cálculo de Reservas del cuerpo mineralizado que será el Krigeage Clásico ó Puntual.

#### 2.2.4 COEFICIENTES Y NUBES DE CORRELACION

Los resultados fueron los siguientes:

	COEF. CORRELACION	GRAFICO No.
Zn-Ag	0.21	3a
Zn-PB	-0.34	3b

Como vemos los coeficientes son bajos, no muestran una marcada relación ó similitud en contenido metálico entre ellas dentro del lente mineralizado.

#### 2.2.5 VARIOGRAMAS

Se obtuvieron 2 Variogramas Medios principales (Gráficos adjuntos) uno Horizontal especialmente orientado longitudinalmente al cuerpo mineral y otro vertical.

Los resultados de los Variogramas Ajustados fueron los siguientes:

	HORIZONTAL	VERTICAL
Co:	0.75	0.33
C :	2.10	0.92
$\sigma^2$ :	2.85	1.25
Alcance (mts.):	25	25

Haciendo una Normalización de los Variogramas obtenemos:

	HORIZONTAL	VERTICAL
Co:	0.357	0.359
C :	1.000	1.000
$\sigma^2$ :	1.357	1.359
Alcance (mts.):	25	25

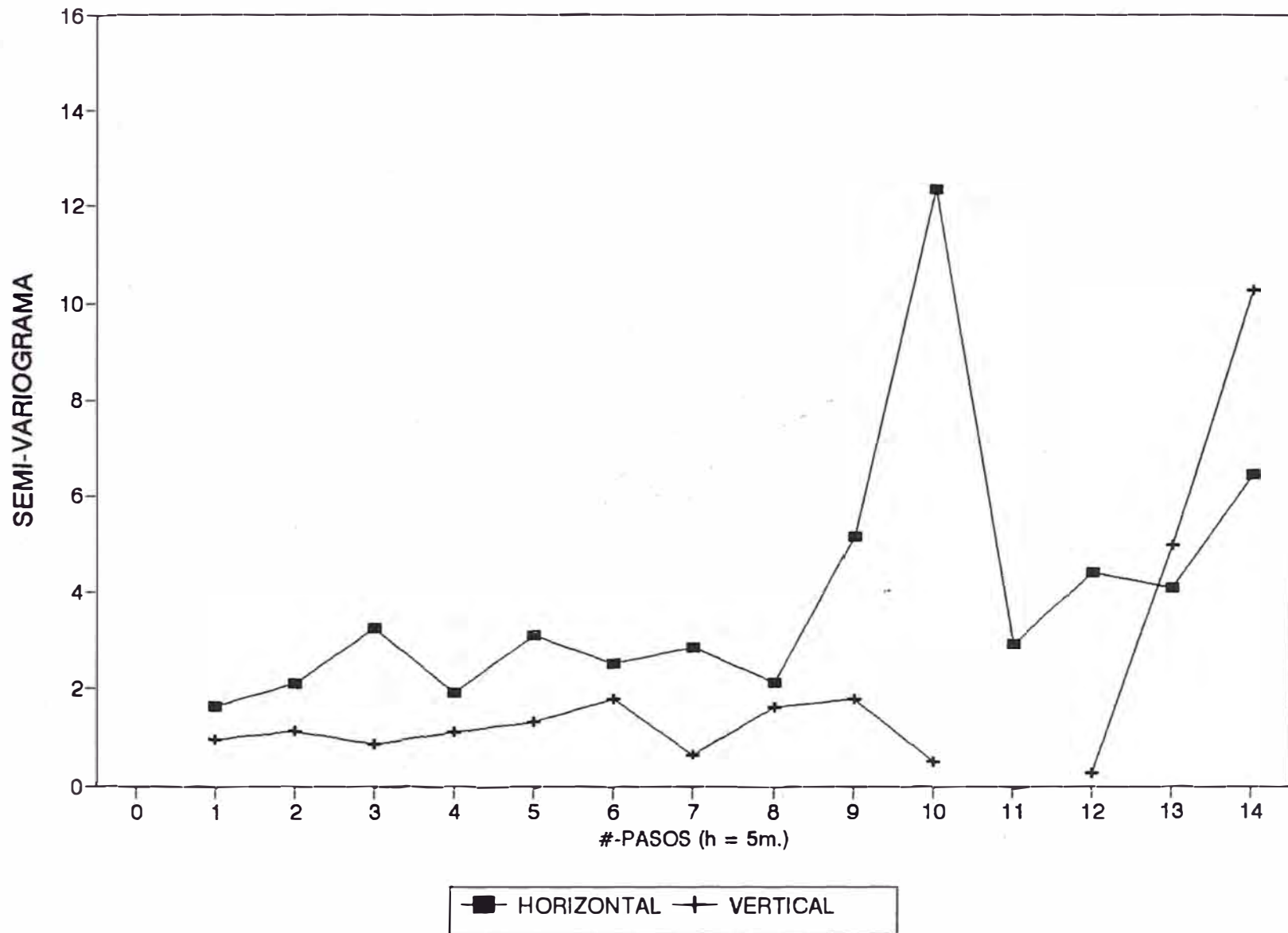
Principalmente, observamos para ámbos Varogramas lo siguiente:

Una Isotropía direccional de la variable, mostrando una estructura geoestadística hasta una distancia de 25 mts. luego del cual adquiere la aleatoriedad.

Variogramas Isotrópicos como se confirma en los Variogramas Normalizados (a meseta igual a 1).

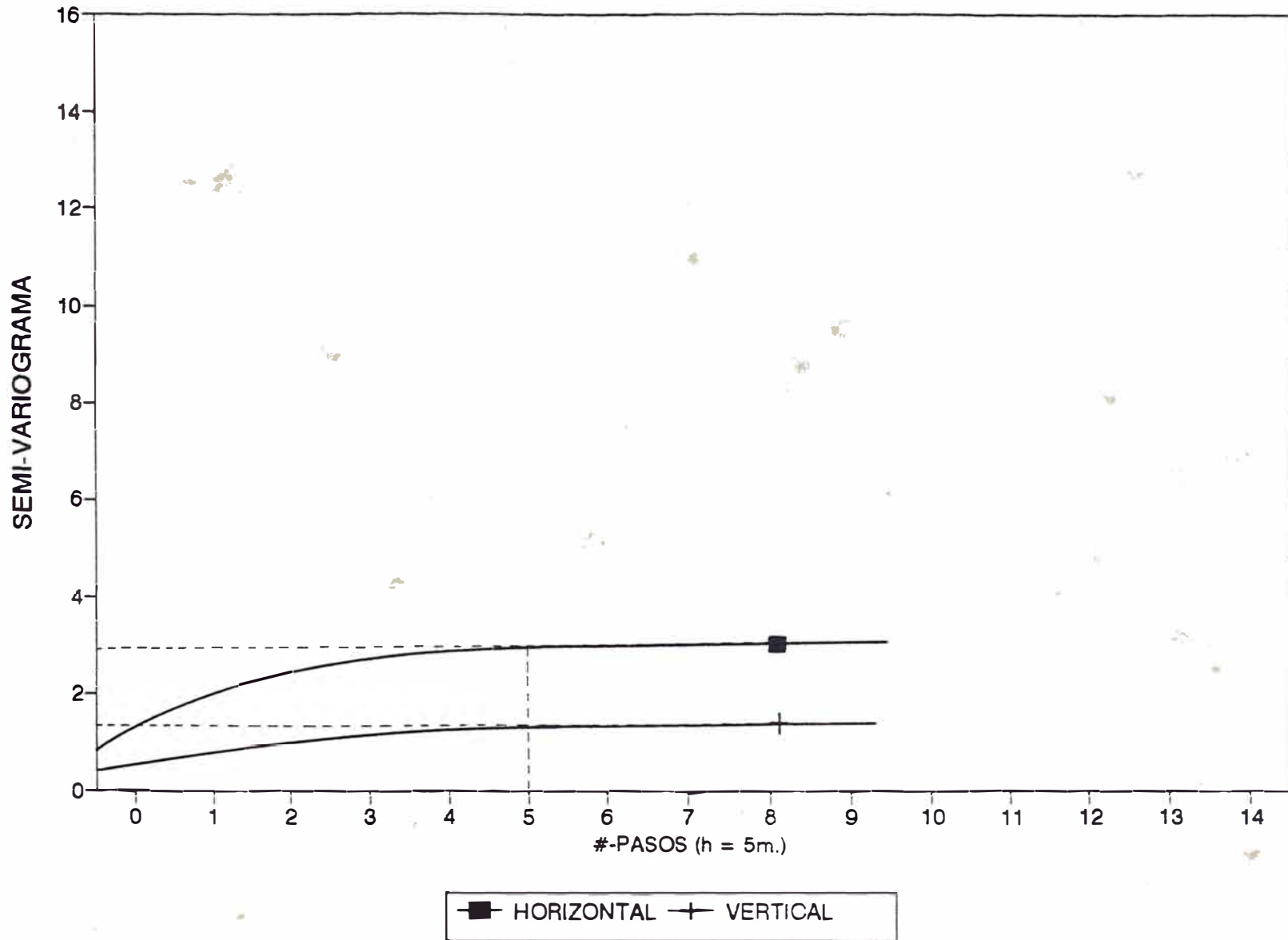
# VARIOGRAMAS HORIZONTAL-VERTICAL

## De Todos los Bancos



# VARIOGRAMAS MEDIOS AJUSTADOS De Todos los Bancos

33



La variabilidad de la variable en sentido horizontal es mayor que en sentido vertical ( $\sigma^2(\text{horizontal}) > \sigma^2(\text{vertical})$ ), la que podemos apreciar en los Variogramas no Normalizados.

## 2.3 CALCULO DE RESERVAS

Para el Cálculo de Reservas utilizaremos 2 métodos: El inverso de la Distancia y el Krigeage Clásico ó Puntual (Geoestadístico). La metodología aplicada y consecuencias de cada método es como sigue:

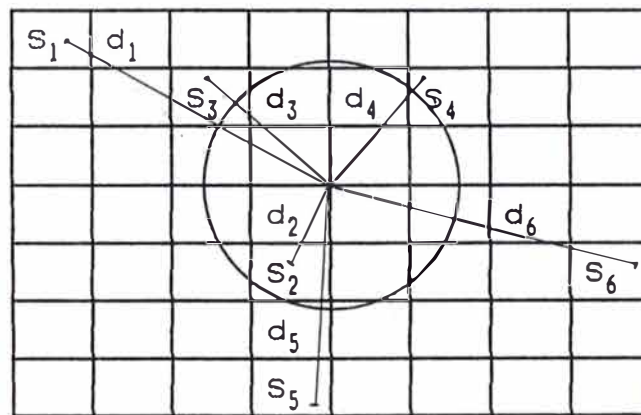
### 2.3.1 METODO DEL INVERSO DE LA DISTANCIA

La aplicación del método consistió en:

Formación de Paralelepípedos (blocks ó compósitos) de dimensiones en nuestro caso de 5 x 5 x 10 metros.

Determinación de la ley de estos blocks en función de los compósitos vecinos de ese nivel y de los niveles de arriba y abajo, con un peso proporcional al inverso de la distancia.

- Normalmente para el cálculo de la ley de los blocks se usa un área de influencia (alcance) establecida "al olfato" por el Ing. Geólogo, pero en nuestro caso hemos usado el alcance encontrado en el Variograma que es de 25 metros.



$$\text{Ley de Panel (P)} = \frac{LS_2(1/d_2^2 + LS_3(1/d_3^2) + LS_4(1/d_4^2)}{1/d_2^2 + 1/d_3^2 + 1/d_4^2}$$

Donde:

- a = radio de influencia
- (P) = panel a estimarse
- $d_i$  = distancia de los sondajes
- $LS_i$  = Leyes de los sondajes
- $S_i$  = Sondajes

Las consecuencias del método son entre otras:

- Permite obtener las leyes de los blocks, más representativos de la realidad (es



una clara ventaja respecto a la Estimación Poligonal que se utiliza en esta Cía. Minera), porque hace intervenir ponderadores en función de las distancias del block a los sondajes.

No existe un formalismo teórico sobre el que reposa este procedimiento. Así tenemos que el ponderador de las leyes que utiliza puede ser indistintamente el inverso a la potencia 1, 2, 3, 4 de la distancia del block a los sondajes.

Cuando existe un taladro central no se puede utilizar la ponderación por el inverso de la distancia, se asigna al block la ley del taladro central, con riesgo de sub o sobre-estimación.

No toma en cuenta la geometría de los bloques.

No permite obtener niveles de confianza a la estimación, es decir medir el error cometido.

Los resultados se presentan en el "Cuadro-I" paralelamente con los del método del Krigeage Clásico.

### 2.3.2 METODO DEL KRIGEAGE CLASICO O PUNTUAL (GEOESTADISTICO)

Hemos efectuado la evaluación por el método del Krigeage, para una malla de perforación regular (5 x 5 metros). El método tiene dos fines principales:

- a) Garantizar una estimación insesgada, osea sin error sistemático.
- b) Optimizar la estimación, en el sentido de proporcionar una varianza mínima (osea una precisión máxima).

El método consiste en dar un determinado peso  $\lambda$  a cada información  $Z_i$  (Ley del Compósito) que se tiene, y en estimar la ley  $Z_{p^*}$  de un block P por la combinación líneal :

$$Z_{p^*} = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_i$$

Los  $\lambda_i$  se calculan en base a las 2 condiciones mencionadas (a,b) por las que se

llega a un sistema de ecuaciones lineales, cuya solución nos proporciona los  $\lambda_i$ .

Tal sistema de ecuaciones que verifica los  $\lambda_i$  es:

$$\begin{aligned}\sum \lambda_i \gamma_{ij} + \mu &= \gamma_{ip} \\ \sum \lambda_i &= 1\end{aligned}$$

Donde los  $\gamma_{ij}$ , representa el valor medio del variograma entre el volumen geométrico del grupo  $i$  y el volumen geométrico del grupo  $j$ .  $\gamma_{ip}$  representa el valor medio del variograma entre el volumen del grupo  $i$  y el block (panel)  $P$  que se estima.  $\mu$  es un parámetro auxiliar (parámetro de Lagrange).

En nuestro caso la ley de cada block (panel se estima en base a la siguiente configuración:

Del alcance de los Variogramas, todos los compósitos con ley conocida dentro del elipsoide de influencia ( $a_H = a_V = 25$  metro tenemos una esfera de influencia), osea datos de leyes de compósitos vecinos de ese nivel y de niveles arriba y abajo

que se encuentren al interior de la esfera de influencia.

Debido a la poca información conocida de leyes de compósitos se ha estimado cada block de acuerdo al criterio anterior además de la siguiente restricción:

Blocks que no pueden ser estimados por no tener ningún dato dentro de la esfera de influencia serán estimados para un nuevo alcance de 35 metros, este inconveniente lo tuvimos también en el método del inverso de la distancia.

#### DETERMINACION DE LA PRECISION LOCAL

La determinación de la estimación del Método Geoestadístico está dado por la Varianza de Krigeage, que es igual a:

$$\sigma_k^2 = \sum \lambda_i Y_{ip} - Y_{pp} + \mu$$

Y su precisión relativa (PR) ó error relativo (ER) será:

$$PR = \frac{\sigma_k}{\text{Ley Media}} = 100$$

Admitiendo una Distribución Normal (de Gauss) de las leyes de los paneles, resulta que con una posibilidad inferior a 32% tendremos:

$$Zp^* - \sigma_k < Zp < Zp^* + \sigma_k$$

Donde,  $Zp$  = ley real del panel.

Tomando un ejemplo cualquiera de los paneles evaluados, suponiendo un valor para la varianza de krigeage de:

$$\sigma_k^2 = 0.95$$

Para una ley media arbitraria de 6.95% de Zn, tendremos que su precisión relativa a una desviación estándar será:

$$\text{Precisión Relativa} = \frac{\sigma_k}{\text{Ley Media}} * 100 = 14\%$$

Quiere decir que nuestro intervalo de confianza de la estimación de un bloque (5\*5\*10 metros) con 32% de posibilidad de error estará dada por:

$$6.950 - 0.975 < Zp < 6.950 + 0.975$$

Entre las consecuencias principales del método del krigeage tenemos:

Las leyes de los paneles obtenidos son los más ajustados a la realidad debido a la eliminación de cualquier sesgo de sub ó sobre-estimación.

La posibilidad de asignar niveles de confianza al cálculo de la ley de los paneles (blocks) y por ende del yacimiento.

Los resultados de estimación por los métodos Geoestadístico (incluyendo resultados de precisión relativa) e Inverso de la Distancia para cada panel se muestran en el siguiente cuadro:

Además hemos representado la estimación Geoestadística como superficies de leyes isovalóricas por banco tal como se muestra en el Anexo de Gráfico 3B, así como el Reporte por banco de leyes y tonelajes, para leyes de corte variables (Anexo de cuadros 3C), esto para tener un mejor conocimiento del Cuerpo mineral para posterior planeamiento de la producción.

Coordenadas			Ley	Ley	Error	Tonelaje
I	J	K	I.D.	Krigeada	Relativo	Block
			( Zn% )	( Zn% )	( % )	( T.M. )
*****			*****	*****	*****	*****
7	7	1	6.54	6.38	18.06	107.10
7	8	1	6.39	6.09	17.77	85.00
8	7	1	6.51	6.38	15.68	74.80
8	8	1	6.24	5.97	15.17	425.00
9	8	1	6.37	6.15	15.73	319.60
9	9	1	6.37	6.05	18.11	234.60
10	9	1	6.52	6.30	20.11	425.00
10	10	1	6.53	6.33	22.10	74.80
11	9	1	6.61	6.50	22.30	107.10
11	10	1	6.59	6.51	23.40	629.00
11	11	1	6.74	6.57	19.85	51.00
12	10	1	7.11	7.10	20.19	153.00
12	11	1	6.86	6.68	22.33	680.00
12	12	1	6.75	6.75	20.27	107.10
13	11	1	6.79	6.80	20.06	202.30
13	12	1	6.79	6.82	18.25	765.00
13	13	1	6.78	6.80	16.48	425.00
13	14	1	6.74	6.72	15.85	42.50
13	15	1	6.69	6.63	16.77	297.50
13	16	1	6.41	6.44	16.66	51.00
14	12	1	6.86	6.93	15.71	277.10
14	13	1	6.89	6.95	12.34	850.00
14	14	1	7.03	7.00	11.24	574.60
14	15	1	6.49	6.50	13.33	402.90
14	16	1	6.14	6.08	15.27	493.00
14	17	1	6.16	6.28	16.10	425.00
15	13	1	7.11	7.15	6.04	595.00
15	14	1	7.16	7.19	7.49	850.00
15	15	1	6.67	6.67	11.87	850.00
15	16	1	6.37	6.29	14.24	722.50
15	17	1	5.97	5.83	14.64	384.20
15	18	1	6.24	6.41	13.45	595.00
15	19	1	6.38	6.78	11.41	360.40
16	13	1	7.11	7.17	9.63	149.60
16	14	1	7.18	7.24	9.92	850.00
16	15	1	7.08	7.20	12.19	850.00
16	16	1	6.78	6.72	13.09	850.00
16	17	1	6.12	6.03	12.50	829.60
16	18	1	6.05	5.84	9.23	362.10
16	19	1	5.91	6.01	5.16	382.50
16	20	1	6.53	6.98	8.83	552.50
17	14	1	7.29	7.28	12.35	595.00
17	15	1	7.42	7.52	11.63	850.00
17	16	1	6.87	6.87	11.18	850.00
17	17	1	6.33	6.26	8.68	850.00
17	18	1	5.82	5.60	5.54	850.00
17	19	1	6.02	5.82	7.66	340.00
17	20	1	6.29	6.56	11.33	510.00
18	14	1	7.72	7.62	12.42	272.00
18	15	1	7.33	7.56	9.49	850.00
18	16	1	7.39	7.66	4.68	850.00
18	17	1	6.85	6.85	6.47	850.00
18	18	1	6.25	6.07	9.43	850.00
18	19	1	6.10	5.97	12.18	748.00
18	20	1	6.26	6.50	14.68	68.00
19	14	1	7.64	7.82	12.59	17.00
19	15	1	7.66	7.85	6.56	782.00

19	16	1	7.70	7.92	4.29	850.00
19	17	1	7.00	7.17	9.69	850.00
19	18	1	6.65	6.78	13.49	850.00
19	19	1	5.92	5.83	14.44	850.00
19	20	1	6.17	6.27	15.90	187.00
20	15	1	7.63	7.83	11.48	277.10
20	16	1	7.24	7.13	10.37	850.00
20	17	1	7.36	7.39	11.25	850.00
20	18	1	7.19	7.17	12.77	850.00
20	19	1	6.60	6.50	14.45	850.00
20	20	1	6.58	6.39	16.42	425.00
21	16	1	7.21	6.91	11.95	552.50
21	17	1	7.16	6.96	10.41	850.00
21	18	1	7.21	7.15	10.93	850.00
21	19	1	6.88	6.82	13.41	850.00
21	20	1	6.66	6.53	15.94	510.00
22	16	1	7.04	6.56	12.28	85.00
22	17	1	6.71	6.48	7.20	787.10
22	18	1	6.99	6.77	8.94	850.00
22	19	1	7.16	7.04	13.08	850.00
22	20	1	6.91	6.74	17.01	680.00
23	17	1	6.83	6.41	10.99	192.10
23	18	1	6.94	6.70	11.92	829.60
23	19	1	6.88	6.67	15.38	850.00
23	20	1	6.90	6.69	18.14	748.00
24	18	1	6.82	6.49	16.68	238.00
24	19	1	6.86	6.59	18.10	841.50
24	20	1	6.88	6.63	19.76	807.50
25	19	1	6.86	6.55	20.27	382.50
25	20	1	6.52	5.90	19.32	829.60
26	20	1	5.96	5.81	19.73	680.00
26	21	1	4.45	4.45	23.50	107.10
27	20	1	4.45	4.45	22.35	192.10
27	21	1	4.45	4.45	21.83	467.50
28	21	1	4.45	4.45	19.55	595.00
28	22	1	4.45	4.45	19.93	42.50
29	21	1	4.45	4.45	17.62	212.50
29	22	1	4.45	4.45	18.19	425.00
30	22	1	4.45	4.45	18.18	484.50
31	22	1	4.45	4.45	19.84	68.00
31	23	1	4.45	4.45	21.35	297.50
32	23	1	4.45	4.45	22.79	190.40

8	8	2	6.66	6.67	13.51	64.60
9	7	2	7.45	7.54	14.98	190.40
9	8	2	6.90	6.91	14.91	277.10
10	8	2	6.83	6.93	21.57	340.00
10	9	2	6.67	6.63	24.33	107.10
11	9	2	6.71	6.71	27.93	595.00
11	10	2	6.66	6.62	29.73	42.50
12	9	2	6.72	6.73	30.47	107.10
12	10	2	6.72	6.71	26.10	617.10
12	11	2	6.19	5.72	25.15	68.00
13	10	2	6.84	6.65	29.37	107.10
13	11	2	6.73	6.71	26.31	680.00
13	12	2	6.70	6.66	23.78	340.00
13	14	2	6.57	6.44	17.69	85.00
13	15	2	6.54	6.41	17.24	64.60
14	11	2	6.75	6.74	25.17	212.50



14	12	2	6.73	6.70	21.60	850.00
14	13	2	6.64	6.56	16.78	722.50
14	14	2	6.44	6.30	10.83	277.10
14	15	2	6.35	6.23	8.77	416.50
14	16	2	6.32	6.24	15.72	212.50
15	12	2	6.76	6.76	20.84	489.60
15	13	2	6.94	6.88	15.11	850.00
15	14	2	6.54	6.40	10.31	850.00
15	15	2	6.47	6.28	11.32	637.50
15	16	2	6.21	6.20	15.38	214.20
15	17	2	6.09	6.18	17.47	255.00
15	18	2	6.21	6.53	17.53	85.00
16	12	2	7.21	7.17	20.29	64.60
16	13	2	7.16	7.11	17.23	807.50
16	14	2	7.01	6.94	15.04	850.00
16	15	2	6.53	6.46	15.02	850.00
16	16	2	6.22	6.05	15.59	807.50
16	17	2	6.21	6.23	14.67	425.00
16	18	2	6.12	6.21	12.71	149.60
16	19	2	6.43	6.76	12.51	319.60
17	13	2	7.32	7.40	19.09	467.50
17	14	2	7.22	7.45	17.05	850.00
17	15	2	7.01	6.92	15.60	850.00
17	16	2	6.83	6.81	14.13	850.00
17	17	2	6.23	6.18	10.01	850.00
17	19	2	6.28	6.37	9.42	107.10
17	20	2	6.38	6.88	16.56	127.50
18	13	2	8.12	8.25	18.92	127.50
18	14	2	7.90	8.32	16.84	850.00
18	15	2	7.61	8.15	11.89	850.00
18	16	2	6.95	7.05	4.94	850.00
18	17	2	6.30	6.20	7.15	850.00
18	18	2	6.20	6.17	10.19	850.00
18	19	2	6.10	6.23	14.77	64.60
19	14	2	8.10	8.32	13.18	552.50
19	15	2	8.17	8.60	6.78	850.00
19	16	2	7.46	7.78	6.17	850.00
19	17	2	6.90	6.98	12.57	850.00
19	18	2	6.35	6.26	13.84	850.00
19	19	2	6.25	6.41	15.73	319.60
20	14	2	8.04	8.20	13.72	192.10
20	15	2	8.13	8.36	12.49	850.00
20	16	2	7.85	8.20	14.77	850.00
20	17	2	7.37	7.37	13.83	850.00
20	18	2	6.83	6.75	13.24	850.00
20	19	2	6.70	6.55	13.40	659.60
21	15	2	7.76	7.86	16.71	489.60
21	16	2	7.45	7.55	15.89	850.00
21	17	2	7.26	7.38	13.30	850.00
21	18	2	6.87	6.91	7.68	850.00
21	19	2	6.75	6.74	6.50	850.00
22	15	2	7.56	7.47	19.40	61.20
22	16	2	7.31	7.28	17.43	744.60
22	17	2	7.21	7.27	13.64	850.00
22	18	2	7.18	7.17	9.01	850.00
22	19	2	6.85	6.84	11.68	850.00
22	20	2	6.90	6.77	18.20	149.60
23	16	2	7.34	7.26	19.63	107.10
23	17	2	7.20	7.03	17.14	744.60
23	18	2	7.18	7.16	16.11	850.00
23	19	2	6.94	6.82	18.31	850.00
23	20	2	6.91	6.75	21.72	238.00

24	17	2	6.87	6.62	22.52	127.50
24	18	2	6.90	6.69	21.99	765.00
24	19	2	6.90	6.72	23.02	850.00
24	20	2	6.90	6.69	24.89	255.00
25	18	2	6.87	6.61	25.67	234.60
25	19	2	6.88	6.64	26.20	850.00
25	20	2	6.26	5.83	24.45	272.00
26	19	2	6.04	5.62	25.03	467.50
26	20	2	5.94	5.55	24.71	425.00
27	19	2	4.45	4.45	28.67	42.50
27	20	2	4.45	4.45	26.78	637.50
28	20	2	4.45	4.45	22.40	425.00
28	21	2	4.45	4.45	19.97	212.50
29	20	2	4.45	4.45	17.50	51.00
29	21	2	4.45	4.45	10.85	637.50
29	22	2	4.45	4.45	14.94	22.10
30	21	2	4.45	4.45	7.82	382.50
30	22	2	4.45	4.45	14.74	340.00
31	22	2	4.45	4.45	20.57	574.60
32	22	2	4.45	4.45	25.65	340.00
32	23	2	4.45	4.45	27.68	319.60
33	23	2	4.45	4.45	30.08	680.00
33	24	2	4.45	4.45	30.98	42.50
34	23	2	4.45	4.45	31.21	234.60
36	24	2	5.32	5.32	33.70	149.60
36	25	2	5.32	5.32	33.17	467.50
37	25	2	5.32	5.32	31.27	467.50
37	26	2	5.32	5.32	29.83	204.00
38	25	2	5.32	5.32	28.55	42.50
38	26	2	5.32	5.32	25.68	657.90
38	27	2	5.32	5.32	24.60	25.50
39	26	2	5.32	5.32	20.62	404.60
39	27	2	5.32	5.32	17.62	416.50

12	9	3	6.77	6.75	30.02	275.40
13	11	3	6.61	6.79	27.47	309.40
14	11	3	6.70	6.67	26.19	646.00
14	12	3	6.67	6.61	24.74	394.40
15	11	3	6.71	6.68	26.17	221.00
15	12	3	6.68	6.63	24.73	850.00
15	13	3	7.15	7.18	21.05	659.60
15	14	3	6.99	6.91	19.22	187.00
16	12	3	7.40	7.30	22.23	702.10
16	13	3	7.38	7.25	21.04	850.00
16	14	3	7.23	7.08	19.94	841.50
16	15	3	6.93	6.97	19.33	489.60
16	16	3	6.31	6.54	19.20	42.50
17	12	3	7.51	7.44	21.97	510.00
17	13	3	7.51	7.50	20.73	850.00
17	14	3	7.52	7.53	19.56	850.00
17	15	3	7.02	7.14	19.03	850.00
17	16	3	6.96	7.37	18.57	702.10
17	17	3	6.96	7.39	18.74	107.10
18	12	3	7.65	7.50	20.82	234.60
18	13	3	7.64	7.73	18.88	850.00
18	14	3	7.68	7.85	17.56	850.00
18	15	3	7.57	7.92	17.57	850.00
18	16	3	7.15	7.38	17.96	850.00
18	17	3	7.02	7.51	18.32	744.60
18	18	3	6.58	6.84	17.95	64.60

19	13	3	7.94	8.05	15.50	787.10
19	14	3	7.80	8.09	13.51	850.00
19	15	3	7.71	8.14	14.60	850.00
19	16	3	7.37	7.76	16.87	850.00
19	17	3	7.02	7.20	18.06	850.00
19	18	3	6.47	6.76	18.51	447.10
20	13	3	7.99	7.90	10.18	425.00
20	14	3	7.90	8.01	9.13	850.00
20	15	3	7.82	8.13	14.25	850.00
20	16	3	7.58	7.79	16.96	850.00
20	17	3	7.46	7.51	18.37	850.00
20	18	3	7.14	7.14	18.37	829.60
21	13	3	8.00	7.82	13.53	56.10
21	14	3	7.86	7.71	13.06	744.60
21	15	3	7.84	7.90	16.52	850.00
21	16	3	7.74	7.83	18.47	850.00
21	17	3	7.52	7.47	18.92	850.00
21	18	3	7.24	7.27	18.37	850.00
21	19	3	6.76	6.56	17.99	42.50
22	14	3	7.77	7.37	18.06	107.10
22	15	3	7.67	7.60	19.61	765.00
22	16	3	7.55	7.66	20.25	850.00
22	17	3	7.44	7.52	20.01	850.00
22	18	3	7.27	7.15	19.23	850.00
22	19	3	6.89	6.67	20.55	178.50
23	15	3	7.56	7.12	21.25	127.50
23	16	3	7.48	7.54	21.91	595.00
23	17	3	7.41	7.48	21.48	850.00
23	18	3	6.90	6.70	22.84	850.00
23	19	3	6.90	6.67	22.88	178.50
24	16	3	7.11	6.63	22.43	204.00
24	17	3	6.89	6.20	23.38	765.00
24	18	3	6.89	6.65	24.91	850.00
24	19	3	6.89	6.64	25.02	192.10
25	17	3	6.88	6.60	26.46	204.00
25	18	3	6.89	6.61	26.33	841.50
25	19	3	6.89	6.59	26.37	234.60
26	19	3	4.45	4.45	29.70	433.50
27	18	3	4.45	4.45	29.60	25.50
27	19	3	4.45	4.45	28.71	659.60
28	19	3	4.45	4.45	27.21	277.10
28	20	3	4.45	4.45	25.40	255.00
29	20	3	4.45	4.45	23.37	595.00
30	20	3	4.45	4.45	22.99	212.50
30	21	3	4.45	4.45	21.64	319.60
31	21	3	4.45	4.45	23.70	510.00
31	22	3	4.45	4.45	24.58	42.50
32	21	3	4.45	4.45	26.52	64.60
32	22	3	4.45	4.45	27.01	404.60

16	12	4	6.39	6.39	24.79	850.00
16	13	4	6.78	6.75	18.95	532.10
16	14	4	7.46	7.47	18.35	382.50
17	11	4	7.73	7.72	22.77	698.70
17	12	4	7.72	7.72	22.46	850.00
17	13	4	8.06	7.90	18.67	850.00
17	14	4	7.73	7.40	17.96	816.00
17	15	4	7.72	7.42	17.99	404.60
18	11	4	7.73	7.74	22.29	387.60
18	12	4	8.46	8.69	20.23	850.00
18	13	4	8.21	7.22	17.57	850.00

18	14	4	7.99	7.19	17.22	850.00
18	15	4	7.99	7.21	17.40	850.00
18	16	4	7.45	7.60	17.71	425.00
19	11	4	7.75	7.76	21.63	176.80
19	12	4	8.41	7.50	17.61	850.00
19	13	4	7.64	7.03	15.95	850.00
19	14	4	7.55	7.04	15.71	850.00
19	15	4	7.54	7.05	16.10	850.00
19	16	4	7.20	6.70	16.54	850.00
19	17	4	7.49	7.47	17.28	255.00
20	12	4	7.63	7.33	16.07	406.30
20	13	4	7.58	7.28	15.18	850.00
20	14	4	7.57	7.05	14.98	850.00
20	15	4	7.47	7.01	15.56	850.00
20	16	4	7.37	7.10	16.30	850.00
20	17	4	7.24	6.87	16.90	659.60
21	12	4	7.55	7.62	16.18	79.90
21	13	4	7.53	7.20	15.01	776.90
21	14	4	7.45	7.06	14.72	850.00
21	15	4	7.41	7.12	15.41	850.00
21	16	4	7.22	6.95	16.00	850.00
21	17	4	7.19	6.87	16.65	846.60
22	13	4	7.40	7.40	15.49	241.40
22	14	4	7.33	7.15	15.00	850.00
22	15	4	7.27	7.10	15.38	850.00
22	16	4	7.10	6.99	15.83	850.00
22	17	4	7.27	6.76	16.66	850.00
22	18	4	6.67	6.58	18.22	85.00
23	14	4	6.75	6.87	15.66	331.50
23	15	4	6.67	6.73	15.91	850.00
23	16	4	6.65	6.71	16.76	850.00
23	17	4	6.59	6.53	17.65	850.00
23	18	4	6.66	6.59	18.39	170.00
24	15	4	6.51	6.87	17.08	351.90
24	16	4	5.99	6.49	19.36	850.00
24	17	4	5.99	6.18	20.94	850.00
24	18	4	6.24	6.30	19.44	277.10
25	16	4	6.02	6.24	20.93	345.10
25	17	4	6.01	6.28	21.53	850.00
25	18	4	5.13	5.13	24.60	447.10
26	17	4	5.13	5.13	24.64	329.80
28	19	4	4.45	4.10	19.18	467.50
28	20	4	5.13	4.18	18.45	221.00

29	19	4	4.45	4.15	18.54	20.40
29	20	4	4.45	4.20	18.06	595.00
29	21	4	4.45	4.23	17.91	107.10
30	20	4	4.45	4.02	17.82	85.00
30	21	4	4.45	4.21	17.94	574.60
31	21	4	4.45	4.16	18.39	231.20
31	22	4	4.45	4.15	18.61	277.10
32	22	4	4.45	4.55	20.16	319.60

17	11	5	5.33	5.33	35.78	850.00
17	12	5	5.33	5.91	32.28	850.00
17	13	5	5.33	5.88	31.85	595.00
17	14	5	5.33	5.86	31.69	42.50
18	11	5	5.33	5.92	32.24	850.00
18	12	5	6.49	7.23	26.96	850.00
18	13	5	6.42	7.09	26.34	850.00
18	14	5	6.25	6.69	24.75	702.10
18	15	5	5.74	5.85	26.81	42.50

19	10	5	5.33	5.93	32.56	141.10
19	11	5	7.22	7.37	25.46	850.00
19	12	5	6.88	6.96	24.49	850.00
19	13	5	6.87	6.75	23.50	850.00
19	14	5	6.76	6.59	23.04	850.00
19	15	5	6.74	6.60	23.53	447.10
20	11	5	6.78	6.76	25.40	785.40
20	12	5	6.76	6.70	24.13	850.00
20	13	5	6.89	6.45	22.58	850.00
20	14	5	6.82	6.44	21.13	850.00
20	15	5	6.79	6.34	21.67	722.50
21	11	5	6.81	6.86	24.33	311.10
21	12	5	6.82	6.88	22.57	850.00
21	13	5	6.78	6.61	20.46	850.00
21	14	5	6.83	6.26	18.95	850.00
21	15	5	6.74	6.01	19.18	833.00
22	12	5	6.89	6.72	20.50	719.10
22	13	5	6.87	6.67	17.55	850.00
22	14	5	6.71	6.41	14.48	850.00
22	15	5	6.47	5.95	13.56	850.00
23	12	5	6.86	6.88	19.30	248.20
23	13	5	6.94	6.91	15.84	850.00
23	14	5	6.71	6.51	11.92	850.00
23	15	5	6.19	5.82	10.47	850.00
24	13	5	6.87	6.86	18.31	465.80
24	14	5	6.76	6.58	16.94	850.00
24	15	5	6.58	6.06	17.70	850.00
24	16	5	6.75	6.22	21.80	212.50
25	14	5	6.87	6.56	22.29	547.40
25	15	5	6.94	6.59	23.57	850.00
25	16	5	6.89	6.46	25.36	617.10
26	15	5	7.00	6.71	27.05	411.40
26	16	5	6.87	6.71	28.99	841.50
26	17	5	6.43	6.31	31.02	425.00
27	16	5	6.47	6.37	31.56	107.10
27	17	5	3.80	4.09	27.48	637.50
27	18	5	3.40	3.52	29.83	408.00
28	17	5	3.35	3.45	30.11	34.00
28	18	5	3.39	3.52	28.41	467.50
28	19	5	3.47	3.65	26.21	404.60
29	19	5	3.45	3.63	24.28	425.00
29	20	5	3.61	3.84	21.56	447.10
30	20	5	3.53	3.73	21.77	319.60
30	21	5	3.64	3.88	21.68	425.00
31	21	5	3.49	3.69	24.65	362.10
31	22	5	3.51	3.72	26.51	255.00
32	22	5	3.43	3.58	28.77	425.00

17	10	6	7.00	7.04	34.11	850.00
17	11	6	6.96	6.98	33.48	788.80
17	12	6	6.64	6.15	31.06	277.10
18	10	6	6.71	6.27	32.09	850.00
18	11	6	6.69	6.28	30.52	850.00
18	12	6	6.65	6.22	28.35	850.00
18	13	6	6.56	6.07	26.33	581.40
18	14	6	6.55	6.08	24.63	102.00
19	9	6	7.14	6.82	34.10	34.00
19	10	6	6.64	6.33	28.62	816.00
19	11	6	6.89	6.53	26.16	850.00
19	12	6	6.99	6.62	23.47	850.00
19	13	6	6.84	6.33	19.90	850.00

19	14	6	6.49	5.90	17.86	702.10
20	10	6	6.90	6.71	26.59	646.00
20	11	6	6.92	6.64	24.20	850.00
20	12	6	7.05	6.81	20.54	850.00
20	13	6	6.85	6.49	15.41	850.00
20	14	6	6.27	5.94	10.85	850.00
20	15	6	6.54	5.85	18.04	187.00
21	10	6	6.89	6.64	24.92	436.90
21	11	6	6.94	6.73	22.00	850.00
21	12	6	6.98	6.95	18.42	850.00
21	13	6	7.07	6.94	14.98	850.00
21	14	6	6.87	6.45	14.23	850.00
21	15	6	6.83	6.15	18.04	195.50
22	10	6	7.00	6.63	22.59	176.80
22	11	6	7.07	6.81	18.80	850.00
22	12	6	7.22	7.25	15.35	850.00
22	13	6	7.23	7.44	13.25	850.00
22	14	6	7.07	6.95	14.04	850.00
22	15	6	6.92	6.46	17.63	195.50
23	11	6	6.93	6.62	13.71	595.00
23	12	6	7.28	7.27	6.52	850.00
23	13	6	7.47	7.70	7.17	850.00
23	14	6	7.19	7.29	12.57	850.00
23	15	6	6.97	6.73	17.79	212.50
24	11	6	6.85	6.57	14.50	64.60
24	12	6	7.08	7.03	11.97	744.60
24	13	6	7.26	7.39	14.03	850.00
24	14	6	7.15	7.22	17.41	850.00
24	15	6	6.73	6.56	21.07	425.00
25	12	6	6.98	6.79	20.61	107.10
25	13	6	7.05	6.99	21.42	702.10
25	14	6	7.09	7.03	23.03	850.00
25	15	6	6.87	6.56	25.62	765.00
25	16	6	6.99	6.68	28.59	30.60
26	13	6	6.90	6.62	26.81	42.50
26	14	6	6.89	6.59	27.73	447.10
26	15	6	6.86	6.44	28.77	816.00
26	16	6	7.02	6.75	30.84	552.50
27	15	6	7.08	6.82	31.65	105.40
27	16	6	5.54	5.06	29.43	552.50
27	17	6	3.31	3.41	32.99	552.50
27	18	6	3.33	3.43	31.28	64.60
28	17	6	3.27	3.34	31.40	127.50
28	18	6	3.28	3.34	28.21	544.00
28	19	6	3.34	3.44	24.51	297.50
29	19	6	3.22	3.26	18.68	238.00
29	20	6	3.39	3.51	12.99	574.60
29	21	6	3.76	3.85	14.22	107.10
30	20	6	3.07	3.21	6.41	62.90
30	21	6	3.49	3.61	14.64	476.00
30	22	6	3.55	3.74	22.46	195.50
31	22	6	3.42	3.57	25.79	425.00

17	11	7	6.72	6.30	21.04	263.50
18	9	7	7.13	7.04	20.87	629.00
18	10	7	6.81	6.62	19.68	850.00
18	11	7	6.81	6.67	18.70	850.00
18	12	7	6.80	6.67	17.57	467.50
18	13	7	6.76	6.59	16.80	42.50
19	9	7	7.01	6.90	19.68	331.50
19	10	7	6.63	6.43	17.62	850.00
19	11	7	6.75	6.69	16.01	850.00
19	12	7	6.79	6.75	14.17	850.00
19	13	7	7.03	6.83	12.99	659.60
20	9	7	6.83	6.40	17.69	91.80
20	10	7	6.71	6.60	16.06	850.00
20	11	7	6.76	6.76	13.54	850.00
20	12	7	6.92	7.01	10.00	850.00
20	13	7	7.25	7.16	7.45	850.00
20	14	7	6.98	6.79	10.49	280.50
21	10	7	6.94	6.47	14.44	707.20
21	11	7	6.72	6.68	11.24	850.00
21	12	7	6.93	6.98	6.00	850.00
21	13	7	7.51	7.48	4.31	850.00
21	14	7	7.12	7.01	10.54	382.50
22	10	7	6.89	6.30	13.16	538.90
22	11	7	6.90	6.51	10.48	850.00
22	12	7	6.96	6.79	8.70	850.00
22	13	7	7.00	7.14	9.95	850.00
22	14	7	7.15	7.10	12.85	391.00
23	10	7	6.81	6.11	12.55	425.00
23	11	7	6.82	6.30	10.46	850.00
23	12	7	6.94	6.68	10.83	850.00
23	13	7	7.13	7.03	12.55	850.00
23	14	7	7.18	7.07	14.73	425.00
24	10	7	6.84	5.91	13.46	51.00
24	11	7	6.84	6.17	11.93	717.40
24	12	7	6.99	6.63	12.78	850.00
24	13	7	7.16	7.00	14.48	850.00
24	14	7	7.16	6.96	16.27	765.00
24	15	7	7.13	6.90	17.66	42.50
25	11	7	6.92	6.06	14.92	51.00
25	12	7	7.01	6.71	15.38	515.10
25	13	7	7.15	6.98	16.47	833.00
25	14	7	6.99	6.76	17.65	850.00
25	15	7	6.99	6.73	18.41	595.00
26	13	7	6.92	6.69	18.12	81.60
26	14	7	7.14	6.81	20.10	357.00
26	15	7	6.85	6.34	20.06	697.00

resultados finales de comparacion de metodos

### CAPITULO III

## **III. ELECCION DEL MÉTODO DE MINADO**

La elección del minado del Cuerpo Magistral-Sur así como los detalles técnicos del mismo fueron realizados por Ings. de la Cía Santander.

Para la elección del método se tomaron en cuenta, entre otras, las siguientes consideraciones:

El yacimiento se encuentra cerca a superficie, con una cobertura de 2 a 10 metros de material morrénico.

Por la geometría del cuerpo, que tiene su parte más potente cerca a superficie y va adelgazando en profundidad.



La relación de Desmonte/Mineral a obtener es relativamente bajo.

Los Costos de inversión y operación serán bajos.

### **3.1 DETALLES TECNICOS DEL OPEN PIT**

Para nuestro análisis posterior hemos utilizado los siguientes detalles técnicos del Open Pit.

Talud final de 60 grados decidido en base al análisis geoestructural de la zona en estudio.

La altura de bancos a usar será de 10 metros, con una berma de 5 metros y toe de 2 metros.

Las vías de acceso para los equipos con un ancho promedio de 6 metros, siendo distribuidos de la siguiente manera:

Vías de acceso dentro del tajo: ancho de berma de 5 mt. con una pendiente de 8 a 10%.

Vías de acceso fuera del tajo: ancho de berma mayor de 6 mt. con una pendiente máxima de 6%.

## CAPITULO IV

### **IV ANALISIS DE SENSIBILIDAD ECONOMICA-FINANCIERA EN LA EXPLOTACION DE MAGISTRAL SUR**

En base a los detalles técnicos antes mencionados se han configurado Open - Pits de explotación de 3, 4, 5 y 6 bancos de mineral, con los cuales hemos hecho un Análisis de Sensibilidad posterior para ver cual de estos será el que nos brinde la mayor recuperación de mineral con el máximo beneficio económico, para resultados de leyes estimadas por ámbos métodos de cálculo empleados.

Los detalles de Tonelajes y Leyes para cada pit de explotación son los siguientes:

	<u>PIT(3B)</u>	<u>PIT(4B)</u>	<u>PIT(5B)</u>	<u>PIT(6B)</u>
<b>TONELAJES</b>				
Mineral (TMS)	123896	160132	198485	233477
Estéril (TM)	184220	344020	538500	812195
Desmorte (TM)	132000	162150	177570	220500
<b>LEYES MEDIAS (Zn)</b>				
Krigeage	7.025	7.036	6.898	6.862
Inv. Distancia	7.062	7.079	7.064	6.981
Stripping radio	2.55	3.16	3.60	4.42

#### 4.1 ASPECTOS ECONOMICOS

##### 4.1.1 PRODUCCION

Como se dijo, la producción del Open-Pit será de contribución a la mina subterránea Santander de tal manera de continuar con su producción normal. El tonelaje a extraer está planeado en alrededor de 300 MT de mineral por día con una producción anual de 90000 TM.

##### 4.1.2 VALORIZACIONES

Con el objeto de determinar los ingresos que se obtendrían con la venta de los concentrados, se ha estimado a niveles de precios para cada uno de los metales con valor comercial, que son los que figuran en el cuadro siguiente:

NIVEL	A	B	C	D
Zinc (\$/TM)	1200.00	1250.00	1300.00	1350.00
Plomo (C/lb)	0.25	0.30	0.35	0.40
Plata (\$/oz)	3.50	4.00	4.50	5.00

Se han hecho valorizaciones del mineral de cabeza con cada uno de los niveles de precios arriba indicados. el procedimiento requerido en las valorizaciones se puede

apreciar en el Anexo 4 de valorización correspondiente.

Debido a que las leyes de Pb - Ag son bastante bajas no es posible obtener normalmente concentrado de Pb sino ocasionalmente, por esto cualquier contribución económica que pueda haber por este concepto será considerado como extra, para el Análisis de Beneficio no lo hemos tomado en cuenta tan sólo el Zn.

Las valorizaciones arrojan los siguientes resultados de precios por toneladas de mineral de cabeza y 1% de ley Zn tratado.

NIVEL	A	B	C	D
US\$/((1% Zn*TM)	4,5343	4,8431	5,1519	5,4607

Cabe mencionar que el nivel B responde a condiciones mínimas esperadas durante todo el proceso productivo del Tajo Abierto.

#### 4.1.3 INGRESOS Y COSTOS

Los ingresos totales al final de la explotación del yacimiento está en función del

tamaño de Pit a elegir: cantidad de mineral a tratar y niveles de cotizaciones, básicamente.

Los costos totales como los ingresos también es función del tamaño del Pit: cantidad de estéril y desmonte a mover.

El costo operativo no es conocido, pero suponemos debe ser bajo por el método de minado empleado, para el análisis consideramos un rango de costos operativos dentro del cual puede encontrarse el verdadero.

#### 4.1.4 INVERSION Y FINANCIAMIENTO

La inversión para Magistral Sur es relativamente bajo, debido a su cercanía a la mina Santander es que se utiliza la infraestructura y algunos equipos de producción de ella como perforadores Track Drills y 1 camión de 24 TH.

La inversión: en Activos Fijos para Magistral Sur, está calculada en aproximadamente \$500,000.00 debidas a la adquisición de un Camión de 24 TM. un Pay-Loader de 5 yd<sup>3</sup>. y una Compresora Portátil para el trabajo de los Track Drill (2) promedio de

650-900 pies<sup>3</sup>/min., y un Capital de Trabajo (en función de la ley de corte) necesario para un mes de operación, consideramos que dentro de ese período la empresa obtendrá los ingresos respectivos a la venta de sus productos.

Nótese que dentro de los costos totales de producción para Magistral Sur tenemos que descontar los costos generales + costos de administración debido a que esto estará pagándolo la mina subterránea, ya que esta operación surge como incremento o aumento de tonelaje general de mina (Ver Anexo 5).

## **4.2 EVALUACION ECONOMICA - FINANCIERA**

### **4.2.1 EVALUACION ECONOMICA**

El objetivo es identificar los méritos propios del proyecto, sin considerar la forma como se apliquen los excedentes que se generen.

La forma y consideraciones tomadas para su desarrollo se encuentran en el Anexo 5.

#### **Comentario:**

Como apreciamos el Pit de 6 bancos de mineral casi será difícil de aplicar para la

obtención de un máximo beneficio a las condiciones de cotizaciones analizadas (que no son más que producto del rango de proyecciones de cotizaciones esperadas en los próximos meses) Vs. costos de tratamiento.

En cambio, los Pits de 3, 4 y 5 bancos de mineral son los que pueden desarrollarse con un nivel de beneficio aceptable para costos de tratamiento posibles.

Los resultados correspondientes al Método de Inverso de la Distancia sobre-estima los Beneficios Económicos, que era de esperar por la característica que tiene de sobre-estimar la ley de yacimiento; esto se hace más evidente para Pits de 5 y 6 bancos, no tanto en los 3 y 4 bancos de mineral.

Los VAN y TIR son altos debidos, lógicamente, a la poca inversión realizada y a la no consideración de los Impuestos de ley.

#### **4.2.2 EVALUACION FINANCIERA**

Realizamos la Evaluación Financiera tomando como base el reporte anterior de Evaluación Económica, a los cuales hacemos

intervenir los Impuestos y Distribuciones de Ley (Ver Anexo 6), procedimos a hacer el análisis para los diferentes Pits de explotación, los resultados son como se muestra en los cuadros siguientes:

**Comentario:**

Se muestra claramente que el Pit de 6 bancos no podrá ser aplicado a las condiciones analizadas.

Observando los resultados podemos decir que el Pit que más conviene será el que arranque 4 bancos de mineral, ya que se obtendrá un máximo beneficio económico a Costos de Tratamiento más probables (encima de 10 \$/TM), y según como sean las cotizaciones reales en su momento de explotación y los costos operativos, ir adecuando el tamaño de Pit.

Creemos será conveniente aplicar el tamaño de Pit que explote más mineral (con el que se obtenga un beneficio aceptable), pensando en el mineral que quedará debajo y que será explotado por Minería Subterránea, con el consiguiente aumento de costos operativos (cut-offs).



**EVALUACION FINANCIERA DEL PROYECTO (OPEN-PIT) MAGISTRAL SUR**  
**(METODO DE ESTIMACION : KRIGEAGE - GEOESTADISTICO)**

ANALISIS PARA PRECIO DE METAL = 1,200 (\$/Tn)

COSTO DE TRATAM. (\$/Tn)	PIT (4,520)		PIT (4,510)		PIT (4,500)		PIT (4,490)	
	VAN(i%)	TIR	VAN(i%)	TIR	VAN(i%)	TIR	VAN(i%)	TIR
6.00	673,663	159.1	697,957	118.2	545,317	78.1	242,847	34.3
7.00	568,684	134.7	619,116	96.0	412,794	58.6	81,280	17.7
8.00	463,705	112.8	540,275	76.1	280,271	41.0	(80,287)	0.0
9.00	358,726	92.9	461,434	58.4	147,748	25.4	(241,854)	0.0
10.00	253,747	75.1	382,593	42.4	15,225	11.6	(403,421)	0.0
11.00	148,768	59.0	303,752	28.0	(117,298)	0.0	(564,988)	0.0
12.00	43,789	44.4	224,911	15.1	(249,821)	0.0	(726,555)	0.0
13.00	(61,190)	31.2	146,070	2.2	(382,344)	0.0	(888,122)	0.0
14.00	(166,169)	19.2	67,229	0.0	(514,867)	0.0	(1,049,689)	0.0
15.00	(271,148)	0.0	(11,612)	0.0	(647,390)	0.0	(1,211,256)	0.0
16.00	(376,127)	0.0	(90,453)	0.0	(779,913)	0.0	(1,372,823)	0.0
17.00	(481,106)	0.0	(169,294)	0.0	(912,436)	0.0	(1,534,390)	0.0
18.00	(586,085)	0.0	(248,135)	0.0	(1,044,959)	0.0	(1,695,957)	0.0

ANALISIS PARA PRECIO DE METAL =

1,250 (\$/Tn)

COSTO DE TRATAM. (\$/Tn)	PIT (4,520)		PIT (4,510)		PIT (4,500)		PIT (4,490)	
	VAN(i%)	TIR	VAN(i%)	TIR	VAN(i%)	TIR	VAN(i%)	TIR
6.00	841,102	199.0	829,764	154.0	744,777	108.8	471,984	60.1
7.00	736,142	171.4	750,923	128.7	612,254	86.4	310,417	41.0
8.00	631,182	146.2	672,082	106.0	479,731	66.6	148,850	24.1
9.00	526,222	123.6	593,241	85.6	347,208	48.6	(12,717)	0.0
10.00	421,262	103.2	514,400	67.0	214,685	32.6	(174,284)	0.0
11.00	316,302	84.7	435,559	50.5	82,162	18.3	(335,851)	0.0
12.00	211,342	68.0	356,718	35.7	(50,361)	0.0	(497,418)	0.0
13.00	106,382	52.8	277,877	22.2	(182,884)	0.0	(658,985)	0.0
14.00	1,422	39.1	199,036	10.3	(315,407)	0.0	(820,552)	0.0
15.00	(103,538)	26.8	120,195	0.0	(447,930)	0.0	(982,119)	0.0
16.00	(208,498)	15.5	41,354	0.0	(580,453)	0.0	(1,143,686)	0.0
17.00	(313,458)	0.0	(37,487)	0.0	(712,976)	0.0	(1,305,253)	0.0
18.00	(418,418)	0.0	(116,328)	0.0	(845,499)	0.0	(1,466,820)	0.0

ANALISIS PARA PRECIO DE METAL =

1,300 (\$/Tn)

COSTO DE TRATAM. (\$/Tn)	PIT (4,520)		PIT (4,510)		PIT (4,500)		PIT (4,490)	
	VAN(i%)	TIR	VAN(i%)	TIR	VAN(i%)	TIR	VAN(i%)	TIR
6.00	1,008,541	243.7	961,586	193.8	944,237	142.9	701,121	88.8
7.00	903,582	212.0	882,744	164.9	811,714	117.7	539,554	67.2
8.00	798,623	183.7	803,902	139.2	679,191	95.1	377,987	47.8
9.00	693,664	157.7	725,060	116.0	546,668	74.7	216,420	30.4
10.00	588,705	134.4	646,218	94.9	414,145	56.2	54,853	14.9
11.00	483,746	113.3	567,376	76.1	281,622	39.7	(106,714)	0.0
12.00	378,787	94.4	488,534	59.0	149,099	25.0	(268,281)	0.0
13.00	273,828	77.1	409,692	43.5	16,576	11.6	(429,848)	0.0
14.00	168,869	61.4	330,850	29.6	(115,947)	0.0	(591,415)	0.0
15.00	63,910	47.3	252,008	17.0	(248,470)	0.0	(752,982)	0.0
16.00	(41,049)	34.3	173,166	0.0	(380,993)	0.0	(914,549)	0.0
17.00	(146,008)	22.7	94,324	0.0	(513,516)	0.0	(1,076,116)	0.0
18.00	(250,967)	12.0	15,482	0.0	(646,039)	0.0	(1,237,683)	0.0

ANALISIS PARA PRECIO DE METAL =

1,350 (\$/Tn)

COSTO DE TRATAM. (\$/Tn)	PIT (4,520)		PIT (4,510)		PIT (4,500)		PIT (4,490)	
	VAN(i%)	TIR	VAN(i%)	TIR	VAN(i%)	TIR	VAN(i%)	TIR
6.00	1,175,981	292.8	1,093,393	237.8	1,143,697	180.9	930,259	120.7
7.00	1,071,022	257.4	1,014,552	205.6	1,011,174	152.3	768,692	96.2
8.00	966,063	224.9	935,711	176.3	878,651	126.7	607,125	74.3
9.00	861,104	195.8	856,870	149.8	746,128	103.4	445,558	54.4
10.00	756,145	169.3	778,029	125.9	613,605	82.6	283,991	36.8
11.00	651,186	145.7	699,188	104.4	481,082	64.0	122,424	20.9
12.00	546,227	123.9	620,347	84.9	348,559	46.9	(39,143)	0.0
13.00	441,268	104.1	541,506	67.4	216,036	31.6	(200,710)	0.0
14.00	336,309	86.4	462,665	51.4	83,513	18.0	(362,277)	0.0
15.00	231,350	70.1	383,824	37.0	(49,010)	0.0	(523,844)	0.0
16.00	126,391	55.5	304,983	24.0	(181,533)	0.0	(685,411)	0.0
17.00	21,432	42.0	226,142	12.2	(314,056)	0.0	(846,978)	0.0
18.00	(83,527)	30.0	147,301	0.0	(446,579)	0.0	(1,008,545)	0.0

## CAPITULO V

### **V. COMPARACION ENTRE RESULTADOS ESTIMADOS POR LOS METODOS ESTADISTICOS E INVERSO DE LA DISTANCIA**

#### 5.1 CURVAS DE LEY DE CORTE VS. LEY MEDIA (Gráfico 1)

Observamos una sobre-estimación pequeña de las leyes estimadas por el inv. de la Distancia hasta una ley de corte de 6.3% Zn, luego del cual los resultados respecto del Geoestadístico son aproximadamente similares. En general las leyes estimadas por ambos métodos de estimación son bastante similares debido a la homogeneidad de la mineralización al interior del cuerpo Magistral Sur.

## 5.2 CURVAS DE LEY DE CORTE VS. TONELAJE DE MINERAL (Gráfico 2)

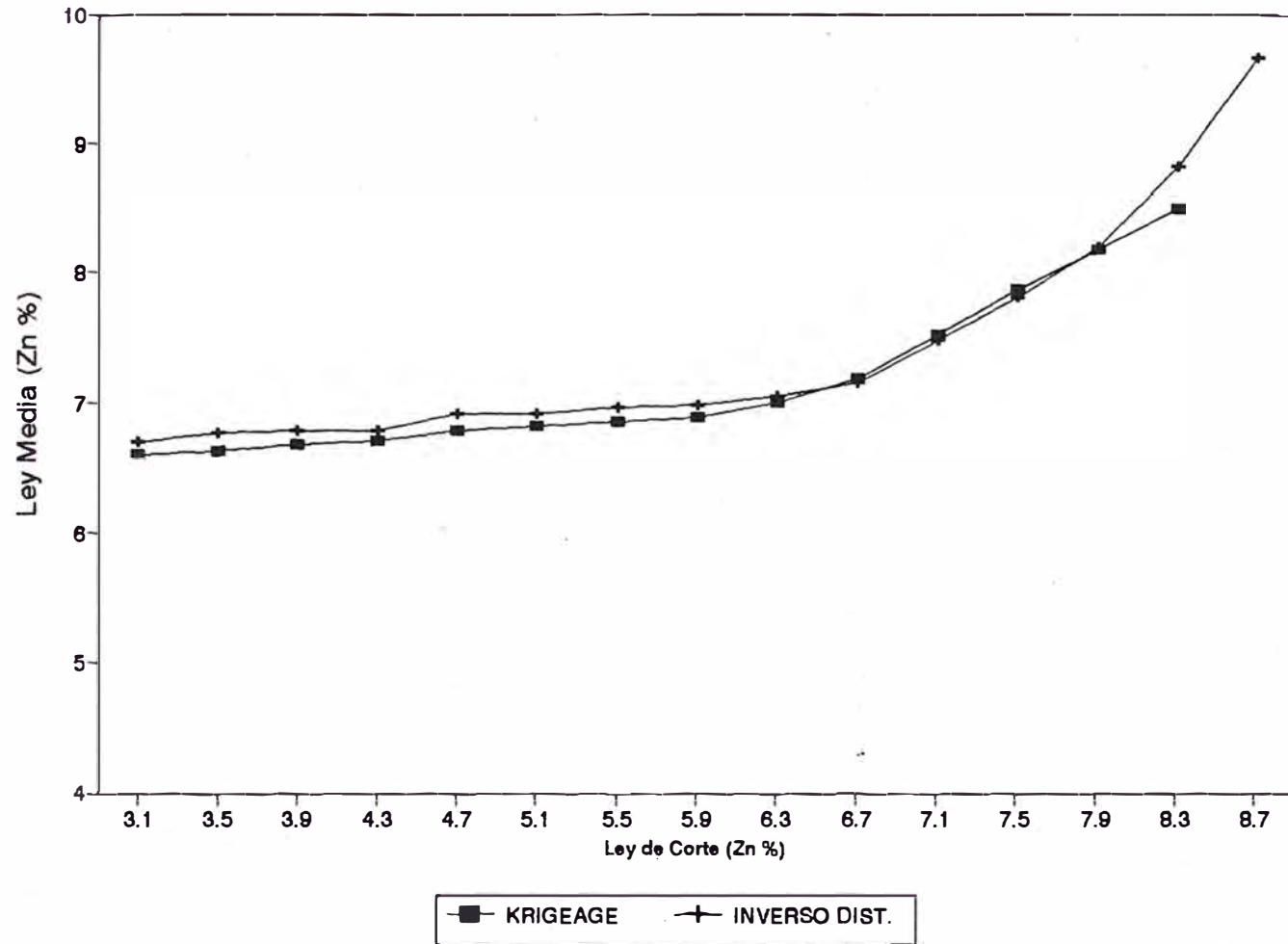
Una similitud hasta una ley de corte de 5.9% Zn. luego se presenta una sobre-estimación del Tonelaje calculado por el Inv. de la Distancia respecto del Geoestadístico hasta una ley de 7.5% Zn que es donde adquiere nuevamente un comportamiento similar.

## 5.3 CURVAS DE LEY DE CORTE VS. CANTIDAD DE METAL (Gráfico 3)

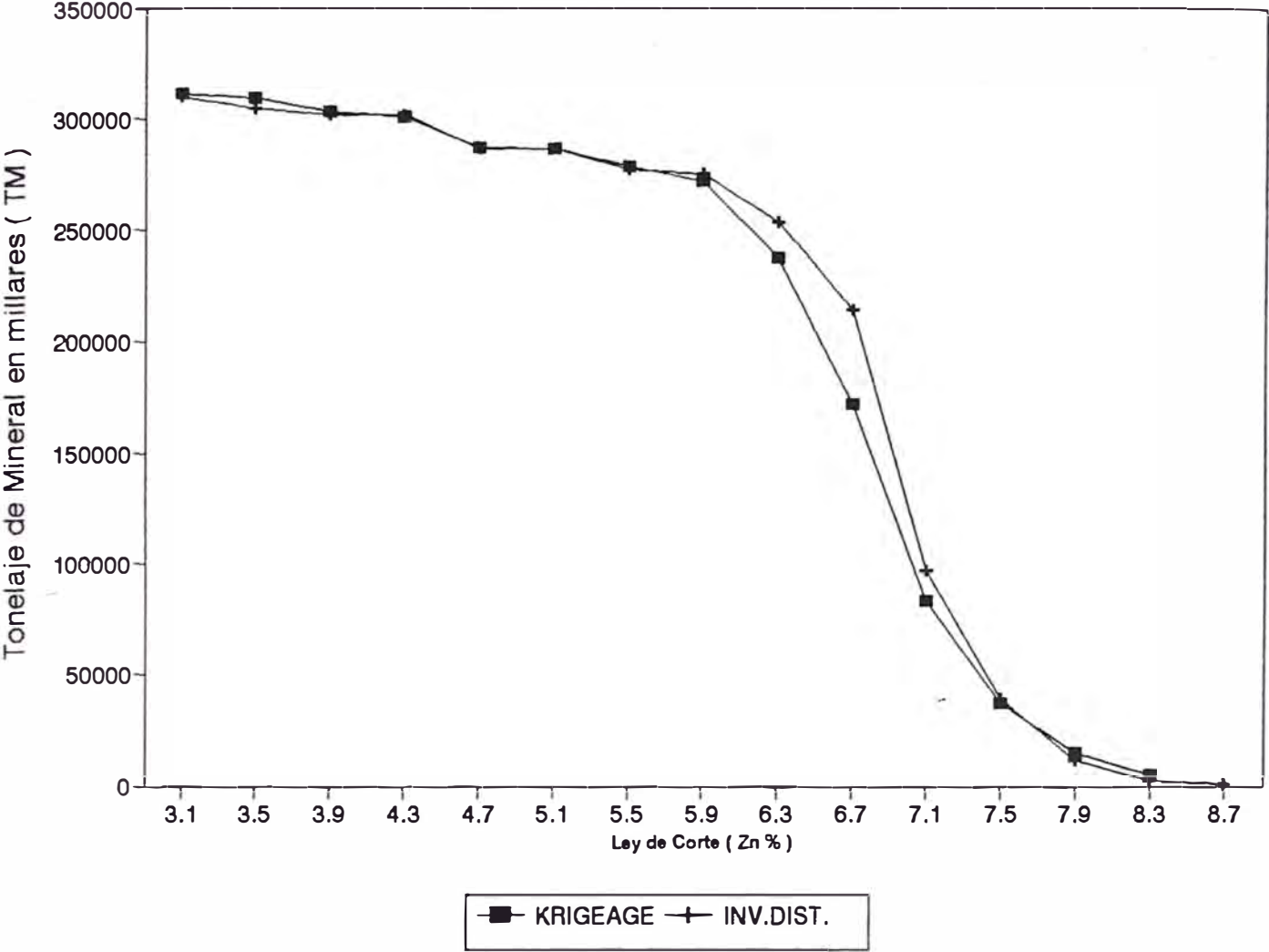
Una sobre-estimación del método del Inv. de la Distancia casi en todo el cuerpo mineralizado que se hace más notoria para leyes de corte de 5.9 a 7.1% Zn.

Las leyes medias estimadas por los métodos Inv. Distancia y Geoestadístico como indicamos, son en general similares, pero sólo en apariencia ya que el gráfico de Ley de Corte Vs. Tonelaje de Mineral nos muestra que dentro del rango considerado de comparación existen claras diferencias a nivel local (entre blocks).

### LEY DE CORTE vs. LEY MEDIA (Comparación entre ambos Métodos)

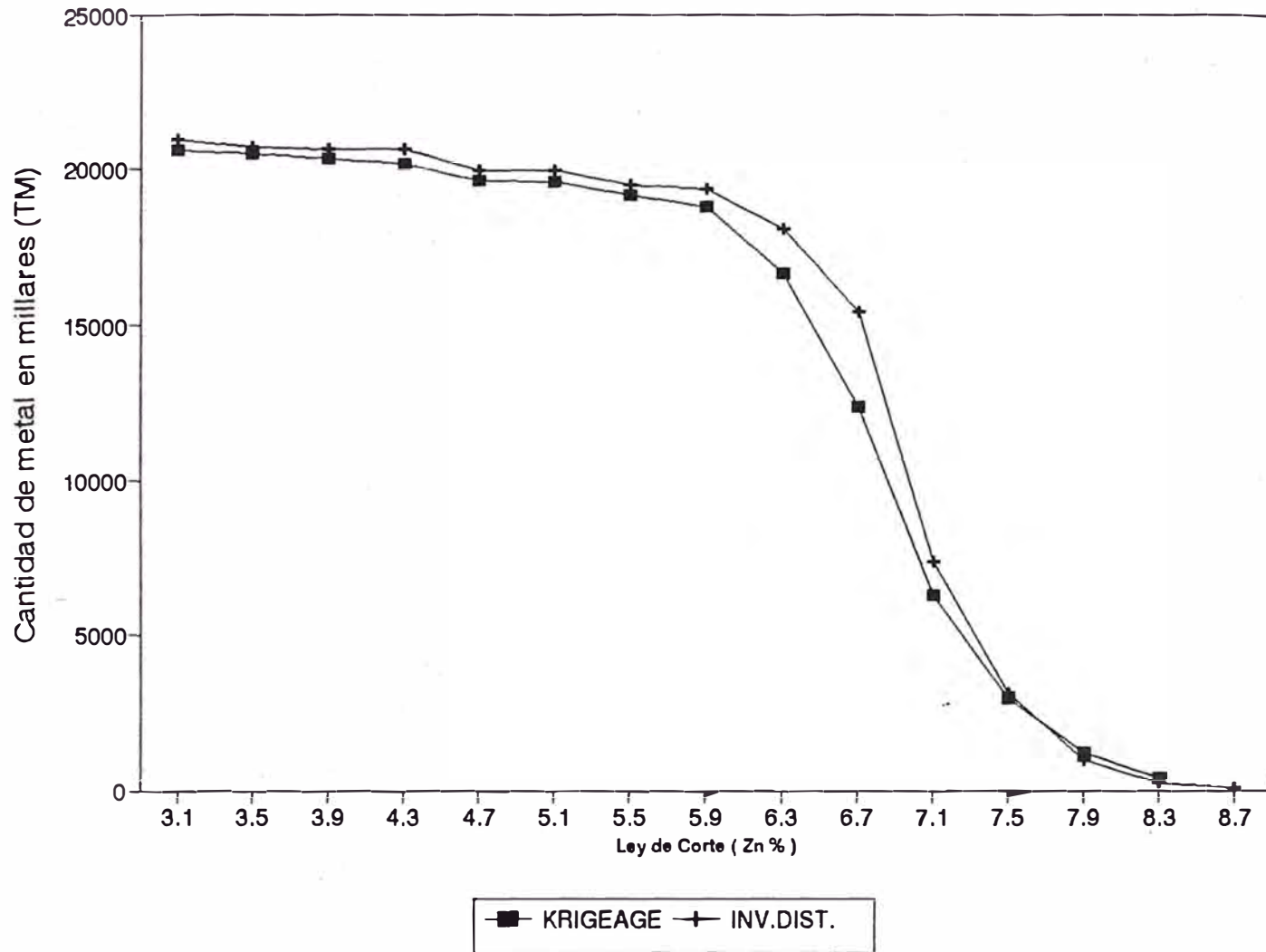


# LEY DE CORTE VS. TONELAJE DE MINERAL (Comparación de ambos métodos)





### LEY DE CORTE vs. CANTIDAD DE METAL (Comparación de ambos métodos)



## CAPITULO VI

### **VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### 6.1 CONCLUSIONES

Se tomarán como indicadores de Cut-Off los Costos de tratamiento y sobre estos se obtuvieron las leyes mínimas de explotación, desarrollando luego la función de beneficio, evitando de esta manera un descremaje del yacimiento, desperdiciando como era convencionalmente un mineral que ayuda a pagar gastos (Ver Anexo 5).

Se obtiene una gran ventaja trabajar con el Método Geoestadístico debido a que es un método robusto, bien sustentado y por tener los resultados en la computadora.

En nuestro caso: se sabe que debajo del banco 7 el cuerpo mineral no es suficientemente conocido, entonces conforme avance la explotación del Tajo y tengamos nuevos datos de muestreo (taladros diamantinos, etc) estos podrán ser alimentados a la computadora y obtener los nuevos resultados rápidamente de zonas desconocidas y un ajuste más real de las que fueron conocidas.

Debido a la homogeneidad de las leyes dentro del cuerpo mineral, los resultados de leyes estimadas por ambos métodos son bastante similares, asimismo los Beneficios Económicos: entonces un estudio realizado sólomente por el método del Inv. de la Distancia hubiera mostrado un rango de beneficios aceptable como proyección de lo que espera al final de la explotación.

Las labores de producción tomarán poco tiempo, a pesar de ello no se optó por alquilar de equipos de carguío y transporte (Pala-Camión), por que existen otros cuerpos mineralizados como Magistral Norte que será explotado también por fajo Abierto (Open-Pit) y para el tratamiento de relaves antiguos de mina, en los cuales estos equipos serán utilizados.

## 6.2 RECOMENDACIONES

Se debe tomar en cuenta, para fines de planificación de la explotación los resultados que se proporcionan en el presente informe.

Se dijo que, en la zona Magistral existen además de Magistral Sur otros cuerpos mineralizados, que se hallan distribuidos a lo largo de la falla separados entre ellos un promedio de 250 metros, que son Magistral Norte y Central.

Magistral Norte específicamente, no tiene hasta el momento mayor información sobre su comportamiento mineralógico para un efectivo análisis geoestadístico, pero por lo que se conoce muestra una distribución homogénea en sus leyes, sería recomendable hallar los variogramas a lo largo de los sondajes y obtener el alcance promedio con el cual se podría hacer un análisis geoestadístico y evaluación económica preliminar que serán primeros resultados de lo que se espera sea lo más cercano a la realidad de este cuerpo mineral.

En el análisis de sensibilidad se ha utilizado los detalles técnicos del Tajo Abierto (Open-Pit) y en base a ellos se determinaron los Pits más adecuados en estas condiciones, es recomendable para otros casos similares a Magistral Sur usar Técnicas de Optimización (algoritmos de cálculo) para la búsqueda del Pit Optimo.

Hacer un análisis de costos operativos esperados para una explotación subterránea del mineral que quedará una vez culminado el Tajo Abierto, con lo cual se podrá elegir más objetivamente el tamaño de Pit Final).

El proyecto tiene tales cualidades individuales, pero creemos que lo más conveniente sería hacer un Análisis Económico-Financiero con la totalidad de la producción de la Cía. Minera (Mina Subterránea + Magistral Sur) a cut-Off conocido y datos de reservas para la obtención del VAN y TIR totales.

## **ANEXO 1**

**METODOLOGIA GENERAL DE LOS ESTUDIOS ESTADISTICOS  
EN GEOLOGIA**

Se distinguen cinco (5) pasos:

- 1) Definición del Alcance del Estudio
- 2) Estudio Crítico de los datos de Campo (Muestreo)
- 3) Elección de las Variables
- 4) Análisis Estadístico de las Variables
- 5) Identificación Preliminar de Zoneamientos

**1) Definición del Alcance del Estudio**

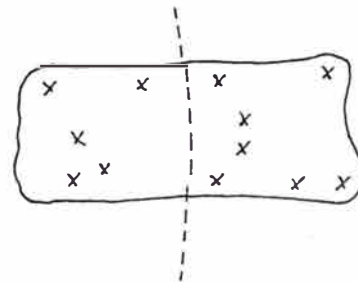
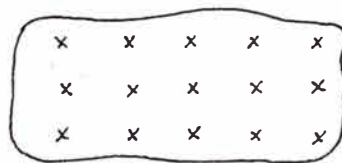
En que serán utilizados los resultados del presente Estudio Estadístico.

- Interpretación Genética
- Cálculo de Reservas (es nuestro caso)
- Estimación local para Producción, etc.

**2) Estudio Crítico de los Datos de Muestreo**

2.1 Definición del Método de Reconocimiento:

- Regular o Aleatorio
- Sistemático o Preferencial

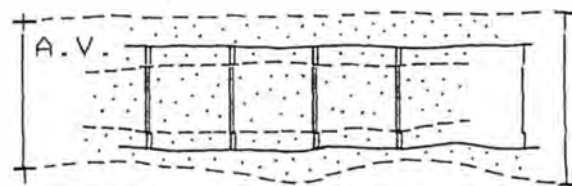


2.2 Ubicación Correcta del Reconocimiento de Planos  
- Hay diferencias importantes entre los planos de ubicación y la realidad?

2.3 Representatividad de los Datos y Eventuales Errores Sistemáticos:

a) La medida del ancho de la estructura minable responde a la realidad?

estructura  
estructura mineralizada



con veta y  
diseminación

b) ¿El cálculo del ancho total de veta responde a las condiciones de explotación (A.L.)?

c) ¿Hay leyes erráticas?

Esto es común en mineralización de Ag y Au. Pueden producir sobre-estimaciones.

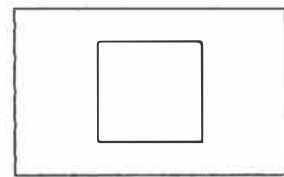
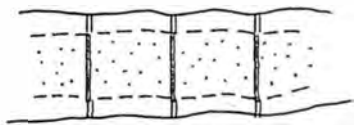
2.4 Homogeneidad de los Datos.

- En el tiempo, por la secuencia de campañas de reconocimiento.



- En el espacio, por el uso de procedimientos diferentes y soportes geométricos diferentes.
- Se debe evitar la mezcla de datos obtenidos por diferentes métodos de muestreo: canales, puntos, sondajes.
- Cada método de muestreo conlleva errores sistemáticos de diferentes magnitudes.

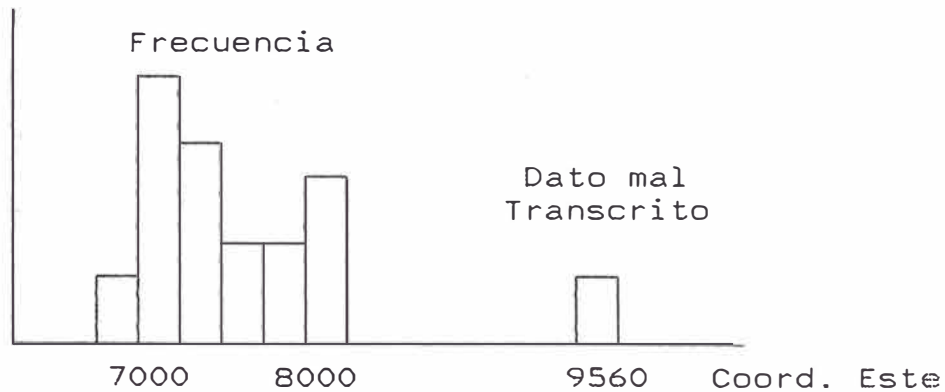
Canales en Veta    Testigos de Sondaje    Bloques de Reserva



Ancho de Veta    Longitud de Compósito    Area o Tonelaje del bloque

## 2.5 Compilación de los Datos

- Existen errores en la Transcripción?
- Probar con Histogramas por cada tipo de datos: leyes, coordenadas, etc.
- Menos transcripciones menor probabilidad de errores.



### 3) Elección de las Variables

Se debe precisar claramente:

- a) Su significación: Ley del metal, Potencia, Acumulación de mineral, etc.
- b) Su soporte: Volumen sobre el cual está definida la variable. Por ejemplo: Compósitos de testigos de 10m. y diámetro  $\emptyset$ , canales de muestro de longitud variable, cancha de mineral roto, bloque de reserva.
- c) Su campo de Extensión: Mineralización primaria, secundaria; todo el denuncia o sólo una zona.

Por otro lado se debe tener presente que:

d) La variable debe ser aditiva:

Cualquier combinación lineal de sus valores debe tener el mismo significado.

$$Z = ax_1 + ax_2 + ax_3 +$$

Es una combinación lineal de  $x_1, x_2, x_3, x_4, \dots$

Donde a, b, c, d son coeficientes constantes.

e) La variable debe ser "homogénea":

En un pórfido no se mezclarán leyes de óxidos de Cu, con leyes de sulfuros de Cu.

En una veta no se mezclarán leyes de zonas cuyas mineralogías son marcadamente diferentes, por ejemplo, una zona de Cu-Ag con otra de Pb-Ag.

4) Análisis Estadístico de las Variables

A través de Histogramas y Nubes de Correlación.

4.1 Histogramas:

Para verificar la distribución experimental de probabilidad de la variable, su media y varianza. Luego se

podrá elegir la distribución teórica más apropiada a la naturaleza de la varianza, y efectuar correctamente la inferencia estadística.

Se construye en dos fases:

a) Durante el Estudio Critico de los Datos:

Para consistenciar información de coordenadas.

Para corregir leyes erráticas. Se procesa toda la información y se construyen los histogramas de los datos, para 40 a 50 intervalos de clase.

b) En el Estudio de la Variable:

Del análisis anterior se elige un ancho de clase apropiado a fin de que el histograma de la variable sea significativo. Se recomienda 17 clases, como mínimo.

Si la distribución es bimodal, es probable que existan 2 poblaciones superpuestas.

Cuando la distribución experimental es aproximadamente Log-Normal y se utilizan estimadores Gaussianos se incurre en sobre-estimación de la media.

Así, antes de proceder a fijar los estimadores debe ajustarse la distribución experimental a una teórica.

El procedimiento de ajuste de las distribuciones experimentales a una distribución teórica, se hace a través de pruebas estadísticas.

Caso Gaussiano o Normal: Prueba del chi-Cuadrado. Hay aceptación cuando su resultado es positivo.

Caso Log-Normal: Prueba del Chi-Cuadrado y Criterio de Sichel (o del tercer parámetro).

#### 4.2 Nubes de Correlación:

a) Para identificar asociaciones entre 2 o más variables.

Ejemplo: Ley de Zn Vs. Ley de Ag.

El coeficiente de correlación indica el grado de asociación entre 2 variables.

El máximo coeficiente de correlación puede tomar valores de +1 y -1 y el mínimo valor es 0 (caso de variables independientes).

b) El análisis de nubes de correlación también es útil para separar poblaciones diferentes, cuando en los histogramas no se aprecia diferencia notable (Por ejemplo: Histogramas bimodales).

#### 5) Identificación Preliminar de Zoneamientos

Se efectúa con la finalidad de preveer o confirmar el zoneamiento vertical y/u horizontal, especialmente en el caso de vetas.

Se agrupan por separado la información del muestro de galerías y la correspondiente a chimeneas y se procede a hallar los histogramas y nubes de correlación.

El análisis es similar al punto 4; obteniéndose los estimadores y los coeficientes de correlación significativos para cada grupo de información.

Si la diferencia entre las varianzas de galerías y chimeneas es apreciable, y si por ejemplo:

$$S^2(\text{gal}) > S^2(\text{chim})$$

Indica que las fluctuaciones de la variable son menores en las chimeneas, por tanto, habría más continuidad vertical (en este caso ejemplo).

También puede verse los cambios en las correlaciones metálicas (más significativas) en ambas direcciones.

Para asegurar la confiabilidad de estos resultados se requiere que la densidad de información no sea muy dispareja en ambos casos.

## **ANEXO 2**



VARIABLE: ZINC  
\*\*\*\*\*

LEY PESADA = 6.473 NUMERO DE PUNTOS = 52

MAGISTRAL-SUR (OPEN-PIT)

LEY DE CORTE 2.500  
LEY MEDIA 6.34  
VARIANZA 2.83856

NUM.DE LEYES 52

BAN	LEY	VAR	NCOMP	CRESTA MAXIMA 4550.00
1	7.03	2.1947	11	J*****
2	6.46	3.0937	17	J*****
3	7.71	.1332	2	J*****
4	.00	.0000	0	I
5	6.09	.9120	2	J*****
6	5.49	3.9916	8	J*****
7	7.13	2.2274	3	J*****
8	6.83	.0900	2	J*****
9	5.05	.4422	2	J*****
10	.00	.0000	0	I
11	4.85	.0000	1	J*****
12	5.67	.1806	2	J*****
13	4.79	.0056	2	J*****

BAN	LEY	VAR	NCOMP	CRESTA MAXIMA 4550.00
1	6.68	2.8177	28	J*****
2	6.75	2.7048	30	J*****
3	6.59	2.9301	19	J*****
4	6.90	1.1869	4	J*****
5	5.61	3.4326	10	J*****
6	5.96	3.5657	13	J*****
7	6.07	3.5403	13	J*****
8	6.45	1.9021	7	J*****
9	5.94	1.0538	4	J*****
10	4.99	.3042	3	J*****
11	5.40	.2717	3	J*****
12	5.16	.2531	5	J*****
13	5.24	.2867	4	J*****

VARIABLE: PLATA

\*\*\*\*\*

LEY PESADA = .640 NUMERO DE PUNTOS = 49

MAGISTRAL SUR (OPEN-PIT)

LEY DE CORTE .010

LEY MEDIA .63

VARIANZA .25853

NUM.DE LEYES 49

BAN	LEY	VAR	NCOMP	CRESTA MAXIMA 4550.00
1	.69	.1901	11	I*****
2	.85	.2813	16	I*****
3	.17	.0002	2	I*****
4	.00	.0000	0	I
5	.32	.0000	1	I*****
6	.24	.0722	7	I*****
7	.19	.0013	3	I*****
8	.76	.0552	2	I*****
9	.96	.4356	2	I*****
10	.00	.0000	0	I
11	.14	.0000	1	I*****
12	1.13	.3025	2	I*****
13	.47	.0000	2	I*****

BAN	LEY	VAR	NCOMP	CRESTA MAXIMA 4550.00
1	.78	.2497	27	I*****
2	.74	.2564	29	I*****
3	.77	.2946	18	I*****
4	.22	.0048	3	I*****
5	.25	.0638	8	I*****
6	.24	.0475	11	I*****
7	.32	.0923	12	I*****
8	.57	.2570	7	I*****
9	.86	.2549	4	I*****
10	.69	.4398	3	I*****
11	.80	.4195	3	I*****
12	.67	.2770	5	I*****
13	.80	.2585	4	I*****

VARIABLE: PLOMO  
 \*\*\*\*\*

LEY PESADA = .174 NUMERO DE PUNTOS = 47

MAGISTRAL SUR ( OPEN - PIT )

LEY DE CORTE .010  
 LEY MEDIA .20  
 VARIANZA .07654

NUM.DE LEYES 47

BAR	LEY	VAR	RCOMP	CRESTA MAXIMA 4550.00
1	.24	.0048	11 I*****	
2	.19	.0021	16 I*****	
3	.14	.0004	2 I*****	
4	.00	.0000	0 I	
5	.03	.0000	1 I*****	
6	.45	.5911	5 I*****	
7	.17	.0009	3 I*****	
8	.17	.0001	2 I*****	
9	.13	.0006	2 I*****	
10	.00	.0000	0 I	
11	.03	.0000	1 I*****	
12	.01	.0000	2 I**	
13	.01	.0000	2 I**	

BAR	LEY	VAR	RCOMP	CRESTA MAXIMA 4550.00
1	.21	.0039	27 I*****	
2	.20	.0039	29 I*****	
3	.18	.0021	18 I*****	
4	.10	.0030	3 I*****	
5	.38	.5169	6 I*****	
6	.31	.3545	9 I*****	
7	.31	.3152	10 I*****	
8	.16	.0008	7 I*****	
9	.15	.0007	4 I*****	
10	.10	.0029	3 I*****	
11	.02	.0001	3 I***	
12	.01	.0001	5 I***	
13	.01	.0000	4 I**	



VARIABLE: PLATA

\*\*\*\*\*

MEDIA = .68846E+00 VARIANZA= .42034E+00 MINIMO = .10000E-01 MAXIMO = .36900E+01 DATOS RETENIDOS = 52  
 HISTOGRAMA EXPERIMENTAL No.DE CLASES =17 LIMITE INFERIOR =-.52716E+00 INTERVALO DE CLASE = .16208E+00  
 \*\*\*\*\*

BORDE SUP]	FRQ.TEOR]	FRQ.REL]	TEOR.]	ESC. %I		
-.527]	0]	1]	.00%	3.02%	23.08	I 00
-.365]	0]	1]	.00%	2.17%	22.62	I 00
-.203]	0]	1]	.00%	3.27%	22.15	I 00
-.041]	0]	2]	.00%	4.59%	21.69	I 00
.121]	5]	3]	9.62%	6.04%	21.23	I 00
.283]	6]	3]	11.54%	7.49%	20.77	I 00
.445]	12]	4]	23.08%	8.78%	20.31	I 00
.607]	9]	5]	17.31%	9.68%	19.85	I 00
.770]	4]	5]	7.69%	9.90%	19.38	I 00
.932]	5]	5]	9.62%	9.68%	18.92	I 00
1.094]	2]	4]	3.85%	8.78%	18.46	I 00
1.256]	2]	3]	3.85%	7.49%	18.00	I 00
1.418]	1]	3]	1.92%	6.04%	17.54	I 00
1.580]	0]	2]	.00%	4.59%	17.08	I 0000
1.742]	3]	1]	5.77%	3.27%	16.62	I 0000
1.904]	0]	1]	.00%	2.17%	16.15	I 0000
]	3]	1]	5.77%	3.02%	15.69	I 0000
					15.23	I 0000
					14.77	I 0000
					14.31	I 0000
					13.85	I 0000
					13.38	I 0000
					12.92	I 0000
					12.46	I 0000
					12.00	I 0000
					11.54	I 000000
					11.08	I 000000
					10.62	I 000000
					10.15	I 000000
					9.69	I 000000
					9.23	I 00000000 00
					8.77	I 00000000 00
					8.31	I 00000000 00
					7.85	I 00000000 00
					7.38	I 000000000000
					6.92	I 000000000000
					6.46	I 000000000000
					6.00	I 000000000000
					5.54	I 000000000000 00 00
					5.08	I 000000000000 00 00
					4.62	I 000000000000 00 00
					4.15	I 000000000000 00 00
					3.69	I 00000000000000 00 00
					3.23	I 00000000000000 00 00
					2.77	I 00000000000000 00 00
					2.31	I 00000000000000 00 00
					1.85	I 0000000000000000 00 00
					1.38	I 0000000000000000 00 00
					.92	I 0000000000000000 00 00
					.46	I 0000000000000000 00 00

INTERVALOS DE CLASE 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

TEST DE CHI2 NEGATIVO: VALOR TEORICO = 23.7, VALOR EXPERIMENTAL = 34.14 (RIESGO = 5 %)

VARIABLE: PLOMO

\*\*\*\*\*

MEDIA = .40080E+00 VARIANZA= .71132E+00 MINIMO = .10000E-01 MAXIMO = .39100E+01 DATOS RETENIDOS = 50  
 HISTOGRAMA EXPERIMENTAL No.DE CLASES =17 LIMITE INFERIOR =-.11806E+01 INTERVALO DE CLASE = .21085E+00

BORDE SUP]	FRQ. TEOR.]	FRQ. RL.]	TEOR.]	ESC. %I		
-1.181]	0]	1]	.00%	3.02%	68.00	I 00
-.970]	0]	1]	.00%	2.17%	66.64	I 00
-.759]	0]	1]	.00%	3.27%	65.28	I 00
-.548]	0]	2]	.00%	4.59%	63.92	I 00
-.337]	0]	3]	.00%	6.04%	62.56	I 00
-.126]	0]	3]	.00%	7.49%	61.20	I 00
.085]	9]	4]	18.00%	8.78%	59.84	I 00
.295]	34]	4]	68.00%	9.68%	58.48	I 00
.506]	3]	4]	6.00%	9.90%	57.12	I 00
.717]	0]	4]	.00%	9.68%	55.76	I 00
.928]	0]	4]	.00%	8.78%	54.40	I 00
1.139]	0]	3]	.00%	7.49%	53.04	I 00
1.350]	0]	3]	.00%	6.04%	51.68	I 00
1.560]	0]	2]	.00%	4.59%	50.32	I 00
1.771]	0]	1]	.00%	3.27%	48.96	I 00
1.982]	1]	1]	2.00%	2.17%	47.60	I 00
]	3]	1]	6.00%	3.02%	46.24	I 00
					44.88	I 00
					43.52	I 00
					42.16	I 00
					40.80	I 00
					39.44	I 00
					38.08	I 00
					36.72	I 00
					35.36	I 00
					34.00	I 00
					32.64	I 00
					31.28	I 00
					29.92	I 00
					28.56	I 00
					27.20	I 00
					25.84	I 00
					24.48	I 00
					23.12	I 00
					21.76	I 00
					20.40	I 00
					19.04	I 00
					17.68	I 0000
					16.32	I 0000
					14.96	I 0000
					13.60	I 0000
					12.24	I 0000
					10.88	I 0000
					9.52	I 0000
					8.16	I 0000
					6.80	I 0000
					5.44	I 000000 00
					4.08	I 000000 00
					2.72	I 000000 00
					1.36	I 000000 0000

INTERVALOS DE CLASE 1-----2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

TEST DE CHI2 NEGATIVO: VALOR TEORICO = 23.7, VALOR EXPERIMENTAL =215.92 (RIESGO = 5 %)



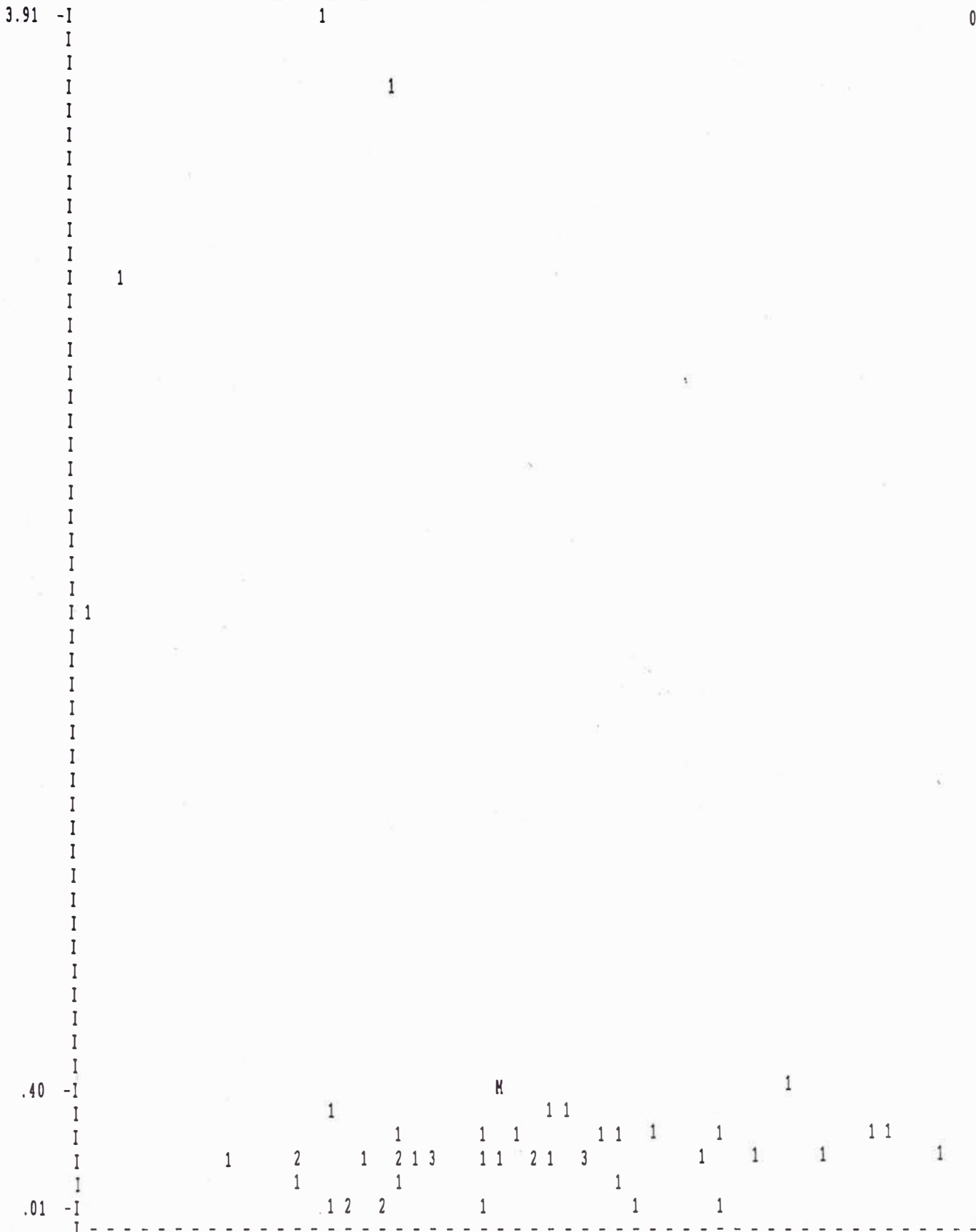
DE CORRELACION: ZINC / PLOMO

\*\*\*\*\*

VARIABLE: ZN MEDIA= 6.31 e/ = 2.92 ; VARIABLE: PB MEDIA= .40 e/ = .71  
 COEFICIENTE DE CORRELACION= -.34 No.DE PARES= 50

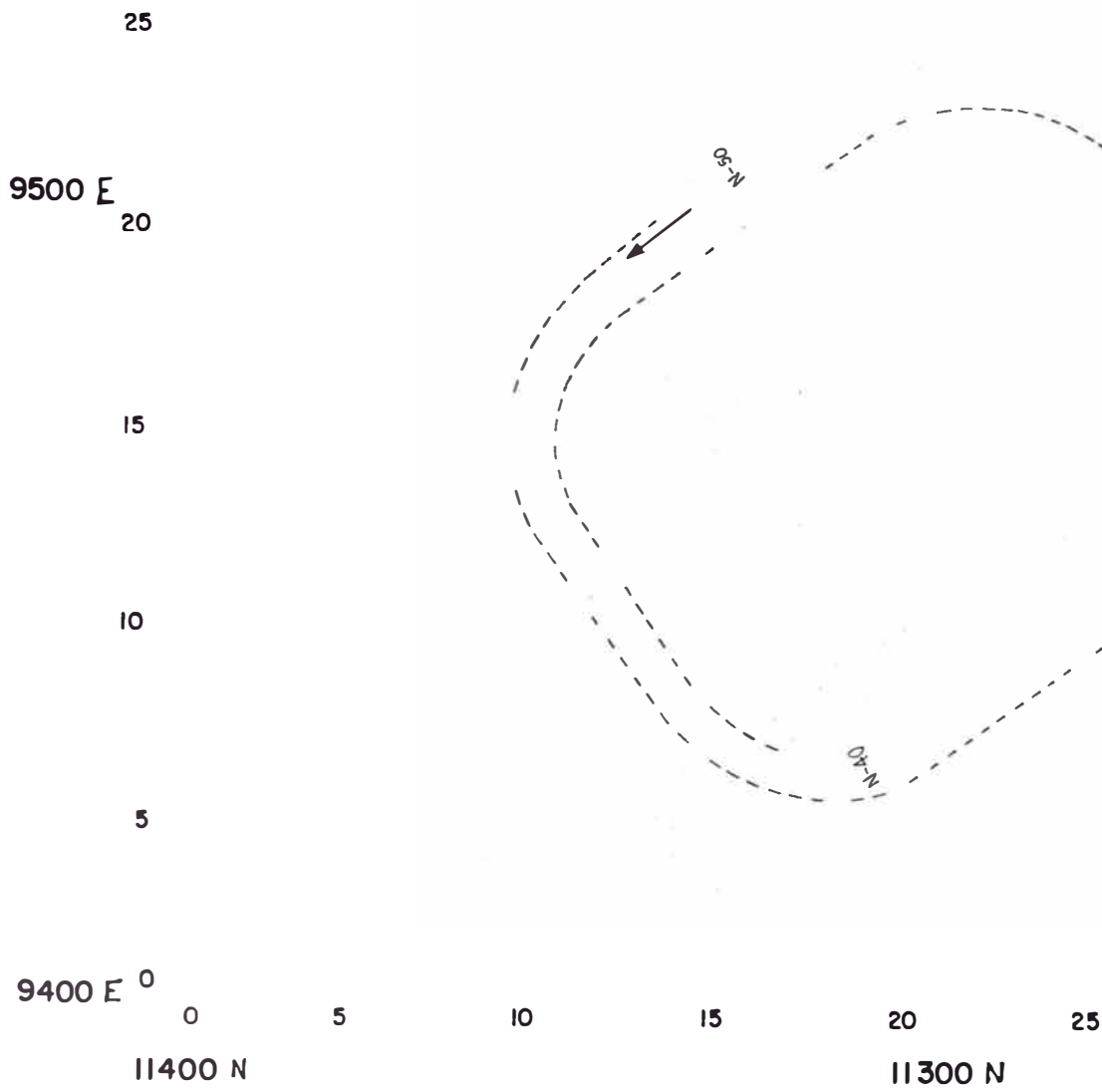
REGRESION: ZINC / PLOMO ZN #= 6.58 -.69 \* PB  
 REGRESION: PLOMO / ZINC PB #= 1.46 -.17 \* ZN

PLOMO INTERVALO DE LINEA= .078 COLUMNA= .156





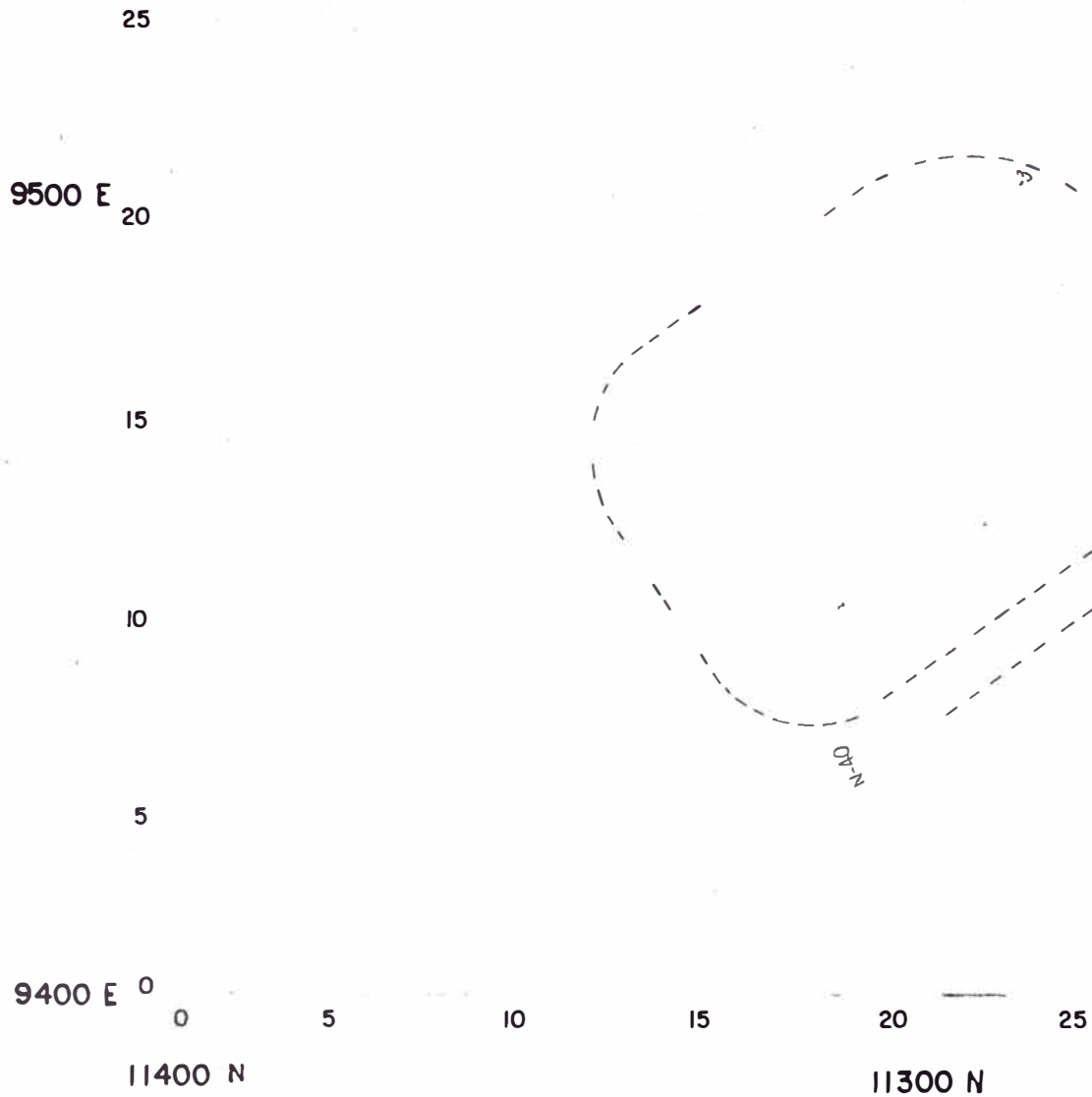
**ANEXO: 3**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA**  
**Y METALURGICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE MINAS**  
**COMPAÑIA MINERALES SANTANDER**  
**PLANO HORIZONTAL BANCO I**

PRESENTADO POR: J.L. ALTAMIRANO I. ESCALA: 1/200 DIBUJO: J.L. CRUZ A.  
 VETA MAGISTRAL SUR NIVEL: 4540 PLANO  
 FUENTE: INFORME ANUAL CIA SANTANDER FECHA: DIC. '90



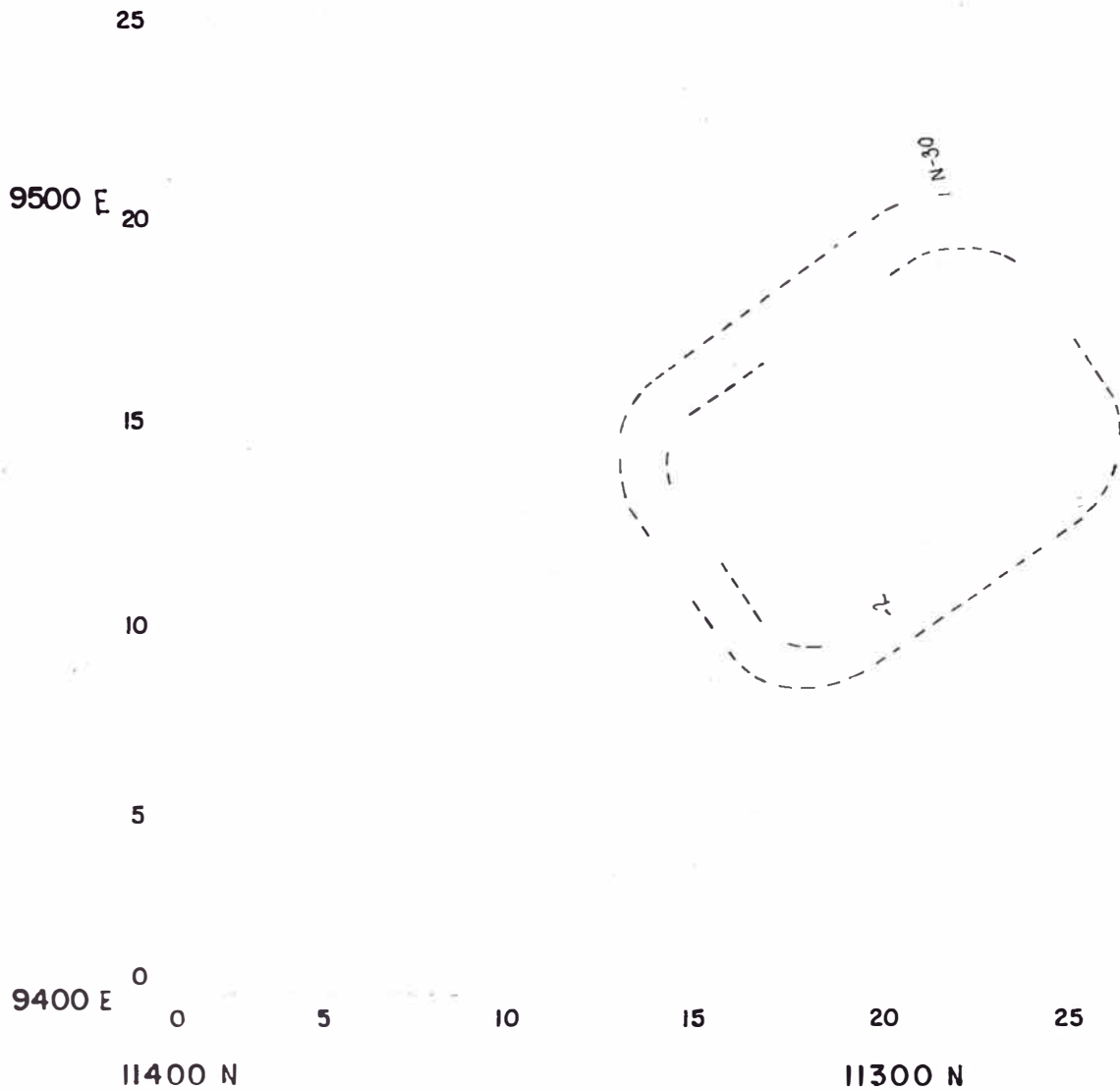
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA**  
**Y METALURGICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE MINAS

COMPAÑIA MINERALES SANTANDER

PLANO HORIZONTAL BANCO 2

PRESENTADO POR: J.L. ALTAMIRANO I. ESCALA: 1/200 DIBUJO: J.L. CRUZ A.  
 VETA: MAGISTRAL SUR NIVEL: 4530 PLANO  
 FUENTE: INFORME ANUAL CIA SANTANDER FECHA: DIC. '90 **2**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA**  
**Y METALURGICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE MINAS

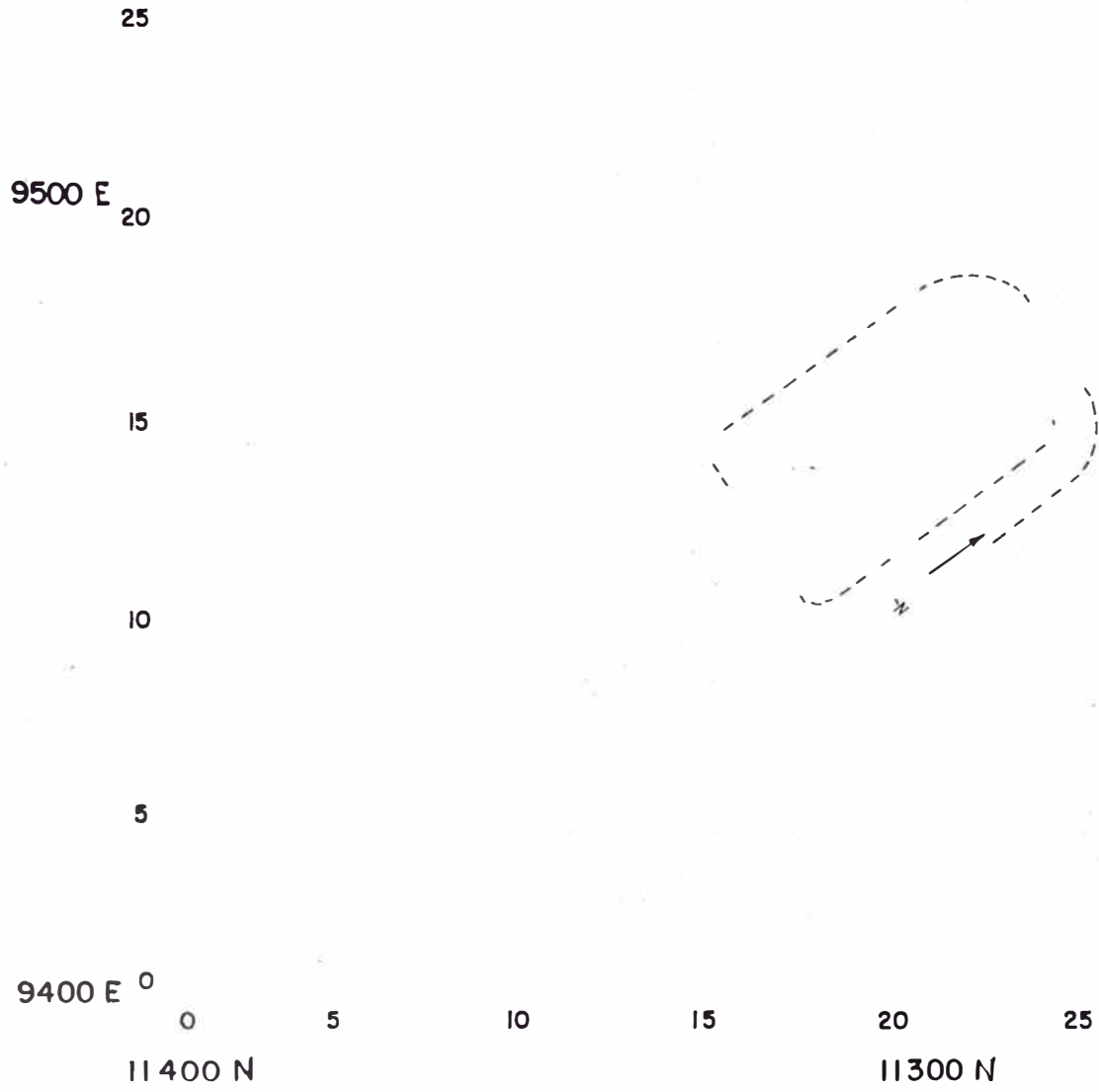
COMPAÑIA MINERALES SANTANDER

PLANO HORIZONTAL BANCO 3

PRESENTADO POR: J.L. ALTAMIRANO I. ESCALA: 1/200 DIBUJO: J.L. CRUZ A.

VETA : MAGISTRAL SUR NIVEL : 4520 PLANO

FUENTE: INFORME ANUAL CIA SANTANDER FECHA: DIC. '90 **3**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA**  
**Y METALURGICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE MINAS

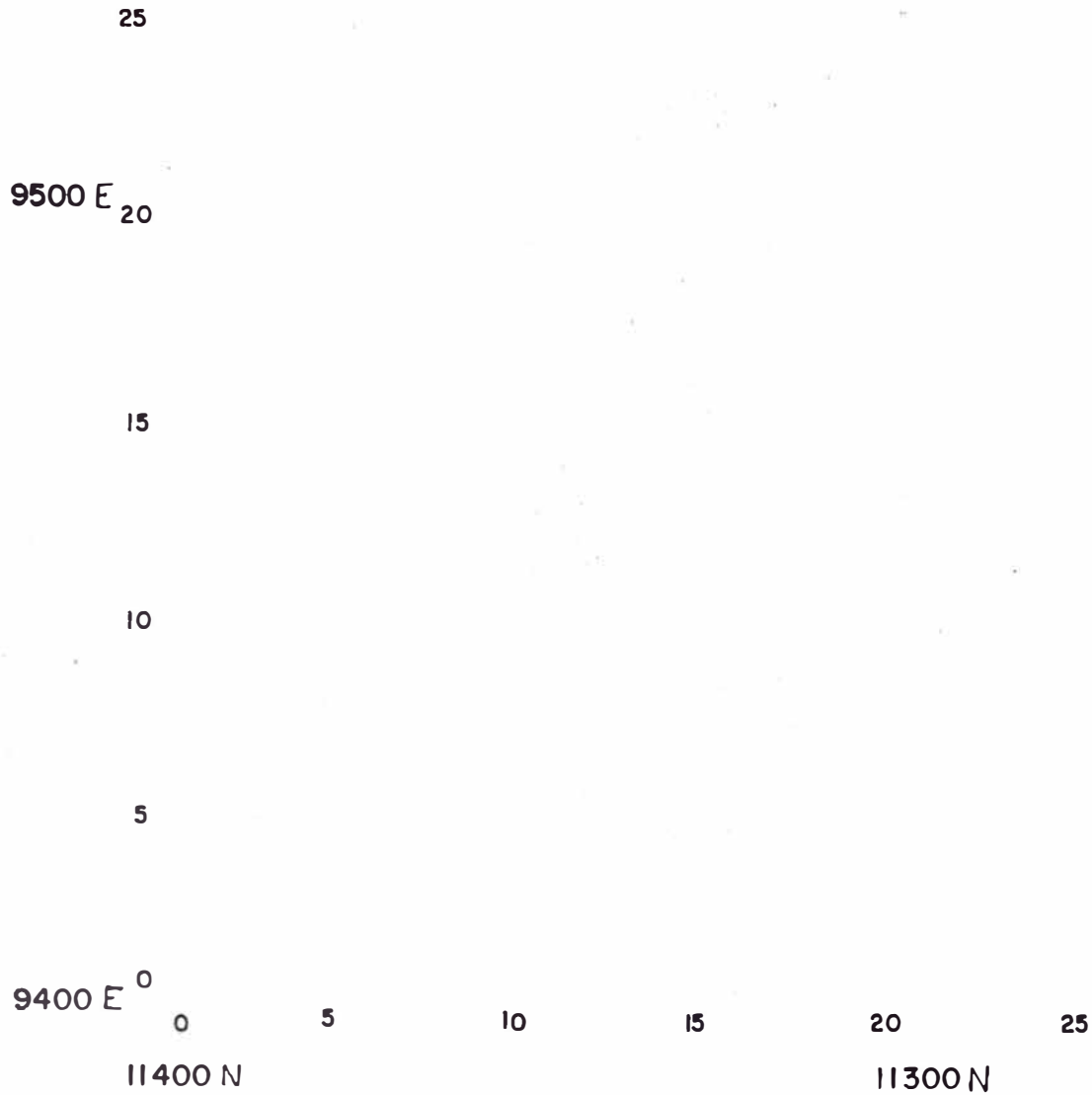
COMPANIA MINERALES SANTANDER

PLANO HORIZONTAL BANCO 4

PRESENTADO POR: J.L. ALTAMIRANO I. ESCALA: 1/200 DIBUJO: J.L. CRUZ A.

VETA : MAGISTRAL SUR NIVEL : 4510 PLANO 4

FUENTE: INFORME ANUAL CIA SANTANDER FECHA: DIC. '90



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA**  
**Y METALURGICA**

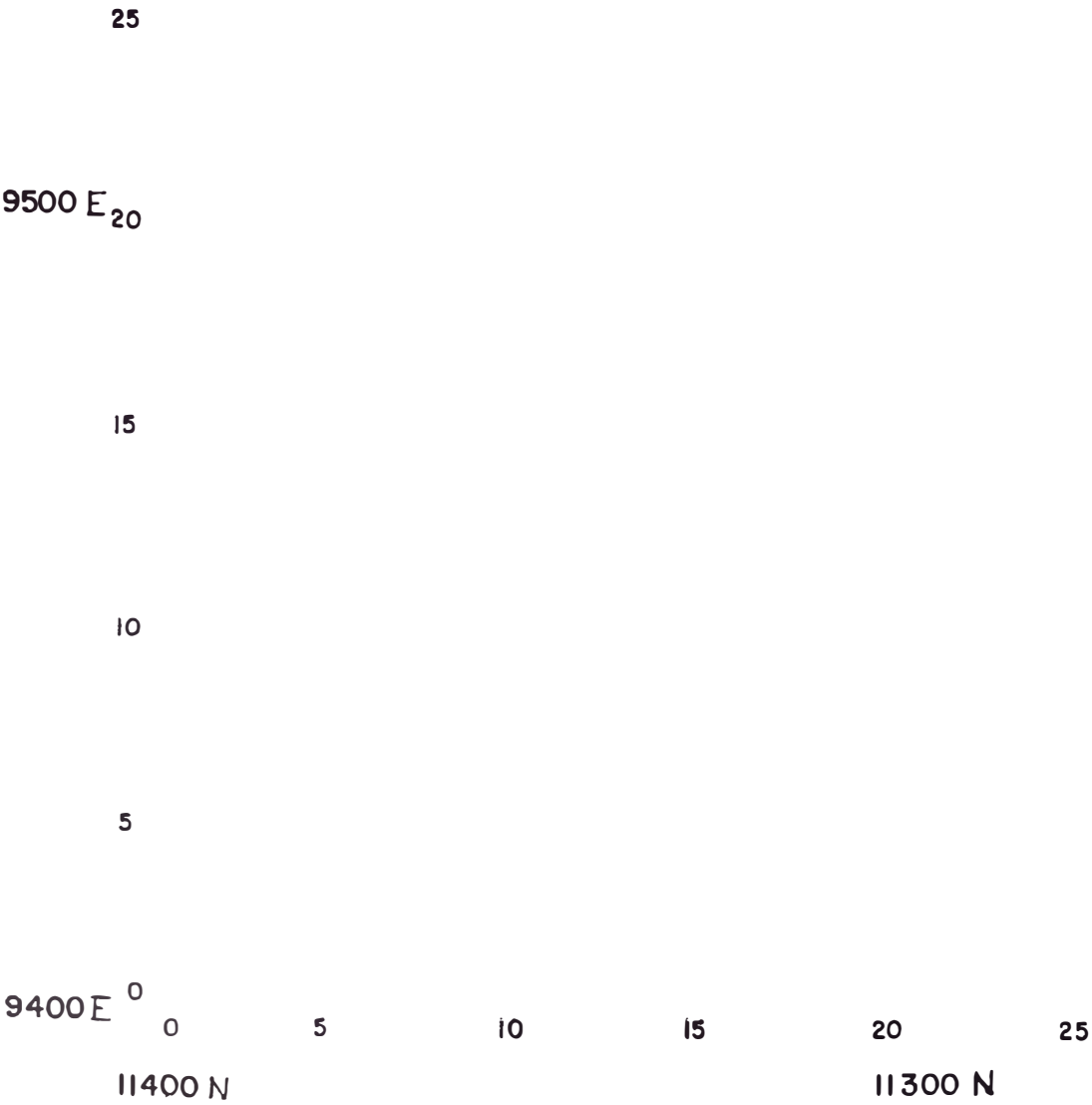
ESCUELA PROFESIONAL DE MINAS

COMPAÑIA MINERALES SANTANDER  
 PLANO HORIZONTAL BANCO 5

PRESENTADO POR: J.L. ALTAMIRANO I. ESCALA: 1/200 DIBUJO: J.L. CRUZ A.

VETA: MAGISTRAL SUR NIVEL: 4500 PLANO

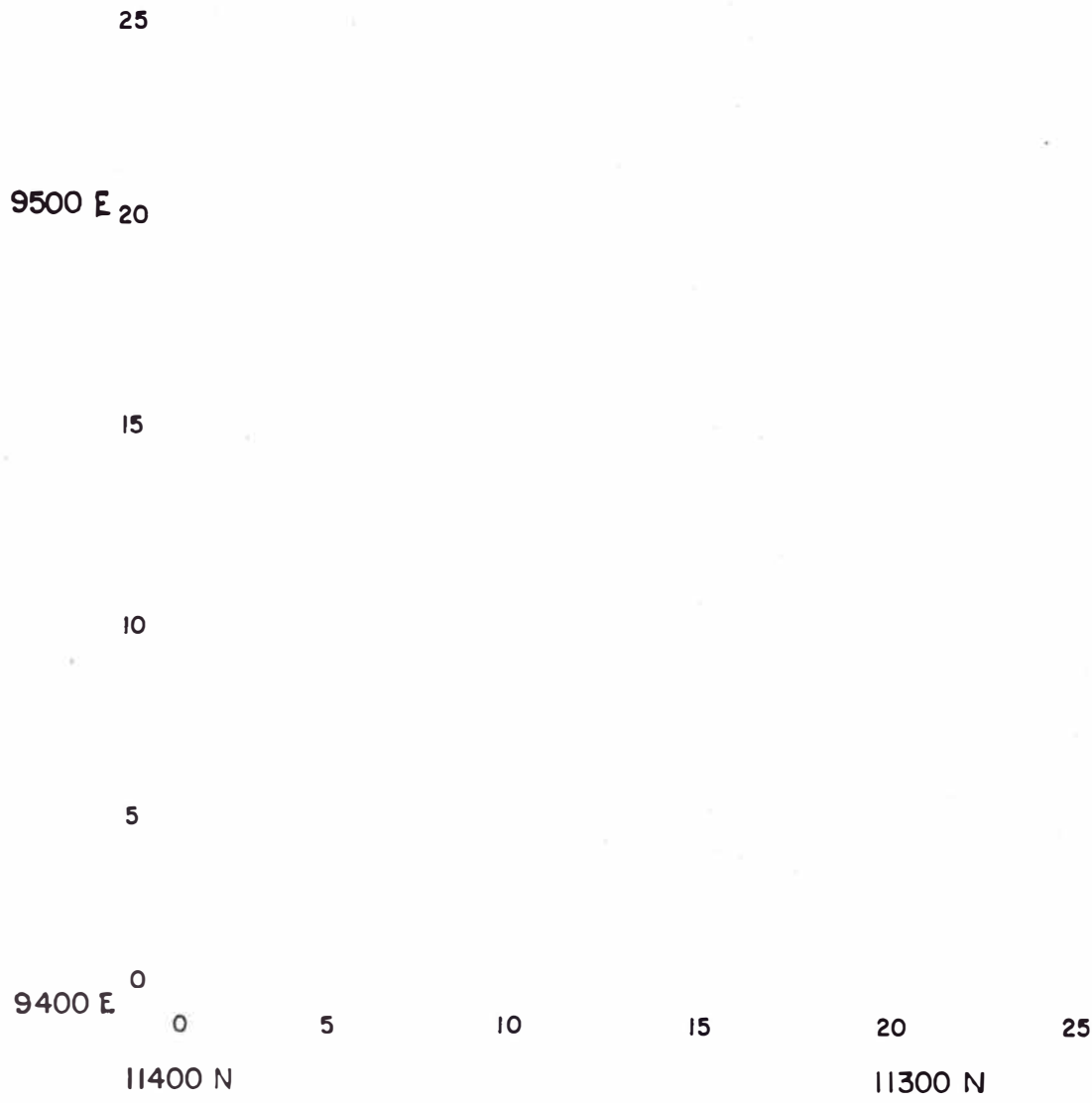
FUENTE: INFORME ANUAL CIA SANTANDER FECHA: DIC. '90



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA**  
**Y METALURGICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE MINAS  
 COMPA IA MINERALES SANTANDER  
 PLANO HORIZONTAL BANCO 6

PRESENTADO POR: J.L. ALTAMIRANO I.      ESCALA: 1/200      DIBUJO: J.L. CRUZ A.  
 VETA      MAGISTRAL SUR      NIVEL: 4490      PLANO  
 FUENTE: INFORME ANUAL CIA SANTANDER      FECHA: DIC. '90      6



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA  
 Y METALURGICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE MINAS**

**COMPAÑIA MINERALES SANTANDER**

**PLANO HORIZONTAL BANCO 7**

PRESENTADO POR: J.L. ALTAMIRANO I. ESCALA: 1/200 DIBUJO: J.L. CRUZ A.

VETA: MAGISTRAL SUR NIVEL: 4480 PLANO

FUENTE: INFORME ANUAL CIA SANTANDER FECHA: DIC. '90 **7**





GRAFICOS OBTENIDOS PARA EL METODO DE ESTIMACION KRIGEAGE  
(Intervienen inclusive datos con alcance mayor a 25 mt.)  
\*\*\*\*\*

++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++55++++  
++++54++++  
++++55++++  
++++55++++  
++++666++++  
++++766++++  
++++66665++++  
++++667655++++  
++++7765456++++  
++++77765456++++  
++++7865446++++  
++++8886546++++  
++++8887645++++  
++++877765++++  
++++66766++++  
++++65676++++  
++++5666++++  
++++566++++  
++++64++++  
++++41++++  
++++11++++  
++++11++++  
++++11++++  
++++1++++  
++++11++++  
++++1++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++

++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++6++++  
++++86++++  
++++66++++  
++++66++++  
++++664++++  
++++666+55++++  
++++666555++++  
++++6655556++++  
++++7765556++++  
++++7765456++++  
++++9997555++++  
++++9\*8655++++  
++++999766++++  
++++88766++++  
++++77766++++  
++++77766++++  
++++6666++++  
++++664++++  
++++44++++  
++++11++++  
++++11++++  
++++111++++  
++++11++++  
++++1++++  
++++11++++  
++++11++++  
++++11++++  
++++33++++  
++++33++++  
++++33++++  
++++333++++  
++++33++++

++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++66++++  
++++66++++  
++++66++++  
++++6676++++  
++++77766++++  
++++788777++++  
++++8888786++++  
++++999876++++  
++++899887++++  
++++8888776++++  
++++788876++++  
++++78766++++  
++++6566++++  
++++666++++  
++++1++++  
++++11++++  
++++11++++  
++++1++++  
++++11++++  
++++11++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++

++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++566++++  
++++764++++  
++++7665++++  
++++96567++++  
++++88877++++  
++++8\*7778++++  
++++8877767++++  
++++77776++++  
++++877766++++  
++++777666++++  
++++66666++++  
++++6555++++  
++++553++++  
++++33++++  
++++22++++  
++++11++++  
++++111++++  
++++11++++  
++++11++++  
++++2++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++  
++++



+++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++5+++++  
 +++++55+++++  
 +++++555+++++  
 +++++6673+++++  
 +++++5765+++++  
 +++++55555+++++  
 +++++656654+++++  
 +++++666544+++++  
 +++++666655+++++  
 +++++667765+++++  
 +++++67876+++++  
 +++++67776+++++  
 +++++66766+++++  
 +++++6656+++++  
 +++++63+++++  
 +++++.  
 +++++.  
 +++++.  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++  
 +++++





METODO DE ESTIMACION: GEOESTADISTICO

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

* BANCO 1 (NIVEL BASE = 4540.0)		ZINC	
* LEY DE * * CORTE *	* TONELAJE * * ZN (TM) *	* LEY * * ZN *	* CANTIDAD DE * * METAL (TM) *
* 3.100 *	* 51629. *	* 6.594 *	* 3404. *
* 3.500 *	* 51629. *	* 6.594 *	* 3404. *
* 3.900 *	* 51629. *	* 6.594 *	* 3404. *
* 4.300 *	* 51629. *	* 6.594 *	* 3404. *
* 4.700 *	* 48547. *	* 6.730 *	* 3267. *
* 5.100 *	* 48547. *	* 6.730 *	* 3267. *
* 5.500 *	* 48547. *	* 6.730 *	* 3267. *
* 5.900 *	* 45081. *	* 6.804 *	* 3067. *
* 6.300 *	* 37699. *	* 6.943 *	* 2618. *
* 6.700 *	* 26059. *	* 7.118 *	* 1855. *
* 7.100 *	* 13041. *	* 7.386 *	* 963. *
* 7.500 *	* 4748. *	* 7.703 *	* 366. *
* 7.900 *	* 850. *	* 7.920 *	* 67. *
* 8.300 *	* 0. *	* 7.920 *	* 0. *
* 8.700 *	* 0. *	* 7.920 *	* 0. *

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

* BANCO 2 (NIVEL BASE = 4530.0)		ZINC	
* LEY DE * * CORTE *	* TONELAJE * * ZN (TM) *	* LEY * * ZN *	* CANTIDAD DE * * METAL (TM) *
* 3.100 *	* 55165. *	* 6.599 *	* 3640. *
* 3.500 *	* 55165. *	* 6.599 *	* 3640. *
* 3.900 *	* 55165. *	* 6.599 *	* 3640. *
* 4.300 *	* 55165. *	* 6.599 *	* 3640. *
* 4.700 *	* 49795. *	* 6.830 *	* 3401. *
* 5.100 *	* 49795. *	* 6.830 *	* 3401. *
* 5.500 *	* 46276. *	* 6.945 *	* 3214. *
* 5.900 *	* 45043. *	* 6.981 *	* 3144. *
* 6.300 *	* 38036. *	* 7.128 *	* 2711. *
* 6.700 *	* 31122. *	* 7.257 *	* 2259. *
* 7.100 *	* 15174. *	* 7.700 *	* 1168. *
* 7.500 *	* 7502. *	* 8.121 *	* 609. *
* 7.900 *	* 5122. *	* 8.319 *	* 426. *
* 8.300 *	* 3103. *	* 8.408 *	* 261. *
* 8.700 *	* 0. *	* 8.408 *	* 0. *

\*\*\*\*\*

```

*****
*   BANCO 3 (NIVEL BASE = 4520.0)           ZINC   *
*****
* LEY DE * TONELAJE *   LEY   * CANTIDAD DE *
* CORTE *  ZR (TM)  *   ZN   * METAL (TM) *
*****
* 3.100 * 42462. * 7.098 * 3014. *
* 3.500 * 42462. * 7.098 * 3014. *
* 3.900 * 42462. * 7.098 * 3014. *
* 4.300 * 42462. * 7.098 * 3014. *
* 4.700 * 38663. * 7.358 * 2845. *
* 5.100 * 38663. * 7.358 * 2845. *
* 5.500 * 38663. * 7.358 * 2845. *
* 5.900 * 38663. * 7.358 * 2845. *
* 6.300 * 37898. * 7.381 * 2797. *
* 6.700 * 32818. * 7.497 * 2460. *
* 7.100 * 28497. * 7.597 * 2165. *
* 7.500 * 17952. * 7.780 * 1397. *
* 7.900 * 6312.  * 8.025 * 507.  *
* 8.300 * 0.     * 8.025 * 0.    *
* 8.700 * 0.     * 8.025 * 0.    *
*****

```

```

*****
*   BANCO 4 (NIVEL BASE = 4510.0)           ZINC   *
*****
* LEY DE * TONELAJE *   LEY   * CANTIDAD DE *
* CORTE *  ZR (TM)  *   ZN   * METAL (TM) *
*****
* 3.100 * 44259. * 6.749 * 2987. *
* 3.500 * 44259. * 6.749 * 2987. *
* 3.900 * 44259. * 6.749 * 2987. *
* 4.300 * 41680. * 6.908 * 2879. *
* 4.700 * 40519. * 6.974 * 2826. *
* 5.100 * 40519. * 6.974 * 2826. *
* 5.500 * 38993. * 7.039 * 2745. *
* 5.900 * 38907. * 7.042 * 2740. *
* 6.300 * 36862. * 7.087 * 2612. *
* 6.700 * 33311. * 7.155 * 2383. *
* 7.100 * 15548. * 7.456 * 1159. *
* 7.500 * 5414.  * 7.874 * 426.  *
* 7.900 * 1946.  * 8.268 * 161.  *
* 8.300 * 850.   * 8.690 * 74.   *
* 8.700 * 0.     * 8.690 * 0.    *
*****

```

```

*****
*   BANCO 5 (NIVEL BASE = 4500.0)           ZINC   *
*****
* LEY DE * TONELAJE *   LEY   * CANTIDAD DE *
* CORTE *  ZN (TM)  *   ZN   * METAL (TM) *
*****
* 3.100 * 41502. * 6.199 * 2573. *
* 3.500 * 41468. * 6.201 * 2571. *
* 3.900 * 37529. * 6.467 * 2427. *
* 4.300 * 36892. * 6.508 * 2401. *
* 4.700 * 36892. * 6.508 * 2401. *
* 5.100 * 36892. * 6.508 * 2401. *
* 5.500 * 34378. * 6.594 * 2267. *
* 5.900 * 32848. * 6.629 * 2177. *
* 6.300 * 25879. * 6.797 * 1759. *
* 6.700 * 14174. * 7.019 * 995. *
* 7.100 * 2493. * 7.736 * 193. *
* 7.500 * 793. * 8.670 * 69. *
* 7.900 * 793. * 8.670 * 69. *
* 8.300 * 793. * 8.670 * 69. *
* 8.700 * 0. * 8.670 * 0. *
*****

```

```

*****
*   BANCO 6 (NIVEL BASE = 4490.0)           ZINC   *
*****
* LEY DE * TONELAJE *   LEY   * CANTIDAD DE *
* CORTE *  ZN (TM)  *   ZN   * METAL (TM) *
*****
* 3.100 * 42403. * 6.388 * 2709. *
* 3.500 * 40516. * 6.528 * 2645. *
* 3.900 * 38738. * 6.663 * 2581. *
* 4.300 * 38738. * 6.663 * 2581. *
* 4.700 * 38738. * 6.663 * 2581. *
* 5.100 * 38186. * 6.686 * 2553. *
* 5.500 * 38106. * 6.689 * 2549. *
* 5.900 * 37919. * 6.693 * 2538. *
* 6.300 * 30815. * 6.820 * 2102. *
* 6.700 * 17413. * 7.065 * 1230. *
* 7.100 * 5950. * 7.366 * 438. *
* 7.500 * 850. * 7.700 * 65. *
* 7.900 * 0. * 7.700 * 0. *
* 8.300 * 0. * 7.700 * 0. *
* 8.700 * 0. * 7.700 * 0. *
*****

```

```

*****
*   BANCO 7 (NIVEL BASE = 4480.0)           ZINC   *
*****
* LEY DE * TONELAJE * LEY * CANTIDAD DE *
* CORTE * ZN (TM) * ZN * METAL (TM) *
*****
* 3.100 * 33915. * 6.696 * 2271. *
* 3.500 * 33915. * 6.696 * 2271. *
* 3.900 * 33915. * 6.696 * 2271. *
* 4.300 * 33915. * 6.696 * 2271. *
* 4.700 * 33915. * 6.696 * 2271. *
* 5.100 * 33915. * 6.696 * 2271. *
* 5.500 * 33915. * 6.696 * 2271. *
* 5.900 * 33614. * 6.705 * 2254. *
* 6.300 * 30436. * 6.768 * 2060. *
* 6.700 * 16939. * 6.951 * 1178. *
* 7.100 * 2941. * 7.239 * 213. *
* 7.500 * 0. * 7.239 * 0. *
* 7.900 * 0. * 7.239 * 0. *
* 8.300 * 0. * 7.239 * 0. *
* 8.700 * 0. * 7.239 * 0. *
*****

```

```

*****
*           REPORTE FINAL DEL CUERPO MAGISTRAL SUR           *
* LEY DE * TONELAJE TOTAL * LEY * CANTIDAD TOTAL *
* CORTE * ZN (TM) * ZN * DE METAL (TM) *
*****
* * * * *
* 3.100 * 311334. * 6.616 * 20597. *
* 3.500 * 309413. * 6.636 * 20533. *
* 3.900 * 303696. * 6.692 * 20324. *
* 4.300 * 300480. * 6.719 * 20190. *
* 4.700 * 287068. * 6.825 * 19592. *
* 5.100 * 286515. * 6.828 * 19564. *
* 5.500 * 278876. * 6.869 * 19157. *
* 5.900 * 272074. * 6.897 * 18765. *
* 6.300 * 237625. * 7.010 * 16659. *
* 6.700 * 171835. * 7.193 * 12360. *
* 7.100 * 83645. * 7.532 * 6300. *
* 7.500 * 37260. * 7.870 * 2932. *
* 7.900 * 15024. * 8.185 * 1230. *
* 8.300 * 4746. * 8.502 * 404. *
* 8.700 * 0. * .000 * 0. *
*****

```

PROYECTO EXTRACCION DEL CUERPO  
MINERALIZADO MAGISTRAL SUR

**ANEXO: 4**

## VALORIZACIONES DEL MINERAL DE CABEZA

### Balance Metalúrgico de Mineral

(magistral Sur (40%) + Mina Santander (60%))

	Min.Trat.	Conc.Pb	Cont.Zn	Relave Final
<u>TMS</u>	22686.00	222.89	2976.67	19486.44
<u>Ensayes</u>				
Oz. Ag	1.04	61.49	1.39	0.29
% Pb	0.67	57.50	0.32	0.28
% Zn	7.08	4.30	49.53	0.63
% Fe	15.95	8.44	12.50	16.56

### RECUPERACIONES

Ag	100.00	58.60	17.60	23.80
Pb	100.00	83.92	6.18	9.90
Zn	100.00	0.60	91.74	7.66
Fe	100.00	0.52	10.30	89.18

EN función de este cuadro haremos las valorizaciones.



**Anexo 4B  
CONCENTRADO DE PLOMO**

Trabajando para una cotización de 25 c/lb fina de Pb.

Ley Plomo (%) = 56.00	Recuperación Pb (%) 80.00
Ley Plata (oz/TM) = 60.00	Recuperación Ag (%) 55.00
Arsenico (%) = 0.080	
Antimonio (%) = 0.200	
Bismuto (%) = 0.160	

**VALOR DEL CONCENTRADO DE PLOMO**

**Pagos por TMS:**

Pb: 56% * 95% (DM 3 unid.) * 25 * 22.0462	291.56
Ag: 60% * 95% (DM 50 mg.) * (4*99%)	225.72

**Deducciones:**

- Gastos de tratamiento-Base 20 c/lb	108.00
Esclator: (4\$/c por encima de 20 c/lb)	20.00
Carga por plata refinada: 60%*95%*0.25	14.25
- Penalidades:	
As : 0.10% libre; en exceso 3\$/0.1%	0.00
Sb : 0.25% libre; en exceso 2\$/0.1%	0.00
Bi : 0.17% libre; en exceso 2\$/0.01%	0.00
	142.25
	-----
valor CIF por TMS	375.03
- Flete marítimo y seguros	30.00
	-----
Sub-Total FOB	345.03
- Mermas (2%)	6.90
	-----
Valor FOB por TMS conc.	338.13
- D.L. 190 I.G.V. (0%) exonera. export.	0.00
	-----
	<b>338.13</b>

En este caso como esto no intervendrá en el análisis de beneficio, se hará de la siguiente forma:

Valor Min. Cabeza: 338.13: 3.3150 \$/TM mineral

-----  
102

O si se quiere:

Pago Pb: 0.1563 \* 338.13 = 190.58

pago Ag: 0.4364 \* 338.13 = 147.55

Valor Min. Cabeza = 190.58 / (56/80%) + 147.55 / (60/55%)  
= 2.72 Pb/TM min. + 1.35 Ag/TM min.



***ANEXO: 5***

## EVALUACION ECONOMICA

### FUNCION DE BENEFICIO (B)

$$B_1 = T_{\text{mineral}} * ((L_{\text{media}} * V_{\text{mineral cabeza}}) - (C_t - C_m))$$

$$B_2 = - T_{\text{estéril}} * C_m$$

$$B_3 = - T_{\text{desmonte}} * C_{at}$$

$$B = B_1 + B_2 + B_3$$

Donde:

$C_t$  = Costo de Tratamiento + (Costo Generales + Costos Administración)

$C_m$  = Costo de Minado + (Costos Generales + Costos Administración)

$C_{at}$  = Costo de Acarreo y transportes (del material morrénico que no necesita perforación-disparo) + % (Costos Generales+Costos Administración).

En este momento debe preguntarse si todos los bloques van a entrar en esta fórmula de valorización o simplemente aquellos de los que se pueda obtener algún beneficio a partir de una ley de corte determinado?. (Bernuy 1979).

En función de lo dicho, todo bloque entra en la valorización condicionando a una ley de corte.

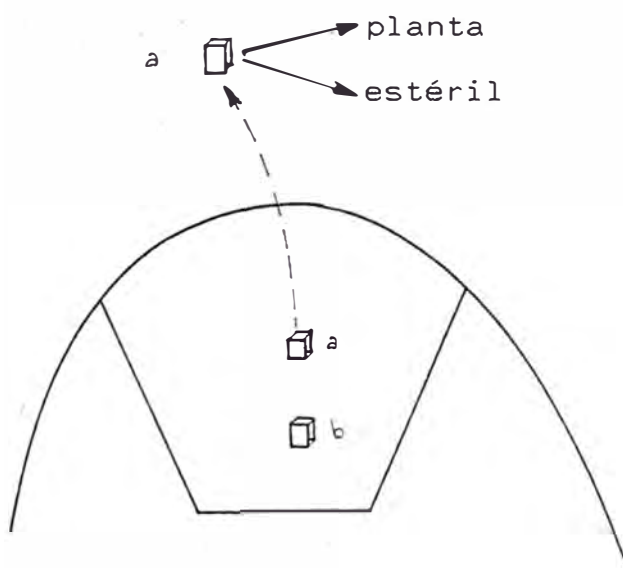
Ley de Corte (Lc<sub>1</sub>): Clásicamente se define la ley de corte como la ley de pague todos sus costos de operación.

$$Lc_1 = \frac{\Sigma \text{ Costos de Operación}}{\text{Precio del Metal } * \%R}$$

$\Sigma$  costos de Operación = Costo Tratamiento + costo Minado + Costo Administración + Costo Infraestructura.

Pero en una operación de minado a cielo abierto, este concepto clásico experimenta una variante, debido precisamente a las características inherentes de la explotación a cielo abierto.

Tal es así que en la figura que para sacar un mineral rico "b" es necesario sacar un mineral menos rico "a".



#### Paso 1

Para sacar el mineral "b" es necesario sacar el mineral "a" de menor ley.

#### Paso 2

El mineral "a" está en superficie, quiere decir que se gastó su costo de minado. Aquí se presenta la alternativa:

Si Planta de tratamiento si el mineral  
sus gastos de tratamiento + % de C.  
de Administración.

Ley "a" > ó <  $Lc_2$

No Estéril: si el mineral no paga sus  
gastos de tratamiento.

Entonces aquí se acaba de definir otra ley de corte  $Lc_2$ , por lo cual definimos si el mineral va a la planta o al estéril.

En otras palabras si el mineral "a" entra en la fórmula de valorización.

La aplicación ciega de  $Lc_1$  no es en absoluto conveniente porque dejamos de lado un mineral marginal que nos ayuda a pagar los gastos, estaríamos por consiguiente realizando un descremaje del yacimiento.

### Determinación de los Parámetros Económicos

Trabajaremos como ejemplo para un Tajo Abierto de 4 bancos de mineral de explotación (cota de último banco: 4510).

Precio del metal a una cotización de 1250 \$/TM fina Zn: es igual  $4.8431 \text{ } \$/((1\%Zn * TM \text{ mineral}))$ , según valorización.

- Costos

Aquí hemos considerado los siguientes basados en costos reales de Minas Santander:

Ct = 10.00 \$/TM mineral tratado

Cm = 5.00 \$/TM mineral minado

Cat = 30% del costo minado = 1.50 \$/TM material  
morrénico movido

Obtención de  $Lc_1$  y  $Lc_2$ :

$$Lc_1 = 16.50 \text{ \$/TM} = \frac{16.50 \text{ \$/TM mineral}}{4.8431 \text{ \$/}(1\% \text{Zn} \cdot \text{TM mineral})} = 3.41\% \text{Zn}$$

$$Lc_2 = 10.0 \text{ \$/TM} = \frac{10.0 \text{ \$/TM mineral}}{4.8431 \text{ \$/}(1\% \text{Zn} \cdot \text{TM mineral})} = 2.06\% \text{Zn}$$

Normalmente se destacaría aquellas leyes por debajo del 3.41% Zn, pero como se explico anteriormente en nuestra función de beneficio ingresarán leyes de mineral inclusive hasta de 2.06% Zn.

Para el Análisis de beneficio se trabajará en función del Costo de Tratamiento, costo que es el más sensible a variaciones (no así el costo de minado), y sobre el se hallan las leyes mínimas de explotación, evitando de esta forma un descremaje del yacimiento.

Ley Media de Blocks: 7.04% Zn ( $\geq$  2.06% Zn)

Inversión: Activos Fijos \$580,000 y un capital de trabajo (para un mes de producción):

$$16.5 \text{ \$/TM} * 300\text{TM/Día} * 25 \text{ días/Mes} = \$ 123,750$$

Es decir, una inversión total de \$703,750

### Evaluación Económica

$$\begin{aligned} \text{Escala de Explotación anual} &= 300 \text{ TM/Día} * 300 \text{ Día/Año} \\ &= 90000 \text{ TM/año} \end{aligned}$$

$$\text{Tonelaje Mineral} = 160,132 \text{ TMS}$$

$$\text{Tonelaje Estéril} = 344,020 \text{ TMH}$$

$$\text{Tonelaje Desmonte} = 162,150 \text{ TMH}$$

$$\begin{aligned} B_1 &= 160,132 * (4.8431 * 7.04 - (10.00 + 6.50)) \\ &= 2'817,590 \end{aligned}$$

$$B_2 = -344,020 * 5.00 = -1'720,100$$

$$B_3 = 162,150 * 1.50 = 243,225$$

$$B = 854,265 \text{ \$}$$

Vida de proyecto =  $160132/90000 = 1.779$  años = 21.35 meses.

Como la explotación durará poco tiempo haremos un análisis económico mensual.

Flujo económico mensual =  $854,265 / 21.35 = 40,012.4$  \$/mes

Depreciación de activos fijos: 5 años

Deprec. Mensual =  $(580000 - 580000 / 5) / 60 = 7,733.3$  \$/mes

Valor de rescate =  $116000 + 7733.3 * 12 (5 - 1.779)$   
= 414,908.8 \$

### Análisis Económico

	C1	P1/P21	P21.35
	-----	-----	-----
Inversión	(703750)	40012.4	
Contribución Neta			20493.3
Valor de Rescate			414908.8
Capital de Trabajo			123750.0
	-----	-----	-----
<b>Flujo económico:</b>	703750	40012.4	559,152.1

Los flujos económicos miden la rentabilidad del proyecto como operación propiamente dicha.

Trabajando para una tasa anual del 10%, entonces la tasa efectiva mensual será:

$1 + 10\% = (1 + \text{IEF.mensual})^{**}(12)$ ; Ief.mes = 0.79%

$$\text{VAN}(0.80\%) = 703750 (1+i) + 40012 * \frac{(((1+i)**21)-1)}{((1+i)**21)*1}$$

+ 559152.1 \*  $((1+i))^{**}21.35)$

= 887,707.2\$

TIR mensual = 7.141%

TIR anual = 128.99%

## **ANEXO 6**



## EVALUACION FINANCIERA

Para el análisis tomamos algunos resultados obtenidos en el Anexo 5 de Evaluación Económica (para Pit de 4 bancos de mineral) como:

Flujo Económico Mensual	=	58,402
Depreciación Mensual	=	7733.3
Valor de Rescate	=	414908.8
Capital de Trabajo	=	123.750
Inversión den Activos Fijos	=	580.000
Interés Anual	=	10.00%
Interés Mensual	=	0.79%

Otros considerandos tomados:

Participación del Directorio e INGEMMET = 6 y 1.5% respectivamente del Saldo Imponible.

Impuesto a la Renta = 40% del Saldo Imponible.

Monto de Reinversión = 15% del Saldo antes de reinversión.

### Estado de Ganancias , Pérdidas

<u>Meses</u>	<u>Ci</u>	<u>P1/P21</u>	<u>P21,3509</u>
Contribución Neta		58402.0	20493.3
Deprec. Act. Fijo		7733.3	(2713.6)
+ Valor Rescate			414908.8
Saldo Imponible		50668.7	17779.7

Partic. Directorio	3040.1	1066.8
INGEMMET	760.0	266.7
Impuesto a la Renta	20267.5	7111.9
		-----
		9334.3
Reserva Reinversión	3990.0	1400.1
<b>Utilidad Neta</b>	<b>22610.9</b>	<b>422843.3</b>

**Flujo de  
Caja**

Inv. Act. Fijos +	703750	-	-
Capital Trabajo		-	123750.0
Utilidad Neta	22610.9	422843.0	
Depreciación	7733.3	2713.6	
Reserva Reinversión	3990.0	1400.1	
		-----	-----

**FLUJO DE CAJA 703750 34334.2 550706.7**

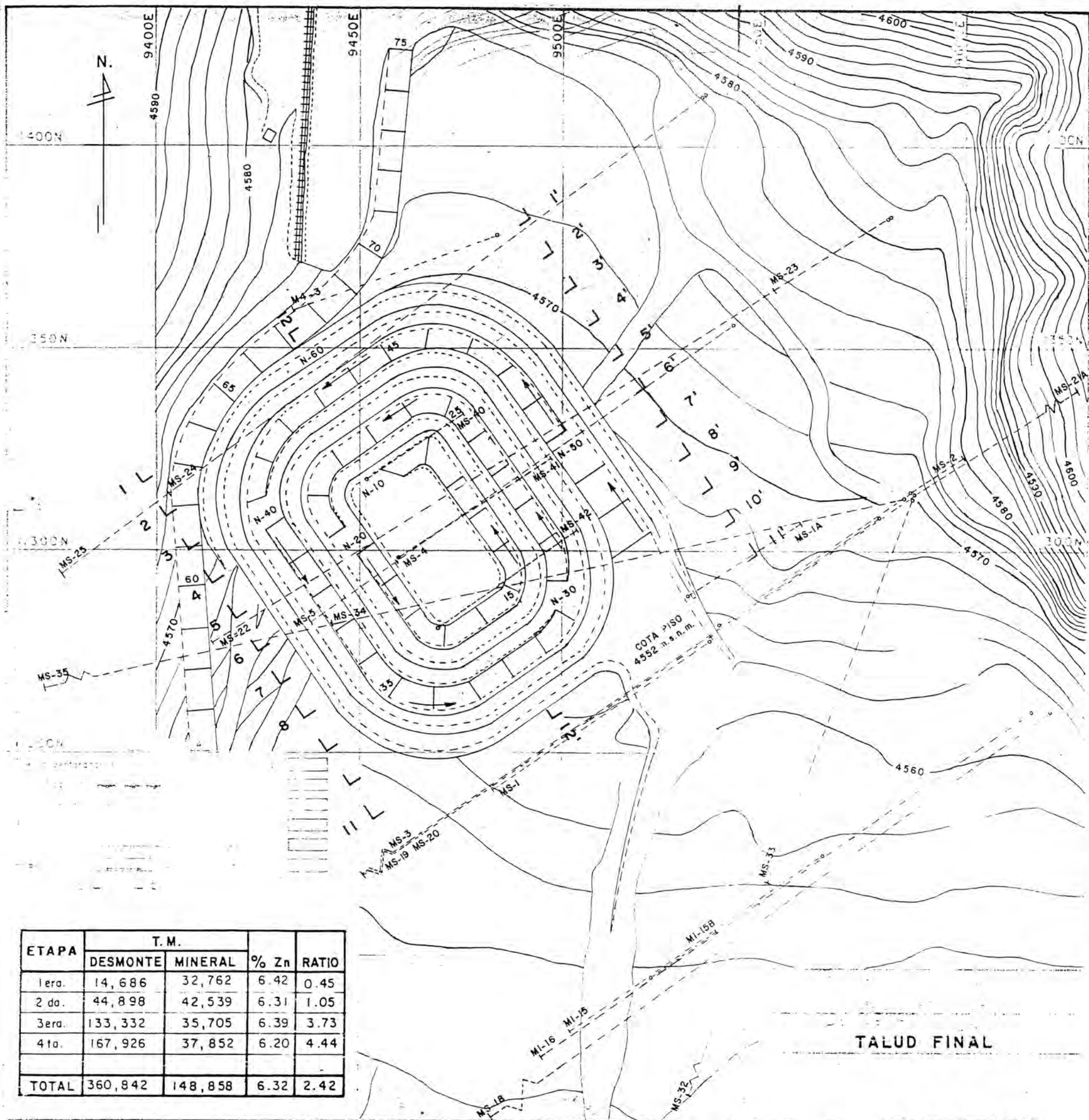
$$\text{VAN}(0.80\%) = 703,750 + 34,334.2 * \frac{(((1+i)**21) - 1)}{((1+i)**21)*i}$$

$$+ 550,706.7 * ((1/(1+i))**21.35)$$

$$= \$ 416,907.60$$

$$\text{TIR mensual} = 3.903\%$$

$$\text{TIR anual} = 58.831\%$$



Sr. Decano de la FIGMM  
S.D.

Yo, \_\_\_\_\_, con L.E. \_\_\_\_\_  
Egresado de la FIGMM el \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_; Bachiller con Domici-  
lio en \_\_\_\_\_

Ante Ud. me presento y expongo:

Que reuno los requisitos para titularme mediante Exámen Profesional lo que de-  
muestro acompañando los siguientes documentos:

- 1.-Certificado de haber concluido el Plan de Estudios de la Especialidad de Constancia de Egresado
- 2.-Copia legalizada de mi Grado Académico de Bachiller.
- 3.-Certificado(s) de Trabajo que demuestran que me he desempeñado por el lap-  
so mínimo de 3 años en actividades de mi especialidad (Contados a partir de la  
fecha que egresé)
- 4.-Informe de mi actividad profesional acompañado de un informe de Ingeniería-  
de mi especialidad en original y tres copias.
- 5.-Recibo de haber cancelado \$1,000.00 Dolares Americanos, en Tesorería de la -  
Universidad por derechos de titulación mediante Exámen Profesional.
- 6.-Constancia de no adeudar a la Universidad.
- 7.-Constancia de no estar sometido a medida disciplinaria.
- 8.-Las cuatro (4) fotografías pasaporte de frente en fondo blanco.

Por lo expuesto:

Solicito a Ud. Sr. Decano Nombrar Jurado; y , fijar fecha para rendir el Exámen  
Profesional que me permita optar mi Título Profesional,

Es justicia.

Lima, de de