

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

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



**“CALCULO DE RESERVAS POR EL
METODO GEOESTADISTICO DE
LA MINA SANTA ROSA”**

INFORME DE INGENIERIA

**Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERIO DE MINAS**

Alfredo M. Berrospi Ytahashi

**LIMA-PERU
2000**

INDICE

CAPITULO I - GENERALIDADES

- 1.1 BREVE RESEÑA SOBRE LA MINA SANTA ROSA**
 - 1.1.1 Ubicación Geográfica**
 - 1.1.2 Fisiográfica**
 - 1.1.3 Historia y Trabajos Anteriores**
- 1.2 INFORMACION UTILIZADA**
 - 1.2.1 Condiciones**

CAPITULO II - ESTUDIO ESTRUCTURAL

- 2.1 ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS**
 - 2.1.1 Histograma de Frecuencias**
 - 2.1.2 Media**
 - 2.1.3 Varianza**
 - 2.1.4 Varianza Relativa**
 - 2.1.5 Análisis de Regresión y Correlación Simples**
 - 2.1.5.1 Nube de Correlación**
 - 2.1.5.2 Coeficiente de Determinación**
 - 2.1.5.3 Coeficiente de Correlación Lineal**
 - 2.1.6 Diagramas de Leyes Media y Varianzas según profundidad**
 - 2.1.7 Conclusiones**
- 2.2 ESTUDIO GEOESTADISTICO DE LOS DATOS**
 - 2.2.1 Variable Regionalizada**
 - 2.2.2 La Función Variograma**
 - 2.2.2.1 Variograma Horizontal**
 - 2.2.2.2 Variograma Vertical**
 - 2.2.2.3 Ajuste del Variograma**
 - 2.2.3 Proceso de estimación: Método del Krigeage**
 - 2.2.3.1 Krigeage Puntual**
 - 2.2.3.2 Determinación de la Precisión**

2.2.3.3 Krigeage Log-Normal

2.2.4 Conclusiones

CAPITULO III - CALCULO DE RESERVAS

3.1 PROCEDIMIENTO

CAPITULO IV - ANÁLISIS ECONOMICO

4.1 INVERSION

4.2 COSTOS DE OPERACIÓN

4.3 INGRESOS

4.3.1 Precios

4.3.2 Condiciones Comerciales

4.4 LA LEY DE CORTE "OPTIMA" Y RESERVAS

4.5 OPTIMIZACION DEL CALCULO DE PARÁMETROS TÉCNICOS

4.6 ANALISIS DE SENSIBILIDAD

4.7 CALCULO PRACTICO DE LOS PARAMETROS TÉCNICOS

4.7.1 Inversión

4.7.2 Costos de Operación

4.7.3 Valuación y Beneficio

4.8 CONCLUSIONES

ANEXO 1

ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Histograma de frecuencias

Media

Varianza

Varianza Relativa

Análisis de Regresión y Correlación Simples

Nube de Correlación

Coefficiente de determinación

Coefficiente de Correlación Lineal

ANEXO 2

LISTADO DEL PROGRAMA HIST.FOR

ANEXO 3

LISTADO DEL PROGRAMA GRAF.FOR

ANEXO 4

LISTADO DEL PROGRAMA DLM.FOR

ANEXO 5

ESTUDIO GEOESTADISTICO DE LOS DATOS

Variable Regionalizada

La Función Variograma

ANEXO 6

LISTADO DEL PROGRAMA VAHO.FOR

ANEXO 7

LISTADO DEL PROGRAMA REPO.FOR

ANEXO 8

LEYES ESTIMADAS Y TONELAJES A DIFERENTES LEYES DE CORTE

ANEXO 9

COSTOS UNITARIOS Y TOTALES DE MINADO Y TRATAMIENTO

ANEXO 10

ESTIMACIÓN DE LA COTIZACIÓN DEL PRECIO DE COBRE

ANEXO 11

OPTIMIZACIÓN DEL CALCULO DE PARÁMETROS TÉCNICOS

**Comparación de resultados entre los dos métodos de
maximización del beneficio futuro**

Tasa de Interés Diferente de Cero

Tasa de Interés Igual a Cero

ANEXO 12

Deducción de la formula de la Inversión

Deducción de la formula del Valor del Mineral

Deducción de la formula del Costo de Operación

ANEXO 13

CALCULOS DE PARÁMETROS TÉCNICOS OPTIMOS

Cuando la tasa de actualización es igual a cero

Cuando la tasa de actualización es diferente de cero

APÉNDICE A

DIBUJO DE PLANOS CON AUTOCAD

- 1.1 BREVE INTRODUCCIÓN AL AUTOCAD**
- 1.2 COMANDOS EMPLEADOS**
 - 1.2.1 Comando LINE**
 - 1.2.2 Comando LIMITS**
 - 1.2.3 Comando TEXT**
 - 1.2.4 Comando LAYER**
 - Propiedades de las Capas**
- 1.3 MODOS DE EMPLEAR EL AUTOCAD**

APÉNDICE B

MANUAL DEL USUARIO: PROGRAMA SROSA.PRG

- 1.1 OBJETIVO**
- 1.2 TRATAMIENTO**
- 1.3 VARIABLES**
- 1.4 PARAMETROS**
- 1.5 DIAGRAMA DE BLOQUES**
- 1.6 LISTADO DEL PROGRAMA**
- 1.7 EJEMPLO DE APLICACIÓN**
- 1.8 CONCLUSIONES**

APÉNDICE C

MANUAL DEL USUARIO: PROGRAMA VAVE.FOR

- 1.1 OBJETIVO**
- 1.2 TRATAMIENTO**
- 1.3 VARIABLES**
- 1.4 PARAMETROS**
- 1.5 DIAGRAMA DE BLOQUES**
- 1.6 LISTADO DEL PROGRAMA**
- 1.7 EJEMPLO DE APLICACIÓN**
- 1.8 CONCLUSIONES**

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1 BREVE RESEÑA SOBRE LA MINA SANTA ROSA

1.1.1 Ubicación Geográfica

El depósito Santa Rosa se ubica a 2,320 mts. en línea recta con rumbo S 61 E, tomado de la cumbre de Cerro Verde al taladro 504-44 (situado en la brecha Bonanza).

El pórfido cuarífero de naturaleza dacítico – monzonítico, se emplaza desde el oeste de Cerro Verde, Santa Rosa y la base de Cerro Negro con una longitud total de 4, 200 mts.. En el área de Santa Rosa aflora en un largo de 2, 700 mts..

Comprende el área mapeada 540 has. formada por un rectángulo de 2, 700 x 2, 000 mts.. cuyos vértices están ubicados en las coordenadas geográficas siguientes:

Norte	Este
8'169,000	223,500
8'171,000	226,200

1.1.2 Fisiografía

El área de Santa Rosa ocupa una pequeña parte del intrusivo La Caldera y presenta una topografía de relieve moderado, con pequeñas colinas de 2, 700 m. s. n. m. en promedio, que representaría una superficie de erosión. En la base de las colinas se encuentran angostos llanos.

No se dispone de información para saber a qué profundidad se encuentra el nivel freático actual, pero en Cerro Verde estaría a 2, 550 mts. (basado en el pique principal de 160 mts.).

1.1.3 Historia y Trabajos Anteriores

Desde 1 944, el área ha sido examinada por diferentes geólogos cuando el yacimiento pertenecía primero a la Cerro de Pasco Corp. , luego a Andes Exploration Co. , hasta que después en 1 970 los derechos de Santa Rosa y Cerro Verde pasan a poder del Estado.

En 1971, se hace un informe en Minero Perú, en el cual se concluyó la posible existencia de un depósito diseminado de cobre en Santa Rosa. Se acompaña a este informe planos y secciones y delimitación de la posible área mineralizada.

Las primeras perforaciones realizadas por Minero Perú fueron a partir del 24 de Agosto de 1 971 con el taladro Santa Rosa No. 1 (511-37) y con programas de 200 mts. De profundidad para los 9 siguientes:

Anteriormente, por encargo de Minero Perú varias compañías de exploración estudiaron a Santa Rosa conjuntamente con Cerro Verde. Sólo Minero Perú ha analizado Santa Rosa en forma independiente. Los resultados obtenidos de estos trabajos, han sido recopilados en varios volúmenes escritos, en donde se encuentra detallada toda la información obtenida.

En los estudios realizados, se analiza el mineral de cobre subdividido en tres tipos: mineral de cobre total, cobre oxidado y cobre secundario (lixiviable a partir de soluciones óxido – férricas que atacan a los sulfuros secundarios de Cu).

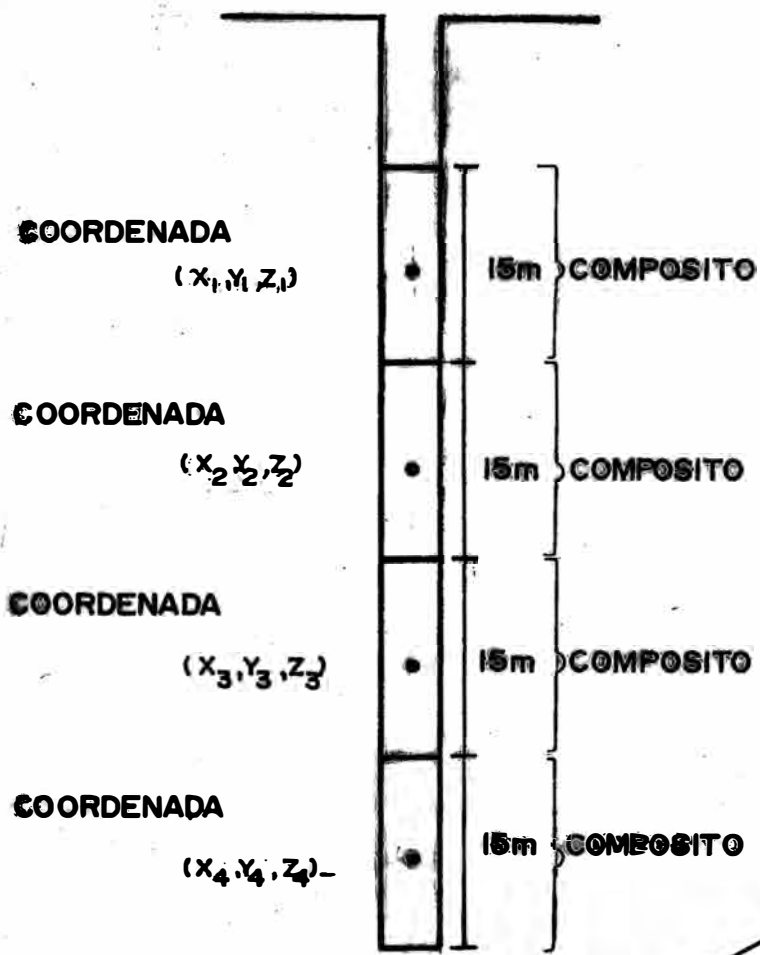
Para comercializar el mineral de cobre actual, previamente se le somete a un proceso de concentración y de lixiviación por electrodeposición, de manera tal que los ingresos provienen de dos fuentes: del concentrado de cobre y del cobre fino que se obtiene por electrodeposición.

En el presente trabajo, en el que se estudia solamente al futuro open pit Santa Rosa, se analiza solo la variable cobre total.

Asimismo el mineral de cobre total será concentrado previamente, para luego comercializarlo. No se le somete al proceso de electrodeposición.

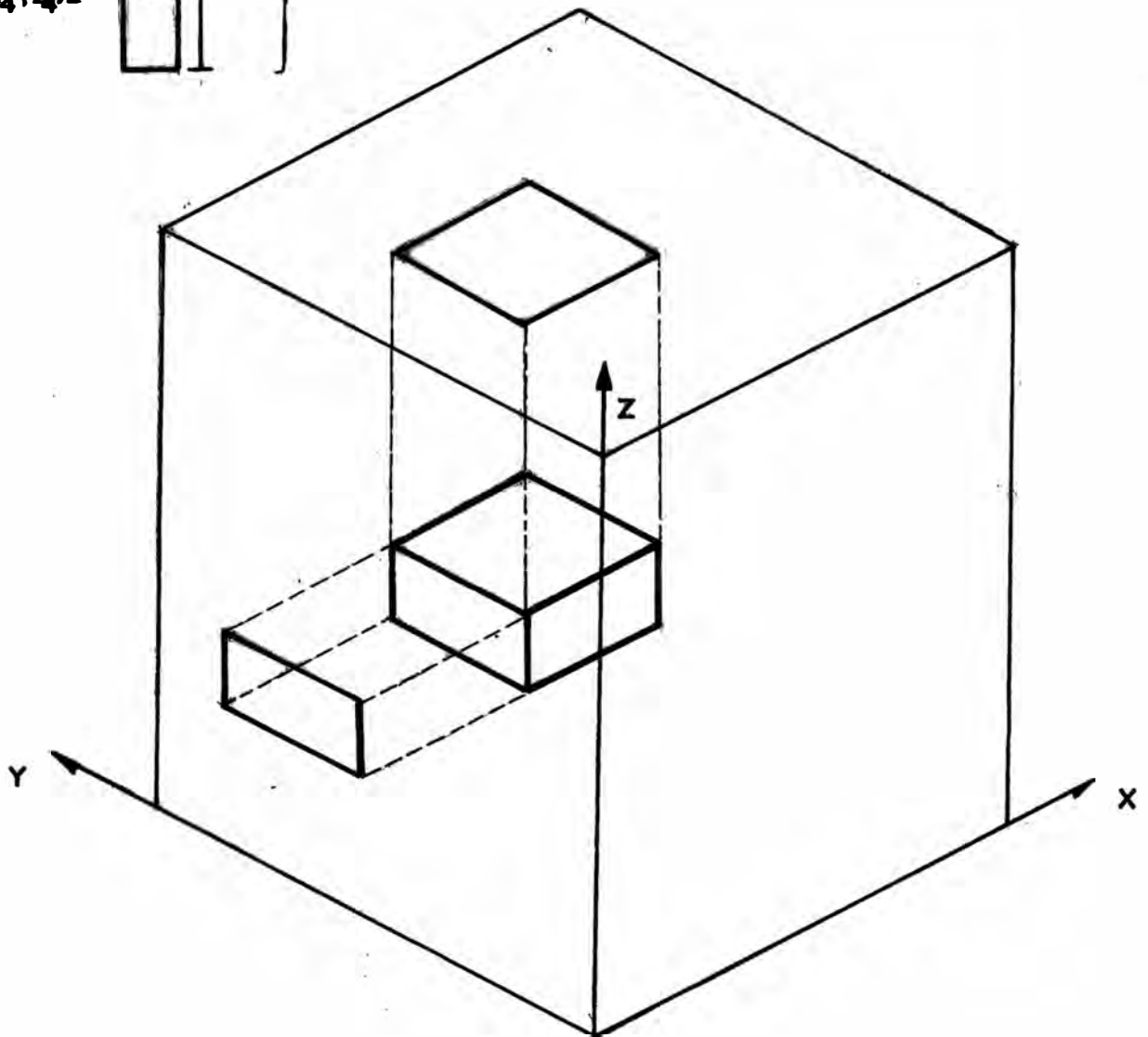
Los testigos obtenidos en las campañas de muestreo con sondajes verticales, han sido divididos cada 15 ms. , formando así compósitos de 15 ms. de longitud, que luego de un análisis por cobre se ha determinado el contenido mineral de esta muestra (ver figura 1). A cada una de estas leyes de cobre de los compósitos de 15 ms. se las ha relacionado con un código y coordenadas tridimensionales del compósito al cual pertenecen, así como también a un código que representa al tipo de mineralogía circundante al compósito. Todos estos datos de cada compósito han sido almacenados en archivos, en diskettes para su posterior procesamiento.

SONDAJE



DONDE !

COORDENADA = (X, Y, Z)



Para permitir procesar la información en microcomputadora, ha sido necesario considerar el área mineralizada, dentro de un gran paralelepípedo compuesto por pequeños paralelepípedos (bloques), de 30x30x15ms..

Con los planos de la topografía superficial del área mineralizada, se obtendrán las cotas de los bloques superficiales del gran paralelepípedo, los cuales a su vez se guardarán en archivos en diskettes.

En el presente estudio, se considera el diseño de minado efectuado por Minero Perú en la mina Santa Rosa. Del plano del límite final del pit, se obtendrán datos para crear un archivo, que represente el límite final de forma tridimensional en el gran paralelepípedo.

Toda la información ha sido procesada con programas en FORTAN en una microcomputadora.

1.2.1 Condiciones

- Del archivo de leyes de los compósitos, se han dejado de lado algunos datos, debido a que se ha considerado una ley de corte de 0.2% de cobre total, para eliminar valores erráticos muy altos y muy bajos, que al intervenir en los cálculos distorsionarían los resultados, los cuales no serían representativos del fenómeno estructural que es objeto del estudio.

- Como el diseño de pit considera 28 bancos, se harán los cálculos con los datos que se encuentren en los 20 bancos superiores, considerando una altura de banco de 15 ms..

- Se ha considerado asimismo, una potencia de corte de 8 ms. de tal forma que si la potencia de un compósito es menor de 8 ms., este compósito no se considera para los cálculos.

Con la potencia de corte, se logra que la potencia de todos los compósitos a emplear en los cálculos, sea lo más uniforme posible, o sea , tengan el mismo soporte físico y de ese modo, para los cálculos geoestadísticos se pueda emplear directamente la variable ley del metal, en lugar de la variable acumulación (ley del metal por el soporte físico), lo cual es común en minería subterránea, e implica a veces cálculos un poco más engorrosos.

CAPITULO II - ESTUDIO ESTRUCTURAL

2.1 ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

En un conjunto de datos de muestreo es importante de todas maneras, hacer uso de la Estadística Clásica para tener un mejor conocimiento del comportamiento del yacimiento.

Una explicación teórica en detalle sobre el Estudio Estadístico de los Datos se encuentra en el anexo 1.

2.1.1 Histograma de Frecuencias

Los Histogramas y polígonos de frecuencias, son dos representaciones gráficas de las distribuciones de frecuencia.

Los Histogramas de las variables CUT(Cobre total) y LNCUT(Logaritmo de cobre total), se hallan en las figuras 2 y 3.

Los Histogramas se hicieron con un programa FORTRAN, que se encuentra en el anexo 2.

2.1.2 Media

La media es el promedio de los datos, el cual es una medida relativamente estable, matemáticamente se expresa como:

FIG: 2

HISTOGRAMA DE CU TOTAL

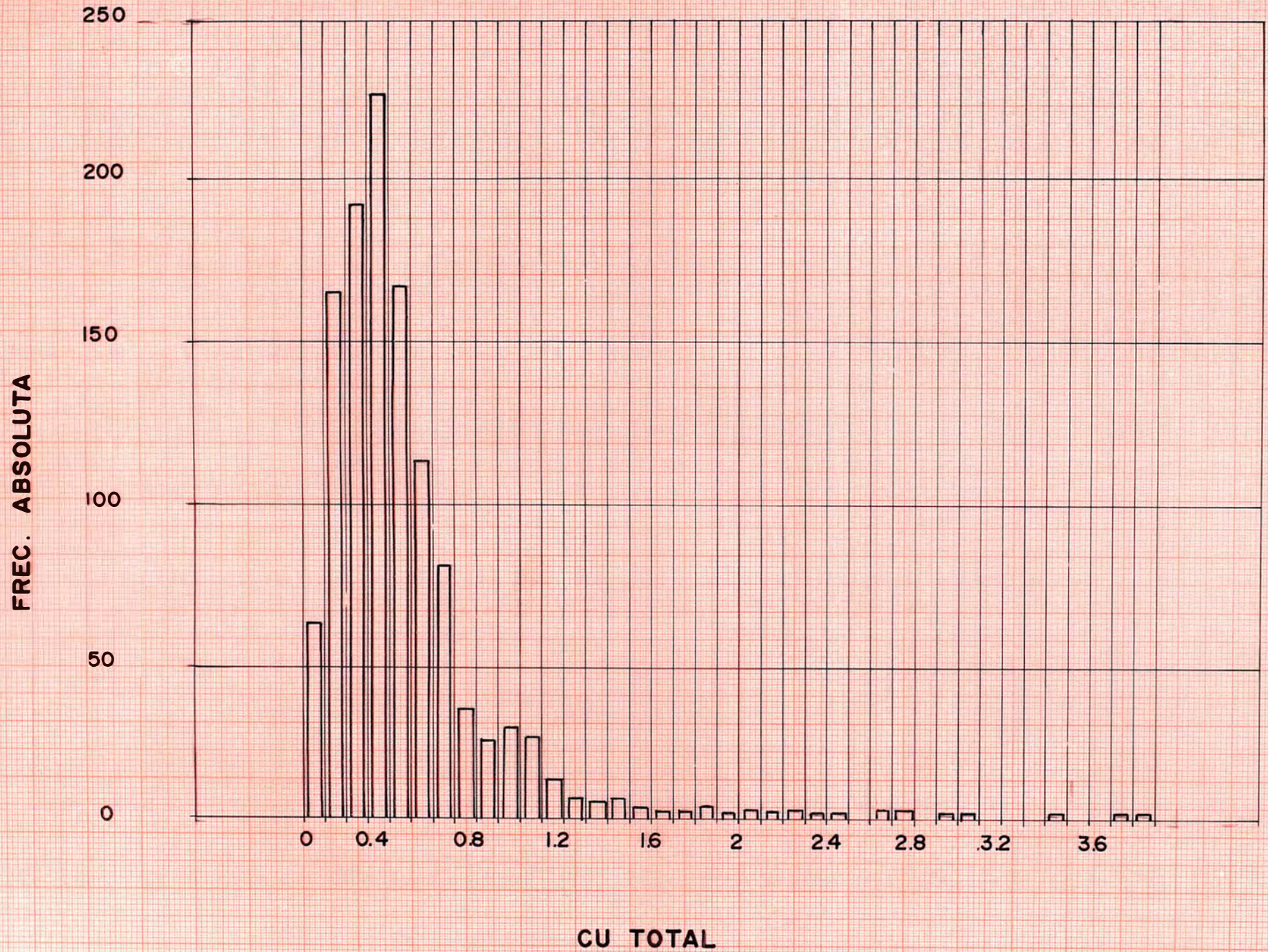
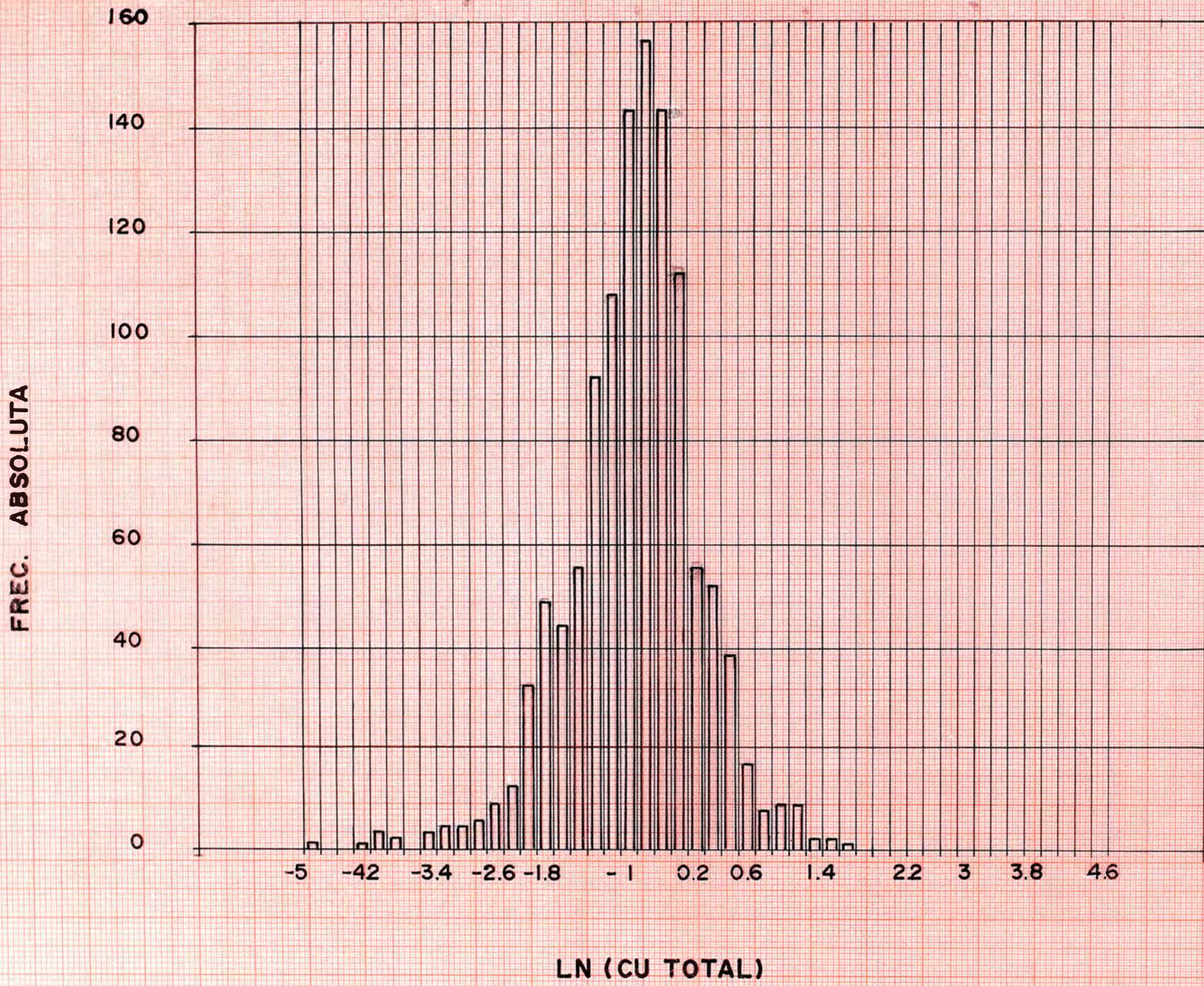


FIG: 3

HISTOGRAMA DEL LN (CU TOTAL)



$$m = \sum (X_i) / n , \text{ donde:}$$

m: media del conjunto de datos.

X_i: Representa cada uno de los valores.

n: Número de valores que hay en el conjunto.

2.1.3 Varianza

Es una medida de dispersión o variación, que expresa el grado en que los datos numéricos tienden a extenderse alrededor de un valor medio.

2.1.4 Varianza Relativa

Es aquella medida, que nos permite comparar el grado de dispersión de 2 variables, Matemáticamente se expresa por:

$$\sigma_R^2 = \sigma^2 / m^2$$

Así para la variable CUT (Cobre Total), la varianza relativa resultará:

$$\sigma_R^2 = (0.43863)^2 / (0.59881)^2 = 0.54$$

2.1.5 Análisis de Regresión y Correlación Simples

En el análisis de regresión desarrollaremos una ecuación de estimación, es decir, una fórmula matemática que relaciona las variables conocidas con las desconocidas. Luego, aplicaremos el análisis de correlación para determinar el grado de relación que hay entre las variable.

2.1.5.1 Nube de Correlación

La gráfica de los datos observados (o desconocidos) de dos variables en un sistema de coordenadas rectangulares, recibe el nombre de diagrama de dispersión o nube de correlación.

En la figura 4 se muestra la nube de correlación, ecuación de la recta regresión y coeficiente de correlación de las variables CUT y CUOX

2.1.5.2 Coeficiente de Determinación

Mide el grado o fuerza, de la relación lineal que existe entre dos variables, x e y .

2.1.5.3 Coeficiente de Correlación Lineal

Describe la eficacia con que una variable es explicada por otra. Varía entre -1 y $+1$.

Las nubes de correlación, varianzas, ecuaciones de las rectas de regresión y los coeficientes de correlación, se hallaron con un programa FORTRAN que esta en el anexo 3.

2.1.6 Diagrama de Leyes Medias y Varianzas según profundidad.

Para complementar el estudio estadístico de los datos, se han obtenido también diagramas de las leyes medias y varianzas en profundidad, por bancos y cada tres bancos, y se han graficado a modo de gráficos de barras. La atenta observación de su comportamiento, nos proporciona una idea de la cantidad de metal y grado de variación de las diferentes variables, en cada uno de los bancos, lo cual nos ayudará a conocer como es el yacimiento en profundidad y su respectiva tendencia.

Para un análisis mayor de la variable ley, se calcularon las leyes medias en profundidad con un programa en FORTRAN el cual se encuentra escrito en el anexo 4.

2.2.7 Conclusiones:

En el presente estudio, el uso de los Histogramas de frecuencias es muy importante, ya que muestra el comportamiento general que sigue la variable en estudio.

Del gráfico del Histograma de la variable cobre total, se observa que esta variable tiene una distribución aproximadamente lognormal. En cambio, del gráfico del Histograma del logaritmo de la variable ley de cobre total, se observa que esta variable tiene una distribución aproximadamente normal. En consecuencia, para analizar la ley de cobre total, conviene usar el logaritmo de la ley, pues da un Histograma normal.

Usada la media independientemente, no tiene más significado que aquel valor, respecto al cual una variable aleatoria se distribuye. Combinando la media con la varianza, se obtiene la varianza relativa que sí tiene gran significado por sí misma. También puede ser útil la media de la muestra para estimar la media de una población.

Gracias a la varianza relativa es posible comparar dos yacimientos y ver en cual de ellos hay más homogeneidad, es decir en cual de ellos el mineral tiene ley más homogénea. Será mejor aquel que es más homogéneo y por tanto tenga varianza relativa menor.

En el presente trabajo se ha obtenido la varianza relativa, la cual la consideramos como un dato de referencia, pero es útil para hacer comparaciones con otros yacimientos de Cobre.

La correlación lineal existente es útil para varios objetivos. Por ejemplo, puede servir para inferir las leyes de CUOX, conociendo las leyes de CUT, debido a que entre ambas variables existe una buena correlación lineal.

Además como el coeficiente es positivo, si en una muestra se tiene un valor alto de CUT, habrá mayor probabilidad de que el valor de ley de CUSE sea también alto.

Los valores de la media en profundidad, se observa del grafico, que aumentan paulatinamente hasta tomar un valor máximo en el banco 25 y luego disminuyen.

Estos valores de las medias por bancos, no son tan útiles como los valores de las medias cada tres bancos en profundidad, ya que el programa que hace la estimación de las leyes por Krigeage Lognormal usa los valores de las medias y las varianzas cada tres bancos. Se emplean estos valores de medias y varianzas de cada tres bancos, porque el procedimiento de calculo lo requiere, para realizar una cierta corrección matemática.

2.2 ESTUDIO GEOESTADISTICO DE LOS DATOS

2.2.1 Variable Regionalizada

Un fenómeno mineralizado, puede ser caracterizado por la distribución espacial de cierto numero de cantidades medibles llamadas “Variables Regionalizadas”.

La Teoría Geoestadística se basa en la observación, de que las variables regionalizadas tienen una estructura particular.

Una mayor explicación sobre el Estudio Geoestadístico de los Datos, se encuentra en el anexo 5.

2.2.2 La función Variograma

Consideraremos dos valores numéricos $z(x)$ y $z(x+h)$, en dos puntos, “ x ” y “ $x+h$ ” separados por el vector h . La variabilidad entre estas dos cantidades es caracterizada por la función del variograma $\gamma(x, h)$:

En general, esta función variograma $\gamma(x, h)$ depende de ambos del punto “ x ” y del vector h .

$$\gamma^*(h) = [1/N(h)] \sum [z(x_1) - z(x_1 + h)]^2$$

donde $N(h)$, es el número de pares de datos experimentales $[z(x_1), z(x_1 + h)]$ separados por el vector h .

2.2.2.1 Variograma Horizontal

Se ha calculado el variograma promedio horizontal en base a los variogramas horizontales en 4 direcciones del plano horizontal mediante un programa de computo.

Esto se ha hecho para las leyes y logaritmos de las leyes.

El programa que calcula el variograma horizontal se halla en el anexo 6.

2.2.2.2 Variograma Vertical

Se ha calculado el variograma promedio vertical, mediante un programa de computo, para lo cual se siguió un algoritmo que está explicado en el manual del programa (ver apéndice A).

Esto se hizo por separado para las leyes y logaritmo de las leyes.

2.2.2.3 Ajuste del Variograma

Para ajustar el variograma, se graficaron los valores de los variogramas promedio horizontal y vertical y se obtuvo un variograma promedio, en donde los alcances en todas las direcciones son iguales, lo cual es posible si se asume que la estructura es isotropica.

Esto se hizo por separado, para la variable CUT (figura 5) y LNCUT (figura 6).

2.2.3 Proceso de estimación: método de Krigeage

El problema de la estimación local es encontrar el mejor estimador del valor medio de una variable regionalizada en un dominio limitado, cuyas dimensiones son pequeñas comparadas a las dimensiones de las cuasi - estacionarias (homogéneas) zonas del deposito, por ejemplo, la ley media de un bloque localizado dentro de una zona de mineralización homogénea. La estimación local difiere de la estimación global en que la estimación global considera distancias mas grandes que los limites de la cuasi - estacionariedad y, por tanto algunas veces trabaja con mineralizaciones heterogéneas.

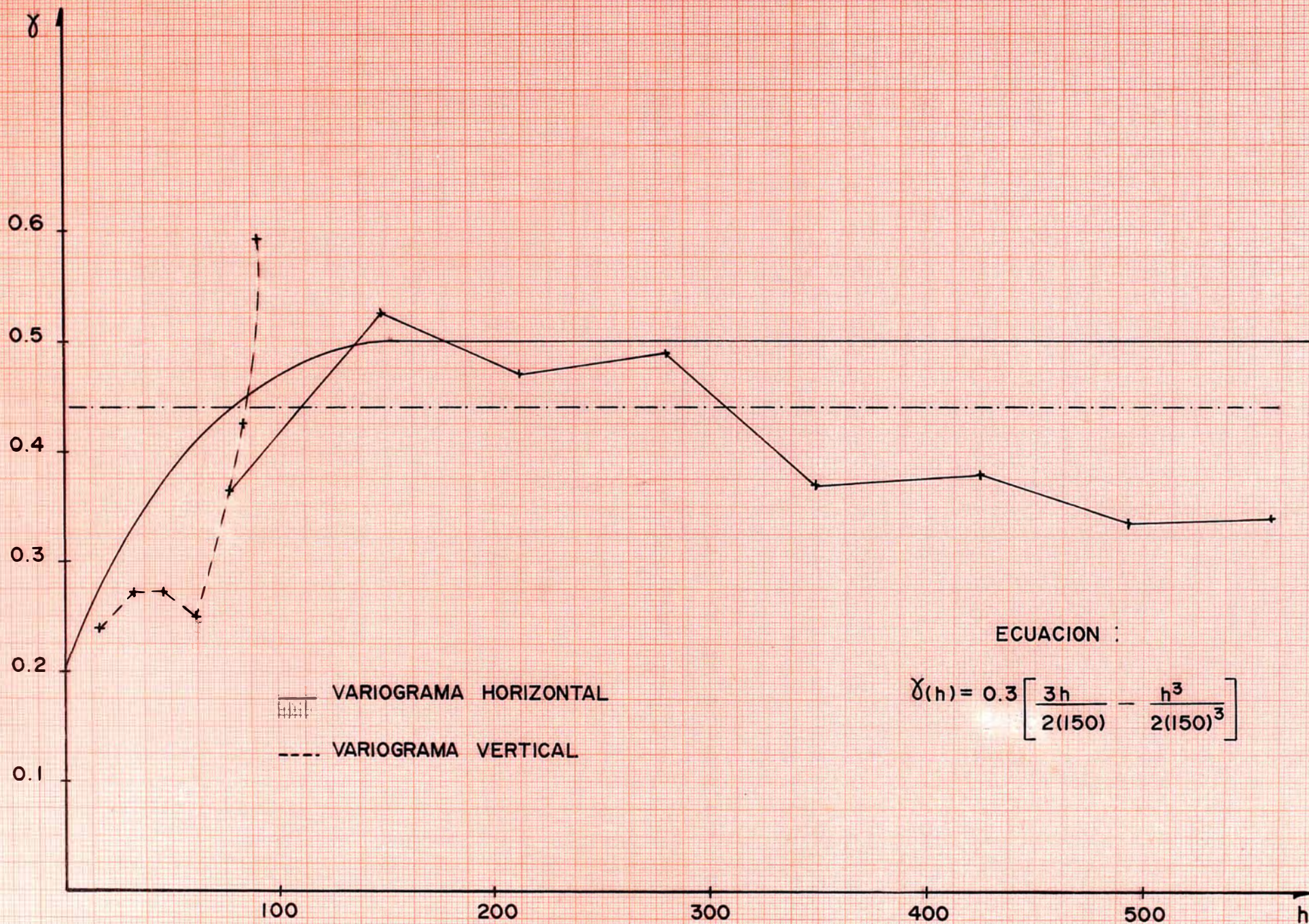
La información disponible para la estimación local dentro de una zona cuasi - estacionaria es generalmente obtenida de un conjunto de datos (por ejemplo leyes de "n" testigos) y la información estructural (por ejemplo, el modelo de variograma que caracteriza la variabilidad espacial en la zona estudiada).

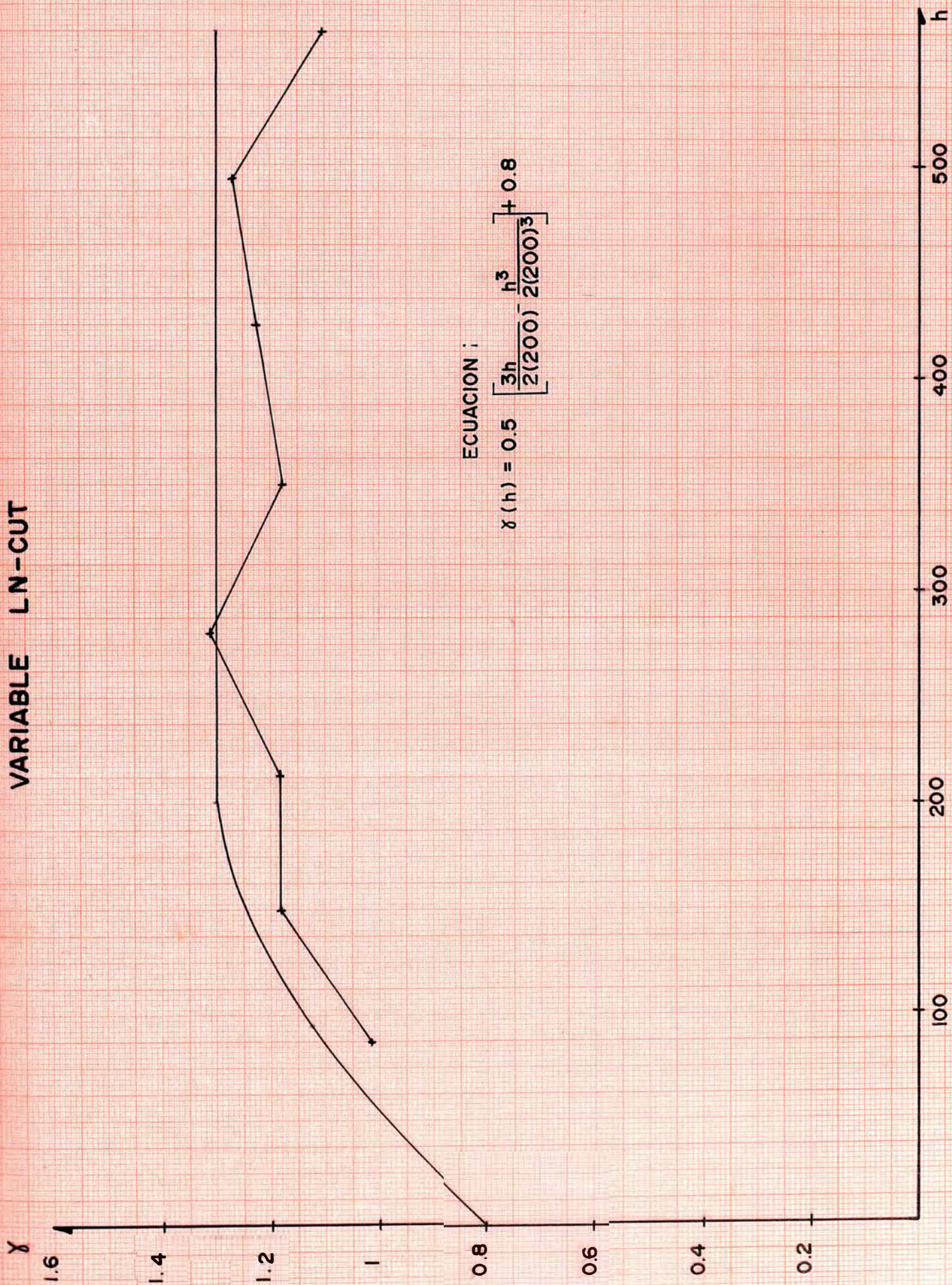
El Krigeage es una técnica de estimación local la cual provee el mejor estimador lineal insesgado de la característica desconocida estudiada. Esta

FIG:5

AJUSTE DEL VARIOGRAMA PROMEDIO

VARIABLE CUT





ECUACION i

$$\chi(h) = 0.5 \left[\frac{3h}{2(200)} - \frac{h^3}{2(200)^3} \right] + 0.8$$

limitación dentro de los estimadores es bastante natural, teniendo en cuenta que solamente se requiere el momento de segundo orden de la función aleatoria (la covarianza o variograma), y en general es posible en la práctica, inferir el momento.

El procedimiento clásico del Kriging consiste en dar un determinado peso $\hat{\mu}_i$ a cada información Z_i (ley del composito) que se tiene y en estimar la ley Z_p^* de un bloque B por la combinación lineal:

$$Z_p^* = \sum \hat{\mu}_i \cdot Z_i$$

Los $\hat{\mu}_i$ se calculan resolviendo un sistema de ecuaciones lineales, a las que se llega, a partir de dos condiciones que son: a) Garantizar una estimación insesgada, o sea sin error sistemático, y b) Optimizar la estimación en el sentido de proporcionar una varianza de estimación mínima, o sea una precisión máxima.

Según esta técnica se atribuyen pesos a las distintas leyes de las muestras, teniendo en cuenta la distribución geométrica de las mismas (forma, dimensiones, ubicación respecto al bloque) y el comportamiento de la mineralización. Luego se calculan los pesos de tal manera que de una precisión máxima.

De esta manera, las muestras alejadas del bloque cuya ley se va a estimar, tendrán peso pequeño, mientras que las muestras cercanas, peso fuerte.

2.2.3.1 Krigeage Puntual

El bloque a estimar tiene por dimensiones 30m. x 30m. x 15m.. Las distancias horizontales corresponden a la malla de estimación de reservas, y la altura del bloque corresponde a la altura del banco de explotación.

El procedimiento consiste básicamente, en asignar un determinado peso $\hat{\mu}_i$, a cada información Z_i (Ley del compósito), comprendido dentro del sólido de influencia del bloque a estimar. El estimador lineal tiene la forma siguiente:

$$Z_p^* = \sum \hat{\mu}_i \cdot Z_i$$

Los $\hat{\mu}_i$ hasta un máximo de 12, se calculan en base a dos condiciones: a)Garantizar una estimación insesgada, es decir sin error sistemático; y b)Optimizar la estimación en el sentido de proporcionar la varianza de estimación mínima. Con estas condiciones se llega a un sistema de ecuaciones lineales cuya solución nos proporciona los ponderadores óptimos.

Para cada bloque de evaluación, se tendrá un sistema de ecuaciones diferente, cuyo orden en la matriz de coeficientes, puede ir de 3 hasta un máximo de 13.

Puede ocurrir que geológicamente, se puede estimar un bloque, pero que la información que se tiene es insuficiente para hacerlo.

Para que un bloque sea procesado se ha establecido dos restricciones mínimas. Se podrá estimar un bloque en cualquiera de los siguientes casos:

Que el bloque este registrado en la matriz geológica.

Que exista dentro del sólido de influencia al menos dos datos validos.

Los ponderadores se calculan a partir de sistemas de ecuaciones lineales planteadas, de forma que cumpla los objetivos del Krigage.

Luego, como se menciona anteriormente, los $\hat{\mu}_i$ se calculan resolviendo el siguiente sistema de ecuaciones lineales:

$$\begin{aligned}\sum \hat{\mu}_i \cdot \lambda_{ij} + \mu &= \lambda_{jp} \\ \sum \lambda_i &= 1\end{aligned}$$

Donde λ_{ij} , representa el valor medio del variograma entre el volumen geométrico del grupo i y el volumen geométrico del grupo j. λ_{jp} representa el valor medio del variograma entre el volumen del grupo i y del bloque P que se estima.

μ es un parámetro auxiliar que se calcula.

La primera etapa del calculo de reservas, consistió en la construcción de un paralelepípedo que contenga todo el yacimiento.

Sus dimensiones son:

Largo = 1290.0 m.

Ancho = 1080.0 m.

Altura = 405.0 m.

Dado que las dimensiones de un panel o bloque son de 30x30x15m., en términos de bloques, el paralelepípedo tiene las dimensiones siguientes:

L = 43 bloques.

l = 36 bloques.

H = 27 bloques.

A partir del archivo de configuraciones, se resuelve para cada uno de los paneles a estimar, el sistema de Krigeage. La solución de cada sistema nos proporciona los ponderadores $\hat{\mu}_i$. La ley Krigeada del panel la determinamos por:

$$z_p^* = \sum \hat{\mu}_i \cdot z_i$$

También se calcula la precisión de la estimación.

2.2.3.2 Determinación de la precisión

La precisión según el método Geoestadístico está dado por la varianza de Krigeage, que es igual a:

$$\sigma_k^2 = \sum \mu_i \cdot \sigma_{i,p}^2 - \sigma_{pp} + \mu \quad (\text{Local})$$

Además, asumiendo la hipótesis de independencia de errores, y considerando que estos errores son gaussianos y además aplicando el principio de composición de varianzas elementales, tenemos que el valor de la estimación global es:

$$\sigma_G^2 = (\text{Varianza de estimación de un panel}) / (\text{numero total de paneles}).$$

Y su precisión relativa estará dada por:

$$\text{precisión relativa: } [\sigma_k / (\text{ley media})] \times 100$$

Luego el intervalo de confianza de la estimación de un bloque con un nivel de confianza de 95 % es de :

$$m-2 < Z_p < m+2$$

2.2.3.3 Krigeage Log – normal

El método en esencia es similar al krigeage clásico. Las principales características de este método son:

Se trabaja con el variograma de los logaritmos de las leyes, de forma similar al krigeage clásico.

La ley krigeada está dada por:

$$Z_p^* = [\exp (\mu_o \cdot Z_o + \sigma_k^2 / 2)] \times K$$

Donde:

σ_k^2 = Varianza de krigeage del logaritmo de las leyes.

μ_o = Ponderadores del krigeage log-normal.

Z_o = Logaritmo de las leyes.

K = Coeficiente corrector.

Un aspecto desventajoso de este método, es que se pierde la condicionalización local, debido a:

- La ley de distribución de las leyes no es exactamente log-normal.
- La media de los logaritmos es diferente al logaritmo de la media.

Se asume plena confianza en los datos de estimación experimentales, restituyendo a la ley media de los valores krigeados por el Método Log-normal, la ley media experimental mediante un coeficiente corrector K.

2.2.4 Conclusiones

El variograma promedio en cuatro direcciones se grafica conjuntamente con el variograma vertical, pues se asume de antemano un caso isotropico, y como tal, todos los puntos obtenidos (del variograma vertical y horizontal promedio), teóricamente deberían generar una misma curva.

Al hacer el grafico de la curva del variograma, nos damos cuenta que el variograma promedio horizontal no nos provee información sobre lo que ocurre en regiones muy cercanas al origen de coordenadas, en cambio, del variograma vertical si se tienen datos a distancias muy próximas a este origen (menos de 15 metros), lo cual es de mucha utilidad para poder trazar este grafico con mayor precisión.

Como se sabe, el ajuste de un variograma no es similar al de una curva polinomial cualquiera, pues se debe considerar que cada punto tiene diferente peso respecto a otro, dependiendo de su proximidad al origen de coordenadas. Los mas cercanos tendrán mas peso respecto a los mas alejados.

A veces conviene determinar la meseta y el alcance, y luego de la formula del variograma esférico, determinar el efecto de pepita.

Se asumió para los ajustes de los datos de las variables CUT y LNCUT un variograma esférico.

El alcance en el caso del variograma de la variable LNCUT, resultó mayor que el del variograma de la variable CUT (cobre total), lo cual se puede interpretar como que en el caso de la variable LNCUT, los valores están auto correlacionados en mayor grado.

La aplicación de la técnica de Krigage, para la estimación de reservas de un yacimiento como el de Santa Rosa, en donde se presentaron numerosos bloques por estimar, requiere el uso de un microcomputador trabajando durante varias horas, debido a la gran cantidad de compositos y a las limitaciones presentadas en los lenguajes para microcomputadores, que no permiten emplear matrices de datos muy grandes. La única alternativa es generar un proceso iterativo, que va a demorar varias horas, pero que finalmente nos dará los resultados requeridos.

Con el empleo de una mini – computadora o un computador, se eliminaría el proceso iterativo y el calculo no demora mas que unos minutos.

En el calculo del Krigage se esta empleando el Krigage puntual, en donde se asume que la ley del compósito se encuentra ubicada en el centro de cada paralelepípedo pequeño. Se obtiene una menor precisión relativa, que si se trabaja con el Krigage estricto.

Las leyes Krigeadas lognormalmente y corregidas siguen la distribución estadística normal.

Al aplicar este método de Krigage lognormal, en la practica se pierde el control de la precisión de la estimación, pero comparando las estimaciones con los resultados experimentales obtenidos en la mina Cerro Verde, este método otorga una mejor precisión experimental que el Krigage Clásico normal.

3.1 PROCEDIMIENTOS

De la matriz geológica se obtienen las reservas totales, y si se le combina con la matriz del pit final y la matriz superficial, tendremos las reservas minables. Este es el objeto del presente capítulo, en donde a las reservas minables se les denominaran simplemente reservas.

Se ha efectuado en el capítulo anterior, la estimación por el método del Krigeage log-normal y ahora se procederá a calcular las reservas. Para el procedimiento que vamos a realizar, no es muy útil haber hecho la subdivisión del yacimiento en paneles de 30x30x15m.. Como sabemos, las dimensiones escogidas corresponden a la altura de los bancos de explotación (15m.). Se hubiera podido tomar dimensiones más pequeñas, pero la precisión de la estimación hubiera bajado fuertemente, debido a que muchos paneles no hubieran tenido información interior.

Como únicamente se hizo la estimación para la variable cobre total, las reservas de mineral cobre solo se calcularon para esta variable.

Luego, con las dimensiones de cada panel se calcula su volumen, y para hallar el tonelaje contenido en el panel en cuestión, se multiplicará el volumen por su peso específico respectivo (2.6 Tn/m³, si es panel de mineral y 2.4 si es de desmonte).

A continuación, para cada banco, se suman los tonelajes de los paneles de mineral con lo que se tendrá las reservas de mineral o simplemente reservas, a una determinada ley de corte. Por otro lado se sumaran también los paneles de desmonte y se sabrá la cantidad de desmonte que hay a una determinada ley de corte.

La ley media por bancos a una determinada ley de corte, también se halla con una media de las leyes de cobre, de los paneles de mineral, ponderada con los respectivos tonelajes de los paneles.

Luego, a manera de resumen, para todo el pit se halla el tonelaje total (sumando los tonelajes por bancos), y la ley media de todo el pit (hallando la ley media ponderada), a una determinada ley de corte.

Los resultados anteriores, obtenidos con un programa FORTRAN, han sido ordenados y tabulados en un cuadro para posteriormente obtener los gráficos Lm. Vs. Lc., Tn. Vs. Lc., y Q (cantidad de metal) Vs. Lc.. El programa esta en el anexo 7.

Así por ejemplo, para el banco N-21, se tuvieron las leyes estimadas de paneles, los cuales están identificados con sus coordenadas enteras (x, y, z).

Se procedió a calcular el tonelaje de cada panel:

Por ejemplo, para el "18 51 21", se tuvo:

$$\text{Vol} = 30 \times 30 \times 15 = 13500$$

Luego, con el P.e. (en caso de tratarse de un panel de mineral es 2.6 y si es de desmonte será de 2.4), su tonelaje correspondiente será de:

$$\text{Ton} = \text{Vol} * \text{P.e.}$$

Como resumen, del banco 21 a una ley de corte de Lc.=0.4%, se tendrá que:

La ley media es = 0.605% de Cu.

El tonelaje total = 140400 Ton.

En el anexo 8, se muestran los cuadros resúmenes de cada banco. Acá solo se mostrara el resumen general, que será el que nos servirá para los gráficos Lm. Vs. Lc., Tn. Vs. Lc. Y Q Vs. Lc. (ver figuras 7, 8 y 9).

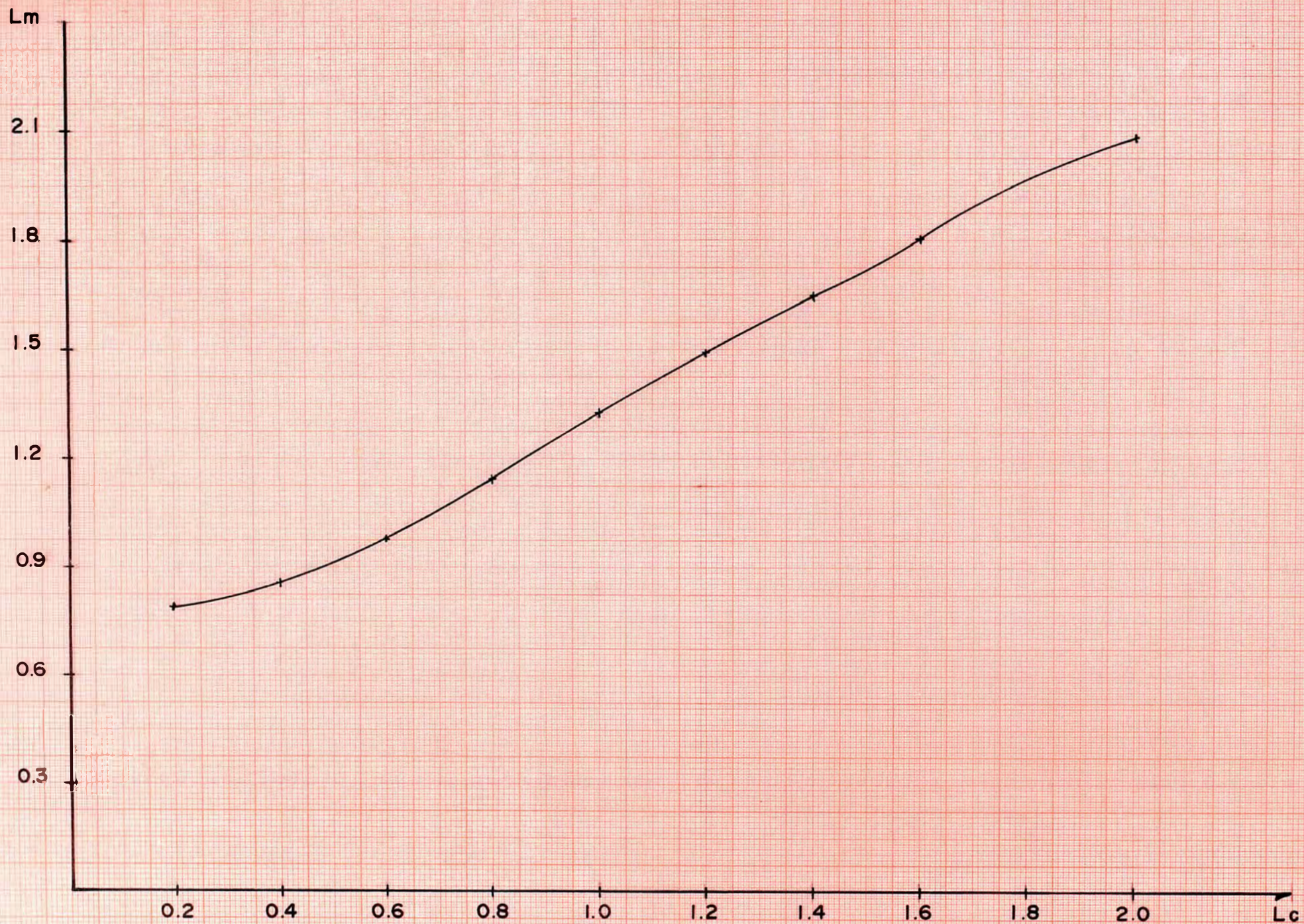
Ley de corte	Toneladas	Ley estimada
0.0	50473800.	.342
0.2	22709700.	.791
0.4	20077200.	.856
0.6	14987700.	.975
0.8	9126000.	1.156
1.0	5756400.	1.312
1.2	3229200.	1.491
1.4	1755000.	1.655
1.6	842400.	1.828
1.8	386100.	1.91x
2.0	175500.	2.098
2.2	0.	.000

Con el programa SROSA.PRG en FOXBASE-PRO se crearon archivos de texto SCR, que luego fueron usados por el AutoCAD para hacer los planos en plotter que muestran las leyes, tonelajes y tipo de mineralización por bancos.

El manual del programa SROSA.PRG se encuentra en el apéndice B.

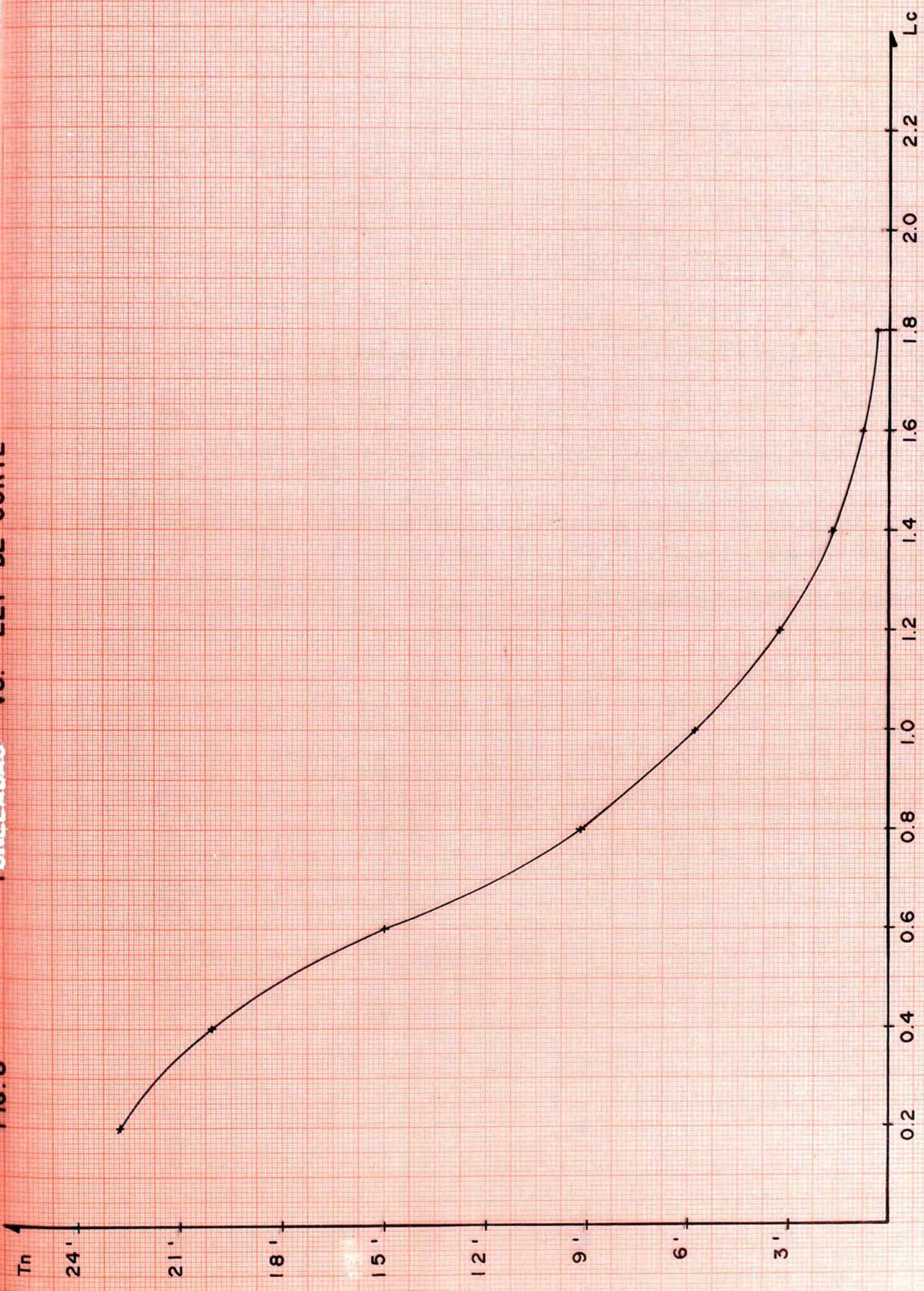
FIG: 7

LEY MEDIA VS. LEY DE CORTE



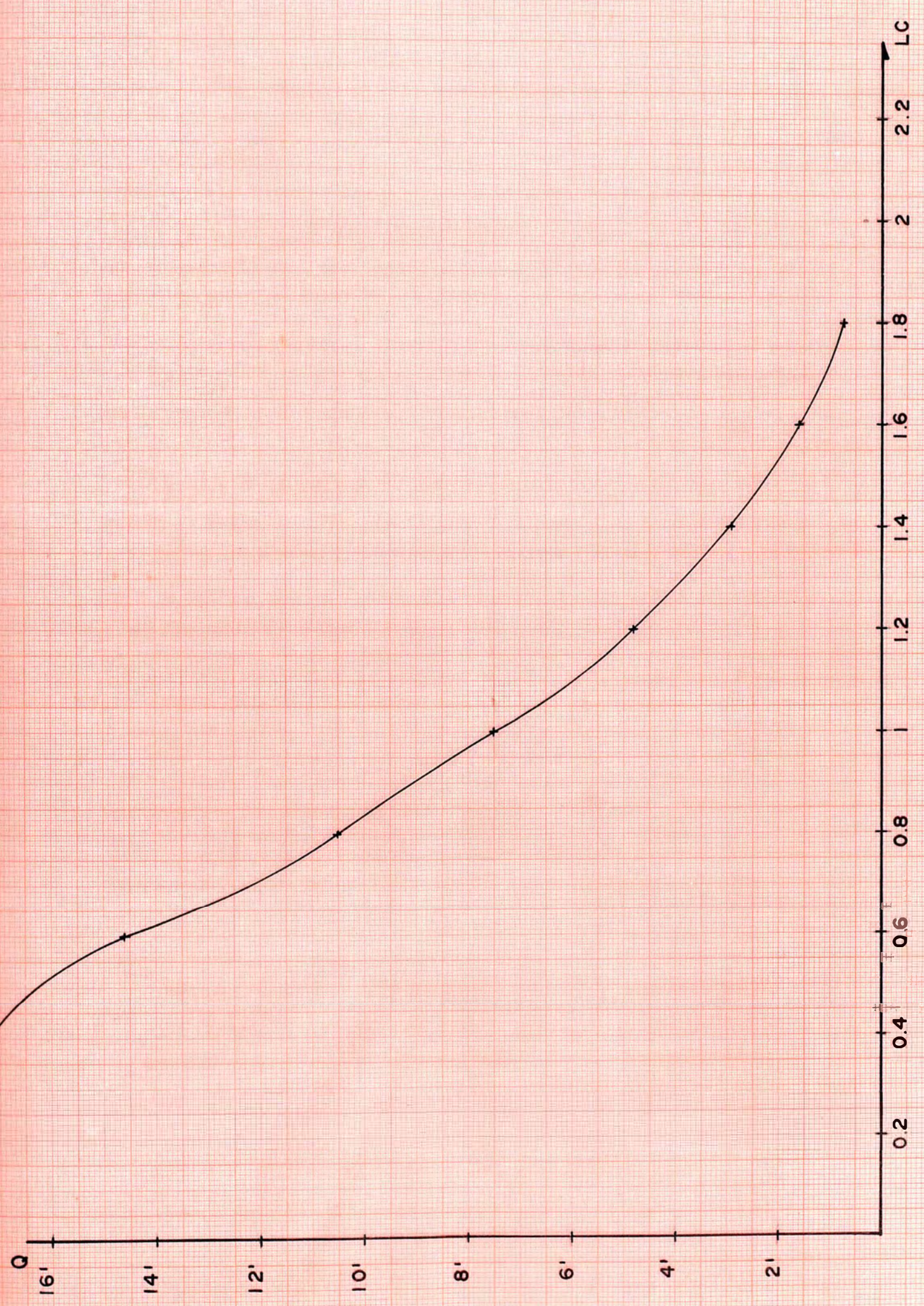
TONELADAS VS. LET DE CURIE

FIG: 8



CANTIDAD DE METAL VS. LV

FIG:9



CAPITULO IV - ANÁLISIS ECONOMICO

4.1- INVERSIÓN

El siguiente trabajo tiene fundamentalmente un objetivo académico, por lo que en algunos casos se usan algunos datos de otros yacimientos, debido a escasez de los propios.

La inversión para la cuestión del análisis económico, se expresará en dólares americanos en marzo de 1 993. La tasa cambiaria es de 1.6 S/./US\$.

La etapa de preparación del proyecto se inicia a principios de 1 993 y se concluye a finales de 1 994, durando aproximadamente dos años. En este periodo se tendrá que preparar las vías de acceso, y remover el desmonte (que se encuentra sobre el mineral), que en la etapa de explotación se va a extraer. La operación (etapa de explotación), se inicie aproximadamente en febrero de 1 994.

4.2- COSTOS DE OPERACIÓN

Como para el presente trabajo no se dispone de datos propios de costos de operación, nos hemos visto obligados a estimarlos, en base a los actuales costos y consumos unitarios aproximados de otros yacimientos que laboran en el exterior. Se disponen pues, de los costos unitarios de minado y tratamiento de minas open pit de 2,000, 8,000 y 15,000 Tn/día:

Mina de:	C.U. de minado	C.U. de tratamiento
2,000 (Tn/día)	1.595201 US\$/Tn	1.568012 US\$/Tn
8,000 (Tn/día)	0.934846 US\$/Tn	0.392003 US\$/Tn
15,000 (Tn/día)	0.832124 US\$/Tn	0.209068 US\$/Tn

Los detalles de los costos unitarios de cada mina estan en el anexo 9.

4.3- INGRESOS

Los ingresos serán solamente como producto de los concentrados de cobre. No se ha considerado obtener cobre en cátodos.

En la determinación de los ingresos anuales se han tenido en consideración los siguientes criterios:

4.3-1. Precios

Para propósitos del análisis económico, se empleó un precio de 108.518 US\$ ctv/lb de Cu; 3.91 US\$/oz de plata y 370 US\$/oz de oro, los cuales fueron estimados en base a los datos de los precios de los años anteriores. Los detalles de la estimación se encuentran en el anexo 10.

4.3-2. Condiciones Comerciales

Las ventas del concentrado de mineral de Cu, se realiza por intermedio de MINPECO, bajo las siguientes condiciones comerciales:

Valorización del cobre: Deducción del 1.25% de la ley del concentrado.

Fundición: 150 US\$/TMS

Refinación:

Cobre: 9.5 US\$ ctv/lb de Cu pagable.

Plata: 30.0 US\$ ctv/oz de plata

Oro: 6.0 US\$ ctv/oz de oro.

Flete marítimo:

50 US\$/TMH

FACTURA

	Cu: LME US\$ c/lb	Ag: H&H US\$ c/oz	Au: L.G.F. US\$ c/oz
	<u>108.518</u>	<u>391.000</u>	<u>370.270</u>
	<u>9.500</u>	<u>30.000</u>	<u>6.000</u>
	99.018	361.000	364.270
	Ag (oz/tc)	Au (oz/tc)	Cu (%)
Leyes	1.90	0.013	32.46
Valor por tcs:			US\$
	Cu: $32.46 - 1.25 = 687.868$ Lbs.		681.113
	Ag $1.90 - 1.039 = 0.861$ oz		4.256
	Au $0.013 * 0.94 = 0.01222$ oz		4.930
	Valor del metal		<u>690.299</u>
Deducciones:			
	Maquila: 150.00 US\$/tms		(136.078)
	Flete: Sta. Rosa-Mat. 50US\$/tmh		(49.663)
	Valor por TCS		<u>504.558</u>

4.4 LA LEY DE CORTE "OPTIMA" Y RESERVAS

El concepto y aplicabilidad de la ley de corte optima, es diferente al de la ley de corte mínima explotable. Como sabemos, esta última se refiere a aquel valor mínimo para el cual la mina es económicamente explotable. En cambio, la ley de corte optima, es aquel valor que aplicada al yacimiento, no

solo genera un mínimo de ganancia, sino que produce el máximo beneficio económico.

La valuación y el Beneficio económico, son cuantificadores de la bondad económica de un yacimiento, y que vienen expresados por las siguientes formulas:

$$V = TM * \{ L * P * R - (C_m + C_t) \} - TD * C_m.$$

$$B = \{ V/N \} * \{ [1 - e^{-i * N}] / i \} - I$$

$$N = [TM / (t * 340)]$$

Donde:

TM: Tonelaje mineral.

L: Ley media del mineral.

P: Precio del mineral

R: Recuperación de la metalúrgica.

C_m: Costo de minado.

C_T: Costo de tratamiento.

TD: Tonelaje de desmonte.

N: Vida de la mina (en años).

i: Tasa de interés.

I: Inversión.

t: Cadencia de explotación.

4.5- OPTIMIZACION DEL CALCULO DE PARÁMETROS TÉCNICOS

La optimización del calculo de parámetros técnicos consiste en hallar los parámetros técnicos, de manera de maximizar el beneficio futuro.

Una mayor explicación sobre el proceso de optimización, se encuentra en el anexo 11.

Para la optimización se obtuvieron las formulas siguientes:

Inversión: $I(t) = 20 \cdot 10 + 30t.$

Valor de mineral: $V(t) = 14.19 m.$

Costo de operación: $P(t) = 2.401322 + (1.665 \times 10^{-6} / t).$

El detalle de cómo se obtuvieron, se encuentra en el anexo 12.

a) Cuando se considera una tasa de actualización igual a cero:

Aplicando el método detallado en el anexo 11, para el calculo de los parámetros óptimos cuando la tasa de actualización es igual a cero, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$N = 19 \text{ años}$$

$$t = 3,235 \text{ Ton/dia}$$

$$x = 0.27\%$$

$$T = 21'900,000 \text{ ton.}$$

A esta ley de corte de 0.27%, se obtiene además un TIR de 13.22% y un VAN (12%) de 4'883,102.72 \$.

4.5 OPTIMIZACION DEL CALCULO DE PARÁMETROS TÉCNICOS

La optimización del calculo de parámetros técnicos consiste en hallar los parámetros técnicos, de manera de maximizar el beneficio futuro.

Una mayor explicación sobre el proceso de optimización, se encuentra en el anexo 11.

Para la optimización se obtuvieron las formulas siguientes:

Inversión:	$I(t) = 20 \cdot 10^6 + 30t$
Valor de mineral:	$V(t) = 14.19 m$
Costo de operación:	$P(t) = 2.401322 + (1.665 \times 10^6/t)$

El detalle de cómo se obtuvieron, se encuentra en el anexo 12.

a) Cuando se considera una tasa de actualización igual a cero:

Aplicando el método detallado en el anexo 11, para el calculo de los parámetros óptimos cuando la tasa de actualización es igual a cero, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\begin{aligned} N &= 19 \text{ años} \\ t &= 3,235 \text{ Ton/día} \\ x &= 0.27\% \\ T &= 21'900,000 \text{ ton} \end{aligned}$$

A esta ley de corte de 0.27%, se obtiene además un TIR de 13.22% y un VAN (12%) de 4'883,102.72 \$.

Luego se hizo el cuadro 1, en donde para diversas leyes de corte y entre ellas la ley de corte óptima, se muestra:

La vida de la mina empleando para ello la cadencia óptima hallada.

La valuación económica.

El beneficio económico.

b) Cuando se considera una tasa de actualización diferente a cero:

Aplicando el método detallado en el anexo 11, para el cálculo de los parámetros óptimos, cuando la tasa de actualización es diferente a cero, se obtuvieron los siguientes resultados:

$N = 9$ años

$t = 4,892$ Ton/día

$x = 0.55\%$

$T = 16'200,000$ ton.

A esta ley de corte de 0.55%, se obtiene además un TIR de 16.47% y un VAN (12%) de 14'975,725.70 \$.

Luego se hizo el cuadro 2, en donde para diversas leyes de corte y entre ellas la ley de corte óptima, se muestra:

La vida de la mina empleando para ello la cadencia óptima hallada.

La valuación económica.

El beneficio económico.

El detalle de los cálculos para hallar los parámetros óptimos para ambos casos (a y b), se encuentra en el anexo 13.

Estos cálculos se hicieron gracias a un paquete de computo que es el QUATTRO-PRO, el cual nos ofrece múltiples ventajas, como por ejemplo, el realizar el recalcu lo automático de los valores en la hoja electrónica al variar los valores precedentes.

4.6 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para estudiar la influencia de la variación de algunos factores, que intervienen en la evaluación de un proyecto, se ha planteado el análisis de sensibilidad para los siguientes factores:

- Precio de cobre
- Recuperación metalúrgica
- Inversión
- Costos de operación

El TIR y el VAN(12%), nos servirán de indicadores para ver si mejora o no la bondad del proyecto.

	<u>TIR</u>	<u>VAN(12%)</u>
<u>Precio de cobre</u>		
+42.18%	29.83%	66'111,210.24
-42.18%	-----	(56'286,800.55)
<u>Recuperación metal</u>		
+2%	13.80%	6'864,819.11
-2%	12.63%	2'901,386.32

Inversión

+10%	11.63%	(416,897.28)
-10%	15.10%	10'183,102.72

Costos de operación

En costo de minado:

+5%	12.94%	3'958,181.61
- 5%	13.49%	5'797,212.75

En costo de tratamiento:

+5%	12.89%	3'765,082.01
-5%	13.56%	6'028,612.90

Para analizar la sensibilidad del precio de Cu, se usaron los valores limites del intervalo de confianza al 95% de la variable precio de Cu. Estos valores varían en 42.18% respecto a la media que es de 108.518 ctv.\$/lb. Cu..

Todos estos cálculos de sensibilidad se hicieron con una hoja de calculo en QUATTRO-PRO.

4.7- CALCULO PRACTICO DE LOS PARÁMETROS TÉCNICOS

Además de la optimización de los parámetros por el método analítico, se empleo un método practico para el calculo de los parámetros óptimos, para lo cual se han hecho algunas suposiciones adicionales, que a continuación se explican.

4.7-1. Inversión

La inversión que se considera necesaria en el presente proyecto "Santa Rosa", considerando su envergadura, medios de acceso, entre otros factores, se han estimado que debe ser de US\$ 50'000,000, de los cuales US\$

20'000,000, se emplearan como inversión fija, en la etapa de preparación del yacimiento, que se ha considerado será de dos años.

La inversión fija que en total es de US\$/. 20'000,000, se aplicará en dos partes. En el primer año de la etapa de preparación, \$/.10'000,000 y en el segundo \$/.10'000,000, lo cual se ha determinado de acuerdo a las necesidades.

4.7-2. Costos de Operación

La cadencia de explotación del proyecto "Santa Rosa" en estudio, en base al volumen de mineral que tiene asociado, se ha establecido que será de 5,000 Tn/día. Este valor nos servirá para deducir, los costos totales de minado y de tratamiento del proyecto, hallando por separado los costos totales fijos. Para calcular los costos totales variables de minado o de tratamiento, bastara con multiplicar cada costo variable unitario con el índice de actividad (5000 Tn/día) y luego sumarlos; en cambio para hallar los costos totales fijos simplemente se debe hacer la suma de los costos fijos. De este modo habrá costos fijos de tratamiento y de minado y costos variables de tratamiento y de minado, los cuales se calculan de modo diferente.

4.7-3. Valuación y Beneficio

La valuación y el Beneficio económico, son cuantificadores de la bondad económica de un yacimiento, y que vienen expresados por las siguientes formulas:

$$V = TM * \{ L * P * R - (C_m + C_t) \} - TD * C_m$$

$$B = \{ V/N \} * \{ [1 - e^{-i * N}] / i \} - I$$

$$N = [TM / (t^{*340})]$$

Donde:

- TM: Tonelaje mineral.
- L: Ley media del mineral.
- P: Precio del mineral
- R: Recuperación de la metalúrgica.
- Cm: Costo de minado.
- Ct: Costo de tratamiento.
- TD: Tonelaje de desmonte.
- N: Vida de la mina (en años).
- i: Tasa de interés.
- I: Inversión.
- t: Cadencia de explotación.

Además estas formulas requieren de los siguientes parámetros:

- Recuperación metalúrgica: 90%.
- Precio del cobre: 1.08518 US\$/lb de cobre.
- Tasa de actualización: 12%.
- Inversión: US\$ 50'000,000.00
- Cadencia de explotación: 5,000 TMS/día
- Vida útil 12.98 años.

Se tiene, por ejemplo $L_c=0.2\%$ de Cu:

$$V = 227097000 * \{ [0.791/100] * 0.9 * 1.08518 * 2204 - (1.686593 + 0.714728) \} - 2276411 * 0.714728 - 1664966 * 13 = 290'756,542.69 \text{ US\$}$$

$$B = \{ V / [22709700 / (5000 * 340)] \} * \{ [1 - e^{-0.12 * 12.98}] / 0.12 \} - 50'000,000 = 97'216,734.05$$

Se aplicara también el mismo procedimiento, para otras leyes de corte, usando las formulas anteriores:

Lc.	Valuación	Beneficio _____
0.2	290'756,542.69	97'216,734.05
0.4	280'125,266.34	98'441,538.07
0.5	266'135,837.69	104'981,053.15
0.6	238'301,930.84	95'718,204.96
0.8	167'358,090.47	75'850,038.36
1.0	110'968,105.46	43'189,681.46

Luego con los datos anteriores, se hacen los gráficos Valuación Vs. Lc y Beneficio Vs. Lc (ver figuras 10 y 11). En este ultimo grafico, se obtiene el valor de la ley de corte, que hace que el beneficio sea máximo. Este valor de ley de corte así obtenida, es la ley de corte optima que corresponde a 0.50% de Cu.

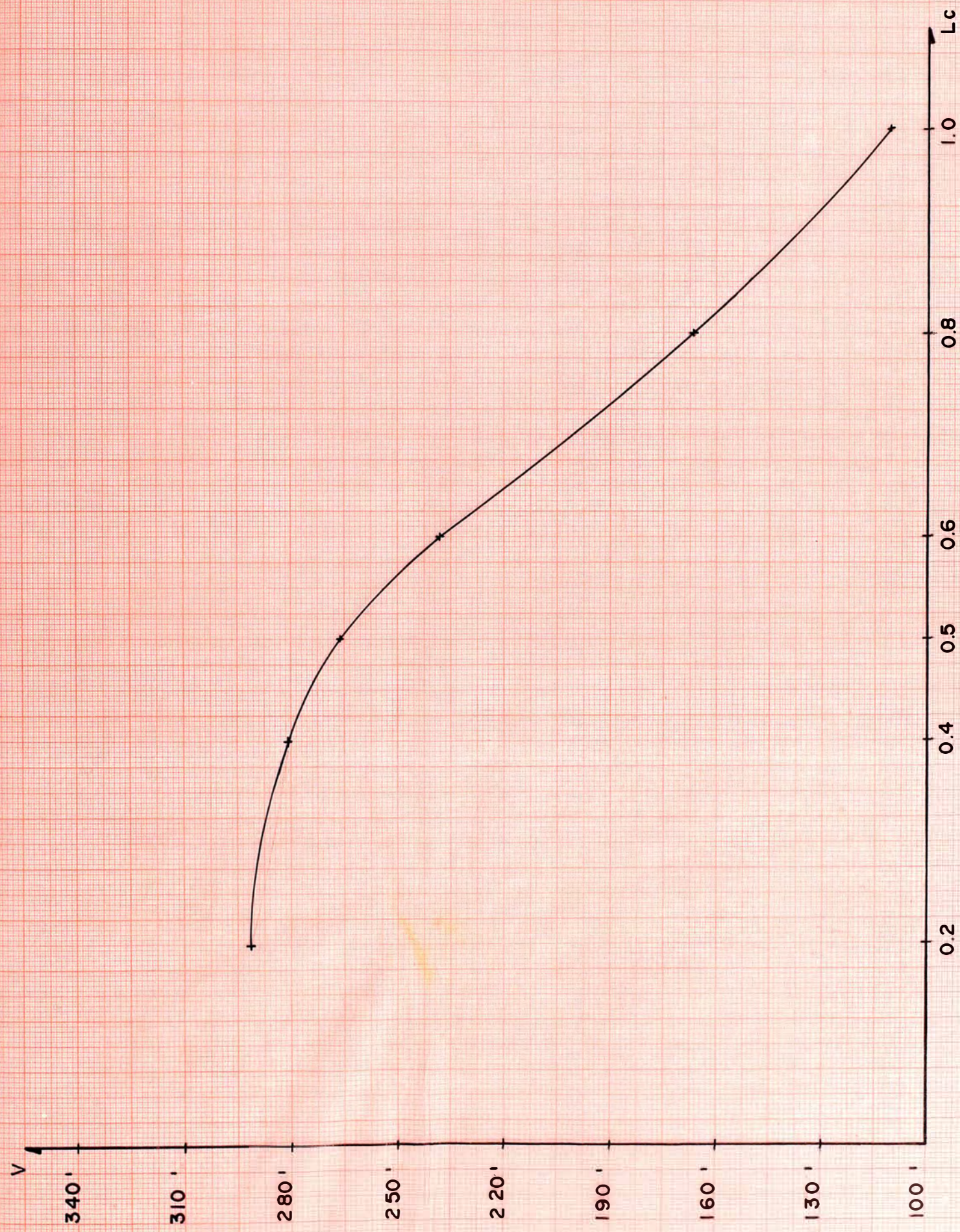
Luego, con este valor de ley de corte (óptima), se puede volver a la figura 8, correspondiente a Tonelaje de mineral Vs. Lc., con lo que se hallaran las reservas de mineral correspondientes a la ley de corte que producirá el máximo beneficio. Este valor de reservas de mineral es de 17'700,000 TMS.

4.8- CONCLUSIONES

En el análisis de sensibilidad, de todos los parámetros analizados, se observa que el proyecto es mas sensible a la variación del costo de tratamiento, que a la variación del costo de minado.

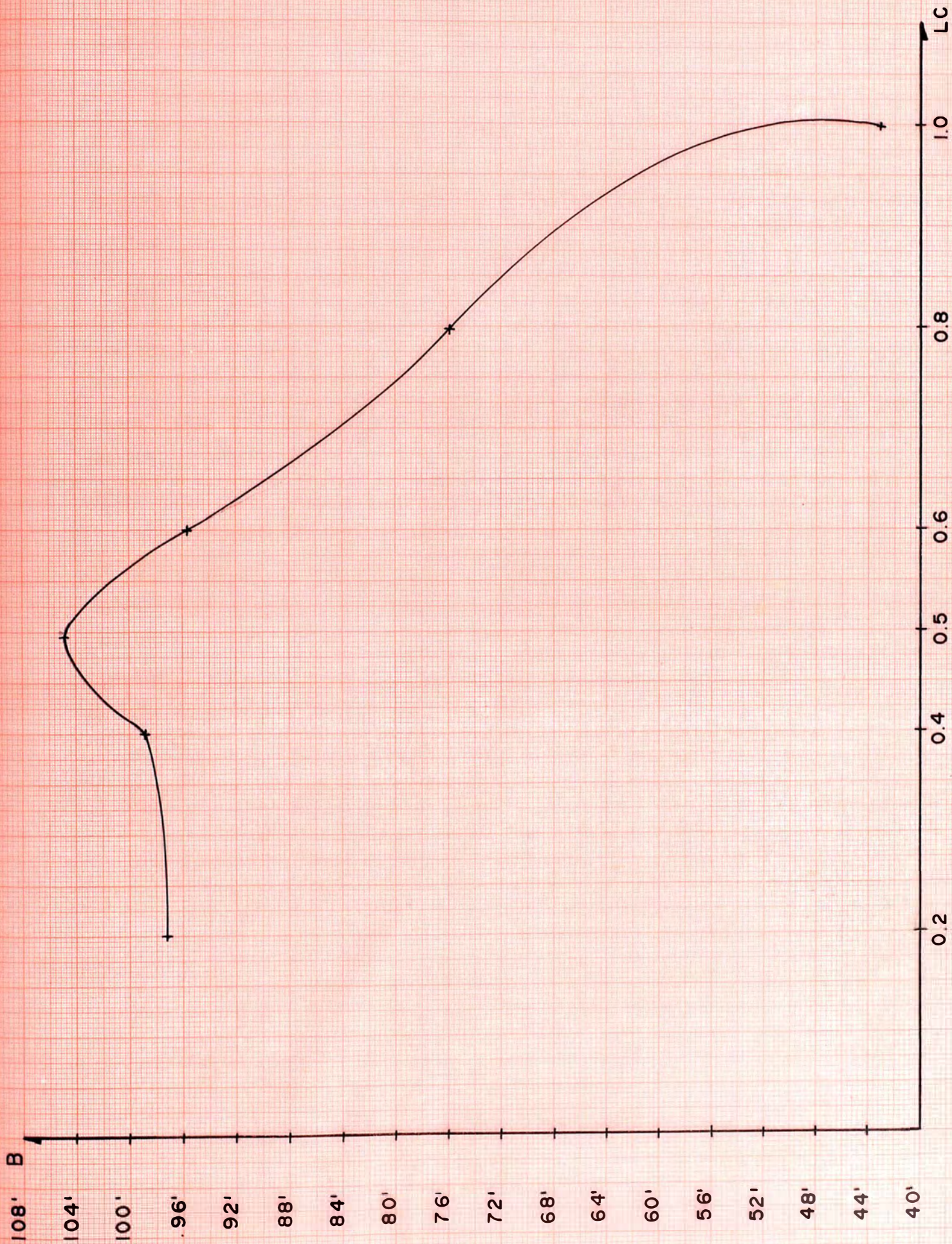
Los parámetros técnicos óptimos cuando la tasa de actualización es igual a cero, permiten obtener una valuación económica máxima. En cambio los parámetros

FIG: 10



BENEFICIO VS LEY DE CORTE

FIG. 11



técnicos óptimos cuando la tasa de actualización es diferente de cero, dan un beneficio económico máximo.

Los parámetros técnicos que se consideraran para el desarrollo del proyecto, serán los obtenidos de la optimización considerando una tasa de actualización igual a cero, porque considero que de ese modo se evitará el descremaje de la mina y se alargará la vida de la misma.

Los parámetros técnicos con la tasa diferente de cero se han calculado para poder compararlos con los obtenidos con la tasa igual a cero. Estos parámetros con tasa diferente de cero pueden ser útiles, cuando se trata de decidir sobre la conveniencia de invertir en un yacimiento minero o en otro proyecto, sea este minero o no, pues en este caso lo que se necesita para decidir es cual de los proyectos es mas rentable.

Posteriormente se hizo el análisis de sensibilidad y se emplearon los parámetros técnicos óptimos con la tasa de actualización igual a cero. Para cada variación de los factores de sensibilidad se hicieron cuadros, en donde se muestran para diferentes leyes de corte la vida de la mina, valuación económica y beneficio económico. En todos ellos se ve que la valuación máxima se logra para la misma ley de corte, la cual coincide con la ley de corte optima, que es de 0.27%.

ANEXO 1

ESTUDIO ESTADISTICO DE LOS DATOS

Describir un objeto cualesquiera puede ser simple o tan complicado como se quiera. Todo depende del propósito del interesado. Por ejemplo, describir al hombre podría interpretarse como dar una clasificación morfológica; o bien una explicación psicológica de su comportamiento. Depende del objetivo.

Por lo que se refiere a la cantidad, tanto si la descripción es verbal, como si es numérica, interesa proporcionar la necesaria: ni más ni menos.

En estadística habrá ocasiones en las que baste presentar las cifras tal como son y dejarlas que hablen por si mismas. Otras, será necesario agruparlas, clasificarlas, analizarlas y presentarlas lo mas claro posible. En cualquier caso, hay que tener siempre en cuenta que se trata de una descripción numérica y que, por tanto, es parcial.

La estadística está ligada con los métodos científicos en la toma, organización, recopilación, preparación y análisis de los daos, tanto para la deducción de conclusiones como para tomar decisiones razonables de acuerdo con tales análisis.

En un sentido mas estricto, el termino se utiliza para denotar los mismos datos o números que se derivan de ellos, como por ejemplo, promedios.

En un conjunto de datos de muestreo es importante hacer uso de la estadística clásica para tener un mejor conocimiento del comportamiento del yacimiento, y poder hacer después deducciones adecuadas acerca de la continuidad o discontinuidad del mineral por ejemplo:

Histograma de frecuencias

Los histogramas y polígonos de frecuencias, son dos representaciones gráficas de las distribuciones de frecuencia.

- a) Un histograma o histograma de frecuencias, consiste en una serie de rectángulos que tienen:

Sus bases sobre un eje horizontal (eje X) con centros en las marcas de clase y longitud igual al tamaño de los intervalos de clase.

Superficies proporcionales a las frecuencias de clase.

Si los intervalos de clase tienen todos igual tamaño, las alturas de los rectángulos son proporcionales a las frecuencias de clase. Si los intervalos de clase no son de igual tamaño, estas alturas deberán ser calculadas.

- b) Un polígono de frecuencias es un gráfico de línea trazado sobre las marcas de clase. Puede obtenerse uniendo los puntos medios de los techos de los rectángulos del histograma.

Media

La media es el promedio de los datos, el cual es una medida relativamente estable.

Matemáticamente se expresa como:

$$m = \frac{\sum (x_i)}{n} \quad , \text{ donde:}$$

m: media de conjunto de datos.

x_i : representa cada uno de los valores.

n: número de valores que hay en el conjunto.

Varianza

Es una medida de dispersión o variación, que expresa el grado en que los datos numéricos tienden a extenderse alrededor de un valor medio. Si el valor de la varianza es grande, la dispersión de los datos respecto a la media es considerable; mientras un valor pequeño, implicara que los valores están concentrados alrededor de la media.

La formula matemática que la define es:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - m)^2}{n}$$

σ^2 : varianza de la población.

x_i : Representa un valor.

n: numero de valores.

Varianza relativa

Es aquella medida, que nos permite comparar el grado de dispersión de dos variables. Matemáticamente se expresa por:

$$\sigma_r = \sigma^2 / m^2$$

Análisis de regresión y correlación simples

Las decisiones personales y profesionales que se toman a diario, se basan en las predicciones de hechos futuros. Para hacer tales pronósticos la persona debe confiar en la relación (intuitiva y calculada) entre lo que ya se conoce y lo que va a estimarse. Si puede estimar como se relaciona lo conocido con el evento futuro, contribuirá de manera importante al proceso de la toma de decisiones. Y ese es el tema que se va a profundizar: la manera de determinar la relación entre variables.

En el análisis de regresión desarrollaremos una ecuación de estimación, es decir, una fórmula matemática que relaciona las variables conocidas con las desconocidas. Luego, después de haber aprendido el patrón de dicha relación, aplicaremos el análisis de correlación para determinar el grado de relación que hay entre las variables. Así pues el análisis de correlación nos dice con que precisión la ecuación de estimación describe la relación.

Las relaciones pueden ser inversas o directas. Si son inversas, la variable dependiente disminuye al aumentar la variable independiente. Esta clase de relación se caracteriza por una pendiente negativa (la variable dependiente Y disminuye conforme crece la variable independiente X).

Las relaciones descubiertas por la regresión son de asociación, pero no necesariamente causales. A menos que tenga razones concretas para pensar que los valores de la variable dependiente se deben a los de la variable independiente, no ha de inferirse la causalidad a partir de las relaciones que se observen mediante la regresión.

Nube de Correlación

El primer paso al determinar si existe una relación entre dos variables consiste en examinar la gráfica de los datos observados (o desconocidos). Esta gráfica, o diagrama, recibe el nombre de diagrama de dispersión o nube de correlación.

El diagrama de dispersión o nube de correlación puede brindarnos dos tipos de información. Visualmente podemos buscar los patrones que indican que las variables están relacionadas. Después, si existe una relación entre ellas, podemos ver que clase de línea, o ecuación de estimación, describe dicha relación.

Si X e Y, son las variables que se consideran, el diagrama que muestra la localización de los puntos (X,Y) en un sistema de coordenadas rectangulares, representará el diagrama de dispersión o nube de correlación.

Coefficiente de Determinación

El coeficiente de determinación es la manera primaria de medir el grado, o fuerza, de la relación lineal que existe entre dos variables, X e Y.

$$r^2 = \left\{ 1 - \left[\frac{\sum (Y - Y')^2}{\sum (Y - Y_m)^2} \right] \right\}$$

Donde:

r^2 : Coeficiente de determinación.

Y' : Variable dependiente estimada.

Y_m : Media de la variable dependiente.

Coefficiente de Correlación lineal

Es una medida que describe la eficacia con que una variable es explicada por otra. Varía entre -1 y +1. Será positivo, si la recta es de pendiente positiva, y negativo si la pendiente es negativa.

$$r = \{ r^2 \}^{0.5}$$

Donde:

r : Coeficiente de correlación lineal.

```

C  PROGRAMA HIST
C*****
C    EST.FOR *
C  CALCULA Y EDITA EL HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE LOS CUERPOS *
C  DE LA MINA *
C  SET.1988      O.B.V. *
C*****
      DIMENSION VR(4500),IFR(50),A(1500,3)
      DIMENSION S(150),SC(150),SV(150),NP(150)
      DOUBLE PRECISION NAM(10),M1(1),MANT(1)
      COMMON INP,IOUT,TEST,NV,NAM
C  DATA IND1,NCL/1,50/
      OPEN(3,FILE='HIST.RES',STATUS='NEW')
      WRITE(*,209)
209  FORMAT(1X,'INTRODUZCA OPCIONES IND1,EC,ICU')
      READ(*,*) IND1,EC,ICU
      WRITE(*,*) IND1,EC,ICU
      IF(IND1.EQ.0) GO TO 516
      IF(IND1.EQ.1) GO TO 414
      IF(IND1.EQ.2) GO TO 418
414  WRITE(*,417)
417  FORMAT(1X,'LEER NCL=NUMERO DE CLASES')
      READ(*,*) NCL
      WRITE(*,*) NCL
      GO TO 516
418  WRITE(*,419)
419  FORMAT(1X,'LEER CINF,NCL,DCL')
      READ(*,*) CINF,NCL,DCL
      WRITE(*,*) CINF,NCL,DCL
516  CONTINUE
      DO 123 I=1,4500
123  VR(I)=0.
      DO 124 I=1,1500
      DO 124 J=1,3
124  A(I,J)=0.
      WRITE(*,76)
      76  FORMAT(1X,'INTRODUCIR POTENCIA DE CORTE Y NOMBRE DE LA VETA')
      READ(*,107) PCORT,MANT
      WRITE(*,707) PCORT,MANT
707  FORMAT(1X,F10.2,A8)
      WRITE(*,88)
      88  FORMAT(1X,'ESCRIBIR 3 NOMBRES DE LAS VARIABLES POR LINEAS')
      DO 200 I=1,3
200  READ(*,210) NAM(I)
210  FORMAT(A8)
      WRITE(*,60) (NAM(I),I=1,3)
60  FORMAT(1H , 'NAME=',3A8)
107  FORMAT(F5.2,A8)
      WRITE(*,66)
      66  FORMAT(1X,'INTRODUCIR EL NUMERO DE VARIABLES QUE DESEE CALCULAR:
1 , 1=AU,2=AU,POT,3=AU,POT,AG')
      READ(*,*) NV
      OPEN(4,FILE='srLOG.txt',STATUS='OLD')
      ND=0
      DO 9 I=1,1500

```

```

10  FORMAT(A8)
    READ(4,35) est,orte,cota,pot,cut,cuox,cuse
35  FORMAT(17x,f8.2,1x,f8.2,2x,f7.2,1x,f5.2,2x,f5.3,2x,f5.3,2x,f5.3,
12x,i1)
    IF(COTA.LT.0.) GO TO 99
    IF(POT.LT.PCORT) GO TO 9
    GO TO 27
27  ND=ND+1
C   write(*,36) est,orte,cota,pot,cut,cuox,cuse
36  FORMAT(17x,f8.2,1x,f8.2,2x,f7.2,1x,f5.2,2x,f5.3,2x,f5.3,2x,f5.3,
12x,i1)
    A(ND,1)=cut
    A(ND,2)=cuox
    A(ND,3)=cuse
9   CONTINUE
99  CONTINUE
    DO 21 I=1,ND
    VR(I)=A(I,1)
    VR(I+ND)=A(I,2)
    VR(I+2*ND)=A(I,3)
21  CONTINUE
    TEST=0.001
C   ICU=1
C   CINF=0
C   TEST=0.001
C   EC=0
    WRITE (*,1000) MANT(1),PCORT
1000 FORMAT(1H ,30X,'HISTOGRAMA DE LA varia',A8,/1X,'POT.DE CORTE',
1F10.2)
    DO 300 IV=1,NV
    CALL IMM320(VR,ND,IV,IND1,NCL,DCL,CINF,IFR,A,B,N,EC,ICU)
300 CONTINUE
    CLOSE(3,STATUS='KEEP')
    STOP
    END
C   *****IMM00010
C   * CALCULO Y EDICION (SOBRE 1 PAGINA) DEL HISTOGRAMA DE LAS      IMM00020
C   * FRECUENCIAS DE LA VARIABLE IV ELEGIDA ENTRE LAS NV VARIABLES IMM00030
C   * DEFINIDAS. EDICION DEL HISTOGRAMA ACUMULADO SEGUN LA OPCION IMM00040
C   *****IMM00050
C   *****IMM00060
C   HIST = IMM320      IMM00070
C   SUBROUTINE IMM320(VR,ND,IV,IND1,NCL,DCL,CINF,IFR,U,V,N,EC,ICU) IMM00080
C   *****IMM00090
C   CALCUL,EDITION ET TRACE D'HISTOGRAMME      IMM00100
C   AINSI QUE D'HISTOGRAMME CUMULE DES VALEURS D'UNE VARIABLE      IMM00110
C   *****IMM00120
C   PARAMETRES   VR(ND*NV)  VECTEUR DES DONNEES STOCKEES SOUS FORME IMM00130
C   *****IMM00140
C   ND           COLONNE VARIABLE APRES VARIABLE      IMM00140
C   IV          NOMBRE DE DONNEES INITIALES      IMM00150
C   IND1       NUMERO DE LA VARIABLE A TRAITER      IMM00160
C   NCL       INDICATEUR D'OPTIONS      IMM00170
C   *****IMM00180
C   NCL       NOMBRE DE CLASSES CHOISIES +2 (MAX 50) IMM00180
C   *****IMM00190
C   NCL       LA CLASSE 1 ET LA CLASSE NCL CONTIEN- IMM00190
C   *****IMM00200
C   NCL       NENT LES ELEMENTS SE TROUVANT HORS DE IMM00200

```

```

C          L'INTERVALLE DE TRAVAIL                                IMM00210
C          SI NCL < 3 ON PREND 20 CLASSES                        IMM00220
C          CINF BORNE INFERIEURE DES CLASSES                    IMM00230
C          DCL * LONGUEUR DE CLASSE.DCL=0. ON PREND             IMM00240
C          DCL=(MAX-MIN)/(NCL-2)                                IMM00250
C          IFR(NCL) VECTEUR DES FREQUENCES ABSOLUES            IMM00260
C          U MOYENNE é                                           IMM00270
C          V VARIANCE éDE LA VARIABLE IV(CALCULES)             IMM00280
C          N NOMBRE DE VALEURSé                                  IMM00290
C          IMM00300
C OPTIONS IND1.EQ.0 HISTOGRAMME CALCULE POUR 17 CLASSES AUTOUR DIMM00310
C          LA VALEUR MOYENNE AVEC DES INTERVALLES DE           IMM00320
C          CLASSES EGAUX AU QUART DE L'ECART TYPE.LES          IMM00330
C          VALEURS THEORIQUES GAUSSIENNES SONT IMPRIMEESIMM00340
C          ET ON EFFECTUE LE TEST DU CHI2.LES PARAMETRESIMM00350
C          NCL,DCL,CINF SONT IGNORES                             IMM00360
C          IND1.EQ.1 HISTOGRAMME CALCULE ENTRE LE MIN ET LE MAX DEIMM00370
C          LA VARIABLE.DCL,CINF SONT IGNORES                    IMM00380
C          IND1.EQ.2 HISTOGRAMME CALCULE A PARTIR DE LA BORNE INF IMM00390
C          CINF SUR NCL CLASSES DE LONGUEUR DCL                IMM00400
C          EC.EQ.0 L'ECHELLE VERTICALE D'IMPRESSION EST CALCULEEIMM00410
C          (=FREQUENCE MAXIMUM/50)                              IMM00420
C          EC.NE.0 L'ECHELLE VERTICALE EST FOURNIE PAR EC.SI    IMM00430
C          EC.LT.FRM/50 ON PREND LA VALEUR FRM/50              IMM00440
C          ICU.EQ.1 ON NE CALCULE PAS ET N'IMPRIME PAS          IMM00450
C          L'HISTOGRAMME CUMULE                                  IMM00460
C          IMM00470
C COMMON INP                                                    IMM00480
C          IOUT IMPRIMANTE                                       IMM00490
C          TEST BORNE INFERIEURE DES VALEURS RETENUES          IMM00500
C          VR.LE.TEST:VALEUR MANQUANTE OU ELIMINEE            IMM00510
C          NV NOMBRE DE VARIABLES                                IMM00520
C          NAM(NV) NOM DES VARIABLES(A8)                        IMM00530
C          IMM00540
C          DIMENSION VR(1),IFR(1)                                IMM00550
C          DIMENSION FRT(17),IMP(50)                             IMM00560
C          DOUBLE PRECISION NAM(10)                              IMM00570
C          COMMON INP,IOUT,TEST,NV,NAM                           IMM00580
C          CHARACTER*2 IBL,IST,IBR
C          DATA FRT/3.017,2.174,3.270,4.591,6.040,7.491,8.783,9.683,9.902, IMM00590
C          19.683,8.783,7.491,6.04,4.591,3.27,2.174,3.017/      IMM00600
C          DATA IBL/' '/,IST/'**'/,IBR/'--'/                    IMM00610
C          U=0                                                    IMM00620
C          V=0                                                    IMM00630
C          N=0                                                    IMM00640
C          ND1=ND*(IV-1)                                          IMM00650
C          IMM00660
C          CALCUL DES STATISTIQUES,DU MINIMUM ET DU MAXIMUM    IMM00670
C          IMM00680
C          VMAX=0.                                                IMM00690
C          VMIN=0.                                                IMM00700
C          DO 11 I=1,ND                                           IMM00710
C          I1=I+ND1                                               IMM00720
C          IF(VR(I1).GT.TEST)GO TO 12                             IMM00730
C          11 CONTINUE                                           IMM00740

```

12	VMIN=VR(I1)	IMM00750
	VMAX=VR(I1)	IMM00760
	DO 1 I=1,ND	IMM00770
	I1=I+ND1	IMM00780
	VR1=VR(I1)	IMM00790
	IF(VR1.LE.TEST)GO TO 1	IMM00800
	U=U+VR1	IMM00810
	N=N+1	IMM00820
	V=V+VR1*VR1	IMM00830
	IF((VMAX-VR1)*(VR1-VMIN).GE.0.)GO TO 1	IMM00840
	IF(VR1.GT.VMAX)GO TO 10	IMM00850
	VMIN=VR1	IMM00860
	GO TO 1	IMM00870
10	VMAX=VR1	IMM00880
1	CONTINUE	IMM00890
C		IMM00900
C		IMM00910
C	IMPRESSION DES STATISTIQUES	IMM00920
	V=(V-U*U/MAX0(1,N))/MAX0(1,N)	IMM00930
	U=U/MAX0(1,N)	IMM00940
	WRITE(3,2000)NAM(IV),U,V,VMIN,VMAX,N	IMM00950
	IF(N.EQ.0) GO TO 8	IMM00960
C		IMM00970
C		IMM00980
C	CALCUL DES FREQUENCES ABSOLUES	IMM00990
	NCLAS=NCL	IMM01000
	NCLAS=MIN0(50,NCLAS)	IMM01010
	IF(NCLAS.LE.3)NCLAS=20	IMM01020
	IN=IND1+1	IMM01030
	GO TO (20,21,22),IN	IMM01040
20	NCLAS=17	IMM01050
	XC=SQRT(V)/4.	IMM01060
	XINF=U-XC/2.-7*XC	IMM01070
	GO TO 2	IMM01080
21	XC=(VMAX*1.0001-VMIN)/(NCLAS-2)	IMM01090
	XINF=VMIN	IMM01100
	GO TO 2	IMM01110
22	XC=DCL	IMM01120
	IF(DCL.EQ.0)XC=(VMAX*1.0001-VMIN)/(NCLAS-2)	IMM01130
	XINF=CINF	IMM01140
2	CONTINUE	IMM01150
	DO 3 I=1,NCLAS	IMM01160
3	IFR(I)=0	IMM01170
	DO 30 I=1,ND	IMM01180
	I1=I+ND1	IMM01190
	VR1=VR(I1)	IMM01200
	IF(VR1.LE.TEST)GO TO 30	IMM01210
	J=((VR1-XINF)/XC)+2	IMM01220
	J=MAX0(1,J)	IMM01230
	J=MIN0(NCLAS,J)	IMM01240
	IFR(J)=IFR(J)+1	IMM01250
30	CONTINUE	IMM01260
	WRITE(3,2001)NCLAS,XINF,XC	IMM01270
C		IMM01280
C	EDITION DE L'HISTOGRAMME ET GRAPHE	IMM01290

C

IF(IND1.GT.0)GO TO 40	IMM01300
WRITE(3,2002)	IMM01310
GO TO 41	IMM01320
40 WRITE(3,2003)	IMM01330
41 ECH=EC	IMM01340
FRM=0.	IMM01350
DO 4 I=1,NCLAS	IMM01360
FR=(100.*IFR(I))/N	IMM01370
IF(FR.GT.FRM)FRM=FR	IMM01380
4 CONTINUE	IMM01390
IF(FRM.GT.(50.*ECH))ECH=FRM/50.	IMM01400
CHI2=0.	IMM01410
DO 5 I=1,50	IMM01420
IHL=50-I+1	IMM01430
ORD=IHL*ECH	IMM01440
DO 52 IC=1,NCLAS	IMM01450
FR=(IFR(IC)*100.)/N	IMM01460
IMP(IC)=IBL	IMM01470
IF(INT(FR/ECH).GE.IHL)IMP(IC)=IST	IMM01480
52 CONTINUE	IMM01490
IF(I-NCLAS)53,55,57	IMM01500
53 U1=XINF+XC*(I-1)	IMM01510
FR=(IFR(I)*100.)/N	IMM01520
IF(IND1.GT.0)GO TO 54	IMM01530
FFT=FRT(I)*N/100.	IMM01540
CHI2=CHI2+(IFR(I)-FFT)*(IFR(I)-FFT)/FFT	IMM01550
IFT=FFT	IMM01560
WRITE(3,2004)U1,IFR(I),IFT,FR,FRT(I),ORD,(IMP(IC),IC=1,NCLAS)	IMM01570
GO TO 5	IMM01580
54 WRITE(3,2005)U1,IFR(I),FR,ORD,(IMP(IC),IC=1,NCLAS)	IMM01590
GO TO 5	IMM01600
55 FR=(IFR(I)*100.)/N	IMM01610
IF(IND1.GT.0)GO TO 56	IMM01620
FFT=FRT(I)*N/100.	IMM01630
IFT=FFT	IMM01640
CHI2=CHI2+(IFR(I)-FFT)*(IFR(I)-FFT)/FFT	IMM01650
WRITE(3,2006)IFR(I),IFT,FR,FRT(I),ORD,(IMP(IC),IC=1,NCLAS)	IMM01660
GO TO 5	IMM01670
56 WRITE(3,2007)IFR(I),FR,ORD,(IMP(IC),IC=1,NCLAS)	IMM01680
GO TO 5	IMM01690
57 IF(IND1.GT.0)GO TO 58	IMM01700
WRITE(3,2008)ORD,(IMP(IC),IC=1,NCLAS)	IMM01710
GO TO 5	IMM01720
58 WRITE(3,2009)ORD,(IMP(IC),IC=1,NCLAS)	IMM01730
5 CONTINUE	IMM01740
	IMM01750
	IMM01760
TEST DU CHI2 SI IND1.EQ.0	IMM01770
	IMM01780
	IMM01790
IF(IND1.GT.0)GO TO 61	IMM01800
WRITE(3,2010)(IBR,IC=1,NCLAS)	IMM01810
WRITE(3,2011)(IC,IC=1,NCLAS)	IMM01820
IF(CHI2.LT.23.7)GO TO 6	

C
C
C

	6	WRITE(3,2013)CHI2	IMM01850
		GO TO 62	IMM01860
	61	WRITE(3,2014)(IBR,IC=1,NCLAS)	IMM01870
		WRITE(3,2015)(IC,IC=1,NCLAS)	IMM01880
C			IMM01890
C		CALCUL ET EDITION DE LA COURBE DES FREQUENCES CUMULEES	IMM01900
C		SI ICU.NE.1	IMM01910
			IMM01920
	62	IF(ICU.EQ.1)GO TO 8	IMM01930
		WRITE(3,2000)NAM(IV),U,V,VMIN,VMAX,NP	IMM01940
		WRITE(3,2016)NCLAS,XINF,XC	IMM01950
		JFC=0	IMM01960
		WRITE(3,2003)	IMM01970
		DO 7 I=1,50	IMM01980
		IHL=50-I+1	IMM01990
		ORD=IHL*2.	IMM02000
		IFC=0	IMM02010
		DO 70 IC=1,NCLAS	IMM02020
		IFC=IFC+IFR(IC)	IMM02030
		FC=(IFC*100.)/N	IMM02040
		IMP(IC)=IBL	IMM02050
		IF(INT(FC/2.).GE.IHL)IMP(IC)=IST	IMM02060
	70	CONTINUE	IMM02070
		IF(I-NCLAS)71,72,73	IMM02080
	71	U1=XINF+XC*(I-1)	IMM02090
		JFC=JFC+IFR(I)	IMM02100
		FC=(JFC*100.)/N	IMM02110
		WRITE(3,2005)U1,JFC,FC,ORD,(IMP(IC),IC=1,NCLAS)	IMM02120
		GO TO 7	IMM02130
	72	JFC=JFC+IFR(I)	IMM02140
		FC=(JFC*100.)/N	IMM02150
		WRITE(3,2007)JFC,FC,ORD,(IMP(IC),IC=1,NCLAS)	IMM02160
		GO TO 7	IMM02170
	73	WRITE(3,2009)ORD,(IMP(IC),IC=1,NCLAS)	IMM02180
	7	CONTINUE	IMM02190
		WRITE(3,2015)(IC,IC=1,NCLAS)	IMM02200
		WRITE(3,2014)(IBR,IC=1,NCLAS)	IMM02210
C			IMM02220
	2000	FORMAT(1H1,55X,'VARIABLE :',A8/1H,'MEDIA =',E11.5,2X,'VARIANZA='	IMM02230
		1,E11.5,2X,'MINIMUM=',E11.5,2X,'MAXIMUM=',E11.5,2X,'NUMERO DE ',	IMM02240
		2'DATOS RETENIDOS =',I6)	IMM02250
	2001	FORMAT(1H,'HISTOGRAMA EXPERIMENTAL',9X,'NUMERO DE CLASSES=',I2,	IMM02260
		19X,'LIMITE INFERIOR =',E11.5,3X,'INTERVALO DE CLASE =',E11.5/1H,	IMM02270
		2'*****')	IMM02280
	2002	FORMAT(1H,'BORNE SUPéFRQ.éTHEOéFRQ.RLé THEO é ECH. %I')	IMM02290
	2003	FORMAT(1H,'BORNE SUPéFRQ.éFRQ.RLé ECH. %I')	IMM02300
	2004	FORMAT(1H,'F9.3,'é',I4,'é',I4,'é',F5.2,'%é',F5.2,'%é',2X,F5.2,' I'	IMM02310
		1,50A2)	IMM02320
	2005	FORMAT(1H,'F9.3,'é',I4,'é',F5.2,'%é',2X,F5.2,' I',50A2)	IMM02330
	2006	FORMAT(1H,'9X,'é',I4,'é',I4,'é',F5.2,'%é',F5.2,'%é',2X,F5.2,' I'	IMM02340
		1,50A2)	IMM02350

2007	FORMAT(1H ,9X, 'é', I4, 'é', F5.2, '%é', 2X, F5.2, ' I', 50A2)	IMM02360
2008	FORMAT(1H ,36X, F5.2, ' I', 50A2)	IMM02370
2009	FORMAT(1H ,24X, F5.2, ' I', 50A2)	IMM02380
2010	FORMAT(1H ,42X, ' I', 50A2)	IMM02390

6

2011	FORMAT(1H , 'INTERVALLES DE CLASSE', 22X, 50I2)	IMM02400
2012	FORMAT(1H , 'TEST DU CHI2 NEGATIF : VALEUR THEORIQUE=23.7, VALEUR 1, 'EXPERIMENTALE=', F6.2, ' (RISQUE = 5 %)')	IMM02410 IMM02420
2013	FORMAT(1H , 'TEST DU CHI2 POSITIF : VALEUR THEORIQUE=23.7, VALEUR 1, 'EXPERIMENTALE=', F6.2, ' (RISQUE = 5 %)')	IMM02430 IMM02440
2014	FORMAT(1H ,25X, '0.00 I', 50A2)	IMM02450
2015	FORMAT(1H , 'INTERVALLES DE CLASSE', 10X, 50I2)	IMM02460
2016	FORMAT(1H , 'FREQUENCES CUMULEES', 9X, 'NOMBRE DE CLASSES=', I2, 9X, 1 'BORNE INFERIEURE=', E11.5, 3X, 'INTERVALLE DE CLASSE=', E11.5/1H 2 '*****')	IMM02470 IMM02480 IMM02490
C		IMM02500
	B RETURN	IMM02510
	END	IMM02520

```

C *****
C
C CALCULA Y EDITA LA RECTA DE REGRESION      , LOS COEFICIENTES      *
C DE CORRELACION Y LA NUBE DE CORRELACION  , POR CADA                *
C VETA DE LA MINA PODEROSA                  O.B.V.                  *
C *****
  DIMENSION VR(4500),A(1500,3)
  DOUBLE PRECISION NAM(15),M1(1),MANT(1)
  COMMON TEST,NV,NAM
  OPEN(5,FILE='graf1.res',STATUS='new')
  NV=3
  DO 123 I=1,4500
123  VR(I)=0.
  DO 124 I=1,1500
  DO 124 J=1,3
124  A(I,J)=0.
  WRITE(*,76)
  76  FORMAT(1X,'INTRODUCIR POTENCIA DE CORTE Y NOMBRE DE LA VETA')
  READ(*,107) PCORT,MANT
  WRITE(*,707) PCORT,MANT
 707  FORMAT(1X,F10.2,A8)
  WRITE(*,88)
  88  FORMAT(1X,'ESCRIBIR 3 NOMBRES DE LAS VARIABLES POR LINEAS')
  DO 200 I=1,3
 200  READ(*,210) NAM(I)
 210  FORMAT(A8)
  WRITE(*,60) (NAM(I),I=1,3)
  60  FORMAT(1H , 'NAME=',3A8)
 107  FORMAT(F5.2,A8)
  WRITE(*,66)
  66  FORMAT(1X,'INTRODUCIR QUE PARES DE ELEMENTOS DEBE CALCULAR 1=CUT,
1 ,2=CUOX, 3=CUSE')
  READ(*,*) IV,JV
  OPEN(4,FILE='SROSA.TXT',STATUS='OLD')
  ND=0
  DO 9 I=1,5000
 10  FORMAT(A8)
  READ(4,35) est,orte,cota,pot,cut,cuox,cuse
  35  FORMAT(17x,f8.2,1x,f8.2,2x,f7.2,1x,f5.2,2x,f5.3,2x,f5.3,2x,f5.3,
12x,i1)
  BASE=2963.
  NB=(BASE-COTA)/15.
  IF(COTA.LT.0.) GO TO 99
  IF(NB.GT.27.OR.NB.LT.1) GO TO 9
  IF(POT.LT.PCORT) GO TO 9
  if(cut.le.0..or.cut.ge.5.) go to 9
 27  ND=ND+1
  C  write(*,36) est,orte,cota,pot,cut,cuox,cuse
  36  FORMAT(17x,f8.2,1x,f8.2,2x,f7.2,1x,f5.2,2x,f5.3,2x,f5.3,2x,f5.3,
12x,i1)
  A(ND,1)=cut
  A(ND,2)=cuox
  A(ND,3)=cuse
  9  CONTINUE
 99  CONTINUE

```

```

f=0.
do 777 m=1,nd
777   f=f+a(m,1)
      f=f/nd
      write(5,*) f
      DO 21 I=1,ND
      VR(I)=A(I,1)
      VR(I+ND)=A(I,2)
      VR(I+2*ND)=A(I,3)
21    CONTINUE
c     TEST=0.001
      TEST=0.0001
      WRITE (5,1000) MANT(1),PCORT
1000  FORMAT(1H ,30X,'NUBE DE CORRELACION ',A8,/1X,'POT.DE CORTE',
1F10.2)
      CALL GRAF1(VR,ND,IV,JV,0,BMI1,BMA1,BMI2,BMA2)
      STOP
      END
C     GRAF1.FOR
C     *****
C     * EDICION SOBRE UNA PAGINA DE LA NUBE DE CORRELACION DE DOS *
C     * VARIABLES ESCOGIDAS ENTRE LAS NV VARIABLES DEFINIDAS. *
C     *****
SUBROUTINE GRAF1 (VR,ND,IV,JV,IR,BMI1,BMA1,BMI2,BMA2)
C     EDICION DE NUBE DE CORRELACION DE DOS VARIABLES.
C     CALCULA MEDIA,VARIANZA,COEFICIENTE DE CORRELACION Y REGRESION
C     LINEAL.EDICION SOBRE 50 LINEAS Y 50 COLUMNAS (1 PAGINA)
C**** PARAMETROS
C     VR(ND*NV)   VECTOR DE DATOS GUARDADOS BAJO LA FORMA DE COLUMNA
C                 VARIABLE POR VARIABLE.
C     NO         NUMERO DE DATOS INICIALES.
C     IV         NUMERO DE LA PRIMERA VARIABLE.
C     JV         NUMERO DE LA SEGUNDA VARIABLE (EJE VERTICAL DEL
C                 GRAFICO)
C**** OPCIONES
C     IR = 0     LOS LIMITES MIN Y MAX DEL GRAFICO SON CALCULADOS
C                 AUTOMATICAMENTE (MIN Y MAX DE CADA VARIABLE)
C     IR NO = 0  LOS LIMITES MIN Y MAX DEL GRAFICO SON SUMINISTRADOS
C                 POR EL UTILIZADOR.
C                 BMIL LIMITE MIN DE LA VARIABLE 1(HORIZONTAL)
C                 BMA1 LIMITE MAX
C                 BMI2 LIMITE MIN DE LA VARIABLE 2(VERTICAL)
C                 BMA2 LIMITE MAX
C**** COMUNES
C     INP       LECTORA
C     IOUT      IMPRESORA
C     TEST      LIMITE INFERIOR DE VALORES RETENIDOS
C                 VR MENOR O IGUAL A TEST, VALOR ELIMINADO
C     NV        NUMERO DE VARIABLES
C     NAM(NV)   NOMBRE DE LAS VARIABLES
C**** COMENTARIOS EL PROGRAMA IMPRIME EL NUMERO DE ELEMENTOS DE
C     UNA Q ASE A CONCURRENCIA DE 50.SINO LAS CIFRAS SON AJUSTADOS
C     A UNA RECTA SOBRE EL INDICADOR HORIZONTAL DE CLASE
C
C     DIMENSION VR(3000)

```

```

DIMENSION VR(4500)
DIMENSION IMP(52,51)
DOUBLE PRECISION NAM(15)
COMMON          TEST,NV,NAM
CHARACTER*2 INDI(52),ICM,IBR
DATA INDI/' ', '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9', '10',
* '11', '12', '13', '14', '15', '16', '17', '18', '19', '20', '21', '22', '23',
* '24', '25', '26', '27', '28', '28', '30', '31', '32', '33', '34', '35', '36',
* '37', '38', '39', '40', '41', '42', '43', '44', '45', '46', '47', '48', '49',
* '50', '**' /
DATA ICM,IBR/' M', ' ' /

```

C

C**** CALCULO DE MIN Y MAX , SI IR NO IGUAL A 0

```

BMIN1=BMI1
BMIN2=BMI2
BMAX1=BMA1
BMAX2=BMA2
IF(IR.GT.0)GO TO 2
BMIN1=1.E+10
BMIN2=1.E+10
BMAX1=-1.E+10
BMAX2=-1.E+10
DO 10 N=1,ND
IJ=N+ND*(IV-1)
JI=N+ND*(JV-1)
VR1=VR(IJ)
VR2=VR(JI)
IF(VR1.LE.TEST.OR.VR2.LE.TEST)GO TO 10
IF(VR1.LE.BMAX1)GO TO 11
BMAX1=VR1
11 IF(VR1.GE.BMIN1)GO TO 12
BMIN1=VR1
12 IF(VR2.LE.BMAX2)GO TO 13
BMAX2=VR2
13 IF(VR2.GE.BMIN2)GO TO 10
BMIN2=VR2
10 CONTINUE

```

C

C**** CALCULO DE NUBE Y LAS ESTADISTICAS

```

2 U1=0.
V1=0.
U2=0.
V2=0.
V12=0.
NC=0
SINK=(BMAX1-BMIN1)/50.
SINL=(BMAX2-BMIN2)/50.
DO 18 L=1,52
DO 18 K=1,51
18 IMP(L,K)=1
DO 20 N=1,ND
IJ=N+ND*(IV-1)
JI=N+(JV-1)*ND
VR1=VR(IJ)
VR2=VR(JI)

```

```

C      IF(VR1.LE.TEST.OR.VR2.LE.TEST)GO TO 20
      K=INT((VR1-BMIN1)/SINK+1.5)
      L=INT((BMAX2-VR2)/SINL+1.5)
      IF((L-1)*(51-L).LT.0.OR.(K-1)*(51-K).LT.0)GO TO 20
      NC=NC+1
      U1=U1+VR1
      U2=U2+VR2
      V1=V1+VR1*VR1
      V2=V2+VR2*VR2
      V12=V12+VR1*VR2
      IMP(L,K)=IMP(L,K)+1
20     CONTINUE
      IF(NC.LT.1)GO TO 4
      V1=(V1-U1*U1/NC)/NC
      V2=(V2-U2*U2/NC)/NC
      V12=(V12-U1*U2/NC)/NC
      COR12=V12/SQRT(V1*V2)
      U1=U1/NC
      U2=U2/NC

C**** IMPRESION DE TITULO Y LAS ESTADISTICAS
      WRITE(5,2000)NAM(IV),NAM(JV),NAM(IV),U1,V1,NAM(JV),U2,V2,COR12,
      *NC

C
C**** CALCULO DE REGRESIONES LINEALES
      B12=V12/V2
      B21=V12/V1
      A12=U1-B12*U2
      A21=U2-B21*U1
      X1=A12+B12*BMIN2
      Y1=A21+B21*BMIN1
      SX=V1*(1.-COR12*COR12)
      SY=V2*(1.-COR12*COR12)
      WRITE(5,2001)NAM(IV),NAM(JV),NAM(IV),A12,B12,NAM(JV),SX,
      *NAM(JV),BMIN2,NAM(IV),X1
C      WRITE(IOUT,2001)NAM(JV),NAM(IV),NAM(JV),A21,B21,NAM(IV),SY,
      WRITE(5,2001)NAM(JV),NAM(IV),NAM(JV),A21,B21,NAM(IV),SY,
      *NAM(IV),BMIN1,NAM(JV),Y1

C
C**** IMPRESION DE NUBE SOBRE 51 LINEAS Y COLUMNAS
      WRITE(5,2002)NAM(JV),SINL,SINK
      DO 3 L=1,52
      DO 30 K=1,51
      IN=MIN0(52,IMP(L,K))
30     IMP(L,K)=INDI(IN)
3      CONTINUE
      K0=INT((U1-BMIN1)/SINK+1.5)
      L0=INT((BMAX2-U2)/SINL+1.5)
      IMP(L0,K0)=ICM
      WRITE(5,2003)BMAX2,(IMP(1,K),K=1,51)
      DO 31 L=2,50
      IF(L-L0)32,33,32
32     WRITE(5,2004)(IMP(L,K),K=1,51)
      GO TO 31
33     WRITE(5,2003)U2,(IMP(L,K),K=1,51)

```

```

31 CONTINUE
WRITE(5,2003)BMIN2,(IMP(51,K),K=1,51)
WRITE(5,2005)
IMP(52,K0)=IBR
IMP(52,1)=IBR
IMP(52,51)=IBR
WRITE(5,2006)(IMP(52,K),K=1,51)
IMP(52,K0)=ICM
WRITE(5,2007)BMIN1,(IMP(52,K),K=2,46),BMAX1,NAM(IV)
2000 FORMAT (1H1, 'ESTUDIO DE CORRELACION ',A8,'/',A8,/1X,23('*'),
*/1H , 'VARIABLE'
*,A8, 'MEDIA ',E11.5, ' VARIANZA=',E11.5,5X, 'VARIABLE',A8,
*' MEDIA ',E11.5, ' VARIANZA=',E11.5/1H ,40X, 'COEFICIENTE DE ',
*'CORRELACION =',F6.2,4X, 'NRO DE PARES=',I5)
2001 FORMAT (1H , 'REGRESION',A8,'/',A8,'/',A8, '*=',E10.4, '+',E10.4
*, 'X',A8, ' V.RES=',E11.5, '( ',A8, '=',E10.4,1X,A8, '*=',E10.4, ')')
2002 FORMAT(1H ,10X,A8,20X, 'INTERVALO DE LINEA=',E11.6,2X, 'COLUMNA=',
*E11.5)
2003 FORMAT(1H ,1X,E11.5, '-I',51(A2))
2004 FORMAT(1H ,13X, 'I',51A2)
2005 FORMAT(1H ,13X, 'I',53(1X, '-'))
2006 FORMAT(1H ,14X,51A2)
2007 FORMAT(1H ,5X,E11.5,45(A2),E11.5,3X,A8)
4 RETURN
END

```

```

C   PROGRAMA= DLM2
C*****
C                                     * DLM00010
C                                     * DLM00020
C                                     * DLM00030
C                                     * DLM00040
C ESTE PROGRAMA CALCULA LAS LEYES MEDIAS Y VARIANZAS EN FUNCION * DLM00050
C DE LA PROFUNDIDAD.TAMBIEN LOS CALCULA POR TRIADAS DE BANCOS * DLM00060
C           PROGRAMA DLM2 * DLM00070
C           ----- * DLM00080
C SET. DE 1985 ..... PREPARADO POR O.B.V. * DLM00090
C*****
C...NDB(99)= NUMERO DE DATOS POR BANCO DLM00110
C...ND1(99)= NUMERO DE DATOS POR BANCO DLM00120
C...LMB(99)= LEY MEDIA POR BANCO DLM00130
C...VAB(99)= VARIANZA POR BANCO DLM00140
C...KM= INDICADOR DE ELEMENTO DLM00150
C...COTMY= COTA TECHO DEL BANCO SUPERIOR DLM00160
C...AB= ALTURA DE BANCO DLM00170
C...CA= LEY INFERIOR DE CORTE DLM00180
C...CAS= LEY SUPERIOR DE CORTE DLM00190
C...NBF= NUMERO DE BANCO FINAL DLM00200
C...CALT= ALTURA DE CORTE DLM00210
C...NAME= MENSAJE DLM00220
C*****
C   INTEGER*2 NDB(99),KM(3),ZZ(3) DLM00230
C   1,LINEA(100),ND1(99),LUIS(10) DLM00240
C   REAL*8 LMB(99),VAB(99),LM,VA DLM00250
C   1,LM1(99),METAL(1),VA1(99),GEY,DIS DLM00260
C   CHARACTER*1 IAST DLM00270
C   CHARACTER*4 NAME(20)
C   DOUBLE PRECISION ASAY,M1(1),MANT(1) DLM00280
C   DATA IAST/'*'/
C   WRITE(*,207)
207  FORMAT(1X,'INTRODUCIR ELEMENTO DE TRABAJO')
C   READ(*,208)METAL(1)
C   WRITE(*,208)METAL(1)
208  FORMAT(A8)
C   DO 99 I=1,99
C   NDB(I)=0
C   ND1(I)=0
C   LMB(I)=0.0
C   VAB(I)=0.0
C   LM1(I)=0.0
99   VA1(I)=0.0
C   LM=0.0
C   VA=0.0
C   GEY=0.0
C   DIS=0.0
C   WRITE(*,777)
777  FORMAT(1X,'INTRODUCIR NOMBRE DEL YAC. ')
C   READ(*,26) MANT(1) DLM00300
26   FORMAT(A8) DLM00310
C   WRITE(*,778)
778  FORMAT(1X,'INTRODUCIR MENSAJE A 80 COLUMNAS')
C   READ(*,8)(NAME(I),I=1,20) DLM00320

```

8	FORMAT(20A4)	
	WRITE(*,779)	DLM00290
779	FORMAT(1X, 'LEER COTMY, AB, CA, CAS, PCORT')	
	READ(*,*)COTMY, AB, CA, CAS, PCORT	0330
	WRITE(*,*)COTMY, AB, CA, CAS, PCORT	0340
	WRITE(*,41)	
41	FORMAT(1X, 'LEER NUMERO DE NIVELES QUE SE QUIERA CALC.(NBF)')	
	READ(*,*) NBF	
	WRITE(*,*) NBF	
	NP=0	DLM00370
	OPEN(4, FILE='SROSA.TXT', STATUS='OLD')	
	OPEN(5, FILE='DLM2.TXT', STATUS='NEW')	
C		
	DO 1 I =1,2400	DLM00380
	READ(4,35) est,orte,cota,pot,cut,cuox,cuse	
35	FORMAT(17x,f8.2,1x,f8.2,2x,f7.2,1x,f5.2,2x,f5.3,2x,f5.3,2x,f5.3)	
	IF (COTA.LT.0.0) GO TO 4	DLM00410
	ZN=CUT	
	IF (PCORT.GT.POT)GO TO 1	DLM00420
	PB=POT	
	IF(ZN.GT.CAS) GO TO 1	DLM00430
	IF(ZN.LE.CA) GO TO 1	DLM00440
C	WRITE(*,35)M1(1),ESTE,ORTE,COTA,POT,AU	
	IF(METAL(1).EQ.'CUT') GO TO 543	
	IF(METAL(1).EQ.'POTENCIA') ZN=PB	
	IF(METAL(1).EQ.'PLATA') ZN=AG	
	IF(PB.LE.0.0) GO TO 1	
543	CONTINUE	
	NB=(COTMY-COTA)/AB	DLM00450
	IF(NB.GT.NBF) GO TO 1	DLM00460
c	IF(NB.LT.1) GO TO 1	DLM00470
	NP=NP+1	DLM00480
	ASAY =ALOG(ZN)	DLM004
C,	ASAY =(ZN)*****	DLM00490
	LM=LM+ASAY	
	VA=VA+ASAY*ASAY	DLM00620
C	GEY=GEY+ASAY*POT	DLM00630
C	DIS=DIS+POT	DLM00640
	NDB(NB)=NDB(NB)+1	DLM00650
	LMB(NB)=LMB(NB)+ASAY	DLM00660
	VAB(NB)=VAB(NB)+ASAY*ASAY	DLM00670
C	if (nb.eq.21) write(*,35) est,orte,cota,pot,cut,cuox,cuse	
1	CONTINUE	DLM00680
4	CONTINUE	DLM00690
	LM=LM/NP	DLM00700
	VA=VA/NP- LM*LM	DLM00710
C	GEY=GEY/DIS	DLM00720
	WRITE(*,12) GEY,DIS,NP	DLM00730
12	FORMAT(3X, 'LEY PESADA =', 2F16.3, I8)	DLM00740
	AC=CA	DLM00750
	WRITE(*,16)PCORT,CAS	DLM00760
16	FORMAT(3X, 'ALTURA DE CORTE ', F10.3, 'LEY SUP. DE CORTE', F10.3)	DLM00770
	CALL GRD1 (NAME,AC,LM,VA,NP,IAST,NBF,NDB,LMB,VAB,COTMY)	DLM00780
	DO 9 I=1,NBF	DLM00790
	LM1(I+1) = LMB(I)	DLM00800


```

ND1(I+1) = NDB(I)
VA1(I+1) = VAB(I)
LMB(I) = 0.
VAB(I) = 0.
NDB(I) = 0
NB2 = NBF + 1
9 CONTINUE
DO 11 NB = 2,NB2
DO 11 I = 1,3
J = I - 2
N1 = ND1(NB+J)
IF(N1 .LT.1) GO TO 11
A1= LM1(NB + J)
V1= VA1(NB + J)
NDB(NB-1)= NDB(NB-1) + N1
LMB(NB-1)= LMB(NB-1) + A1 * N1
VAB(NB-1)= VAB(NB-1) + (V1 + A1 * A1) * N1
11 CONTINUE
C READ(*,8) NAME
CALL GRD1 (NAME,AC,LM,VA,NP,IAST,NBF,NDB,LMB,VAB,COTMY)
STOP
END
C*****
C *
C
C *
C ESTA SUBROUTINA GRAFICA LAS LEYES MEDIAS Y VARIANZAS POR BANCOS *
C *
C SUBROUTINA GRD1 *
C *
C SET DE 1988 ..... PREPARADO POR O.B.V. *
C*****
SUBROUTINE GRD1 (NAME,AC,LM,VA,NP,IAST,NBF,NDB,LMB,VAB,COTMY)
INTEGER*2 NDB(1)
INTEGER NAME(20)
REAL*8 LM,VA,LMB(1),VAB(1)
CHARACTER LINEA(100)
CHARACTER*1 IAST
WRITE(5,7) NAME,AC,LM,VA,NP
7 FORMAT(1H1,20X,20A4/21X,80(' ')/21X,'LEY DE CORTE',F7.3/21X,
1'LEY MEDIA',F10.2/21X,'VARIANZA',F11.5//21X,'NUM.DE LEYES ',I6//)
VMAX=0.
DO 10 I=1,100
10 LINEA(I)=IAST
DO 6 J=1,NBF
IF(NDB(J)-1) 6,11,11
11 LMB(J)=LMB(J)/NDB(J)
VAB(J)=VAB(J)/NDB(J)-LMB(J)*LMB(J)
C IF(VMAX.LT.LMB(J)) VMAX=LMB(J)*****
6 CONTINUE
C DELTA=100./VMAX*****
WRITE(5,12)COTMY
12 FORMAT(1X,'BAN LEY VAR NCOMP',6X,'CRESTA MAXIMA',F8.1/)
DO 13 NB=1,NBF
NCOL=LMB(NB)*DELTA

```

```

DLM00810
DLM00820
DLM00830
DLM00840
DLM00850
DLM00860
DLM00870
DLM00880
DLM00890
DLM00900
DLM00910
DLM00920
DLM00930
DLM00940
DLM00950
DLM00960
DLM00970
DLM00980
DLM00990
DLM01000
DLM01010
DLM01020
GRD00010
GRD00020
GRD00030
GRD00040
GRD00050
GRD00060
GRD00070
GRD00080
GRD00090
GRD00100
GRD00110
GRD00120
GRD00130
GRD00140
GRD00150
GRD00160
GRD00170
GRD00180
GRD00190
GRD00200
GRD00210
GRD00220
GRD00230
GRD00240
GRD00250
GRD00260
GRD00270
GRD00280
GRD00290
GRD00300

```

```
WRITE(5,15)  NB,LMB(NB),VAB(NB),NDB(NB),(LINEA(K),K=1,NCOL)
15          FORMAT(I3,1X,F7.2,1X,F10.4,I4,1X,'I',100A1)
          WRITE(5,16)
16          FORMAT(1X)
13          CONTINUE
          RETURN
          END
```

GRD00310
GRD00320
GRD00330
GRD00340
GRD00350
GRD00360
GRD00370

ANEXO 5

ESTUDIO GEOESTADISTICO DE LOS DATOS

Variable Regionalizada

Un fenómeno mineralizado, puede ser caracterizado por la distribución espacial de cierto numero de cantidades medibles llamadas “Variables Regionalizadas”.

La Teoría Geoestadística se basa en la observación, de que las variabilidades de todas la variables regionalizadas tienen una estructura particular.

La Variable Regionalizada es usualmente una característica de cierto fenómeno, como por ejemplo, los grados de metal, son características de una mineralización. El fenómeno que la V.R. representa se llama “Regionalización”. Ejemplos de ellos son:

El precio de un metal, que puede ser considerado como la distribución de la variable precio en el tiempo (espacio unidimensional).

Un fenómeno geológico tal como el grosor de un manto subhorizontal, que puede ser considerado como la distribución en dos dimensiones del espacio, de la variable grosor.

Un fenómeno mineralizado puede ser caracterizado por la distribución en tres dimensiones del espacio, de variables tales como grado, densidad, recuperación, granulometría.

En prácticamente todos los depósitos, una de las características importantes de la estructura de la variabilidad espacial de la variable regionalizada, bajo estudio, es su

carácter errático local. En casi todos los depósitos, existen zonas que son mas ricas que otras. Así, las muestras tomadas en una zona rica serán en promedio, mas ricas que aquellas tomadas en zonas mas pobres.

La Variable Regionalizada posee dos características aparentemente contradictorias:

Presenta un aspecto local, errático, aleatorio, lo cual nos hace pensar en la idea de variable aleatoria.

Tiene también un aspecto estructurado general (o promedio), el cual requiere una cierta representación funcional.

1.2.2 La Función Variograma

Consideremos dos valores numéricos $z(x)$ y $z(x+h)$, en dos puntos, x y $x+h$ separados por el vector h . La variabilidad entre estas dos cantidades es caracterizada por la función variograma $2\lambda(x, h)$, el cual se define como “la esperanza matemática de la variable aleatoria $[Z(x) - Z(x+h)]^2$ ”

$$2\lambda(x, h) = E \{ [Z(x) - Z(x+h)]^2 \}$$

En general, esta función del variograma $2\lambda(x, h)$ depende de ambos del punto x y del vector h . Entonces la realización de este variograma requiere varias realizaciones, $[Z_k(x), Z_k(x+h)]$, $[Z_{k'}(x), Z_{k'}(x+h)]$, ..., $[Z_{k''}(x), Z_{k''}(x+h)]$, de los pares de variables aleatorias $[Z(x), Z(x+h)]$. Pero, en la practica en minería, solamente se dispone de una realización $[z(x), z(x+h)]$ y corresponde a los valores reales medidos en los puntos x y $x+h$. Para solucionar este problema, se emplea la hipótesis intrínseca, según la cual, la función variograma $2\lambda(x, h)$ depende solamente del vector de separación h (en modulo y dirección), y no de la ubicación de x . Luego, será posible estimar el variograma $2\lambda(h)$ de los datos disponibles. Un buen estimador es la media

aritmética del cuadrado de las diferencias entre dos medidas experimentales [$z(x_1)$, $z(x_1 + h)$] en cualquier par de puntos separados por el vector h .

$$2 \lambda^*(h) = [1 / N(h)] [z(x_1), z(x_1 + h)]^2$$

Donde $N(h)$, es el numero de pares de datos experimentales [$z(x_1)$, $z(x_1 + h)$] separados por el vector h .

```

C      PROGRAMA = VAHO
C      *****
C      * CALCULA VARIOGRAMA MEDIO HORIZONTAL POR BANCOS Y TOTAL*
C      * ADEMAS EN 4 DIRECCIONES PARA DATOS CUALESQUIERA Y PARA*
C      * NV VARIABLES
C      *****
C      HCT(IV,NP) : CONTIENE DISTANCIAS MEDIAS TOTALES POR CADA
C                  PASO NP Y POR CADA DIRECCION IV
C      IV        : DE 1 A 4 DIRECCIONES
C      NP        : NO DE PASOS MAXIMO
C      NCT(IV,NP) : NO DE PARES TOTALES POR CADA NP Y IV
C      GBT(IV,NP) : CONTIENE VARIOGRAMAS TOTALES POR CADA PASO
C                  NP Y POR CADA DIRECCION
C      HC(IV,NP),GB(IV,NP),NC(IV,NP):DISTANCIAS MEDIAS,VARIOGRA
C                  MA MEDIO,NUMERO DE PARES POR BANCOS FOR CAD
C                  A PASO NP Y POR CADA DIRECCION IV
C      X(NS),Y(NS),Z(NS):COORDENADAS X,Y DEL COMPOSITO NS Y LEY
C                  DEL MISMO COMPOSITO
C      XX(NS),YY(NS),ZZ(NS):COORDENADAS X,Y DEL COMPOSITO NS Y
C                  LEY DEL MISMO COMPOSITO
C      NAME(12)  : ARREGLO QUE CONTIENE UN MENSAJE
C      NP(I)     : NO DE PARES POR CADA PASO I
C      VT,UT,NT  : VARIANZA,MEDIA Y NUMERO DE DATOS TOTALES
C      COMMON    : ICHAMP,PAS,IHMAX,KD,IDIR1,DIR2,ISO,ITRI,CA
C                  BASE
C      NCLAS     : NO DE DIRECCIONES DEL CALCULO DE VARIOGRAMA
C      NCHAMP    : NO DE BANCOS
C      KHMAX     : NO DE PASOS MAXIMO
C      AB        : ALTURA DE BANCO
C      ISORT1    : INDICADOR DE ESCRITURA POR BANCOS
C      ISORT2    : INDICADOR DE ESCRITURA DEL VARIOGRAMA GLOBAL
C      IWRITE    : INDICADOR DE GRAFICO DEL VARIOGRAMA
C      PAS       : LONGITUD DE CADA PASO
C      IDIR1     : INDICADOR DE CLASES DE ANGULO DE 45
C      IDIR2     : INDICADOR DE CLASES DE ANGULOS DE 90
C      ISO       : INDICADOR DEL CALC.DEL CONJUNTO DE TODOS LOS BANCOS
C      ITRI      : INDICADOR DE CALCULO
C      CA,CAS    : LEY DE CORTE INFERIOR Y SUPERIOR
C      BASE      : COTA MAXIMA SUPERIOR DEL BANCO
C      NBI,NBF   : NO DE BANCO INICIAL Y FINAL
C      *****
C      REAL HCT(4,50),GBT(4,50),HC(4,50),GB(4,50),X(300),Y(300),
C      1XX(100,30),YY(100,30),ZZ(100,30)
C      INTEGER NCT(4,50),NP(50),N1(300),NC(4,50)
C      1,N2(100),NUBA,NT
C      CHARACTER*4 NAME(12)
C      DOUBLE PRECISION M1(1),MANT(1),METAL(1)
C      REAL VT,UT,V,U,Z(300)
C      COMMON ICHAMP,PAS,IHMAX,KD,DIR1,DIR2,ISO,ITRI,CA,BASE
C      ND=5000
C      WRITE(*,753)
753  FORMAT(1X,'INTRODUCIR NOMBRE DEL METAL')
C      READ(*,754)METAL(1)
C      WRITE(*,754)METAL(1)
754  FORMAT(A8)

```

```

NT=0
NUBA=0
VT=0.0
UT=0.0
DO 100 I=1,300
X(I)=0.
Y(I)=0.
100 Z(I)=0.
DO 110 J=1,50
NP(J)=0
DO 110 I=1,4
HCT(I,J)=0.
GBT(I,J)=0.0
HC(I,J)=0.
NCT(I,J)=0
NC(I,J)=0
110 GB(I,J)=0.0
WRITE(*,730)
730 FORMAT(1X,'INTRODUCIR NCLA,NCHAMP,KHMAX,PCORT ')
READ(*,*) NCLAS,NCHAMP,KHMAX,PCORT VAH00520
WRITE(*,*) NCLAS,NCHAMP,KHMAX,PCORT VAH00540
WRITE(*,731)
731 FORMAT(1X,'INTRODUCIR AB,ISORT1,ISORT2,IWRITE')
READ(*,*) AB,ISORT1,ISORT2,IWRITE VAH00560
WRITE(*,*) AB,ISORT1,ISORT2,IWRITE VAH00570
WRITE(*,732)
732 FORMAT(1X,'INTRODUCIR PAS,IDIR1,IDIR2,ISO,ITRI,CA,CAS,BASE,NBI,
1 NBF')
READ(*,*) PAS,IDIR1,IDIR2,ISO,ITRI,CA,CAS,BASE,NBI,NBF VAH00580
1 FORMAT(F4.0,4I1,2F5.3,F4.1,I1,I3)
WRITE(*,*) PAS,IDIR1,IDIR2,ISO,ITRI,CA,CAS,BASE,NBI,NBF VAH00590
WRITE(*,733)
733 FORMAT(1X,'INTRODUCIR MENSAJE EN 48 COLUMNAS')
158 READ(*,158)(NAME(I),I=1,12) VAH00600
FORMAT(12A4) VAH00700
WRITE(*,119)(NAME(I),I=1,12) VAH00610
119 FORMAT(1X,12A4) VAH00700
WRITE(*,305)
305 FORMAT(1X,'INTRODUZCA NOMBRE DE LA VETA')
107 READ(*,107) MANT(1)
FORMAT(A8)
WRITE(*,707) MANT(1)
707 FORMAT(1X,A8)
OPEN(4,FILE='SROSA.TXT',STATUS='OLD')
OPEN(7,FILE='VAH012.TXT',STATUS='NEW')
DO 9 I=1,ND
READ(4,35) est,orte,cota,pot,cut,cuox,cuse
35 FORMAT(17x,f8.2,1x,f8.2,2x,f7.2,1x,f5.2,2x,f5.3,2x,f5.3)
c WRITE(*,35) est,orte,cota,pot,cut,cuox,cuse
55 format(1x,7f8.1)
C* ZN=CUT
C* PB=CUOX
IF(EST.LT.0.0) GO TO 99
IF(POT.LT.PCORT) GO TO 9
27 CONTINUE

```

```

C*      IF(METAL(1).EQ.'CUT      ') GO TO 543
C*      IF(METAL(1).EQ.'CUOX     ') ZH=PB
C*      IF(METAL(1).EQ.'CUSE     ') ZH=CUSE
C*      IF(PB.LE.0.0) GO TO 9
c*      543 CONTINUE
C ***** PARA LA VARIABLE ACUMULACION ASAY=ZH*PB
C      ASAY=ZH*PB
C      ASAY=CUT
C      IF(ASAY.GT.CAS) GO TO 9
C      IF(ASAY.LE.CA) GO TO 9
C      NB= (BASE-COTA)/15.
C      WRITE(*,*) NB,BASE,COTA,AB
C      IF(NB.LT.NBI) GO TO 9
C      IF(NB.GT.NBF) GO TO 9
C      NP(NB)=NP(NB)+1
C      NPF= NP(NB)
C*****      ZZ(NPF,NB)= ASAY ***** change cause alog***
C      ZZ(NPF,NB)= ASAY
C      VAH00870
C      ZZ(NPF,NB)=ALOG(ASAY)
C      VAH00870
C      XX(NPF,NB)= EST
C      YY(NPF,NB)= ORTE
C      9      CONTINUE
C      99     CONTINUE
C      IHMAX=KHMAX+1
C      DO 7 NB=NBI,NBF
C      U=0.
C      V=0.
C      COTA=BASE-NB*15.
C      NPF=NP(NB)
C      IF(NPF.LT.2) GO TO 7
C      NUBA=NUBA+1
C      DO 8 NN=1,NPF
C      Z(NN)=ZZ(NN,NB)
C      X(NN)=XX(NN,NB)
C      Y(NN)=YY(NN,NB)
C      U=U+Z(NN)
C      V=V+Z(NN)*Z(NN)
C      WRITE(*,155) x(nn),y(nn),z(nn),NB
C      155   FORMAT(1X,'LEY,NB',F10.2,2X,F10.3,2X,F10.3,2X,I6)
C      8      CONTINUE
C      U=U/NPF
C      V=V/NPF-U*U
C      WRITE(7,73) U,V,NPF,NB,COTA
C      73     FORMAT(1X,'MEDIA Y VARIANZA ',2F12.4,2I6,F6.1)
C      ICHAMP=NB
C      CALL VAR3S(X,Y,Z,NPF,NC,HC,GB)
C      IF(ISORT1) 11,11,12
C      12     CALL SORT3S(HC,HC,GB,NPF,IWRITE,V)
C      11     IF(ISORT2) 7,7,14
C      14     UT=UT+NPF*U
C      VT=VT+NPF*(V+U*U)
C      NT=NT+NPF
C      DO 92 IH=1,IHMAX
C      DO 91 KD=1,4
C      HNC=NC(KD,IH)

```

VAH00780

VAH00810

VAH00820

VAH00840

VAH00850

VAH00860

VAH00870

VAH00880

VAH00890

VAH00900

VAH00910

VAH00920

VAH00930

VAH00940

VAH00950

VAH00960

VAH00970

VAH00980

VAH00990

VAH01000

VAH01010

VAH01020

VAH01030

VAH01040

VAH01050

VAH01060

VAH01070

VAH01080

VAH01090

VAH01100

VAH01110

VAH01120

VAH01130

VAH01140

VAH01150

VAH01160

VAH01170

VAH01180

VAH01190

VAH01200

VAH01210

VAH01220

VAH01230


```

      IF(NHC.LE.0) GO TO 91
      NCT(KD, IH)=NCT(KD, IH)+NHC
      HCT(KD, IH)=HCT(KD, IH)+NHC*HC(KD, IH)
      GBT(KD, IH)=GBT(KD, IH)+NHC*GB(KD, IH)
91    CONTINUE
92    CONTINUE
7     CONTINUE
      IF(ISORT2) 15, 15, 16
16    ICHAMP=0
      WRITE(7, 1001) HAME, CA
      WRITE(7, 1002) NUBA
      UT=UT/NT
      VT=VT/NT-UT*UT
      WRITE(7, 1007) NT, UT, VT
1007  FORMAT(38X, '* NUMERO DE DATOS', I11//38X, '* MEDIA', 13X,
1E14.7//38X, '* VARIANZA', 9X, E15.7)
      DO 17 IH=1, IHMAX
      DO 17 KD=1, 4
      A= MAX0(1, NCT(KD, IH))
      HCT(KD, IH)=HCT(KD, IH)/A
      GBT(KD, IH)=GBT(KD, IH)/A
17    CONTINUE
      CALL SORT3S(NCT, HCT, GBT, NT, IWRITE, VT)
15    CONTINUE
1001  FORMAT(1H1///29X, 47('*')/29X, 12A4
1      /29X, 47('*')//25X, 'RESULTADOS QUE CONCERNEN AL CONJUNTO
      DE TODOS LOS BANCOS'/25X, 57('*')///45X, 'LEY DE CORTE', F9.6)
1002  FORMAT(5X//38X, '* NUMERO DE BANCOS', 12X, 13//)
      STOP
      END
C*****
C
C
C
C  ESTA SUBROUTINA CALCULA EL VARIOGRAMA HORIZONTAL .PERTENECE
C  AL PROGRAMA PRINCIPAL VAHO
C
C  (SUBROUTINA VAR3S)
C  JUNIO DE 1985 ..... PREPARADO POR O.B.V.
C*****
      SUBROUTINE VAR3S(X, Y, Z, NP, HC, HC, GB)
      DIMENSION X(1), Y(1), Z(1), NC(4, 1), HC(4, 1), GB(4, 1)
      COMMON ICHAMP, PAS, IHMAX, KD, IDIR1, IDIR2, ISO, ITRI
      LEC=5
      IMF=6
      IDIR=IDIR1+IDIR2
      HMAX=(IHMAX-0.5)*PAS
      HHMAX=HMAX*IHMAX
      DO 1 IH=1, IHMAX
      DO 1 KD=1, 4
      NC(KD, IH)=0
      HC(KD, IH)=0.
      GB(KD, IH)=0.
1     CONTINUE
      NP1=NP-1

```

```

VAH01240
VAH01250
VAH01260
VAH01270
VAH01280
VAH01290
VAH01300
VAH01310
VAH01320
VAH01330
VAH01340
VAH01350
VAH01360
VAH01370
VAH00640
VAH00650
VAH01380
VAH01390
VAH01400
VAH01410
VAH01420
VAH01430
VAH01440
VAH01450
VAH01460
VAH01470
VAH01480
VAH01490
VAH01500
VAH01510
VAR00010
* VAR00020
VAR00030
* VAR00040
* VAR00050
* VAR00060
* VAR00070
* VAR00080
* VAR00090
VAR00100
VAR00110
VAR00120
VAR00130
VAR00140
VAR00150
VAR00160
VAR00170
VAR00180
VAR00190
VAR00200
VAR00210
VAR00220
VAR00230
VAR00240
VAR00250

```



```

JUNIO DE 1985 ..... PREPARADO POR O.B.V. *
*****
SUBROUTINE SORT3S(NC,HC,GB,HP,IWRITE,V)
DIMENSION NC( 4,1),HC(4,1),GB(4,1),NPF(50),V(1)
REAL*8 VARIO(50)
COMMON ICHAMP, PAS,IHMAX,KD,IDIR1,IDIR2,ISO,ITRI,CA,BASE
OPEN (3,FILE='BVARIO.DAT',STATUS='NEW')
LEC=5
IMP=6
IHSUP=0
DO 1 IH=1,IHMAX
DO 1 KD=1,4
IF(NC(KD,IH)) 1,1,2
IHSUP=IH
1 CONTINUE
IF(IDIR1) 3,3,4
4 WRITE(7,3000)
IF(ICHAMP) 5,5,6
5 WRITE(7,3001)
GO TO 7
WRITE(7,3002) ICHAMP
7 WRITE(7,3003) PAS
ISUP=IHSUP
DO 8 KD=1,4
WRITE(7,3005) KD
WRITE(3,3005) KD
WRITE(3,3006)
WRITE(7,3006)
DO 22 IH=1,ISUP
KH=IH-1
WRITE(3,3007) KH,NC( KD,IH),HC( KD,IH),GB( KD,IH)
WRITE(7,3007) KH,NC( KD,IH),HC( KD,IH),GB( KD,IH)
22 CONTINUE
IF(IWRITE-4) 30,31,30
31 DO 32 IH=1,ISUP
VARIO(IH)=GB(KD,IH)
NPF(IH)=NC(KD,IH)
WRITE(7,3011) V
3011 FORMAT(19X,'VARIANZA',E14.7)
CALL GRAF2(VARIO,NPF,V,ISUP)
30 IF(KD.EQ.4) GO TO 8
WRITE(7,3010)
8 CONTINUE
3 IF(IDIR2) 9,9,10
10 WRITE(7,3008)
IF(ICHAMP) 11,11,12
11 WRITE(7,3001)
GO TO 13
12 WRITE(7,3002) ICHAMP
13 WRITE(7,3003) PAS
ISUP=IHSUP
DO 14 KD=1,4
KKD1=KD-4*(KD/4)+1
WRITE(7,3005) KD
WRITE(7,3006)

```

```

SOR00090
SOR00100
SOR00110
SOR00120
SOR00130
SOR00140
SOR00150
SOR00160
SOR00170
SOR00180
SOR00190
SOR00200
SOR00210
SOR00220
SOR00230
SOR00240
SOR00250
SOR00260
SOR00270
SOR00280
SOR00290
SOR00300
SOR00310
SOR00320
SOR00320
SOR00330
SOR00330
SOR00340
SOR00350
SOR00360
SOR00360
SOR00370
SOR00380
SOR00390
SOR00400
SOR00410
SOR00420
SOR00430
SOR00440
SOR00450
SOR00460
SOR00470
SOR00480
SOR00490
SOR00500
SOR00510
SOR00520
SOR00530
SOR00540
SOR00550
SOR00560
SOR00570
SOR00580
SOR00590

```

DO 14 IH=1,ISUP	SOR00600
NCO=NC(KD,IH)	SOR00610
NC1=NC(KKD1,IH)	SOR00620
NNC=NCO+NC1	SOR00630
A = MAX0(1,NNC)	SOR00640
HHC=(NCO*HC(KD,IH)+NC1*HC(KKD1,IH))/A	SOR00650
GGB=(NCO*GB(KD,IH)+NC1*GB(KKD1,IH))/A	SOR00660
KH=IH-1	SOR00670
WRITE(7,3007) KH,NNC,HHC,GGB	SOR00680
14 CONTINUE	SOR00690
9 IF(ISO) 15,15,16	SOR00700
16 WRITE(7,3009)	SOR00710
IF(ICHAMP) 17,17,18	SOR00720
17 WRITE(7,3001)	SOR00730
GO TO 19	SOR00740
18 WRITE(7,3002) ICHAMP	SOR00750
19 WRITE(7,3003) PAS	SOR00760
ISUP=IHSUP	SOR00770
WRITE(7,3006)	SOR00780
DO 20 IH=1,ISUP	SOR00790
NNC=0	SOR00800
HHC=0.	SOR00810
GGB=0.	SOR00820
DO 21 KD=1,4	SOR00830
NCO=NC(KD,IH)	SOR00840
NNC=NNC+NCO	SOR00850
HHC=HHC+NCO*HC(KD,IH)	SOR00860
GGB=GGB+NCO*GB(KD,IH)	SOR00870
21 CONTINUE	SOR00880
A=MAX0(1,NNC)	SOR00890
HHC=HHC/A	SOR00900
GGB=GGB/A	SOR00910
NPP(IH)=A	SOR00920
VARIO(IH)=GGB	SOR00930
KH=IH-1	SOR00940
WRITE(3,3007) KH,NNC,HHC,GGB	SOR00950
WRITE(7,3007) KH,NNC,HHC,GGB	SOR00950
20 CONTINUE	SOR00960
GO TO (24,25,26,26),IWRITE	SOR00970
26 WRITE(7,3011) V	SOR00980
C CALL GRAF2(VARIO,NPP,V,ISUP)	SOR00990
GO TO 24	SOR01000
25 IF(ICHAMP) 24,28,24	SOR01010
28 WRITE(7,3011) V	SOR01020
C CALL GRAF2(VARIO,NPP,V,ISUP)	SOR01030
24 WRITE(7,3010)	SOR01040
23 CONTINUE	SOR01050
15 CONTINUE	SOR01060
3000 FORMAT(29X,42('*'),/1H ,30X,'VARIOGRAMAS POR CLASES DE ANGULOS	SOR01070
1 DE 45G',/1H ,29X,42('*'),///)	SOR01080
3001 FORMAT(36X,'CONJUNTO DE TODOS LOS BANCOS',///)	SOR01090
3002 FORMAT(45X,'BANCO',I2,///)	SOR01100
3003 FORMAT(30X,'PASO DEL VARIOGRAMA(EN M.) = ',F9.3)	SOR01110
3005 FORMAT(/ ,30X,' CLASE NUMERO ',I1/)	SOR01120
3006 FORMAT(25X ,'* NUMERO * NUMERO * DISTANCIA * SEMI	SOR01130

```

1* ,/25X , * DE PASOS * DE PARES * MEDIA (EN M.) * VARIOGRAMA * ,SOR01140
2/) SOR01150
3007 FORMAT(25X, ' ', I6, 4X, ' ', 2X, I4, 4X, ' ', 3X, F9.3, 3X, ' ', E11.5, 1X, ' ') SOR01160
3008 FORMAT(29X, 42( ' ' ), /1H , 30X, ' VARIOGRAMAS POR CLASES DE ANGULOS SOR01170
1 DE 90G , /29X, 42( ' ' ), /////) SOR01180
3009 FORMAT(40X, 18( ' ' ), /, 41X, ' VARIOGRAMA MEDIO ', /, 40X, 18( ' ' SOR01190
1), //// ) SOR01200
3010 FORMAT(//////) SOR01210
CLOSE (3, STATUS='KEEP')
RETURN SOR01220
END SOR01230
C***** GRA00010
C * GRA00020
C GRA00030
C * GRA00040
C ESTA SUBROUTINA GRAFICA EL VARIOGRAMA * GRA00050
C * GRA00060
C * GRA00070
C * GRA00080
C JUNIO DE 1985 ..... PREPARADO POR O.B.V. * GRA00090
C***** GRA00100
C..... VARIO(N) VARIOGRAMA PARA EL PASO N GRA00110
C..... NP(N) NUMERO DE PARES PARA EL PASO N GRA00120
C..... VA1 VARIANZA GRA00130
C..... N NUMERO DE PASOS GRA00140
SUBROUTINE GRAF2(VARIO, NP, VA1, N) GRA00150
REAL*8 VARIO(1), VA1(1) GRA00160
INTEGER NP(1), LINE(100) GRA00170
CHARACTER RAYA, PUNTO, BLANCO, ASTER, M
DATA RAYA/'-'/, PUNTO/'.'/, BLANCO/' '/, ASTER/'*'/, M/'I'/'
IPR = 6 GRA00190
WRITE(*, 1) 00200
1 FORMAT(47X, 'GRAF. DEL VARIOGRAMA '/47X, 22( '-')///5X, 'VARIO', 1X, GRA00210
1'NPUNT', 2X, 'N', 1X, '0', 8X, '10', 8X, '20', 8X, '30', 8X, '40', 8X, '50', 8X, GRA00220
2'60', 8X, '70', 8X, '80', 8X, '90', 4X, 'VARG') GRA00230
DO 2 I=1, 100 GRA00240
2 LINE(I)=RAYA GRA00250
DO 3 I=1, 100, 10 GRA00260
3 LINE(I)=M GRA00270
WRITE(*, 4) LINE GRA00280
4 FORMAT(20X, 100A1) GRA00290
DO 5 I=1, 100 GRA00300
5 LINE(I)=BLANCO GRA00310
DO 6 I=1, N GRA00320
IF(VARIO(I).LE.0.) K=(VARIO(I)/VA1(1)*50)*(-1) GRA00330
K=VARIO(I)/VA1(1)*50 GRA00340
IF(K-100) 7, 7, 8 GRA00350
8 DO 9 I1=1, 100 GRA00360
9 LINE(I1) = PUNTO GRA00370
GO TO 10 GRA00380
7 IF(K.EQ.0) K=K+1 GRA00390
DO 11 I1=1, K GRA00400
11 LINE(I1)=ASTER GRA00410
10 IF(I-I/10*10) 12, 12, 13 GRA00420
13 LINE(1)=M GRA00430

```

	WRITE(*,14) VARIO(I),NP(I),I,LINE	GRA00440
14	FORMAT(1X,E10.4,I5,I3,1X,100A1)	GRA00450
	GO TO 15	GRA00460
12	LINE(1)=RAYA	GRA00470
	WRITE(*,14) VARIO(I),NP(I),I,LINE	GRA00480
15	DO 16 I1=1,100	GRA00490
16	LINE(I1)=BLANCO	GRA00500
6	CONTINUE	GRA00510
	RETURN	GRA00520
	END	GRA00530

```

C *****REP00010
C * (PROGRAMA REPO) *REP00020
C * RESUMEN DE RESERVAS POR BANCOS Y GLOBAL *REP00030
C * *REP00040
C * PROYECTO *REP00050
C * *REP00060
C *****REP00070
C CA(1,....12) LEY DE CORTE REP00080
C NLC = NUMERO DE LEYES DE CORTE REP00090
C COTMY = COTA MAXIMA DE REFERENCIA REP00100
C AB = ALTURA DEL BANCO REP00110
C NBI = RESUMEN DESDE ESTE BANCO REP00120
C NBF = HASTA ESTE BANCO REP00130
C NAME,NAM,NAM1 = MENSAJES REP00140
C TONM(NB,NLC)= CANTI. DE METAL POR BANCO Y LEY DE CORTE REP00150
C AMP(NLC) = LEY PROMEDIO PARA CADA LEY DE CORTE REP00160
C CLT(11730)=TONELAJE DE CADA PANEL REP00170
C TON(NB,NLC)= TONELAJE POR CADA BANCO Y LEY DE CORTE REP00180
C ASAY(NB,NLC)= LEY POR CADA BANCO Y LEY DE CORTE REP00190
C TON(NB,NLC)= TONELAJE POR CADA BANCO Y LEY DE CORTE REP00200
C TONTOT(NLC)= TONELAJE TOTAL POR LEY DE CORTE REP00210
C CAMPR(NLC) = CANTIDAD DE METAL POR CADA LEY DE CORTE REP00220
C NPA(NB,NLC)= NUMERO DE BLOQUES PEQUEÑOS POR CADA BANCO Y LEY DE C REP00230
C KC(11730) - INDICADOR PARA EL CALCULO DEL PANEL REQUERIDO REP00240
C NBLO(NLC)= NUMERO DE BLOQUES PEQUEÑOS TOTALES POR CADA LEY DE C REP00250
C KP(10)= NUMERO DE PANEL KT(10)= NUMERO DE BLOQUES PEQUEÑOS POR REP00260
C PANEL KCC(10)=INDICADOR DE ELIMINACION KE(10)=TIPO DE ROCA REP00270
C IKCC= INDICADOR DEL TIPO DE MINERALIZACION REP00280
C*****REP00290
REAL TONM(42,12),AMP(12),TONMO(42,12),TON(42,12) REP00300
2,TONTOT(12),TOTO(12),TONEL,CA(12), REP00320
4AMB(12),CANMO(42,12) REP00330
CHARACTER*4 NAME(12),NAM(9),NAM1(7),NOMBRE(1),METAL(1) REP00340
OPEN(1,FILE='RES.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(7,FILE='benef.txt',STATUS='OLD')
OPEN(2,FILE='Reben.txt',STATUS='NEW')
READ(7,4)CA REP00350
4, FORMAT(12F5.3) REP00360
READ(7,1003) COTMY,AB,NRI,NRF,NBI,NBF,NLC,IKCC,GE REP00370
WRITE(*,1003) COTMY,AB,NRI,NRF,NBI,NBF,NLC,IKCC,GE REP00370
1003 FORMAT(2F8.2,6I4,F5.1) REP00380
READ(7,1005) NAME REP00390
READ(7,1005) NAM REP00400
READ(7,1005) NAM1 REP00410
READ(7,1005) NOMBRE REP00420
READ(7,1005) METAL REP00430
1005 FORMAT(20A4) REP00440
DO 21 I=1,NLC REP00450
TOTO(I)=0. REP00460
TONTOT(I)=0. REP00470
AMP(I)=0. REP00480
AMB(I)=0. REP00490
DO 1002 J=NBI,NBF REP00500
TONM(J,I)=0.0 REP00510
TON(J,I)=0. REP00520

```

	TONMO(J,I) = 0.	REP00530
	CANMO(J,I)= 0.	REP00540
1002	CONTINUE	REP00550
21	CONTINUE	REP00560
400	CONTINUE	REP00570
	DO 102 NNN=NRI,NRF	REP00580
	READ(1,517) i,J,NB,BASE,AMAF,VAR,TOHE	KR102300
	write(*,517) i,J,NB,BASE,AMAF,VAR,TOHE	KR102300
517	FORMAT(3I3,2x,F5.0,f11.3,2x,f7.3,f10.2)	
	IF(TONE-0.1) 102,102,22	REP00630
22	TONEL=AMAF	REP00640
	DO 2 NLL=1,NLC	REP00650
	IF(TONEL-CA(NLL)) 2,3,3	REP00660
3	TON(NB,NLL)=TON(NB,NLL)+TONE	REP00670
	TONM(NB,NLL)=TONM(NB,NLL)+TONEL*TONE	REP00680
	TONMO(NB,NLL)=TONMO(NB,NLL)+TONE	REP00700
	CANMO(NB,NLL)=CANMO(NB,NLL)+TONEL*TONE	REP00710
2	CONTINUE	REP00720
102	CONTINUE	REP00730
	WRITE(2,7)	REP00750
	WRITE(2,5)	REP00760
7	FORMAT(1HL)	REP00770
	NCUA=0	REP00780
	DO 6 NBI=NBI,NBF	REP00790
	COTA=COTMY-AB*NBI	REP00800
5	FORMAT(1X,60(' '))	REP00810
	WRITE(2,8)NB,COTA,NOMBRE,METAL	REP00820
8	FORMAT(1X,'*', 'BANCO',I3,2X, (NIVEL BASE =',F7.1,')',10X,A4,1X,A4)	REP00830
	WRITE(2,5)	REP00840
10	FORMAT(1X,'*',66X,'*')	REP00850
	NCUA=NCUA+1	REP00860
	WRITE(2,13)	REP00870
13	FORMAT(1X,'* LEY DE * TONELAJE LEY * TONELAJE *	REP00880
1	LEY */	REP00890
21X,	'* CORTE * CUT (TM) * CUT * S2MO(TM) * S2MO	REP00900
3	*')	REP00910
	WRITE(2,10)	REP00920
	WRITE(2,5)	REP00930
	DO 9 NN=1,NLC	REP00940
	IF(TON(NB,NN).LT.1) GO TO 111	REP00950
	ASAY=TONM(NB,NN)/TON(NB,NN)	REP00960
111	CONTINUE	REP00970
	IF(TONMO(NB,NN).LE.0.) GO TO 301	REP00980
	AMO= CANMO(NB,NN)/TONMO(NB,NN)	REP00990
301	CONTINUE	REP01000
	TOTO(NN)= TOTO(NN)+TONMO(NB,NN)	REP01010
	AMP(NN)= AMP(NN)+TONN(NB,NN)	REP01020
	TONTOT(NN)=TONTOT(NN)+TON(NB,NN)	REP01030
	AMB(NN)=AMB(NN)+CANMO(NB,NN)	REP01040
	GO TO 12	REP01050
C11	CONTINUE	REP01060
C	ASAY =0.	REP01070
C	TONMO(NB,NN)=0.	REP01080
C	AMO=0.	REP01090
12	WRITE(2,15)CA(NN),TON(NB,NN),ASAY,TONMO(NB,NN),AMO	REP01100

C	1, TONEL	REP01110
15	FORMAT(1X, '*', F7.3, *, F15.0, *, F7.3, 6X, *, F10.0	REP01120
	1, 2X, *, F9.3, 6X, '*')	REP01130
9	CONTINUE	REP01140
	WRITE(2, 10)	REP01150
	WRITE(2, 5)	REP01160
	IF(NCUA.LT.3) GO TO 6	REP01170
	IF(MOD(NCUA, 3).NE.0) GO TO 6	REP01180
	WRITE(2, 7)	REP01190
	WRITE(2, 5)	REP01200
6	CONTINUE	REP01210
	WRITE(2, 7)	REP01220
	WRITE(2, 17)NAME, NAM	REP01230
17	FORMAT(1X///40X, 12A4/40X, 40('*')//43X, 9A4, //	REP01240
	1 20X, 86('*') /20X, '*' LEY DE * TONELAJE	REP01250
	2 * LEY * TONELAJE * LEY *//	REP01260
	3 20X, '*' CORTE * CUT (TN) * CUT *	REP01270
	4 S2MO(TN) * S2MO(%) */20X, 86('*')/20X, '*', 14X, '*', 19X, '*',	REP01280
	5 19X, '*', 14X, '*', 14X, '*')	REP01290
	DO 18 NN=1, NLC	REP01300
	IF(TONTOT(NN).LT.1) GO TO 181	REP01310
	AMB(NN)=AMB(NN)/TONTOT(NN)	REP01320
181	CONTINUE	REP01330
	IF(TOTO(NN).LT.1) GO TO 182	REP01340
	AMB(NN)=AMB(NN)/TOTO(NN)	REP01350
182	CONTINUE	REP01360
	WRITE(2, 19) CA(NN), TONTOT(NN), AMB(NN), TOTO(NN), AMB(NN)	REP01370
19	FORMAT(20X, '*', 4X, F5.3, 5X, '*', 2X, F15.0, '*', F15.3, '*', 3X,	REP01380
	1 F9.0, 2X, '*', F11.3, 3X, '*')	REP01390
18	CONTINUE	REP01400
	WRITE(2, 20)NAM1	REP01410
20	FORMAT(20X, 86('*')//83X, 'PROYECTO EXTRAC.S2MO' /85X,	REP01420
	1 'EMATINSA' //83X, 'COMMSA' /83X, 7A4)	REP01430
1001	CONTINUE	REP01440
	97 FORMAT(1X, 'LEY', F8.3, I6)	REP01450
1000	STOP	REP01460
	END	REP01470

ANEXO 8

LEYES ESTIMADAS Y TONELAJES A DIFERENTES LEYES DE CORTE

BANCO 18 (NIVEL BASE = 2693.0)

LEY DE CORTE	TONELAJE CUT (TM)	LEY CUT
.000	210600.	.000
.200	0.	.000
.400	0	.000
.600	0	.000
.800	0	.000
1.000	0.	.000
1.200	0.	.000
1.400	0.	.000
1.600	0.	.000
1.800	0.	.000
2.000	0.	.000
2.200	0.	.000

BANCO 19 (NIVEL BASE = 2678.0)

LEY DE CORTE	TONELAJE CUT (TM)	LEY CUT
.000	1755000	.000
.200	0	.000
.400	0	.000
.600	0	.000
.800	0	.000
1.000	0.	.000
1.200	0.	.000
1.400	0.	.000
1.600	0.	.000

1.800	0.	.000
2.000	0.	.000
2.200	0.	.000

BANCO 20 (NIVEL BASE = 2663.0)

LEY DE CORTE	TONELAJE CUT ('TM)	LEY CUT
.000	5265000.	.012
.200	105300.	.580
.400	70200.	.770
.600	70200.	.770
.800	3510.	.850
1.000	0.	.850
1.200	0.	.850
1.400	0.	.850
1.600	0.	.850
1.800	0.	.850
2.000	0.	.850
2.200	0.	.000

BANCO 21 (NIVEL BASE = 2648.0)

LEY DE CORTE	TONELAJE CUT ('TM)	LEY CUT
.000	7476300.	.012
.200	175500	.530
.400	140400	.605
.600	70200	.725
.800	0	.725
1.000	0.	.725
1.200	0.	.725
1.400	0.	.725

1.600	0.	. 725
1.800	0.	. 725
2.000	0.	. 725
2.200	0.	. 725

BANCO 22 (NIVEL BASE = 2633.0)

LEY DE CORTE	TONELAJE CUT (TM)	LEY CUT
.000	9055800.	.029
.200	596700.	.379
.400	210600.	.600
.600	70200.	.795
.800	35100.	.990
1.000	0.	.990
1.200	0.	. 990
1.400	0.	. 990
1.600	0.	. 990
1.800	0.	. 990
2.000	0.	. 990
2.200	0.	. 990

BANCO 23 (NIVEL BASE = 2618.0)

LEY DE CORTE	TONELAJE CUT (TM)	LEY CUT
.000	8108100.	.168
.200	3053700.	.437
.400	1579500.	.572
.600	596700.	.708
.800	105300	.897
1.000	35100.	1.040
1.200	0.	1.040

1.400	0.	1.040
1.600	0.	1.040
1.800	0.	1.040
2.000	0.	1.040
2.200	0.	1.040

BANCO 24 (NIVEL BASE = 2603.0)

LEY DE CORTE	TONELAJE CUT (TM)	LEY CUT
.000	7125300.	.475
.200	5194800.	.651
.400	4527900.	.701
.600	2527200.	.859
.800	1123200.	1.070
1.000	666900.	1.211
1.200	315900.	1.362
1.400	105300.	1.463
1.600	0.	1.463
1.800	0.	1.463
2.000	0.	1.463
2.200	0.	1.463

BANCO 25 (NIVEL BASE = 2588.0)

LEY DE CORTE	TONELAJE CUT (TM)	LEY CUT
.000	6388200.	.851
.200	6212700.	.875
.400	6177600.	.878
.600	4808700.	.979
.800	3018600	1.152
1.000	1965600.	1.289

1.200	1088100.	1.450
1.400	526500.	1.641
1.600	280800.	1.789
1.800	140400.	1.913
2.000	35100.	2.040
2.200	0.	2.040

BANCO 26 (NIVEL BASE = 2573.0)

LEY DE CORTE	TONELAJE CUT (TM)	LEY CUT
.000	4703400.	1.034
.200	4703400.	1.034
.400	4703400.	1.034
.600	4492800.	1.059
.800	3229200.	1.200
1.000	2106000.	1.366
1.200	1228500.	1. 575
1.400	702000.	1.766
1.600	526500.	1.857
1.800	245700.	2.037
2.000	140400.	2.112
2.200	0.	2.112

BANCO 27 (NIVEL BASE = 2558.0)

LEY DE CORTE	TONELAJE CUT (TM)	LEY CUT
.000	1614600.	1.096
.200	1614600	1.096
.400	1614600	1.096
.600	1474200.	1.146
.800	1228500.	1.231

1.000	912600.	1.345
1.200	596700.	1.461
1.400	421200.	1.536
1.600	35100.	1.710
1.800	0.	1.710
2.000	0.	1.710
2.200	0.	1.710

BANCO 28 (NIVEL BASE = 2543.0)

LEY DE CORTE	TONELAJE CUT (TM)	LEY CUT
.000	1053000.	.750
.200	1053000.	.750
.400	1053000.	.750
.600	877500.	.795
.800	351000.	.920
1.000	70200.	1.015
1.200	0.	1.015
1.400	0.	1.015
1.600	0.	1.015
1.800	0.	1.015
2.000	0.	1.015
2.200	0.	1.015

RESUMEN DE TONELAJES Y LEYES DE TODOS LOS BANCOS

LEY DE CORTE	TONELAJE CUT (TM)	LEY CUT
.000	52755300.	.342
.200	22709700.	.791
.400	20077200.	.856
.600	14987700.	.975

.800	9126000.	1.156
1.000	5756400.	1.312
1.200	3229200.	1.491
1.400	1755000.	1.655
1.600	842400.	1.828
1.800	386100.	1.992
2.000	175500.	2.098
2.200	0.	.000

ANEXO 9

COSTOS UNITARIOS Y TOTALES DE MINADO Y TRATAMIENTO

MINA

Costos Variables

Cadencia de explot.	2000tn/día	8000tn/día	15000tn/día
Perforación Primaria	0.06682	0.06682	0.06682
Perforación Secundaria	0.008899	0.008899	0.008899
Disparo Primario	0.071192	0.071192	0.071192
Disparo Secundario	0.003747	0.003747	0.003747
Carguío Palas	0.182038	0.182038	0.182038
Acarreo	0.265876	0.265876	0.265876
Operación Bot. y Can.	0.016393	0.016393	0.016393
Construcción Mina	0.033879	0.033879	0.033879
Cables y tuberías	0.065884	0.065884	0.065884
	0.714728	0.714728	0.714728

Costo variable unitario de minado es: 0.714728 \$/tn.día

Costos fijos

Cadencia de Explot.	2000tn/día	8000tn/día	1500tn/día
Superintendencia	0.080871	0.020218	0.010783
Gastos generales	0.025448	0.006362	0.003393
Gtos. Indirec. Oper.	0.494595	0.123649	0.065946
Gastos Administrat.	0.279559	0.06989	0.037275
	0.88473	0.220118	0.117396

Costo fijo total de minado: $0.88473 \times 2000 = 1760.94$ \$/día.

PLANTA

Costos Variables

Cadencia de explot.	2000tn/día	8000tn/día	15000tn/día
Chancado Primario	0.084636	0.084636	0.084636
Chancado Secundario	0.234324	0.234324	0.234324
Molienda y remolienda	1.14388	1.14388	1.14388
Flotación	0.089103	0.089103	0.089103
Espesamiento, filtrado	0.090299	0.090299	0.090299
Relaves	0.020341	0.020341	0.020341
Almacén de concentrado	0.024011	0.024011	0.024011
	1.686593	1.686593	1.686593

Costo variable unitario de planta es: 1.686593 \$/tn.día

Costos fijos

Cadencia de Explot.	2000tn/día	8000tn/día	1500tn/día
Superintendencia	0.146457	0.036614	0.019528
Gastos generales	0.009213	0.002303	0.001228
Muestreo	0.002433	0.000608	0.000324
Gastos gen. Directos	0.027521	0.00688	0.003669
Gtos. Indirec. Oper.	0.569556	0.142389	0.075941
Gastos Administrat.	0.812832	0.203208	0.108378
	1.568012	0.392003	0.209068

Costo fijo total de planta: $1.568012 * 2000 = 3136.02$ \$/día.

Luego el costo Fijo total, considerando planta y minado es de 4896.96\$/día. En un año, el costo Fijo Total es de $4896.96 * 340 = 1664966$ \$/año.

ANEXO 10

ESTIMACIÓN DE LA COTIZACIÓN DEL PRECIO DE COBRE

La cotización del precio de cobre, ha estado variando mucho a lo largo de los meses y años, y ha estado sujeta a muchos factores, de los cuales la mayoría son impredecibles, por lo que generan un comportamiento muy variable del precio de cobre.

Se han tabulado los datos del precio de cobre en la siguiente tabla:

<u>Años</u>	<u>Cotización (ctv. \$/lb)</u>	<u>Inflación en E.E.U.U.</u>
1976	63.948	4.7
1977	59.46	6.8
1978	61.904	9.0
1979	90.113	13.3
1980	99.297	12.5
1981	79.021	8.9
1982	65.598	3.9
1983	70.325	3.8
1984	62.631	4.1
1985	63.244	3.9
1986	61.131	1.1
1987	78.725	4.3
1988	113.141	4.45
1989	129.201	4.64
1990	120.600	6.53
1991	105.000	
1992	100.000	
1993	90.000	

Para apreciar lo expuesto en el párrafo anterior, es decir, la gran variabilidad de la cotización del cobre, se graficó la variable precio de cobre versus el tiempo (en años). Luego, se calculó la recta de regresión para este conjunto de puntos ploteados, y nos dio la siguiente ecuación:

$$y = 2.572994 x + 59.63095$$

Le di el valor de $x = 19$, para hallar la cotización del precio de cobre en el año 1994, ya que el año 1975, se tomo como año cero, y obtuve: $y = 108.518$ ctv.\$/lb. Cu., que es la cotización empleada para el análisis económico del proyecto.

A continuación, calculé las varianzas para hallar el intervalo de confianza de la estimación, con un nivel de confianza del 95%:

$$s^2 = 22.64479596$$

Como el intervalo de confianza se expresa como:

$$m - 2 \cdot s / \sqrt{n-1} < x < m + 2 \cdot s / \sqrt{n-1}$$

Se tiene que:

$$63.23 < x < 153.81$$

Como un trabajo adicional, con los datos de la inflación de los E.E.U.U. en los 15 últimos años, se procedió a deflacionar las cotizaciones de los precios de cobre de los respectivos años, obteniéndose así una nueva tabla de valores de cotizaciones del cobre deflacionadas, las cuales se plotearon versus el tiempo (años).

Para apreciar lo expuesto en el párrafo anterior, es decir, la gran variabilidad de la cotización del cobre, se graficó la variable precio de cobre versus el tiempo (en años). Luego, se calculó la recta de regresión para este conjunto de puntos ploteados, y nos dio la siguiente ecuación:

$$y = 2.572994 x + 59.63095$$

Le di el valor de $x = 19$, para hallar la cotización del precio de cobre en el año 1994, ya que el año 1975, se tomo como año cero, y obtuve: $y = 108.518$ ctv.\$/lb. Cu., que es la cotización empleada para el análisis económico del proyecto.

A continuación, calculé las varianzas para hallar el intervalo de confianza de la estimación, con un nivel de confianza del 95%:

$$\hat{\sigma}_{n-1} = 22.64479596$$

Como el intervalo de confianza se expresa como:

$$m - 2\hat{\sigma}_{n-1} < x < m + 2\hat{\sigma}_{n-1}$$

Se tiene que:

$$63.23 < x < 153.81$$

Como un trabajo adicional, con los datos de la inflación de los E.E.U.U. en los 15 últimos años, se procedió a deflacionar las cotizaciones de los precios de cobre de los respectivos años, obteniéndose así una nueva tabla de valores de cotizaciones del cobre deflacionadas, las cuales se plotearon versus el tiempo (años)

Como era de esperar, estos valores deflacionados eran casi colineales y su coeficiente de correlación lineal era alto. La ecuación de la recta es:

$$y = -0.3675 x + 9.068$$

ANEXO 11

OPTIMIZACION DEL CALCULO DE PARÁMETROS TECNICOS

La optimización del calculo de parámetros técnicos consiste en hallar los parámetros técnicos, de manera de maximizar el beneficio futuro.

Se requiere realizar las siguientes acciones previas:

- 1.- Calculo de las reservas geológicas.
- 2.- Estudio y definición "a priori" de los parámetros técnicos económicos, como son:

Talud del tajo.

Costos de operación: minado, tratamiento, administración, etc.

Escala de explotación anual.

Ley de Corte.

- 3.- Obtención de diferentes pits para diferentes costos de operación.
- 4.- Elección del pit, en función del costo de operación fijado para la escala de explotación.
- 5.- Obtención del pit las curvas:

Tonelaje vs. Ley de Corte: $T_n(L_c)$.

Ley media vs. Ley de Corte $L_m(L_c)$.

- 6.- Obtención del estudio de mercado la curva $V(L_m(L_c))$, es decir, la curva del valor del mineral en función de la curva ley media – ley de corte $L_m(L_c)$.
- 7.- Obtención del cúmulo de experiencias mineras nacionales y extranjeras las curvas siguientes:

Costo de operación (P) – Cadencia de explotación anual (t).

Inversión (I) – Cadencia de explotación anual (t).

La función de beneficio a maximizar es:

$$B = [V(L_m) - P(t)] t \cdot A - I(t) \dots\dots\dots(1)$$

A; es el factor de actualización. $A = (1 - e^{-ln})/i$

Con la restricción de tiempo:

$$T - N \cdot t = 0$$

Se plantean dos caminos, o se maximiza con una tasa de actualización igual a cero o diferente de cero.

Cuando se trabaja con la segunda se tiende a descramar el yacimiento, por lo que se recomienda trabajar con una tasa de actualización igual a cero.

Finalmente se trabaja con las formulas optimizadas siguientes:

$$T(L_c) \frac{dp(t)}{dt} + dI(t)/dt = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$L_c = P(t)/V \dots\dots\dots(2)$$

$$N = t(L_c)/t \dots\dots\dots(3)$$

En base a estas tres formulas y por aproximaciones sucesivas se determina la cadencia de explotación t_0 , ley de corte L_c y número de años de vida de la mina, óptimas.

Seguidamente la cadencia de explotación con que se ha trabajado "a priori" se confronta con la óptima calculada t_0 . Si esta discrepancia es mas grande que cierta tolerancia (E), se repite el ciclo, es decir, que se entra al proceso de optimización del pit con los nuevos parámetros técnicos referidos a la nueva cadencia de explotación t_0 .

En base de t_0 se calcula la nueva ley de corte L_c . Así se procesa sucesivamente hasta converger a la solución, es decir que la cadencia de explotación con que se entra al pit, sea equivalente a la cadencia de explotación cuyo beneficio se ha maximizado con una tasa de interés igual a cero.

De esta forma tendremos el pit, la cadencia de explotación anual, vida de la mina y ley de corte "óptimas".

Cuando se trabaja con una tasa de actualización diferente a cero, se llega a las fórmulas optimizadas siguientes:

$$(V(m)-P(t)) ((1-e^{-iN})/i) = di(t)/dt + t((1-e^{-iN})/i) dP(t)/dt \dots\dots\dots(1)$$

$$x = P(t)/b_0 + (m-x) ((e^{-iN}-1)/iN) \dots\dots\dots(2)$$

$$N = T(m)/t \dots\dots\dots(3)$$

En este caso para llegar a los parámetros técnicos optimizados, también se aplica el método de aproximaciones sucesivas.

Comparación de resultados entre los dos métodos de maximización del beneficio futuro

1.- Tasa de interés diferente a cero.

Se obtienen los parámetros técnicos de modo que:

Se explota el yacimiento en un tiempo "corto".

La ley de corte es "alta", lo que puede dar lugar a una depredación del recurso.

La rentabilidad que se obtiene es generalmente alta, debido a que existe la tendencia de sacar solamente la parte mas rica.

2.- Tasa de interés igual a cero.

Se obtienen los parámetros técnicos de forma que:

La vida de la mina es mayor que en el caso anterior.

La ley de corte es inferior que en el caso anterior, lo que da como consecuencia un mejor "uso de los recursos no renovables".

La rentabilidad "económica" es menor, pero la rentabilidad "social" es mayor que en el caso anterior.

ANEXO 12

a) Dedución de la fórmula de inversión:

$$I(t) = c_0 + c_1 t.$$

Donde:

c_0 : Inversión fija.

c_1 : Inversión variable.

Para la fórmula de la inversión, que está en función de la cadencia de explotación, se asumió una inversión fija (c_0) de 20'000,000, y una inversión variable (c_1) de 30 veces la cadencia de explotación.

La inversión fija se emplearía en la etapa de preparación del pit, en las maquinarias, equipos, mano de obra y demás gastos antes de la puesta en marcha del proyecto.

Así la fórmula quedaría del siguiente modo:

$$I(t) = 20 \times 10^6 + 30t.$$

b) Dedución de la fórmula del valor del mineral:

$$V(m) = ((m) \times (R) \times (V)) / (Lcc)$$

Donde:

m : Ley de media mineral de cabeza

R : Recuperación metalúrgica.

V : Valor del concentrado por TCS, el cual se obtiene de la factura de comercialización.

Lcc : Ley del concentrado.

Reemplazando valores, se tiene:

$$V(m) = ((m) \times (0.9) \times (504.55)) / (32.46) = 14.19 \text{ m.}$$

Por tanto:

$$V(m) = 14.19 \text{ m.}$$

c) Deducción de la formula del costo de operación:

El costo de operación, se compone de una parte variable y de una parte fija. Así la formula del costo de operación se expresa como:

$$P(t) = a_0 + (a_1 / t) \dots \text{(Es el costo a la tonelada de mineral).}$$

Donde:

$$a_0 = \text{Costo variable.}$$

$$a_1 = \text{Costo fijo.}$$

El costo variable se calculara, sumando el costo variable unitario de planta y el costo variable unitario de minado, los cuales se hallaron anteriormente en el anexo 9.

Así se tiene:

$$a_0 = 1.0686593 \text{ \$/ton-día} + 0.714728 \text{ \$/ton-día}$$

$$a_0 = 2.401322 \text{ \$/ton-día}$$

Si el costo fijo se calculara, sumando el costo fijo total de planta y el costo fijo total de minado, los cuales se hallaron anteriormente en el anexo 9.

Así se tiene:

$$a_1 = 3136.02 \text{ \$/día} + 1760.94 \text{ \$/día}$$

$$a_1 = 4896.96 \text{ \$/día, luego en un año:}$$

$$a_1 = (4896.96 \text{ \$/día}) (340 \text{ días/año}) = 1'664,966 \text{ \$/año.}$$

Finalmente reemplazando se llega a:

$$P(t) = 2.401322 + (1.665 \times 10^6 / t).$$

ANEXO 13

CALCULOS DE PARÁMETROS TÉCNICOS OPTIMOS

a) Cuando la tasa de actualización es igual a cero:

Se partirá de las formulas:

$$I(t) = 20 \times 10^6 + 30t$$

$$V(m) = 14.19 \text{ m.}$$

$$P(t) = 2.401322 + (1.665 \times 10^6 / t).$$

Además se tiene que $t = ((a1) (T(x)) / c1)^{0.5}$

Reemplazando valores: $t = ((1.665 \times 10^6) (T(x)) / 30)^{0.5}$

Además x (ley de corte), se expresa como: $x = P(t)/b0$

Reemplazando: $x = 2.401322 + (1.665 \times 10^6 / t) / (14.19)$

T x 10	X	T(x) x 10	T x 10
1.665	0.24	22.35	1.11
1.11	0.27	21.9	1.1
1.10	0.28	21.90	1.1

Luego se tiene que:

$$N = 19 \text{ años.}$$

$$x = 0.27\%$$

$$T(x) = 21'900,000 \text{ ton.}$$

b) Cuando la tasa de actualización es diferente de cero:

Se procedió a aplicar el método de aproximaciones sucesivas, para lo cual se partió de los parámetros iniciales siguientes:

$$x = 0.55 \%$$

$$T(x) = 16'200,000 \text{ ton.}$$

$$t = 1'663,285 \text{ ton/año.}$$

$i = 12\%$ (tasa de actualización).

Se llegó a los siguientes valores:

$$x^* = 0.553343 \%$$

$$T^*(x^*) = 16'200,000 \text{ ton.}$$

$$m^*(x^*) = 0.945 \%$$

Debido a que se llegó a una convergencia, se consideraran a estos últimos valores como los parámetros técnicos óptimos.

APÉNDICE A

DIBUJO DE PLANOS CON AUTOCAD

BREVE INTRODUCCIÓN AL AUTOCAD

Es uno de los mas potentes paquetes de dibujo por computadora, que nos ofrece múltiples ventajas como son por ejemplo, corregir errores cometidos en el dibujo, revisarlo sin rectificar todo, gran facilidad de uso, logrando con todo ello gran operatividad.

El trabajar con AutoCAD ofrece gran versatilidad, pues permite que las entidades (líneas, círculos, textos), puedan ser borradas, desplazadas o copiadas para así crear estructuras con elementos repetidos.

Luego de concluido el trabajo, es posible sacar copias impresas a través de un plotter o de una impresora grafica.

Son varias las versiones de AutoCAD que se conocen y emplean en los últimos años, cada cual se diferencia de la que le precede por tener mas comandos y ventajas operacionales adicionales, que permiten mayor versatilidad en su uso. Para el presente trabajo se empleo la versión 10.0, la cual requiere adicionalmente de un coprocesador matemático para que pueda funcionar en un microcomputador. Este coprocesador matemático, es un dispositivo adicional en el hardware del microcomputador que es necesario emplearlo con ciertos paquetes, y su costo es alto, por lo que se tuvo que emplear un software para que haga la simulación de este coprocesador.

El AutoCAD puede funcionar eficientemente con otros sistemas operativos además del DOS, como el UNIX, MS-DOS, vms, entre otros. Asimismo puede usarse con las tarjetas graficas CGA, VGA, EGA y Hércules.

Se pueden hacer programas en autolisp, que si bien no es un verdadero lenguaje de programación, esta compuesto de funciones que solo pueden usarse para la creación de instrucciones ejecutables a través de AutoCAD, ahorrando tiempo y ganando en productividad

El AutoCAD emplea ficheros de extensiones variadas, que tienen diferentes usos, como por ejemplo:

BAK: Es un archivo de seguridad de dibujos.

DWG: Es un archivo de dibujo.

DXB: Es un archivo de intercambio binario de dibujos.

DXF: Es un archivo de intercambio de dibujos.

DXX: Es un archivo de extracción de atributos.

LIN: Es un archivo de biblioteca de líneas.

LSP: Es un archivo de lisp.

MNU: Es un archivo de menús.

PAT: Es un archivo de biblioteca de sombreados.

PGP: Es un archivo para acceso a los comandos del DOS.

SCR: Es un archivo guión de ordenes.

SHP: Es un archivo de definición de formas y tipos de letras.

SHX: Es un archivo compilado de definición de formas y tipos de letras.

SLD: Es un archivo de fotos.

TXT: Es un archivo de atributos o estructuras de texto.

\$RF: Es un archivo de vector.

EXE: Es un archivo ejecutable.

OVL: Es un archivo de recubrimiento.

CFG: Es un archivo de configuración.

MNX: Es un archivo de menús compilado.

DOC: Es un archivo de documento (de mensajes).

HLP: Es un archivo de ayuda.

El AutoCAD puede trabajar en interface con el digitalizador, que consiste en un direccionador (mouse) y un tablero digitalizer. El digitalizador puede emplearse para enviar coordenadas y líneas al computador, y poder generar en la pantalla dibujos efectuados anteriormente, así como para ingresar nuevos datos.

Se puede asimismo, superponer planos, y de ese modo producir un nuevo plano. También puede seleccionar el conjunto de planos que se desea superponer, especificando para cada entidad características específicas como color, tipo de línea, formas de sombreado, según las necesidades.

El AutoCAD puede variar de tamaño los dibujos, rotarlos, cambiarlos de posición, analizarlos tridimensionalmente, obtener vistas en perspectiva, cortes de secciones, rotación y traslación de ejes coordenados y cambio de unidades de dibujos, entre otras ventajas importantes.

Los dibujos obtenidos, pueden salir a escala en impresora o plotter, empleando diferentes colores y diferentes trazos de acuerdo al dibujo.

1.2- COMANDOS EMPLEADOS

No se pretende en este trabajo, explicar todos los comandos del AutoCAD, sino hacer una breve reseña de aquellos que se han utilizado para la creación de los dibujos que son objeto del presente trabajo.

1.2.1- Comando LINE:

Une dos puntos o mas mediante una línea. Los puntos se pueden indicar mediante sus coordenadas numéricas, escribiendo los números correspondientes, o ubicándolos en pantalla mediante el cursor o con el lapicero, luego de lo cual se presionará ENTER. Ejm:

Command: LINE <ENTER>

From point: 1,2 <ENTER>
To point: 2,3 <ENTER>
To point: 3,2 <ENTER> To point <ENTER>

1.2.2- Comando LIMITS

Es el primero que se ha de utilizar, y sirve para definir los límites del área sobre el cual se hará el dibujo. Ejm:

Command: LIMITS <ENTER>
On/Off/<Lower left corner> <0,0>: <ENTER>
Upper right corner <15,9>: <ENTER>

Como se observa se requiere introducir las coordenadas de la esquina inferior izquierda, así como la superior derecha, o simplemente se presiona <ENTER>, luego de cada pregunta para aceptar los valores por defecto que se tiene.

1.2.3- Comando TEXT

Se emplea para escribir un texto en un dibujo. El texto puede tener diferentes tipos de letras, tamaño y posición. Las letras pueden ser Complex, Gothic, Italic, Script, Simple, TXT, etc.

El tipo standard es pro defecto y se puede cambiar con el comando Style. Por ejemplo, para escribir el texto "UNIVERSIDAD", se procede del siguiente modo:

Command: TEXT <ENTER>
Start point: <ENTER>
Rotation Angle: <ENTER>
TEXT: UNIVERSIDAD

1.2.4- Comando LAYER

Los layers o capas son como papeles vegetales transparentes superpuestos unos encima de otros, en los que se puede dibujar. Se puede usar muchas de estas capas, cuando se quiere que algunas partes del dibujo tengan un tipo de línea, achurado o color especial. Al superponer dichos papeles (capas), veremos el dibujo de toda su realización.

```
Command: LAYER <ENTER>
?/ Make/ Set/ New/ On/ Off/ Color/ Chroma/
Restore/ Ltype/ Freeze/ Thaw.
```

Para crear una nueva capa se procedería de la siguiente forma:

```
Command: LAYER <ENTER>
?/ Make/ Set/ New/ On/ Off/ Color/ Chroma/
Restore/ Ltype/ Freeze/ Thaw: N <ENTER>
New layer name(s): Dibujo1, Dibujo2 <ENTER>
```

En el ejemplo precedente contestamos con la inicial N, en lugar de escribir la palabra completa NEW (nueva). AutoCAD nos permite escribirlo así, a excepción del ON/OFF, que lo tendremos que hacer con todas sus letras.

Si usamos la opción MAKE (hacer), crearía una nueva capa con las características de la anterior.

Para hacer una comprobación de las nuevas capas creadas, haremos un listado de todas estas.

```
Command: LAYER <ENTER>
?/ Make/ Set/ New/ On/ Off/ Color/ Chroma/
```

Restore/ Ltype/ Freeze/ Thaw: ? <ENTER>

Para poner el color a una capa, podemos dar tanto el numero o el color del siguiente modo:

```
Command: LAYER <ENTER>
?/ Make/ Set/ New/ On/  Off/ Color/ Chroma/
Restore/ Ltype/ Freeze/ Thaw: C <ENTER>
Color: 1 <ENTER>
Layer name(s) for color 1 (red): Dibujo1
```

Una vez introducidas todas las características que necesita una capa, se requiere activarlas para poder trabajar en ellas.

```
Command: LAYER <ENTER>
?/ Make/ Set/ New/ On/ Off/ Color/ Chroma/
Restore/ Ltype/ Freeze/ Thaw: On <ENTER>
Para configurar tipos de líneas:
Command: LAYER <ENTER>
?/ Make/ Set/ New/ On/ Off/ Color/ Chroma/
Restore/ Ltype/ Freeze/ Thaw: L <ENTER>
Linetype (or ?) <Continuous>:Dashed <ENTER>
Layer name(s) for Linetype DASHED < >: Dibujo1
```

Si se contestase con el signo ?, AutoCAD nos presentaría en la pantalla de textos todas las líneas disponibles en el archivo ACAD.LIN.

Propiedades de las capas:

Las capas pueden trabajar con las siguientes propiedades:

ON/OFF: Una capa puede estar visible o invisible temporalmente.

Si se introduce On podemos hacer visible en la pantalla la capa que marquemos. Si por el contrario marcásemos OFF la haremos desaparecer.

CURRENT: Solamente se puede estar trabajando en una capa a la vez, siendo necesario llamarla con la opción SET e introduciendo ON para poder activarla.

NAME: Todas las capas tienen un nombre por defecto, pero se puede introducir uno nuevo con una longitud máxima de 31 caracteres pudiéndose todos ellos e incluso los especiales "\$", "." o "_", pero no introduciendo nunca espacios en blanco ya que AutoCAD lo tomaría como un ENTER.

COLOR: Todas las capas tienen por defecto un color (7 -blanco), pudiéndose asignar el color que mas nos interese, tanto por el numero como por el color.

Los colores y números convencionales son: Rojo(1), Amarillo(2), Verde(3), Cian(4), Azul(5), Magenta(6), Blanco(7).

LINETYPE: Todas las capas tienen asignada por defecto una línea tipo, pudiendo cambiarla a nuestra conveniencia, quedando asignada a la capa en la que haya sido hecha la asignación.

FROZEN OR THAWEND: Cada capa tiene una propiedad adicional que es la de poder ser reutilizada o inutilizada. El efecto de inutilizar una capa es que no puede ser regenerada.

Para poder regenerar una capa inutilizada será necesario reutilizarla.

1.3- MODOS DE EMPLEAR EL AUTOCAD

El AutoCAD es posible usarlo además del modo interactivo, con comandos, con el modo automático mediante:

Programas en Autolisp.

La creación de menús personalizados.

Mediante archivos "SCR" (archivo con un conjunto de ordenes).

En el presente trabajo, para hacer los dibujos empleamos archivos "SCR", que fueron creados por FOXBASE, por ello se explicará mas en detalles este tipo de archivos.

Los archivos SCR, son archivos especiales tipo texto que contienen una serie de comandos para generar el dibujo. En realidad son los mismos comandos que se emplean para generar el dibujo en el modo manual, los que se encuentran almacenados en este tipo de archivos. Este archivo puede ser escrito en cualquier tipo de editor o procesador de textos, con la condición de que este archivo así generado tenga extensión SCR.

Otra opción para tener estos archivos SCR, es hacer que sean escritos por un programa en cualquier lenguaje como el Pascal, Basic, Turbo C, etc.

APÉNDICE B

MANUAL DEL USUARIO: PROGRAMA SROSA.PRG

1.1- OBJETIVO:

EL SROSA.PRG es un programa en FOXBASE-PRO, que tiene como objetivo, el crear archivos de texto SCR, que luego son usados en el AutoCAD para hacer dibujos de planos, en donde quedan representadas las leyes, tonelajes y tipo de mineralización por bancos, de los bloques paralelepípedos en los que ha sido dividido el yacimiento en estudio.

1.2- TRATAMIENTO:

Se inicia, leyendo los datos del archivo de leyes de cobre, las coordenadas del origen del dibujo y cota del banco superior.

A continuación, el archivo de leyes que era un archivo del tipo texto, se copia en otro archivo a manera de base de datos. Luego para facilitar los cálculos se ordena esta base de datos de acuerdo a la cota.

Se hace una primera lectura de los datos del archivo base de datos, para calcular los valores mínimos y máximos de las coordenadas verticales y horizontales respectivamente.

Se procede a hacer los comandos de los dibujos, en base al archivo ordenado por cotas, comenzando de las cotas inferiores. Se comienza por leer este archivo, y cuando ya se han leído todos los datos de un banco, que se identifica por su cota, se comienza con los trazos del dibujo.

Así, para cada banco, se calculan las coordenadas de las líneas verticales y horizontales del rotulo, y las coordenadas de las líneas verticales y horizontales que forman el cuadrillado.

Luego, el programa escribe los comandos que generan las líneas cuyas coordenadas se han calculado.

A continuación, se escriben los comandos que ponen el texto del rotulo.

Se vuelve a leer los datos de la base de datos ordenada correspondientes al banco en cuestión, para proceder a escribir los comandos que generan los textos de la ley, tipo de mineralización y tonelaje, de cada bloque paralelepípedo, empleando para ello diferentes colores para diferenciar un tipo de mineralización de otro.

Terminando lo anterior, se escriben los comandos que generan los textos de las coordenadas enteras y reales en los ejes "y" y "x".

Finalmente, se procede a grabar el archivo de texto conteniendo los scripts, con la extensión SCR.

Luego, se leen los datos de otro banco y se repite la secuencia de escribir las líneas, rotulo, ley, tonelaje mineralización y coordenadas del dibujo.

1.3- VARIABLES:

Las variables mas importantes que intervienen son:

Wtext1, Wtext2, Wtext3, Wtext4, Wtext5, Wtext6, Wtext7: Son variables que guardan el texto que se va a escribir en la leyenda.

Wescal: La escala a utilizar, que irá en la leyenda.

Wfecha: La fecha que irá en la leyenda.

Wymin: Es la coordenada real vertical mínima.

Wxmin: Es la coordenada real horizontal mínima.

Zmax: Es la cota del banco superior.

Wchar: Es la variable con la que se escriben los comandos para el dibujo.

Wdvi: Es la coordenada vertical inicial de la línea a dibujar o de un texto.

Wdhi: Es la coordenada horizontal inicial de la línea a dibujar o de un texto.

Wdvf: Es la coordenada vertical final de las líneas a dibujar o de un texto.

Wdhf: Es la coordenada horizontal final de las líneas a dibujar o de un texto.

Wemax: Es la coordenada entera horizontal máxima del conjunto de datos del archivo de leyes.

Wemin: Es la coordenada entera horizontal mínima del conjunto de datos del archivo de leyes.

Wnmax: Es la coordenada entera vertical máxima del conjunto de datos del archivo de leyes.

Wnmin: Es la coordenada entera vertical mínima del conjunto de datos del archivo de leyes.

Weemi: Es la coordenada entera horizontal mínima del dibujo.

Weema: Es la coordenada entera horizontal máxima del dibujo.

Wnma: Es la coordenada entera vertical máxima del dibujo.

Wnmi: Es la coordenada entera vertical mínima del dibujo.

L1, L2, L3, L4: Indican el número de caracteres de un texto determinado.

Wxi1, Wyi1, Wxi2, Wyi2, Wxi3, Wyi3: Son las coordenadas a partir de las cuales se escribirán los textos (sean de rotulo, leyes, etc.).

Wh: Es la altura del texto a escribir en el plano.

Wwnorte: Es la coordenada vertical entera del conjunto de datos del archivo de leyes.

Wweste: Es la coordenada horizontal entera del conjunto de datos del archivo de leyes.

Wwley1: Representa a la ley de cobre total.

Wwley2: Código del tipo de mineralización (1, 2, 4, 5, 6).

Wwley3: Tonelaje del bloque en cuestión.

Wwtexto: Texto de coordenadas a escribir.

Wh: Tamaño del texto de las coordenadas reales a escribir.

1.4- PARÁMETROS

Entrada:

Wymín: Coordenada real vertical mínima.

Wxmin: Co ordenada real horizontal mínima.

Zmax: Cota banco superior.

Wescal: Escala que se va a escribir como texto en el dibujo.

Wfecha: Fecha que se va a escribir como texto en el dibujo.

Warch: Nombre del archivo de leyes Krigeadas.

Salida:

Creación de archivos "SCR", de dibujos de los planos de leyes por bancos.

1.5- DIAGRAMA DE BLOQUES

Se ha esquematizado en la figura 12 el diagrama de bloques del programa, en el que se muestra el procesamiento de los datos en forma general, para que se comprenda mejor la secuencia del programa.

1.6- LISTADO DEL PROGRAMA

El listado del programa se ha adjuntado en varias hojas.

1.7- EJEMPLO DE APLICACIÓN

Situándose en el subdirectorío donde se encuentra el FOXBASE-PRO, ejecutaremos el archivo batch AUTO.BAT, el cual automáticamente hará que se cargue el FOX-BASE y se ejecute el programa SROSA.PRG. Primero se nos muestra un menú, en el que debemos escribir los datos que se nos piden:

Escribiremos el nombre del archivo en el que se encuentran los datos de las leyes, el cual debe existir, pues de lo contrario, luego de realizar la búsqueda de ese archivo en el


```

SAFETY OFF
talk off
date brit
se databases
color to g+,w+/b+
CH=
ta=
r = 10000
r = 10000
in = 0
in = 0
x = 0
xt1 = 'UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA'
xt2 = 'UNIDAD: MINA SANTA ROSA. AREQUIPA'
xt3 = 'REPRESENTACION DE LAS LEYES POR BANCOS'
xt4 = 'BANCO:'
xt5 = 'No. BANCO:'
xt6 = 'ESCALA:'
xt7 = 'FECHA:'
anco =
cal =
echa = 'dd/mm/aa'
0
0
ore 30 to dx,dy
= 5*dx
ear
1,23 SAY 'PREPARACION DE ARCHIVOS DE DIBUJO'
2,23 SAY '***** ** ***** ** *****'
4,03 SAY 'INGRESE NOMBRE DE ARCHIVO A PROCESAR:' GET WARCH PICT '@!'
5,03 say '(blancos para salir)'
6,03 SAY 'INGRESE ESCALA :'+wescal
8,03 SAY 'INGRESE FECHA :'+'+wfecha
10,03 say 'INGRESE COORDENADAS REALES NORTE: ESTE: COTA:'
ad
warch= space(5)
return
quit
endif
while .t.
if .not. file(warch+'.TXT')
@ 22,02 say 'Archivo de texto '+ warch +'.TXT'+ ' no existe ...'
wait' Presione ENTER para continuar...'
@ 22,02 clear
@ 4,41 GET WARCH PICT '@'
read
if warch= space(5)
return
quit
endif
loop
else
exit
endif
ddo

```

```

16,41 GET wescal PICT '@'
18,41 GET wfecha PICT '##/##/##'
read
do while .t.
  waa = val(subs(wfecha,1,2))
  wmm = val(subs(wfecha,4,2))
  if waa<1 .or. waa >31 .or. wmm<1 .or. wmm>12
    @ 22,02 say 'Fecha incorrecta VERIFIQUE ...'
    wait ' Presione ENTER para continuar...'
    @ 22,02 clear
    @ 8,41 GET wfecha PICT '##/##/##'
    read
    loop
  else
    exit
endif
enddo
@ 10,41 GET wymin pict '9999999'
@ 10,55 get wxmin pict '9999999'
@ 10,69 GET zmax pict '99999'
read
@ 16,34 to 20,75 double
set color to r+*
@ 18,44 say 'POR FAVOR ESPERAR .....
warch = trim(warch)+'.TXT'
USE CERROV
ZAP
append from &warch sdf
delete reco 1
pack
INDEX ON cota to cerrov
sele a
use cerrov inde cerrov
sele b
use PLANO
zap

* Calcula norte minimo y este minimo

SELE A
wnorte = norte
weste = este
wnmax= wnorte
wemax= weste
WEMIN=0
WNMIN=0
WEMAX=0
WNMAX=0
dz = 15
wlin = 12
wylin = 3
do while .not. eof()
  wnorte = norte
  weste = este
  if wnorte>=wnmax

```

```

        wnmax = wnorte
        if wnmin = 0
            wnmin = wnorte
        endif
    else
        if wnorte < wnmin
            wnmin = wnorte
        endif
    endif
    if weste >= wemax
        wemax = weste
        if wemin = 0
            wemin = weste
        endif
    else
        if weste < wemin
            wemin = weste
        endif
    endif
    skip
enddo
wccocy = wnmax-wnmin +2
wccocx = wemax-wemin -4
wccocy = round(wccocy/5,0)
wccocx = int(wccocx/5)
set color to g+,w+/b+
@ 11,3 say 'Archivos Generados'
@ 16,34 to 20,75 double
O TOP
DO WHILE .NOT. EOF()
    wcota = cota
    weema = xmin+(wemax-wemin+1)*dx
    wnnma = ymin+(wnmax-wnmin+1)*dy
    weemi = xmin-dx
    weemi = xmin-1.4*dx
    weema = weema +dx
    wnnmi = ymin-2*dx
    wnnma = wnnma +dx
    wbanco = zmax-(val(wcota)-1)*dz-dz/2
    wbanco = trim(str(wbanco))
    plano = 'BAN'+ltrim(WCOTA)
    plano=trim(plano)+ '.SCR'
    set color to g+,w+/b+
    @ 17,36 clear to 18,73
    @ 18,39 say PLANO
    set color to r+*
    @ 18,55 say ' EN PROCESO
    sele b
    WCHAR=SPACE(40)
    L1=LEN(LTRIM(STR(wEemi,15,2)))
    L2=LEN(LTRIM(STR(wNnmi,15,2)))
    L3=LEN(LTRIM(STR(wEema,15,2)))
    L4=LEN(LTRIM(STR(wNnma,15,2)))
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'1 EEEE LIMITS '+LTRIM(STR(wEemi,L1,2))+', '+LTRIM(STR(wNnmi,L2,2)
    IM(STR(wEema,L3,2))+', '+LTRIM(STR(wNnma,L4,2))+', '+ZOOM A')
    APPEND BLANK

```

```

*PL CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
=0

  calculo coordenadas en y de rotulo

=1
D WHILE JJ <=5
wchar = space(40)
IF NN=0
  WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'LINE')
  APPEND BLANK
  REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ELSE
  WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,' LINE')
  APPEND BLANK
  REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ENDIF
wdhi = xmin+(wemax-wemin +2)*dx - jj*dx
wdvi = ymin -1.5*dy
wdhf = xmin+(wemax - wemin + 2)*dx -jj*dx
wdvf = ymin
NN=NN+1
WCHAR=SPACE(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wdhi,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wdvi,15,2)))
L3=LEN(LTRIM(STR(wdhf,15,2)))
L4=LEN(LTRIM(STR(wdvf,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wdhi,L1,2))+','+;
              LTRIM(STR(wdvi,L2,2))+','+;
              LTRIM(STR(wdhf,L3,2))+','+;
              LTRIM(STR(wdvf,L4,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
JJ = JJ+4
ENDDO

* calculo coordenadas lineas verticales

j = 1
dmax = wemax-wemin+2
D WHILE jj <=jjmax
wchar = space(40)
IF NN=0
  WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'LINE')
  APPEND BLANK
  REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ELSE
  WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,' LINE')
  APPEND BLANK
  REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ENDIF
wdhi = xmin+(jj-1)*dx
wdvi = ymin
wdhf = xmin+(jj-1)*dx
wdvf = ymin+(wnmax-wnmin+2)*dy

```



```

NN=NN+1
WCHAR=SPACE(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wdhi,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wdvi,15,2)))
L3=LEN(LTRIM(STR(wdhf,15,2)))
L4=LEN(LTRIM(STR(wdvf,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wdhi,L1,2))+','+;
            LTRIM(STR(wdvi,L2,2))+','+;
            LTRIM(STR(wdhf,L3,2))+','+;
            LTRIM(STR(wdvf,L4,2)))

APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
jj = jj + 1
enddo

```

** calculo coordenadas EN X DEL ROTULO

```

wchar = space(40)
IF NN=0
  WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'LINE')
  APPEND BLANK
  REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ELSE
  WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,' LINE')
  APPEND BLANK
  REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ENDIF

```

```

NN=NN+1
WCHAR=SPACE(40)
wdhi = xmin+(wemax-wemin+1)*dx - 4*DX
wdvi = ymin- 1.5*dy
wdhf = xmin+(wemax-wemin+1)*dx
wdvf = ymin- 1.5*dy
L1=LEN(LTRIM(STR(wdhi,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wdvi,15,2)))
L3=LEN(LTRIM(STR(wdhf,15,2)))
L4=LEN(LTRIM(STR(wdvf,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wdhi,L1,2))+','+;
            LTRIM(STR(wdvi,L2,2))+','+;
            LTRIM(STR(wdhf,L3,2))+','+;
            LTRIM(STR(wdvf,L4,2)))

APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)

```

** calculo coordenadas DE LINEAS HORIZONTALES

```

ii = 1
iimax = wnmax-wnmin+2
iimax = iimax+1
DO WHILE ii <=iimax
  wchar = space(40)
  IF NN=0
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'LINE')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
  
```

```

ELSE
  WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,' LINE')
  APPEND BLANK
  REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ENDIF
NN=NN+1
WCHAR=SPACE(40)
wdhi = xmin
wdvi = ymin+(ii-1)*dy
wdhf = xmin+(wemax-wemin+1)*dx
wdvf = xmin+(ii-1)*dy
L1=LEN(LTRIM(STR(wdhi,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wdvi,15,2)))
L3=LEN(LTRIM(STR(wdhf,15,2)))
L4=LEN(LTRIM(STR(wdvf,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wdhi,L1,2))+', '+
            LTRIM(STR(wdvi,L2,2))+', '+
            LTRIM(STR(wdhf,L3,2))+', '+
            LTRIM(STR(wdvf,L4,2)))

APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ii = ii + 1
enddo

(* texto del ROTULO

wchar = space(40)
in = 0
IF NN=0
  WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,' TEXT')
  APPEND BLANK
  REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ELSE
  WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
  APPEND BLANK
  REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ENDIF
NN=NN+1
WCHAR=SPACE(40)
wx11 = xmin+(wemax-wemin+1)*dx - 4*DX + 0.2*dx
wy11 = ymin -1.5*dy*(3.2/17)
L1=LEN(LTRIM(STR(wx11,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wy11,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wx11,L1,2))+', '+LTRIM(STR(wy11,L2,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
wh = 1.5*dy*(1.3/17)
L1=LEN(LTRIM(STR(wh,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wh,L1,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
WCHAR=STUFF(WCHAR,2,0,ltrim(wtext1))
APPEND BLANK

```

```

REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)

wx11 = xmin+(wemax-wemin+1)*dx - 4*DX + 0.2*dx
wy11 = ymin -1.5*dy*(7/17)
wchar = space(40)
IF NN=0
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,' TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ELSE
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ENDIF
NN=NN+1
WCHAR=SPACE(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wx11,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wy11,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wx11,L1,2))+','+LTRIM(STR(wy11,L2,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
wh = 1.5*dy*(1/17)
L1=LEN(LTRIM(STR(wh,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wh,L1,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
WCHAR=STUFF(WCHAR,2,0,ltrim(wtext2))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)

wx11 = xmin+(wemax-wemin+1)*dx - 4*DX + 0.2*dx
wy11 = ymin -1.5*dy*(10/17)
wchar = space(40)
IF NN=0
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,' TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ELSE
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ENDIF
NN=NN+1
WCHAR=SPACE(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wx11,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wy11,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wx11,L1,2))+','+LTRIM(STR(wy11,L2,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
wh = 1.5*dy*(1/17)
L1=LEN(LTRIM(STR(wh,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wh,L1,2)))

```

```

APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
WCHAR=STUFF(WCHAR,2,0,ltrim(wtext3))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wxil = xmin+(wemax-wemin+1)*dx - 4*DX + 0.2*dx
wyil = ymin -1.5*dy*(13/17)
wchar = space(40)
IF NN=0
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ELSE
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ENDIF
NN=NN+1
WCHAR=SPACE(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wxil,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wyil,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wxil,L1,2))+','+LTRIM(STR(wyil,L2,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
wh = 1.5*dy*(1/17)
L1=LEN(LTRIM(STR(wh,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wh,L1,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
WCHAR=STUFF(WCHAR,2,0,ltrim(wtext4))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)

wxil = xmin+(wemax-wemin+1)*dx - 4*DX + 2*DX
wyil = ymin -1.5*dy*(13/17)
wchar = space(40)
IF NN=0
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ELSE
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ENDIF
NN=NN+1
WCHAR=SPACE(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wxil,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wyil,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wxil,L1,2))+','+LTRIM(STR(wyil,L2,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)

```

```

wchar = space(40)
wh = 1.5*dy*(1/17)
L1=LEN(LTRIM(STR(wh,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wh,L1,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
WCHAR=STUFF(WCHAR,2,0,ltrim(wtext5))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)

wxil = xmin+(wemax-wemin+1)*dx - 4*DX +0.2*DX
wyil = ymin -1.5*dy*(16/17)
wchar = space(40)
IF NN=0
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,' TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ELSE
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ENDIF
NN=NN+1
WCHAR=SPACE(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wxil,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wyil,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wxil,L1,2))+','+LTRIM(STR(wyil,L2,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
wh = 1.5*dy*(1/17)
L1=LEN(LTRIM(STR(wh,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wh,L1,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
WCHAR=STUFF(WCHAR,2,0,ltrim(wtext6))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)

wxil = xmin+(wemax-wemin+1)*dx - 4*DX + 2*dx
wyil = ymin -1.5*dy*(16/17)
wchar = space(40)
IF NN=0
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,' TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ELSE
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ENDIF
NN=NN+1
WCHAR=SPACE(40)

```

```

L1=LEN(LTRIM(STR(wxil,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wyil,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wxil,L1,2))+','^+LTRIM(STR(wyil,L2,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
wh = 1.5*dy*(1/17)
L1=LEN(LTRIM(STR(wh,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wh,L1,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
WCHAR=STUFF(WCHAR,2,0,ltrim(wtext7))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)

wxil = xmin+(wemax-wemin+1)*dx - 4*DX + DX
wyil = YMIN -1.5*dy*(13/17)
wchar = space(40)
IF NN=0
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,' TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ELSE
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ENDIF
NN=NN+1
WCHAR=SPACE(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wxil,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wyil,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wxil,L1,2))+','^+LTRIM(STR(wyil,L2,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
wh = 1.5*dy*(1/17)
L1=LEN(LTRIM(STR(wh,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wh,L1,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
WCHAR=STUFF(WCHAR,2,0,ltrim(wbanco))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wxil = xmin+(wemax-wemin+1)*dx - 4*DX + 3*dx
wyil = YMIN -1.5*dy*(13/17)
wchar = space(40)
IF NN=0
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,' TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ELSE
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    APPEND BLANK

```

```

        REPLACE CAMFO WITH TRIM(WCHAR)
    ENDF
NN=
    WCHAR=SPACE(40)
    L1=LEN(LTRIM(STR(wxi1,15,2)))
    L2=LEN(LTRIM(STR(wyi1,15,2)))
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wxi1,L1,2))+','+LTRIM(STR(wyi1,L2,2)))
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMFO WITH TRIM(WCHAR)
    wchar = space(40)
    wh = 1.5*dy*(1/17)
    L1=LEN(LTRIM(STR(wh,15,2)))
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wh,L1,2)))
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMFO WITH TRIM(WCHAR)
    wchar = space(40)
    WCHAR=STUFF(WCHAR,2,0,ltrim(wcota))
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMFO WITH TRIM(WCHAR)

wxi1 = xmin+(wemax-wemin+1)*dx - 4*DX + dx
wyi1 = YMIN -1.5*dy*(16/17)
wchar = space(40)
IF NN=0
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,' TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMFO WITH TRIM(WCHAR)
ELSE
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMFO WITH TRIM(WCHAR)
ENDIF
NN=NN+1
WCHAR=SPACE(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wxi1,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wyi1,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wxi1,L1,2))+','+LTRIM(STR(wyi1,L2,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMFO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
wh = 1.5*dy*(1/17)
L1=LEN(LTRIM(STR(wh,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wh,L1,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMFO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
WCHAR=STUFF(WCHAR,2,0,ltrim(wescal))
APPEND BLANK
REPLACE CAMFO WITH TRIM(WCHAR)

wxi1 = xmin+(wemax-wemin+1)*dx - 4*DX + 3*dx
wyi1 = YMIN -1.5*dy*(16/17)
wchar = space(40)
IF NN=0
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,' TEXT')

```

```

        APPEND BLANK
        REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ELSE
        WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
        APPEND BLANK
        REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ENDIF
NN=NN+1
WCHAR=SPACE(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wxi1,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wyi1,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wxi1,L1,2))+','+LTRIM(STR(wyi1,L2,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
wh = 1.5*dy*(1/17)
L1=LEN(LTRIM(STR(wh,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wh,L1,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
WCHAR=STUFF(WCHAR,2,0,ltrim(wfecha))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)

```

** textos de las LEYES

```

sele a
SEEK WCOTA
DO WHILE Wcota = cota
        wwnorte = norte
        wweste = este
        wwley1 = ley1
        wwley2 = ley2
        wwley3 = ley3
        wxi1 = xmin + (wweste - wemin)* dx + dx*(0.3)
        wyi1 = ymin + (wwnorte - wnmin)* dy + dy*(7/10)
        wxi2 = wxi1
        wyi2 = wyi1 - dy*(3/10)
        wxi3 = wxi1
        wyi3 = wyi1 - dy*(6/10)
        WH = DY*(1.5/10)
        sele b
        wchar = space(40)
        IF NN=0
                WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
                APPEND BLANK
                REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
        ELSE
                WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
                APPEND BLANK
                REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
        ENDIF
        NN=NN+1
        WCHAR=SPACE(40)

```



```

L1=LEN(LTRIM(STR(wxi1,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wyi1,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wxi1,L1,2))+','+LTRIM(STR(wyi1,L2,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wh,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wh,L1,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wwley1,15,3)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,2,0,LTRIM(STR(wwley1,L1,3)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
IF NH=0
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,' TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ELSE
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ENDIF
WCHAR=SPACE(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wxi2,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wyi2,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wxi2,L1,2))+','+LTRIM(STR(wyi2,L2,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wh,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wh,L1,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wwley2,15,3)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,2,0,LTRIM(STR(wwley2,L1,3)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
IF NH=0
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,' TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ELSE
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ENDIF
WCHAR=SPACE(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wxi3,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wyi3,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wxi3,L1,2))+','+LTRIM(STR(wyi3,L2,2)))

```

```

APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wh,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wh,L1,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wwley3,15,3)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,2,0,LTRIM(STR(wwley3,L1,3)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
SELE A
skip
ENDDO

```

*** textos de COORDENADAS en eje y

```

SELE B
ii = 1
imax = wnmax-wnmin+2
wtexto = wnmin
DO WHILE ii <=imax
  wchar = space(40)
  IF NN=0
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
  ELSE
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
  ENDIF
  NN=NN+1
  wCHAR=SPACE(40)
  wdhi = xmin - dx*0.6
  wdvi = ymin+(ii-1)*dy +dy*0.4
  L1=LEN(LTRIM(STR(wdhi,15,2)))
  L2=LEN(LTRIM(STR(wdvi,15,2)))
  WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wdhi,L1,2))+', '+LTRIM(STR(wdvi,L2,2)))
  APPEND BLANK
  REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
  wchar = space(40)
  wh = dx*0.2
  L1=LEN(LTRIM(STR(wh,15,2)))
  WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wh,L1,2)))
  APPEND BLANK
  REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
  wchar = space(40)
  L1=LEN(LTRIM(STR(wtexto,15,0)))
  WCHAR=STUFF(WCHAR,2,0,LTRIM(STR(wtexto,L1,0)))
  APPEND BLANK
  REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
  wtexto = wtexto+1
  ii = ii + 1

```

ENDDO

** textos de COORDENADAS REALES eje y

```
w = 0
ymin=10000
ii = 1
DO WHILE ii <= wcoy
  wchar = space(40)
  IF NN=0
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    sele b
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
  ELSE
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    sele b
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
  ENDIF
  NN=NN+1
  wCHAR=SPACE(40)
  wdhi = xmin - dx*0.9
  wdhi = xmin -1.3*dx
  wdvi = ymin+(ii-1) * wd
  L1=LEN(LTRIM(STR(wdhi,15,2)))
  L2=LEN(LTRIM(STR(wdvi,15,2)))
  WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wdhi,L1,2))+',' +LTRIM(STR(wdvi,L2,2)))
  APPEND BLANK
  REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
  wchar = space(40)
  wh = dx*0.2
  L1=LEN(LTRIM(STR(wh,15,2)))
  WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wh,L1,2)))
  APPEND BLANK
  REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
  wchar = space(40)
  wwtexto = wymin + w
  L1=LEN(LTRIM(STR(wwtexto,15,0)))
  WCHAR=STUFF(WCHAR,2,0,LTRIM(STR(wwtexto,L1,0)))
  APPEND BLANK
  REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
  ii = ii+1
  w = w+wd
ENDDO
```

** textos COORDENADAS eje X

```
sele b
jj = 1
jjmax = wemax-wemin+2 -5
wwtexto = wemin
DO WHILE jj <=jjmax
  wchar = space(40)
  IF NN=0
```

```

    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ELSE
    WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
    APPEND BLANK
    REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
ENDIF
wdhi = xmin+(jj-1)*dx + dx*0.25
wdvi = xmin- 0.3*dy
NN=NN+1
WCHAR=SPACE(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wdhi,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wdvi,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wdhi,L1,2))+','+LTRIM(STR(wdvi,L2,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
wv = dy*0.2
L1=LEN(LTRIM(STR(wv,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wv,L1,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wwtexto,15,0)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,2,0,LTRIM(STR(wwtexto,L1,0)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wwtexto = wwtexto+1
jj = jj + 1

```

ENDDO

** texto COORDENADAS REALES en x

```

ww = 0
xmin=10000
jj = 1
DO WHILE jj <=wcocx+1
    wchar = space(40)
    IF NN=0
        WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
        APPEND BLANK
        REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
    ELSE
        WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'TEXT')
        APPEND BLANK
        REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
    ENDIF
    if jj = 1
        wdhi = xmin + ( jj-1 ) * wd
    else
        wdhi = xmin + ( jj-1 ) * wd -dy + dx*(0.6)
        wdhi = xmin + ( jj-1 ) * wd -dy + dx*(0.5)
    endif
    wdvi = ymin- 0.6*dy

```

```

NN=NN+1
WCHAR=SPACE(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wdhi,15,2)))
L2=LEN(LTRIM(STR(wdvi,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wdhi,L1,2))+','+LTRIM(STR(wdvi,L2,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wchar = space(40)
wv = dy*0.2
L1=LEN(LTRIM(STR(wv,15,2)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,LTRIM(STR(wv,L1,2)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
wwtexto = wxmin+ww
wchar = space(40)
L1=LEN(LTRIM(STR(wwtexto,15,0)))
WCHAR=STUFF(WCHAR,2,0,LTRIM(STR(wwtexto,L1,0)))
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
jj = jj + 1
ww = ww+wd
enddo
WCHAR = SPACE(40)
WCHAR=STUFF(WCHAR,1,0,'ZOOM A')
APPEND BLANK
REPLACE CAMPO WITH TRIM(WCHAR)
COPY TO &plano DELIMITED WITH BLANK
@ 17,38 clear to 19,72
set color to w+
@ wlin,wylin say plano
WLIN = WLIN+1
if wlin = 22
    wylin = 15
    wlin = 12
endif
set color to g+,w+/b+
zap
sele a
WDDO
set color to r+*
!18,44 say 'Proceso TERMINADO'
set color to g+,w+/b+
!22,00
wait' Presione ENTER para continuar
close databases
quit
return

```

disco por defecto, el cursor seguirá parpadeando, solicitándonos un nombre de archivo (figura 13).

Luego el cursor parpadeante nos pedirá la escala, la cual se escribirá en los dibujos de planos tal como la escribamos. Es decir, que si por ejemplo, ponemos "1/2000", aparecerá así en los planos (figura 14).

La fecha en que se realizó el dibujo, es también otro dato que se nos va a pedir poner en el menú. En este caso, debemos colocar una fecha real, es decir, que el programa chequea si los números que colocamos constituyen una fecha. Por ejemplo se tiene los siguientes valores de fecha:

40/12/91 (Se descarta porque la fecha es de 1 a 31).

12/40/91 (Se descarta porque el mes es de 1 a 12).

12/04/90 (Sería una fecha correcta). (Ver figuras 15, 16 y 17).

El cursor regresará al lado izquierdo del espacio, en el que debemos poner los números que expresen la fecha, luego de un "beep", hasta que los números que coloquemos sean lógicos y reales.

Por último se nos pedirá la cota del bloque superior (ver figura 20).

Cada vez que tratamos de llenar datos erróneos, el cursor volverá al extremo izquierdo del espacio en el que tenemos que llenar los datos.

Cuando los datos están correctos, aparecerá en una ventana el mensaje "En proceso", e irán apareciendo secuencialmente, los nombres de los planos de los bancos dibujados a medida que se van generando (Figura 21).

Tal vez, esta ejecución del programa demore unos minutos, al cabo de lo cual aparecerá un mensaje en otra ventana que dirá: "Proceso Terminado" (Figura 22).

Al revisar el disco por defecto, descubriremos que han sido creados los archivos Van.SCR, donde "nn", viene a ser el numero de banco que corresponde con su cota entera.

1.8- CONCLUSIONES

Es un programa sencillo en su concepción, pero un poco largo. Tal puede asimismo emplear otro lenguaje de programación, como Turbo Pascal, Turbo C, etc.

Se puede mejorar este programa, poniendo como una opción en el menú, el poder elegir el tamaño de la leyenda, de las letras y números, así como también los diferentes colores a emplearse en la escritura de los textos de las leyes, para los diferentes tipos de mineralización.

APÉNDICE C

MANUAL DEL USUARIO: PROGRAMA VAVE.FOR

1.1- OBJETIVO:

El VAVE.FOR es un programa FORTRAN, que tiene como objetivo, el calcular los variogramas medios verticales de las leyes hasta una profundidad dada, a partir de los datos obtenidos de un conjunto de sondajes verticales.

1.2- TRATAMIENTO:

Se inicia leyendo los datos generales desde pantalla, (como son, la ley de corte superior, inferior, el numero de bancos, etc), lo cual se detallará mas adelante en otro parte de este manual.

A continuación para cada sondaje se leen las leyes, se calculan su media, su varianza, teniendo en cuenta eliminar los datos que corresponden a leyes que son mayores que la ley de corte superior o menores que la ley de corte inferior. También eliminaremos los datos que tengan una longitud de compósito, inferior a la longitud mínima establecida. Luego con la conocida formula del variograma, calcularemos para cada sondaje en estudio este valor.

Obtenidos ya todos los valores de los variogramas verticales que corresponden a cada sondaje, calcularemos el variograma vertical promedio, que sea representativo del comportamiento vertical del yacimiento mineralizado.

A continuación, se escriben los resultados obtenidos con un formato adecuado.

1.3- VARIABLES:

Las variables mas importantes que intervienen son:

NTAL: Numero de sondajes.

CA: Ley de corte inferior.

CAS: Ley de corte superior.

CALT: Longitud mínima del compósito.

AB: Altura del banco.

COTMY: Cota del banco superior.

NBF: Ultimo banco mas profundo.

NBAN: Numero máximo de bancos del yacimiento.

Ley(I): Es un vector que guarda los datos de las leyes.

NP(I): Es un vector que almacena el numero de pares de datos que hay en cada sondaje.

VARIO(I): En este vector se almacenan, los valores de variograma vertical de cada sondaje.

NT2, N, MMM, NTM, NTT: Son contadores.

EM: Es la media de todas las leyes.

VA: Es el variograma promedio vertical.

1.4- PARÁMETROS

Entrada:

CA, CAS, NBAN, COTMY, AB, NBF, CALT, NTAL.

Salida:

VA, EM.

1.5- DIAGRAMA DE BLOQUES

Se ha esquematizado en la figura 21 el diagrama de bloques del programa, en el que se muestra el procesamiento de los datos, de forma tal que se entienda mejor el programa.

1.6- LISTADO DEL PROGRAMA

El listado del programa, se ha adjuntado en varias hojas a continuación.

1.7- EJEMPLO DE APLICACIÓN

Situándonos en el subdirectorío donde se encuentra el programa VAVE.EXE, que ha resultado de compilar el archivo VAVE.FOR, ejecutaremos este programa.

El programa nos va a pedir los parámetros de entrada, los cuales los introduciremos desde pantalla. Luego, el programa va a correr y en unos segundos nos mostrará por pantalla los resultados (parámetros de salida).

1.8- CONCLUSIONES

Es un programa muy simple que hace uso de bucles para realizar los cálculos, pero también utiliza algunos contadores.

Es un programa que también se pudo haber hecho en otros lenguajes, tales como Turbo C, Turbo Pascal, Basic, etc.

Es un programa que se puede mejorar ordenándolo por bloques de tal forma que la secuencia del programa sea mas comprensible.

```

PROGRAMA=VAVE1
*****
* CALCULA VARIOGRAMA MEDIO VERTICAL HASTA UNA PROFUNDIDAD DEFINIDA
* NIDA .....PROYECTO
*****
NTAL=NUMERO DE TALADROS
CA = LEY DE CORTE INFERIOR
CAS = LEY DE CORTE SUPERIOR
NOM = MENSAJE DE 68 COLUMNAS
CALT= LONGITUD MINIMA DEL COMPOSITO
AB = ALTURA DEL BANCO
COTMY = COTA MAXIMA DE REFERENCIA
NBF = ULTIMO BANCO MAS PROFUNDO
NBAN = NUMERO MAXIMO DE BANCOS DEL YACIMIENTO
*****
INTEGER NP(2000)
REAL LEY(2000),VARIO(2000),VA,EM,DIST(2000)
2,ALT(2000),COTBAS(2000)
NTT=0
OPEN(4,FILE='SROSA_2.txt',STATUS='OLD')
OPEN(5,FILE='VAVE.txt',STATUS='NEW')
write (*,1)
1 format(2x,'CA , CAS , NBAN , COTMY , AB , NBF , CALT , NTAL ')
READ(*,*) CA,CAS,NBAN,COTMY,AB,NBF,CALT,NTAL
WRITE(*,99) CA,CAS,NBAN,COTMY,AB,NBF,CALT,NTAL
9 FORMAT(1X,2F10.2,16,2F10.2,15,F9.2,15)
0 FORMAT(2F5.2,15,2F5.0,15,F5.1,115)
WRITE (*,2)
2 FORMAT(2X,'ESCRIBA UN MENSAJE')
01 FORMAT(20A4)
N=0

DO 4000 K=1,2000
  LEY(K)=0.
  NP(K)=0
  VARIO(K)=0.
  DIST(K)=0.
40 CONTINUE
MMM=0
COB=0.
VA=0.
EM=0.
NT2=0
DO 10 II=1,NTAL
  NT2=NT2+1
  DO 700 J=1,4000
    N=N+1
    READ(4,35) X,Y,cotBAS(N),ALT(n),cut,cuox,cuse
    FORMAT(17x,f8.2,1x,f8.2,2x,f7.2,1x,f5.2,2x,f5.3,2x,f5.3,2x,f5.3,
1)
    WRITE(*,35) X,Y,cotBAS(N),ALT(n),cut,cuox,cuse
    LEY(N)=(CUT)
    IF(X.GT.50000) GO TO 11
    IF(X.LT.0.0) GO TO 701
    MMM=MMM+1

```

	COB=COB+(LEY(N))	VAV00430
30	CONTINUE	VAV00460
31	NTM=0	VAV00470
	WRITE(*,33)	
3	FORMAT(1X,'PAS01')	
	IF(N.LE.1) GO TO 12	VAV00480
	K1=N-1	VAV00490
	DO 702 J=1,K1	VAV00500
	WRITE(*,34)	
34	FORMAT(1X,'PAS02')	
	NB=(COTMY-COTBAS(J)-AB/2.)/AB+1	VAV00510
	NB=(COTMY-COTBAS(J))/15.	KRI00480
	IF(NB.GT.NBF)GO TO 3	VAV00540
	NTM=NTM+1	VAV00550
	IF(IM(J).EQ.KLA) GO TO 709	VAV00560
	IF(ALT(J).LT.CALT)GO TO 709	VAV00570
	IF(LEY(J).GT.CAS)GO TO 702	VAV00580
	IF(LEY(J).LE.CA)GO TO 702	VAV00590
	EM=EM+LEY(J)	VAV00600
	EM=EM+alog(LEY(J))	VAV00600
	VA=VA+LEY(J)*LEY(J)	VAV00610
	VA=VA+LEY(J)*alog(LEY(J))	VAV00610
	NTT=NTT+1	VAV00620
	GO TO 702	VAV00630
07	LEY(J)=-1.0	VAV00640
32	CONTINUE	VAV00650
	WRITE(*,66) EM,VA,NTT,NTM	VAV00660
66	FORMAT(1X,'LEYMEDIA,VARIANZA,NTALADROS,NTSONDAJES',2F6.3,2I5)	
	VAV00670	
	CONTINUE	VAV00680
	NTM1=NTM-1	VAV00690
	DO 5 J=1,NTM1	VAV00700
	NT=NTM-J	VAV00710
	DO 5 I=1,NT	VAV00720
	AI=LEY(I)	VAV00730
	AIJ=LEY(I+J)	VAV00740
	ASAY = AMIN1(AI,AIJ)	VAV00750
	IF(ASAY.LE.CA) GO TO 5	VAV00760
	ASAY=AMAX1(AI,AIJ)	VAV00770
	IF(ASAY.GT.CAS) GO TO 5	VAV00780
	NP(J) = NP(J) + 1	VAV00790
	D = AI - AIJ	VAV00800
	D =alog(AI) - alog(AIJ)	VAV00810
	VARIO(J)= VARIO(J)+D*D	VAV00810
	DIST(J)=DIST(J)+ABS(COTBAS(I)-COTBAS(I+J))	VAV00820
5	CONTINUE	VAV00830
	NI=NI -1	VAV00840
2	CONTINUE	VAV00850
	N=0	VAV00860
10	CONTINUE	VAV00870
11	CONTINUE	VAV00880
	COB=COB/MMM	VAV00890
	WRITE(*,19) COB	VAV00900
19	FORMAT(1X,'COB',F10.3)	VAV00900
	DO 8 I=1,100	VAV00910

