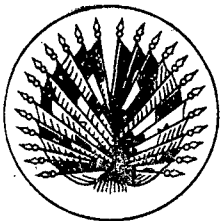


05.78.25



COMISION INTERAMERICANA DE ENERGIA NUCLEAR Y  
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA DE LA REPUBLICA ARGENTINA



## CURSO LATINOAMERICANO DE CAPACITACION PARA LA PROSPECCION Y EXPLORACION DE YACIMIENTOS URANIFEROS

C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
NO 1	AÑO 1978

CNEA-AC-31/78

### V. EVALUACION Y CALCULOS DE RESERVAS

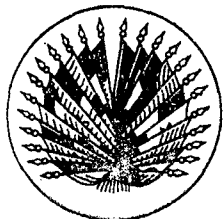
#### 5. GEOESTADISTICA Y ESTIMACION DE RESERVAS DE URANIO.

LAS METODOLOGIAS GEOESTADISTICAS  
COMO INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

HUGO NESTOR LUCERO MICHAUT

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

BUENOS AIRES  
OCTUBRE 1978



COMISION INTERAMERICANA DE ENERGIA NUCLEAR Y  
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA DE LA REPUBLICA ARGENTINA



**CURSO LATINOAMERICANO DE CAPACITACION  
PARA LA PROSPECCION Y EXPLORACION  
DE YACIMIENTOS URANIFEROS**

---

V. 5

GEOESTADISTICA Y ESTIMACION DE RESERVAS DE URANIO

LAS METODOLOGIAS GEOESTADISTICAS COMO INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

Dr. Hugo N. Lucero



## CURSO LATINOAMERICANO DE CAPACITACION PARA LA PROSPECCION Y EXPLORACION DE YACIMIENTOS URANIFEROS

---

### V. 5.1 GEOESTADISTICA Y ESTIMACION DE RESERVAS DE URANIO

#### LAS METODOLOGIAS GEOESTADISTICAS COMO INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

Dr. Hugo N. Lucero

#### I. GENERALIDADES

Una creciente rama metodológica de la Geología ha ido robusteciéndose lenta y positivamente a través del tiempo con el aporte constante de otras disciplinas ligadas en mayor o menor grado a las matemáticas puras o aplicadas; ello ha dado lugar a la generación de una nueva disciplina verdaderamente independiente para la que se han sugerido diversas denominaciones, tales como : Geología Analítica, Geología Teórica, Geología Estadística, Geoestadística, Geomatemáticas, Geología Matemática, Metageología, etc.

Como lo ha hecho notar un autorizado cultor de estas ciencias (Saprov I.1972), "en el curso de los últimos 100 años han sido publicados alrededor de 10.000 artículos y trabajos sobre Geología matemática en todo el mundo, y dentro de este enorme cúmulo de información puede observarse que los relativos a la ley exponencial han ido haciéndose progresivamente más frecuentes".

Un afamado especialista (A. Vistelius, 1969- (1) ) ha creído necesario precisar más taxativamente el verdadero alcance metodológico de la denominación más generalizadamente adoptada , de "Geología Matemática" por él mismo propuesta, de esta manera : "consiste en una nueva disciplina que pertenece a la familia de las ciencias geológicas y mineralógicas y que difiere de

---

(1) Presidente de I. A. M. G. (International Association for Mathematical Geology), hasta 1972.

todos los otros miembros de la misma por el método de investigación que emplea, que es de raíz matemática. Es objeto de esta nueva disciplina, el estudio de la composición y estructura -tomada como un todo y en todas sus partes- en los procesos de cambios de esas mismas composición y estructura, así como en los medios de investigación que emplea, y se basa en la concepción probabilística, con apoyo de modelos matemáticos".

Se trataría pues de una ciencia relacionada a la estructura y métodos empleados por la geología, con objetivos dirigidos a la elaboración de hipótesis, teorías y concepciones así como también a enunciaciones nomológicas, actuando la modelación lógica como su método específico.

En general puede observarse que en los eventos científicos internacionales de este orden, surge como lugar común el énfasis cada vez mayor con que son tratados una serie de temas vinculados a una "Ciencia Especial" que en el hemisferio oriental ha dado en llamarse "Geomatemáticas" y en el occidental "Geoestadística" que si bien abordan el mismo campo no llegan a corresponderse exactamente, en especial por la profundidad diferencial del tratamiento concedido a determinados puntos, y a problemas de delimitaciones intercientíficas de raíz filosófica.

## II. ESTADISTICA, GEOESTADISTICA Y ESQUEMAS DE DISTRIBUCION

Las concepciones estadísticas ortodoxas fundadas en nociones ligadas a variables de carácter aleatorio e independiente, tienen amplia aplicación en el campo de la evaluación yacimientológica, toda vez que intervienen en la elaboración de instrumentos valorativos fundados en relaciones de correspondencia radiactividad/tenor; el empleo de las ligazones existentes entre la cantidad de mineral radiactivo contenido en una mena y el nivel alcanzado por su exteriorización emisiva característica, permite el establecimiento de relaciones materializables en "Rectas de Correspondencia", tema específico que escapando a estas generalizaciones será tratado en detalle en la exposición del Dr. N. C. Davids (CNEA).

Entrando en otros campos de la investigación yacimientológica, en los que ya intervengan relaciones geográficas que le comuniquen caracteres de orden espacial, las disciplinas "estadísticas" se tornan simplemente inoperantes e incapaces de revelar la posición relativa de los puntos figurativos contenidos en una determinada secuencia (Journel, 1971). En efecto, en el momento de intervenir nociones de orden espacial, entran en juego conceptos estructurales emergentes de las diferencias de tenores que naturalmente tienen que poseer determinados sitios separados entre sí por una relación de distanciamiento existente según cualquier dirección estereométrica; es en este punto en el que se percibe la necesidad de reemplazar la noción "estadística" por la de orden "geoestadístico" de variable regionalizada, acabadamente desarrollada por Matheron G., cabeza de la escuela geoestadística francesa, en base a las fundamentales concepciones de De Wijs H. y Krige D. No puede dejar de citarse el monumental aporte de M. Carlier A. (1964) que logró tender un puente entre las especulaciones de la morfología matemática pura y las necesidades metodológicas de la geología matemática.

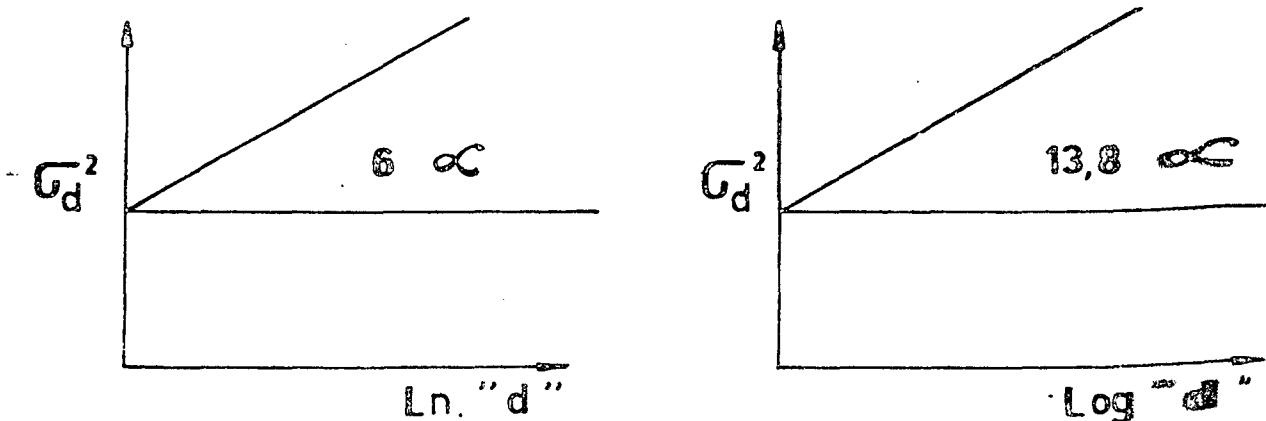
Una de las herramientas básicas de la geoestadística es la llamada "función variográfica" que en una forma muy generalizada consiste en una función de la diferencia de los valores existentes entre dos variables cuadráticamente alteradas (Journel, 1969).

De otro modo, puede decirse que la función fundamental de la geoestadística es el variograma, artificio sin cuyo concurso no puede tenerse la absoluta seguridad de que la aplicación de todo un cúmulo formulístico se encuentra o no debidamente justificada; por ejemplo, la esperanza matemática de todo el formulismo basado en la aplicación de los "equivalentes lineales" que componen la estructura medular de las precisiones fundadas en cálculos de varianzas, descansa en la posibilidad de que los datos en juego, se encuentren encuadrados en un esquema verdaderamente "Wijsiano".

Si bien se han determinado algunos casos de mineralizaciones amparadas por otros esquemas de repartición, tales como el "esférico" puesto en evidencia por las investigaciones de A. Carlier (1970) en los yacimientos de "Denison Mines" (Canada), el esquema "lineal", el "gaussiano," etc., es el esquema de "De Wijs" sin ninguna duda el más ampliamente representado en lo tocante a yacimientos uraníferos de cualquier modelo genético.

Generalizando, puede afirmarse que la distribución espacial de los tenores (o función variográfica) de un campo mineralizado obedece a un esquema "wijsiano" toda vez que las varianzas de las relaciones existentes entre muestras progresivamente más alejadas entre sí, se incrementan conforme a los logaritmos de los tenores involucrados. Es evidente que una muestra tiene más probabilidades de asemejarse a otra muestra vecina que a una más alejada en el espacio.

Yendo a una representación gráfica esquematizada, en el caso de que los distanciamientos progresivos se encuentren graduados en base a logaritmos neperianos, el valor de la pendiente equivaldría a seis veces el del coeficiente de dispersión absoluto " $\alpha$ ", y en el de logaritmos decimales, por razones obvias, a 13,8  $\alpha$ .



### III. ALGUNAS APLICACIONES METODOLOGICAS DE LA GEOESTADISTICA

Entre las variadas aplicaciones prácticas que poseen estos instrumentos puestos a punto por las investigaciones de morfología matemática, se mencionarán entre otras : 1) el cálculo del coeficiente de dispersión absoluto por medio del variograma, 2) posibilidad de remodelar a través de la misma vía, una determinada malla de sondeos originalmente equilátera para adaptarla al grado de anisotropía que pueda evidenciar el campo mineralizado a explorar, 3) la determinación de las dimensiones de lentes mineralizadas discontinuas e inmersas en masas prácticamente estériles, en casos en que no se dejan reconocer a la observación geológica directa, 4) de la posición estructural preferente de mineralizaciones alojadas en fisuras, por medio de análisis variográficos orientados en diversas direcciones esteriométricas, 5) de la dirección horizontal poseedora del menor índice de dispersión de tenores o de potencias mineralizadas, para el empleo racional de determinadas fórmulas de aplicación condicionada, etc.

Otras interesantes extensiones aplicativas se refieren a la posibilidad de descubrir y describir estructuras geológicas que por ser demasiado grandes o pequeñas, burlan los resultados de la observación directa (Serra, J., 1968) mediante el empleo de la función intrínseca o hemivariograma, etc.

Seguidamente se efectuará una relación ejemplificada de algunos de los usos de estos instrumentos, puestos en práctica a través de trabajos principalmente realizados para la CNEA.

#### III.1 Determinación del coeficiente de dispersión absoluto " $\alpha_z$ ", por la vía variográfica

Este parámetro geoestadístico básico, concebido para cifrar el grado de contraste de los tenores (y potencias mineralizadas o bien acumuladas potencia/tenor) con prescindencia de la condición volumétrica de las muestras que hayan intervenido en el conocimiento de un determinado campo mineralizado, se obtiene normalmente por medio de la aplicación de la fórmula de "Matheron - De Wijs" conocida con el nombre de "fórmula de los equivalentes lineales". Como ya se adelantara, esta aplicación no debe llevarse a cabo sin contar con la seguridad de que la distribución espacial de la dimensión a investigar se encuentre realmente en esquema de De Wijs, para lo cual hay que comenzar por construir un variograma elemental orientativo que puede basarse sobre un grupo reducido de muestras; en caso de vetiformes o de estratiformes muestreados en canaleta, se procede a lo largo de su mayor elongación, y en el de estratiformes o de tipo "amas" explorados mediante sondeos, en las dos direcciones señaladas por la malla adoptada, ponderándose posteriormente sus resultados.

La obtención de " $\alpha_z$ " por medio del variograma se logra en una forma analítico-gráfica, llevando sobre una base log-aritmética los resultados expresados como varianzas en función de distancias ( $\sigma_d^2$ ), de la confrontación de pares de muestras sucesivamente más alejadas entre sí; teóricamente, el valor de tales varianzas debe ir incrementándose de acuerdo a los logaritmos de las distancias.

En el ejemplo expuesto, tomado de un breve sector del yacimiento estratiforme "Rodolfo" (Córdoba) explorado mediante canaletas sobre galerías, se tomó oportunamente una treintena de muestras monométricamente distanciadas. La primera varianza ( $\sigma_d^2$ ), resultante de la confrontación de cada muestra con su vecina inmediata, debe así ser menor que la segunda ( $\sigma_{2d}^2$ ) que es el resultado de comparar cada muestra con su vecina mediata en primer grado, separada por dos metros, y así sucesivamente.

Los valores de las varianzas obtenidas para los primeros metros, que serán las decisivas para la aplicación de los criterios tendientes a la obtención de " $\alpha_z$ " fueron los siguientes :

$\sigma_{d_1}^2$ (c/metro) . . . . . 0,359	$\sigma_{d_6}^2$ (c/6m) . . . . . 0,761
$\sigma_{d_2}^2$ (c/2m) . . . . . 0,532	$\sigma_{d_7}^2$ (c/7m) . . . . . 0,889
$\sigma_{d_3}^2$ (c/3m) . . . . . 0,660	$\sigma_{d_8}^2$ (c/8m) . . . . . 0,969
$\sigma_{d_4}^2$ (c/4m) . . . . . 0,692	$\sigma_{d_9}^2$ (c/9m) . . . . . 0,71
$\sigma_{d_5}^2$ (c/5m) . . . . . 0,646 (x)	$\sigma_{d_{10}}^2$ (c/10m) . . . . . 0,53

-- etc., etc. --

Al respecto se hará un par de observaciones. En primer lugar, surge la evidencia de que el valor de  $\sigma_{d_5}^2$  es anómalo (fig. 2), dado que interrumpe la progresión existente en toda la secuencia. Se trata de un fenómeno que aparece invariablemente en los "modelos naturales" (yacimientos) y que se considera ligado a la periodicidad de los datos originales (V. Nemeč, 1971). Matheron lo define como "fenómenos de transición que expresan -dentro de ciertos límites- la existencia de sistemas "at random" de accidentes tales como fracturas, dentro del campo geométrico de las variables regionalizadas". Los modelos idealizados cual el representado en la misma fig. 2, no acusan tales anomalías. En segundo lugar, puede observarse que las varianzas se incrementan hasta un determinado nivel a partir del cual sus valores decaen para no volver a incrementarse sensiblemente, lo que puede atribuirse en general al hecho de que los alejamientos tan exagerados entre muestra y muestra disminuyen tanto el número de pares a confrontar, que ya resulta insuficiente por falta de representatividad relativa. Otras veces corresponde a un fenómeno estructural que se ejemplificará más adelante, ligado al hecho de que un determinado alejamiento entre muestras puede estar propiciando la comparación entre puntos muy similares ubicados en distintos cuerpos pertenecientes a una mineralización lentiforme de aparición iterativa dentro del campo que la aloja.

Las varianzas de referencia pueden ser calculadas, en el caso de operarse con logaritmos neperianos, mediante la aplicación de la siguiente fórmula (Carlier A., 1964, Slama, 1973)

$$\sigma_d^2 = \frac{1}{n-p} \sum (\ln x_{k+p} - \ln x_k)^2$$

y si se opera con logaritmos decimales :

$$\sigma_d^2 = \frac{5,3}{n-p} \sum (\log x_{k+p} - \log x_k)^2$$

O simplemente aplicando la siguiente, si se trabaja según el método de "la banda de papel" :

$$\sigma_d^2 = \frac{\sum_{i=0}^{i=m} (x_{i+d} - x_i)^2}{n-d}$$

Por cualquiera de los caminos que se transite, una vez fijada sobre el gráfico la primera serie de puntos figurativos, poseedores de valores absolutos sucesivamente mayores, se procede a trazar entre ellos una

recta compensatoria llamada "variograma medio". Si se afsla un triángulo que tenga como hipotenusa al "variograma medio" y cuyo cateto coincidente con abscisas sea igual a 10 cm (conforme al módulo del papel logarítmico usual) se tendrá que el restante cateto existente sobre ordenadas (independientemente de la escala que sobre él se adopte) corresponderá a un valor de  $13,8\alpha$  (o de  $6\alpha$  si la representación s/abscisas se hubiera efectuado según logaritmos hiperbólicos).

En la práctica se procede a medir gráficamente, a partir del "variograma medio" de referencia, el valor correspondiente a  $\sigma_d^2$  para los distanciamientos de 1 y 10 m (o para 2 y 20).

En el presente caso se obtiene del gráfico (fig. 2) un valor de 0,39 para  $\sigma_{d_1}$  y de 0,89 para  $\sigma_{d_{10}}$ , siendo la fórmula a aplicar, la número 27-3 de la obra fundamental de Carlier A. (1964):

$$: \sigma_d^2 = "B" - 13,8\alpha \cdot \log d \quad (\text{en este caso se trabajó con log. decimales})$$

en primer lugar, se tiene que para  $d=1$  m,

$$: \sigma_{d_1}^2 = "B" + 13,8\alpha \cdot \log 1 = "B"$$

en segundo, y para  $d=10$  m,

$$: \sigma_{d_{10}}^2 = "B" + 13,8\alpha \cdot \log 10$$

siendo  $"B" = 0,39$ , y reemplazando, se tiene :

$$0,89 = 0,39 + 13,8\alpha \cdot 1$$

$$\text{de donde } \alpha = \frac{0,89 - 0,39}{13,8} = 0,036 = \underline{3,6 \%} \quad (1)$$

Cabe señalar que el valor de  $\alpha$  calculado por el método de los "equivalentes lineales" que brinda guarismos<sup>x</sup> mucho más confiables, no difería sensiblemente del aquí calculado por la metodología analítico-gráfica descripta ( $\alpha_x = 3,9 \%$ ).

En el caso de que las discrepancias hubieran sido muy significativas, cabría la interpretación de que el yacimiento estudiado no se encontrara rigurosamente en esquema "wijiiano"; de esta manera, el mismo grado de aproximación existente entre los resultados logrados por ambos métodos constituye una indicatriz cualitativa de la validez del encuadramiento esquemático de referencia.

---

(1) Efectuando el mismo cálculo en base a las intersecciones del "variograma medio" con las ordenadas correspondientes a los 2 y 20 m, se obtiene el mismo resultado; en efecto,  $\alpha = \frac{1,04 - 0,54}{13,8} = 3,6 \%$

Siguiendo con el tema, puede también jugarse con "B" de la siguiente manera, según una fórmula en la que se hace intervenir el efecto "nugget" o "de pepita" :

siendo  $d = 1 \text{ m.}$ ,

$$"B" = 9\alpha - 13,8\alpha \log 1 + C_0$$

en la que la distancia "d" es igual al "equivalente lineal" 1, y  $C_0$ , el efecto "nugget".

autoanulándose ( $-13,8\alpha \times 0$ ),

se tiene que  $"B" = 9\alpha + C_0$

$$\text{de donde } C_0 = "B" - 9\alpha = 0,39 - 0,324 = \underline{0,066}$$

Reemplazando en la fórmula 27-3 (Carrier) arriba expuesta, se tiene :

$$\sigma_d^2 = \overbrace{9\alpha - 13,8\alpha \cdot \log 1 + C_0}^{"B"} + 13,8\alpha \log d$$

$$\text{o bien : } \underline{\sigma_d^2 = 9\alpha + C_0 + 13,8 \cdot \log d/1}$$

$$\text{según la cual, para } d=1 : \sigma_{d_1}^2 = 0,324 + 0,066 = \underline{0,39}$$

$$\text{y para } d=10 : \sigma_{d_{10}}^2 = 0,324 + 0,066 + 0,497 = \underline{0,89}$$

reproduciéndose así los parámetros en base a los cuales se calculó " $\alpha$ ".

### III. 2 Reemplazo de una malla de sondeos equilátera por otra rectangular capaz de compensar anisotropías de repartición de tenores existentes dentro de un campo mineralizado. Solución de raíz variográfica.

Supóngase el caso de una mineralización de tipo estratiforme o en "amas" en las primeras etapas de reconocimiento, que ha sido explorada por una treintena de "sondeos experimentales" sobre malla regular apriorísticamente fijada, y destinados a la extracción de las primeras conclusiones sobre comportamiento litológico, distribuciones de tenores, potencias mineralizadas, etc.

El primer paso : 1) será fijar una malla definitiva de sondeos capaz de satisfacer una precisión dada en base a la cual se desea trabajar, y que bajo la suposición de estar ante un medio de repartición isotrópico, en primera instancia debería ser cuadrada.

El segundo paso, 2) consiste en investigar en base a los sondeos existentes si existe realmente esa isotropía, y en caso contrario, cuáles serían las direcciones de máximos y mínimos contrastes, lo que permitiría -antes de la iniciación de la campaña exploratoria- no sólo deformar la primitiva malla conforme a los grados de dispersión que se comprobaren, si-

no también orientarla en la dirección más conveniente posible.

- 1) Aquella primera etapa se soluciona mediante la aplicación de determinados formulismos de la escuela geostadística francesa en los que intervienen: a) el coeficiente " $\alpha$ " de tenores supuesto = 0,05 (calculado en una primera aproximación por el método de los "equivalentes lineales" con los datos proporcionados por el grupo de sondeos existente), b) la precisión con que se desea trabajar, que como un mero ejemplo, puede fijarse en un 21 % para  $2\sigma E_x$ , c) la potencia mineralizada media " $h$ ", que se supondrá de 8 m, y d) la superficie total " $S$ " a explorar que se fijará en unos 80.000 m<sup>2</sup>; el lado de la malla, " $a$ " es variable.

Con la ayuda de un ábaco (fig. 3 - Carlier A., 1964) que proporciona la varianza de extensión de tenores de un sondeo axial en su zona de influencia, en base a la relación " $a/h$ ", se obtiene sobre ordenadas un valor para  $\sigma_v^2$ .

Procediendo por aproximaciones sucesivas en base a hacer variar convenientemente el valor de " $a$ ", lo que influye en forma directa en el número " $n$ " de sondeos a realizar ( $n=S/a^2$ ), se arriba a un " $a$ " óptimo igual a 50 m; la relación " $a/h$ " igual a 6,25, llevada sobre abscisas del ábaco mencionado, proporciona sobre ordenadas un valor igual a 2 para  $\sigma_v^2/3a$ , de donde se obtiene  $\sigma_v^2=0,3$ .

Utilizando finalmente la fórmula de la varianza de estimación del tenor de un depósito ( $\sigma^2 E_x = \frac{\sigma_v^2}{n} + \frac{\sigma^2}{2n}$ ) se llega a un valor de 21 % para  $2\sigma E_x$ , que es la precisión buscada.

- 2) Esta segunda etapa destinada: a) a investigar la repartición espacial en diversas direcciones, y b) en caso de haber anisotropías, a determinar sus grados en términos de coeficientes de dispersión absolutos, se realiza exclusivamente mediante la utilización de la "Función variograma" tal como se ha señalado en el capítulo anterior.

"Teóricamente, el número de direcciones posibles de investigar es muy grande y equivalente a un 30% del total de puntos materializados en el terreno mediante perforaciones o sus cuadrículas marcantes (unidad de malla de sondeo) dispuestas en red cuadrada regular y encerrados dentro de una planta de traza circular a efectos de poder contabilizar con el mayor rigorismo posible. Estas circunstancias idealizadas pueden llegar a reproducirse en la práctica, siempre que tales unidades se encuentren uniformemente distribuidas dentro de un sistema bien regular, según red compacta y carente de "claros". El gráfico siguiente (fig. 4. Lucero Michaut/1973) muestra las relaciones comprobadas, existentes entre los mencionados parámetros; en él, a partir de cualquier número de impactos ordenados en una red de las características anotadas, se puede obtener el número de direcciones posibles de investigar, según los diferentes rumbos que pueden pasar por los diversos alineamientos determinados por la trama regular del sistema".

En la práctica se aconseja reducir estas investigaciones a 4 ó 6 direcciones principales, máxime si no se cuenta con apoyo de computación para la realización de estos laboriosos cálculos.

A continuación se transcribirá brevemente uno de los ejemplos presentados en el trabajo al que se alude en la última cita bibliográfica, y correspondiente a un sector del yacimiento "Rodolfo" (Córdoba) explorado según una malla homotética del depósito, de 100x40m. Una primera etapa, consistente en tratar de mejorar la precisión con que se conocían los tenores, señaló que para lograr un valor de  $2\sigma_{E_x} = 10\%$ , la malla "a" debía tener 50m de lado, o tomando con más propiedad el concepto, el área de influencia de cada sondeo debería ser de 2500 m<sup>2</sup>, en lugar de los 4000 que posee.

El análisis variográfico realizado en las direcciones N-S (100 m), E-O (40 m), NE-SO (110 m) y NO-SE (110 m) brindó los siguientes valores

Direcciones :	N-S	E-O	NE-SE	NO-SE
1 ....	0,599	0,856	0,719	0,981
2 ....	0,803	<u>0,909</u>	<u>0,767</u>	0,701
3 ....	0,733(x)	0,72	0,275	0,426
4 ....	0,875	-----	-----	-----
5 ....	0,907			
6 ....	1,041			
7 ....	1,004(x)			
8 ....	<u>1,147</u>			
9 ....	0,89			

etc.

Los incrementos evidenciados por las varianzas iniciales de las tres primeras direcciones, dan la pauta del esquema de distribución espacial reinante, salvo en la cuarta dirección que brindó valores completamente anómalos. Estos artificios ponen aquí de relieve la existencia de estructuras mineralizadas de rango volumétrico muy superior al simplemente lentiforme evidenciado por el muestreo monométrico de galerías realizado en un breve sector del mismo yacimiento.

Con estos datos se elaboraron los gráficos correspondientes, de los que se extrajeron los respectivos valores de alfa. Dirección N-S:  $\alpha_x = 2,9\%$ ; dirección E-O:  $\alpha_y = 1,5\%$ , y dirección NE-SO:  $\alpha_z = 1,7\%$ .

Siendo evidentemente la primera orientación la poseedora de los tenores más contrastados, se considera que la malla ideal de sondeos para este campo mineralizado debería haber tenido su lado menor según esa dirección con la que deben coincidir, por otra parte, las ordenadas del sistema general.

---

(x) anomalías  
0,767 varianzas máximas

- Una de las formas de lograr esa aproximación, de acuerdo a las metodologías propuestas en el trabajo de referencia, es la siguiente : (Lucero Michaut/73)

$$l = (\text{lado menor d. la malla}) \sqrt{\frac{a^2}{\alpha_x/\alpha_y}} \approx 36 \text{ m} \quad \text{y} \quad L (\text{lado mayor}) = \frac{a^2}{l} \approx 69,5 \text{ m}$$

La relación entre estas dos cifras hace conservar el área de influencia por sondeo, destinada a brindar la precisión escogida.

- Otra forma de resolver el problema, es mediante el "método logarítmico-gráfico" también propuesto en el trabajo últimamente mencionado; el mismo se sirve de un "gráfico elemental" correspondiente a un esquema reticular de 50m de lado al que se entra por intermedio de la siguiente relación :  $\frac{\log \alpha_x/\alpha_y}{2}$ , que brinda un valor expresado en términos de manti-

sas briggsianas -o lo que es lo mismo, de fracciones decimétricas- conforme al módulo que poseen las representaciones logarítmicas de uso corriente. (Ver fig. 5). El valor de referencia, al ser "aritméticamente" llevado sobre ordenadas tanto hacia arriba como hacia abajo a partir del punto que señala la dimensión de la malla (50m en el esquema elemental, cualquiera sea la malla real escogida) determina gráficamente, siempre sobre ordenadas, la ubicación de dos "bornes" extremos correspondientes a las dimensiones de los dos lados (l y L) de la malla rectangular capaz de reemplazar -bajo circunstancias de equiarealidad y de respeto de las variaciones anisotrópicas que puedan existir- a la malla cuadrada original.

En el caso muy particular de que la malla cuadrada geoestadísticamente escogida fuera justamente de 50m de lado, los valores así obtenidos sobre ordenadas representarían los guarismos finales a respetar; en todos los restantes casos será necesario en primer lugar establecer la relación : "malla escogida/malla de 50m", y aplicarla como factor de corrección de los valores obtenidos con el concurso de la "malla elemental".

Tratando con esta metodología el citado ejemplo del yacimiento "Rodolfo", se tendría :

Siendo el valor de mantisa logrado de la relación :  $\frac{\lg 2,9/1,5}{2}$  = 0,14 (o 0,14 dm, aritméticamente considerado), proporciona sobre ordenadas (fig. 5) los siguientes valores: 69m para "L" y 36m para "l", prácticamente idénticos a los formulísticamente logrados.

Este caso se presenta sólo como un ejemplo numérico, dado que corresponde a un campo mineralizado ya explorado en su casi totalidad en la forma arriba expuesta.

- Otro ejemplo de carácter más auténtico aunque de desarrollo menos completo es el proporcionado por los muy recientes análisis variográficos realizados en el yacimiento Schlagintweit (Córdoba), tendientes, entre otras cosas, a lograr consecuencias ligadas al establecimiento de mallas más adecuadas a las reales circunstancias de repartición espacial de tenores relevante en su ámbito, y destinadas a ser aplicadas sobre posibles continuidades y nuevos hallazgos similares en el área.

Tratándose de una malla (mayormente de 20x20m) ya apriorísticamente fijada y orientada, y comportadora por otra parte de una precisión más bien exagerada (0,03% para  $2\sigma_{E_x}$ ), se dejarán momentáneamente de lado las consideraciones relativas a modificaciones de precisión y orientación general de los ejes del sistema, los que podrán ser objeto de análisis adicionales en el caso de alumbramientos nuevos en la zona; sólo se

tratará el tema de la readaptación de aquella malla a las circunstancias de dispersiones diversamente orientadas llevadas a evidencia por la analítica puesta en juego.

Los valores de varianza obtenidos, son los que se exponen en pág. 13 de esta relación. De los variogramas, surge:  $\alpha_x = 0,93\%$  y  $\alpha_y = 0,57\%$ .

Tanto si se emplean las fórmulas mencionadas como el método gráfico descripto, los resultados que se logren serán los siguientes: 15,7m para "I", y 25,4m para "L", cifras laterales que multiplicadas entre sí reproducen el área unitaria original de  $\approx 400 \text{ m}^2$ .

### III. 3 Determinación de las dimensiones de estructuras mineralizadas discontinuas por medio del análisis variográfico

No es raro encontrar en la naturaleza casos de mineralizaciones de tipo lentiforme que aunque aparentemente posean una distribución muy errática, sus repeticiones suelen encontrarse sujetas a una cierta ritmicidad que un adecuado tratamiento variográfico es capaz de poner en evidencia cifrable.

Las dificultades en determinar por la vía de la observación geológica directa el comportamiento de referencia pueden hallarse entroncadas a diferentes circunstancias tales como, a) la falta de exposiciones naturales o artificiales lo suficientemente extendidas como para notarlo ocular o radimétricamente, b) la posible no existencia de diferenciaciones litológicas o de pigmentación entre los sectores más mineralizados y los prácticamente estériles, c) el posible gran tamaño de las estructuras que dificulta la concepción de conjunto, etc.

La exploración llevada a cabo en el yacimiento "Rodolfo" puede proporcionar algunos ejemplos de este tipo. De la realizada en un pequeño sector del mismo mediante canaletas sobre galería, ya mencionada en el punto anterior, surgieron los valores del numeral analítico aquí representado en un sistema de coordenadas distancias-tenores (ver fig. 7) en el que se ha agregado al perfil real de distribuciones de leyes, otro de índole compensatoria.

El análisis del comportamiento incrementativo de las varianzas, expuesta en la misma figura indica que su continuidad se interrumpe a partir de un valor máximo logrado en el caso, con un distanciamiento igual a 8 m.

En el modelo idealizado representado en el mismo gráfico, se advierte que ello ocurre en la varianza correspondiente a los 5 m de alejamiento y que el fenómeno puede multiplicarse indefinidamente bajo las óptimas circunstancias de repetición regular presentadas.

De la comparación de los dos perfiles de tenores con el comportamiento de las varianzas en ambos ejemplos, surge el hecho general de que la ritmicidad del fenómeno lentiforme (en caso de existir) es aproximadamente igual al duplo del distanciamiento que dió lugar a la varianza de posición cuspidal en la secuencia incrementativa.

- Siendo en el modelo natural,  $\sigma^2_d$  la varianza más elevada, se tendría que la ritmicidad o longitud de onda del fenómeno mineralizador sería de 14-16m (dimensiones en este caso confirmadas por la radimetría).

- En el modelo idealizado, siendo  $\sigma_{d_5}^2$ ,  $\sigma_{d_{15}}^2$  y  $\sigma_{d_{25}}^2$  las varianzas poseedoras de los valores absolutos más elevados, la referida ritmicidad tendría un módulo de 10 m.

El mismo yacimiento provee otro ejemplo similar que sólo se diferenciaría del anterior por la escala y que parecería señalar la existencia de una megaestructura de mineralización en un sentido volumétrico y de extensión. El tratamiento variográfico efectuado sobre la dirección N-S con frecuencias de 100 m, que por ser la más elongada en términos absolutos, permitió elaborar el mayor número de comparaciones isodistanciadas, muestra que la mayor varianza corresponde al alejamiento de 800 m entre muestra y muestra confrontada (ver pág. 9) y que a partir de ese momento sus valores empiezan a decaer, lo que daría la idea de que la periodicidad del fenómeno iterativo megalenticular que se supone pueda existir, sería del orden de 1,5 km; teóricamente, el próximo pico debería ubicarse entre las varianzas  $\sigma_{d_{24}}^2$  y  $\sigma_{d_{30}}^2$  cosa que no ha podido comprobarse en razón de que la continuidad explorada con la frecuencia de 100 m mencionada, no excede los 2200m de longitud meridiana.

En el caso de que esta hipótesis de trabajo llegara a confirmarse en base a una futura prosecución de la exploración en el sentido aludido, se trataría de megaestructuras de orden "13" que involucrarían a otras menores de orden entre "21 y 19" ubicables entre las macro y megasescalas de la tabla de dimensionalidades absolutas para 60 órdenes terrestres, que puede verse en fig 8 (V. Němec, 1970).

Curiosamente en coincidencia con la teoría de la ley de las estructuraciones regulares (V. Němec, 1975) estos fenómenos de lenticulaciones intercontenidas y en algún grado superpuestas, se relacionan hecrométricamente entre sí; sería interesante la realización de algún análisis semejante en base a un módulo de distanciamiento de 10 m.

#### III. 4 Determinación de la posición estructural preferencial de mineralizaciones alojadas en fisuras de distribución aparentemente "at random," por el tratamiento variográfico.

Cuando se cuenta con el suficiente número de datos de base suministrados por los resultados de una exploración lo suficientemente densificada y regular, hay muchas probabilidades de lograr el conocimiento a que alude el subtítulo, mediante una investigación orientada en varios sentidos en cuanto a lo planimétrico, en complemento con otra de sentido vertical.

En un sector del yacimiento "Schlagintweit" (Córdoba), de tipo "amas" se ha contado con una exploración de las características anotadas, de sistemática realización según un reticulado de 10 m de lado que fué capaz de proporcionar índices confiables sobre la distribución espacial de los tenores, por lo menos en las dos direcciones principales prefijadas por la implantación de la malla; por razones de tiempo no se investigaron las direcciones coincidentes con las diagonales de esta última.

Todos los tenores puestos en juego en la operación, determinados en base a relaciones de correspondencia radimétrica, poseían la influencia horizontal condicionada por la separación de los sondeos, la que por razones de optimización de la regularidad se hizo también extensiva a la di-

mensión vertical; de esta manera y generalizando, cada uno de los tenores individuales puede ser concebido como un punto ubicado en el centro de un sólido de 10 m de lado ( $1000 \text{ m}^3$  de influencia volumétrica). (Ver fig. 6).

A continuación se expondrán las varianzas halladas para las tres direcciones analizadas :

Variogramas de tenores del yacimiento "Schlagintweit"

<u>Direc. NE-SO</u> (elongación intermedia del amas)	<u>Direc. NO-SE</u> (elongación máxima del amas)	<u>Direc. vertical</u> (elongación mínima del amas)
$\sigma_{d_1}^2$ (c/10m) ... 0,060	0,087	0,091
$\sigma_{d_2}^2$ (c/20m) ... 0,129	0,110	0,121
$\sigma_{d_3}^2$ (c/30m) ... 0,134	0,100 (x)	0,066
$\sigma_{d_4}^2$ (c/40m) ... 0,080	0,120	0,067
$\sigma_{d_5}^2$ (c/50m) ... 0,080	0,100 (x)	-----
$\sigma_{d_6}^2$ (c/60m) ... -----	0,110 (x)	-----
$\sigma_{d_7}^2$ (c/70m) ... -----	0,151	-----
$\sigma_{d_8}^2$ (c/80m) ... -----	0,120	-----
	etc.	

Si bien la influencia lineal decaométrica resultó muy adecuada para la elaboración del variograma orientado según la máxima elongación del amas y aun también para la ortogonalmente relacionada con aquella, de menor amplitud relativa, no ocurrió lo mismo según la vertical; sobre esta dimensión, que de acuerdo a la profundidad media explorada ( $\approx 36\text{m}$ ) no admite más de 3 ó 4 intervalos (3 decaométricos y una o dos fracciones) poseedores de leyes globales, las probabilidades de enfrentamiento son muy pocas y disminuyen muy rápidamente con los distanciamientos sucesivos.

Por otra parte, observando la distribución vertical esquematizada de los tenores en un sondeo tipo, expuesta en fig. 9, puede verse que las últimas varianzas, especialmente la cuarta, es el resultado de la comparación de niveles de leyes muy bajas y similares entre sí, en razón de que la parte superior del depósito se encuentra empobrecida por arrastre mecánico del mineral y la inferior lo es naturalmente por corresponder a sectores basales próximos a los niveles de transición con el estéril franco.

Por estas razones el análisis realizado en este sentido no brindó acabadamente los resultados esperados de poder traducir la secuencia de varianzas en un "variograma medio" que permitiera el cálculo de un " $\alpha_z$ " correspondiente a esta dimensión.

Ello se hubiera logrado con buen grado de confiabilidad si se hubiera dispuesto de un numeral de tenores correspondientes a intervalos de influencia menores, por ejemplo de 5 m.

Sin embargo ya la primera varianza  $\sigma_{d_1}^2 = 0,091$ , posee un valor absoluto más elevado que cualquiera de las varianzas iniciales de las otras dos direcciones analizadas, y la segunda,  $\sigma_{d_2}^2$  es prácticamente tan fuerte como su correspondiente de la dirección NE-SO. Estos hechos se ven reforzados por los resultados de la observación geológica directa llevada a cabo durante el relevamiento de detalle de las galerías de exploración existentes, que reveló que por lo menos a esa pequeña escala, el mayor peso de la mineralización se hallaba alojado en las discontinuidades estructurales de posición subvertical. Aunando criterios, los resultados del tratamiento variográfico que ha sido efectuado a la escala de una buena parte del yacimiento y que pueden ser extrapolados a su totalidad, son los siguientes: los mayores contrastes de la mineralización se encontrarían según la dimensión vertical (mínima elongación del cuerpo), correspondiendo un segundo lugar de carácter muy reñido con aquella, a la dirección NE-SO (de elongación intermedia del amas y normal a algunos sistemas de fallas mineralizadas subverticales); un tercer puesto de carácter muy franco recae en la dirección NO-SE (paralela a la mayor elongación del depósito).

### III. 5 Determinación de la dirección planimétrica comportadora del menor índice de dispersión de "potencias mineralizadas" para el empleo de determinados formulismos de aplicación condicionada.

En el proceso de composición de varianzas tendiente al logro del valor de la de carácter global que definirá el encasillamiento en determinada categoría de seguridad, de yacimientos de tipo "amas", se pasa obligadamente por la etapa de cálculo de la varianza de estimación volumétrica  $\sigma_{E_v}^2$  que se integra de la suma de la varianza volumétrica de perfiles  $\sigma_p^2$  y de la volumétrica de bloques verticales (sólidos que enmarcan a los perfiles):  $\sigma_{bl_v}^2$ .

Por razones metodológicas entroncadas a especulaciones de morfología matemática que escapan al campo geomatemático que se sirve de ellas, la aplicación de la fórmula (Matheron G.) de concepción bidimensional, que brinda la varianza volumétrica de perfiles, se encuentra estrictamente condicionada en el sentido de que sólo puede ser llevada a cabo en forma racional, a lo largo de los perfiles poseedores del mínimo índice de dispersión en cuanto a "potencias mineralizadas"; este parámetro " $\alpha$  pot." es determinable mediante la elaboración de variogramas orientados sobre las dos direcciones prefijadas por la implantación de la malla de sondeos escogida, y si es posible, por las correspondientes a sus diagonales.

Como meros ejemplos de sondeos contenidos en perfiles orientados según una determinada malla, pueden verse los gráficos de figs. 10 y 10' que seccionan al amas del yacimiento "Schlagintweit" (Córdoba) según una de las direcciones variográficamente investigadas, en este caso, la que proporcionó los mayores valores del coeficiente de dispersión absoluta de potencias mineralizadas " $\alpha$  pot.  $_x$ "; los resultados brindados por los variogramas fueron:

<u>Direc. NE-SO</u>		<u>Direc. NO-SE</u>	
(menor elongación planimétrica del amas)		(mayor elongación planimétrica del amas)	
$\sigma_1^2(c/20m)$ .....	106	.....	91,3
$\sigma_2^2(c/40m)$ .....	117,4	.....	97,7

$\sigma_3^2$ (c/60m) .....	154,1	.....	113,8
$\sigma_4^2$ (c/80m) .....	153,1	.....	132,6
$\sigma_5^2$ (c/100m) .....	209,2	.....	119,6
$\sigma_6^2$ (c/120m) .....	290,9	.....	131,4
$\sigma_7^2$ (c/140m) .....	215,1	.....	128,7
$\sigma_8^2$ (c/160m) .....	355,4	.....	147,1
$\sigma_9^2$ (c/180m) .....	209,5	.....	177,9
$\sigma_{10}^2$ (c/200m) .....	-----	.....	158,3
			etc., etc.

Estas progresiones, indicatrices de que los elementos en juego se encuentran en esquema de De Wijs permiten la elaboración de los gráficos de fig. 11, en los que las "rectas compensatorias" que representan los "variogramas medios" dan lugar a la obtención de un " $\alpha$  pot." = 485 para la dirección NO-SE (mayor elongación del depósito) y de un " $\alpha$  pot." = 1123 para la dirección ortogonalmente relacionada con la primera.

De estos resultados se desprende que la aplicación formulística de referencia deberá afectar exclusivamente al grupo de perfiles de sentido NO-SE cuya posición en planta puede verse en la fig. 12.

--Después de haber señalado una de las consecuencias de este interesante empleo del variograma como apoyo de aplicaciones de carácter formulístico, se hará una breve e incidental referencia a determinados parámetros gráficamente derivables de la representación planimétrica del depósito "Schlagintweit" (Córdoba) a partir de la misma fig. 12.

Precisamente el paso consecutivo en la determinación de la varianza de estimación volumétrica  $\sigma_{E_v}^2$  de un depósito de tipo "amas" como el tomado en consideración se relaciona con la aludida representación, identificada con la varianza volumétrica de bloques  $\sigma_{bl_v}^2$ , de significación tridimensional.

De esa figura groseramente elipsoidal, que es la proyección -en términos de metraje lineal- sobre un plano horizontal del total del sólido mineralizado, se extraen los datos gráficamente proporcionados por las relaciones existentes entre las coordenadas de la cuadrícula coincidente con los lados de la malla de sondeos, y cada irregularidad del contorno de la proyección (senos y protuberancias planimétricas).

Los datos así extraídos del gráfico, permiten calcular los valores de las "hemivariaciones perimetrales" de la proyección para cada una de las direcciones fijadas por la implantación de la malla de sondeos.

También la aplicación de la fórmula destinada a brindar la varianza volumétrica de bloque " $\sigma_{bl_v}^2$ " (Matheron G.) está íntimamente condicionada a los resultados de la analítica variográfica de "potencias mineralizadas" arriba descripta, en el sentido de que el valor de la "hemivariación perimetral" coincidente con la dirección de mínimos contrastes de las potencias, " $\alpha$  pot." (NO-SE mayor elongación del depósito) deberá jugar en el numerador de uno de sus términos, a la vez que el otro lo hará en el denominador.

Obtención de 2"A"

(dir. de menor coef. de dispersión de pot. mineraliz. y de mayor elongación del amas : NO-SE)

a <sub>1</sub>	.....	664 m
a <sub>2</sub>	.....	11 "
a <sub>3</sub>	.....	121 "
a <sub>4</sub>	.....	150 "
a <sub>5</sub>	.....	13 "
a <sub>6</sub>	.....	524 "
a <sub>7</sub>	.....	302 "
a <sub>8</sub>	.....	10 "
<hr/>		
2"A"	=	1795
"A"	=	897,5

Obtención de 2"B"

(dir. de mayor coef. de dispersión de pot. mineraliz. y de menor elongación del amas : NE-SO )

b <sub>1</sub>	.....	276 m
b <sub>2</sub>	.....	26 "
b <sub>3</sub>	.....	8 "
b <sub>4</sub>	.....	142 "
b <sub>5</sub>	.....	80 "
b <sub>6</sub>	.....	219 "
b <sub>7</sub>	.....	25 "
b <sub>8</sub>	.....	67 "
b <sub>9</sub>	.....	18 "
b <sub>10</sub>	.....	78 "
b <sub>11</sub>	.....	80 "
b <sub>12</sub>	.....	18 "
b <sub>13</sub>	.....	59 "
b <sub>14</sub>	.....	21 "
b <sub>15</sub>	.....	139 "
b <sub>16</sub>	.....	23 "
<hr/>		
2"B"	=	1.279
"B"	=	639,5

Estos dos valores en combinación con una serie de constantes, el lado de la malla de sondeos y la superficie total del sólido proyectado, conducen a la obtención del parámetro buscado ( $\bar{U}_{bl_v}$ ).

III.6 Aplicaciones del "krigismo" en la moderación de datos aparentemente no confiables y en la asignación de valores probables faltantes, en esquemas de exploración reticular mediante sondeos en yacimientos estratiformes y de tipo "amas", a) por la vía estadístico-geoestadística y b) geométrico-geográfica.

- El "Corrector de Krige" consiste en toda una metodología de raíz sintética de corrección de valores "monstruos" por exceso y por defecto, que se basa exclusivamente en conceptos estadísticos y cuya aplicación está condicionada a que la distribución obedezca a la ley lognormal ; para comprobar esta condición basta con llevar un grupo de datos de base del yacimiento-problema sobre un gráfico logaritmético a efectos de observar la conformación de la curva gaussiana o bien los valores de sus porcentajes acumulados y rangos de leyes correspondientes sobre una base gauss-log. para el trazado de una Recta de Henry y su canal de confianza al nivel de cer-

tidumbre del 95%.

En la fórmula correspondiente que es la siguiente (Krige D. 1955, 1972, 1976) (Carlier A., 1964):

$$t\%o \text{ (tenor corregido)} = m \left[ \frac{u}{m} \right] \frac{\sigma_y^2}{\sigma_t^2} \cdot e^{-\frac{\sigma_i^2 \cdot \sigma_y^2}{2 \sigma_t^2}}$$

entran en juego, la ley media del depósito ( $m$ ), el tenor de la muestra-problema ( $u$ ), la relación entre estos dos parámetros, y las varianzas: 1) de muestras de sondeos dentro del yacimiento ( $\sigma_t^2$ ), 2) de muestras del sólido de influencia del sondeo-problema ( $\sigma_i^2$ ) y 3) de este sólido dentro del yacimiento ( $\sigma_y^2$ ).

La realización de una determinada aplicación de este instrumento, presupone el previo conocimiento de los principales parámetros estadísticos del depósito a tratar.

Se citarán un par de ejemplos tomados del yacimiento "Schlagintweit" (Córdoba) ya citado, del que se conocen todos los hitos estadísticos y geoestadísticos necesarios, a saber:

$$\begin{aligned} \sigma_t^2 &= 956 \cdot 10^{-3}, \quad \alpha_t = 4,4\%, \quad D = 731 \text{ (equivalente lineal del depósito)}, \\ z &= 68,16 \text{ (equivalente lineal del sólido de influencia del sondeo)} \text{ y} \\ d &= 0,487 \text{ (equivalente lineal de la muestra-media tipo)}. \end{aligned}$$

La varianza en el sólido que contiene al sondeo se calcula según la fórmula  $\sigma_i^2 = 3\alpha_t \text{Ln } z/d = 6522 \cdot 10^{-4}$

y la de este sólido individual dentro del yacimiento, por la siguiente:

$$\sigma_y^2 = 3\alpha_t \text{Ln } D/z = 3132 \cdot 10^{-4}, \text{ o bien por diferencia entre las dos varianzas anteriores, ya que } \sigma_i^2 + \sigma_y^2 = 0,965 \approx 956 \cdot 10^{-3} \text{ experimentalmente calculado para } \sigma_t^2.$$

Ejemplo 1)

a) tomando un valor anómalo de tenores correspondiente al sondeo XI-20 (1,42%o U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) y suponiendo una ley media de 0,26%o U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, se tiene:

$$t\%o \text{ (XI-20)} = 0,26 \left[ \frac{1,42}{0,26} \right]^{0,328} \cdot e^{-0,107} = \underline{0,5\% \text{ U}_3\text{O}_8} \text{ (como pue-}$$

de verse, se ha operado una reducción en el tenor).

b) suponiendo que el tenor de XI-20 hubiera sido anómalo por defecto (0,08%o U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) se tendría:

$$t\%_o = 0,26 \left[ 0,08/0,26 \right] 0,328 \cdot e^{0,107} = \underline{0,20\%_o} \text{ (el tenor se ha incrementado)}$$

(XI-20)

## Ejemplo II)

a) tomando como anómalo a efectos de ejemplificar, el tenor del sondeo XIII<sub>1</sub>-18 (0,89%<sub>o</sub> U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) y en conocimiento de todos los restantes parámetros, ya que se trata del mismo yacimiento, se tiene :

$$t\%_o = 0,26 \left[ 0,89/0,26 \right] 0,328 \cdot e^{0,107} = 0,43 \%_o \text{ U}_3\text{O}_8 \text{ (reducción)}$$

(XIII<sub>1</sub>-18)

b) suponiendo que el tenor de ese mismo sondeo hubiera sido anómalo por defecto (0,04%<sub>o</sub> U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> p. ej.) se tendría ,

$$t\%_o = 0,26 \left[ 0,04/0,26 \right] 0,328 \cdot e^{0,107} = 0,16\%_o \text{ (incremento)}$$

(XIII<sub>1</sub>-18)

- El "Corrector de Matheron" es una extensión conceptual del primero, del que se reemplaza el concepto estadístico clásico por el de orden geográfico ligado a la diversa influencia ejercida por los sondeos periféricos pertenecientes a una primera y segunda aureoladiferentemente alejadas y que circundan al sondeo-problema; por otra parte y en algun sentido descansa en concepciones de distribuciones espaciales isótropas propias de la geoestadística. Sus desarrollos siguen canales analíticos y su empleo puede hacerse extensivo al hecho de asignar tenores a "sondeos faltantes" en una red de exploración dada (Carlier A., 1964). Posee gran versatilidad y puede ser aplicada a gran número de casos en los que pueden faltar uno o más sondeos periféricos.

En el empleo de este "Corrector" entran en juego los siguientes datos de base :

- u = tenor del sondeo a moderar (o tenor a asignar a un bloque)
- v = tenor medio ponderado por las potencias de los sondeos de la primera aureola,
- w = tenor medio ponderado por las potencias de los sondeos de la segunda aureola.

Hay dos parámetros, " $\lambda$ " y " $\mu$ ", así como también los valores de la precisión con que se realiza la operación, que se obtienen directamente de ábacos especiales a los que se entra mediante la relación h/a, en la que "h" es la potencia mineralizada media del depósito y "a" el lado de la malla de sondeos.

Seguidamente se tratarán por esta metodología los mismos ejemplos arriba solucionados con el "Corrector de Krige", a efectos comparativos. Los casos expuestos se resuelven con el ábaco N°2 (fig. 13) y corresponden a casos concretos del citado yacimiento que cuenta con una malla de exploración regular, por lo que las dos aureolas de sondeos circundantes están completas.

- En este trabajo se propone como un complemento metodo-

lógico, emplear los mismos formulismos y vías operativas del "Corrector de Matheron" para moderar, adaptar al ambiente circundante o bien asignar potencias mineralizadas en los sondeos-problema.

A tales efectos se han agregado los siguientes elementos al gráfico de fig. 14 :

- h = potencia a ser adaptada a las del ambiente circundante
- $v_h$  = potencia media ponderada por los tenores de los sondeos de la primera aureola
- $w_h$  = potencia media ponderada por los tenores de los sondeos de la segunda aureola

Ejemplo I) Ver fig. 14.

- a) caso del sondeo XI-20 (1,42‰  $U_3O_8$  y pot. = 26 m)

El resultado obtenido para  $z_{U_3O_8}$ ‰ fué de 0,88‰ (segun el C. de Krige, era de 0,5‰  $U_3O_8$ )

y en caso de haberse tambien dudado de la confiabilidad de la potencia, el de  $z_h$  fué de 29,4 m.

- b) suponiendo que el tenor de XI-20 hubiese sido anómalo por defecto (0,08‰  $U_3O_8$ ) y su potencia por exceso (42 m)

$z_{U_3O_8}$  es igual a 0,14‰  $U_3O_8$  (segun el C. d. Krige, era de 0,2‰ y

$z_h = 37,9$  (menor que el valor original)

Ejemplo II)

- a) caso del sondeo XIII<sub>1</sub>-18 (0,89‰  $U_3O_8$  y h = 36 m)

El valor de  $z_{U_3O_8}$  fué de 0,63‰  $U_3O_8$  (segun el C. d. Krige, 0,43‰) y el de

$z_h = 36,2$

b) suponiendo que tanto el tenor de XIII<sub>1</sub>-18 (0,4‰  $U_3O_8$ ) como su potencia (20m) se consideren anómalos, los resultados serían :

$z_{U_3O_8} =$  0,19‰  $U_3O_8$  (segun C. d. Krige, 0,16‰  $U_3O_8$ ).

y  $z_h = 27,7$  m (más semejante a las de su entorno)

Dado que estas dos metodologías se entroncan a distintos puntos de partida, sus resultados no pueden ser muy semejantes.

En general puede decirse que el "Corrector de Krige" tiene la ventaja de la confiabilidad cualitativa derivada del hecho de que sus resultados descansan en propiedades geoestadísticas intrínsecas de un determinado depósito tomado en su totalidad, y de que una vez en posesión de los parámetros básicos que lo definen, la resolución de cada caso planteado es suma-

mente rápida; como desventaja relativa con respecto a la otra metodología puede señalarse que no toma en cuenta la incidencia particular de los valores de los sondeos que circundan al punto problemático.

El Corrector de Matheron tiene la ventaja de que los resultados con él logrados se basan en las relaciones inmediatas existentes con el ambiente local del sondeo investigado, aparte de su gran versatilidad que le permite tratar distintamente los diferentes casos, asignar valores a "sondeos faltantes" y que lo hace permeable a otros usos tales como el aquí postulado para la corrección de potencias.

#### IV. ALGUNAS APLICACIONES METODOLOGICAS DE LA ESTADISTICA

En el plano estrictamente estadístico pueden citarse -aparte de las aplicaciones ligadas a relaciones de correspondencia radiactividad/tenor que serán desarrolladas por el Dr. Davids - algunas otras de índole menos frecuente y comportadoras de caracteres muy específicos, tales como :

##### IV.1 Obtención de la varianza de muestreo de tenores de un yacimiento de tipo "amas", explorado mediante sondeos radievaluados con la participación desigual de más de un instrumento evaluativo, y con muy escaso metraje de muestras químicamente analizadas

Se expondrá un ejemplo tomado de la reciente evaluación del yacimiento "Schlagintweit" en el que la varianza de muestreo buscada " $\sigma_{U_t}^2$ " debe ser investigada siguiendo los dos pasos consecutivos que más adelante se describirán.

Habiéndose realizado las radievaluaciones del depósito mediante el concurso de dos "Rectas de Correspondencia radiactividad/tenor", naturalmente poseedoras de dos valores distintos para sus respectivas varianzas de correspondencia radimétrica " $\sigma_{W_n}^2$ ", se tiene que el primer paso deberá consistir en el hallazgo de un valor global para este parámetro, identificado con el resultado de la ponderación de ambas por los montos respectivos evaluados con cada Recta.

Llamando Recta "A" a uno de los instrumentos y "B" al restante, y en conocimiento de los montos de uranio fino estimados con cada uno de ellos, se tendrá :

Primer paso : cálculo de la varianza de correspondencia radimétrica ponderada.

	Recta "A"	Recta "B"
Datos de base {	Reservas U. fino : $\underline{a} = 1$	$\underline{b} = 1 \times 3,053 \dots$
	$\sigma_{W_n}^2$ $523 \cdot 10^{-5}$	$2104 \cdot 10^{-5}$
	(precisión Rectas) expresada como varianza	

Aplicando la fórmula correspondiente (Carlier A., 1964) :

$$\sigma_{W_n \text{ global}}^2 = \frac{a^2 \times \sigma_{W_n}^2 \text{ Recta "A"} + b^2 \times \sigma_{W_n}^2 \text{ Recta "B"}}{(a + b)^2} = 123 \cdot 10^{-4}$$

Segundo paso : cálculo de la varianza de muestreo, ponderada por la influencia de la varianza global de correspondencia radimétrica y el metraje químicamente analizado.

Dado que tanto para la obtención de los datos de base destinados a fundar las relaciones de correspondencia radimetría/tenor, como para el muestreo de galerías sobre paredes y mediante vagonetas, etc., puede totalizarse determinada cantidad de metros lineales químicamente analizados, corresponde hacer intervenir ese peso en un tipo de ponderación final que puede llevarse a cabo mediante la aplicación de la siguiente fórmula :

$$\sigma_{U_t}^2 = \frac{(\text{"a": metraje radievaluado} = 1)^2 \times \left(\frac{\sigma_{W_n}^2}{n}\right) \text{ global}}{(\text{"b": metraje quím. analizado} + \text{metraje radievaluado} = 1 + 0,009)^2} = 114 \cdot 10^{-4}$$

De donde,  $2 \sigma_{U_t} = 1,24$  y  $0,8$  respectivamente para los "bornes" superior e inferior del intervalo de probabilidades al nivel de certidumbre del 95%, como factores extremos para la multiplicación de las leyes medias que se obtengan para el depósito.

IV.2 Aparte de los cálculos también de base estadística empleados para la elaboración de las mencionadas Rectas de Correlación, que como se adelantó, no serán tratadas en este espacio, se citará finalmente uno de similar factura y restringido empleo metodológico, ya que sólo se hace necesario en algunos casos como el siguiente; el mismo se refiere a la posibilidad de aplicación de formulismos específicos, bajo la condición de que determinados parámetros no excedan ciertos valores límites.

- La aplicación de la fórmula que brinda la varianza de estimación del uranio fino en yacimientos de tipo "amas" (ejemplo: Schlagintweit) :

$\sigma_{E_{U \text{ fino}}}^2 = \sigma_{E_{\text{tenores}}}^2 + \sigma_{E_{\text{volumenes}}}^2$ , está estrictamente condicionada al hecho de que el coeficiente de correlación "r" potencia-tenor se encuentre en valores muy próximos a cero, ya sea por encima o por debajo de este hito numérico. (Carlier A., 1964).

De esta manera, la condición ideal de aplicación de la referida fórmula se da cuando existe una total independencia entre la dimensionalidad de las potencias mineralizadas y la de los tenores; en el caso de que la correlación fuese positiva (a mayor potencia, mayor ley) los resultados obtenidos quedarían afectados a una determinada sobreestimación, y en el caso contrario (a mayor potencia, menor ley) a una subestimación.

En el ejemplo mencionado, en el que se trabajó sobre un sector del yacimiento, explorado sobre malla de 10x10m, las varianzas obtenidas fueron:  $\sigma_{t_{\%o}}^2 = 0,1732$ ,  $\sigma_{\text{pot. m}}^2 = 0,0217$ , y  $\sigma_{\text{pot/t}}^2 = 0,1726$ , medianamente cuyo concurso se logró un valor de "r", de peso sumamente bajo (0,18).

Esta cifra que revela la existencia de un grado de correlación "débilmente positivo", propicia una confiable aplicación del formulismo de referencia, en el sentido de que se contaría con muchas probabilidades de que el error final verdadero fuese tal vez menor que el calculado.

Se agregará que, en general, una buena parte del grado de utilidad confiable que pueden prestar todas estas positivas herramientas de investigación, descansa en el hecho de que la responsabilidad del tratamiento se encuentre en manos de profesionales poseedores de un robusto trasfondo de experiencia en geología regional y yacimientológica; en efecto, toda una serie de laboriosas especulaciones metodológicas de base matemática pueden llegar a caer en el vacío por falta de continuidad de las estructuras de soporte, no acertada ni debidamente detectadas por causa de observaciones geológicas defectuosas o incompletas. Siempre sobre estas bases, puede decirse que poseen la ventaja de la especulación adimensional, que admite extrapolaciones muy liberales en cuanto a escalas, y la desventaja de que, operando a idénticas escalas, siempre serán más objetivos los resultados logrados mediante la observación geológica directa.

#### BIBLIOGRAFIA

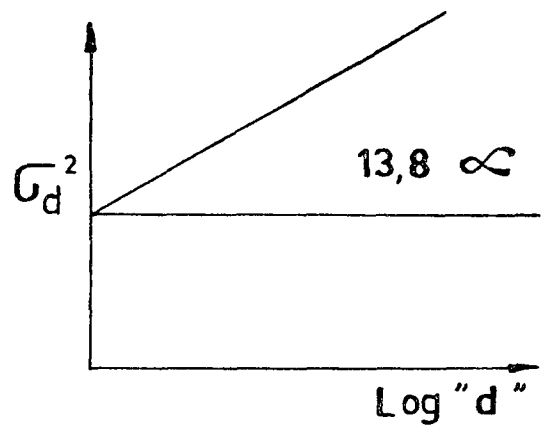
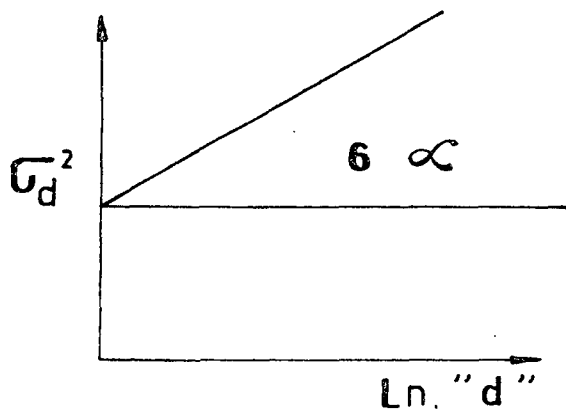
- Blais R. -Carlier A. 1968. "Applications of Geostatistics in Ore Evaluation". Ore Reserve Estimation and Grade Control. Special Volume. N°9. Canada.
- Carlier A. 1964. "Contribution aux méthodes d'estimation des gisements d'uranium". Rapport C.E.A. 2332. Francia.
- David Michel. 1970. "Geostatistical ore estimation. A step by step case study". International Symposium Decision-making in the Mineral Industry. Special Vol. N°12. Canada.
- Davids Néstor C. 1968. "La estadística aplicada al cálculo de reservas de yacimientos". IIIs. Jornadas Geológicas Argentinas, Tomo II. Bs. Aires. Argentina.
- Davids Néstor y Colon H. 1969. "Evaluación y cálculo de reservas. Evaluación de yacimientos de uranio por métodos estadísticos". Curso Regional Capacitación en la Prospección de uranio. OIEA. B. Aires.
- Delgado Salvador. 1973. Comunicaciones verbales. CNEA. Deleg. Centro. Argentina.
- Gonçalves Carlos. 1964. "Introdução ao calculo de reservas mineiras por métodos estatísticos". Junta de Energía Nuclear. Lisboa-Portugal.
- Journel André. 1969. "Presentación general de la Geoestadística" Centre de morphologie mathématique. Fontainebleau-Francia.
- Journel André. 1971. "Géostatistique et applications minières". Centre de morphologie mathématique-Fontainebleau-Francia.
- Krige Davie. 1955. "Analyse statistique des principaux risques en relation avec l'investissement dans les nouvelles mines d'or d'Afrique du Sud. Tegnikon. (traducción al francés de Duval R., Levy R. y Matheron G.) Paris-Francia.
- Krige Davie. 1972. Comunicaciones verbales.
- Krige Davie. 1973. "Computer applications in investment analysis, ore valuation and planning". International Symposium 11 th. on computer applications in the mineral industry. Tucson. Arizona. USA.

- Krige Davie. 1976. "A review of the development of geostatistics in South Africa. Advanced Geostatistics in the Mining Industry. Reidel Publ. Co. South Africa.
- Krige Davie. 1978. "Lognormal-De Wijsian Geostatistics for Ore Evaluation. The South African Institute of Mining and Metallurgy. South Africa.
- Lucero Michaut. H.N. 1966. "Método lod-estadístico francés de interpretación de sondeos. Su aplicación al yacimiento Rodolfo". (Córdoba). CNEA. Deleg. Centro. Argentina (inédito).
- Lucero Michaut H.N. y Davids, Néstor C. 1969. "Aplicación de criterios geoestadísticos al cálculo de reservas uraníferas". Cuartas Jornadas Geológicas Argentinas. Tomo I. B. Aires. Argentina.
- Lucero Michaut H.N. 1970. "Application of Geostatistical Criteria to Uranium Ore Reserve Estimation". International Symposium on Decision-making in the Mineral Industry". The Canadian Institute of Mining and Metallurgy. Special Volume. N°12. Canada.
- Lucero Michaut H.N. e Hillar Néstor. 1971. "Comportamiento Geoestadístico de una distribución cuprífera diseminada". Boletín de la Asociación Geológica de Córdoba. Tomo 1, N°2, Córdoba-Argentina.
- Lucero Michaut H.N. y Davids Néstor C. 1972-73. "Application de critères géostatistiques au calcul de réserves uranifères des gisements argentins". "Scientia Amicitiae". C. I. P. R. A. (número 2, 3 et 4). Francia.
- Lucero Michaut H.N. 1973. "Conceptos sobre distribuciones normales y lognormales. Su aplicación en Geoestadística". Boletín de la Asociación Geológica de Córdoba. Tomo II, N°s. 1 -2. Córdoba-Argentina.
- Lucero Michaut H.N. 1973. "Función Geoestadística del Variograma y su empleo en la obtención del Coeficiente de Dispersión Absoluto Alfa". Revista de la Asociación Geológica Argentina. Tomo XXVIII, N°1. B. Aires-Argentina.
- Lucero Michaut H.N. 1973. "A step towards the effective determination of the dimensions of both sides of a borehole grid system and its best orientation by means of the coefficient of absolute dispersion in anisotropic mineralized fields". Matematické Metody v Geologii. International Symposium "Hornická Příbram ve Věde a Technice". Scientiae Rerum Montanarum. Checoslovaquia.
- Lucero Michaut H.N. 1974. "Esquemas de distribución y parámetros geoestadísticos empleados en interpretaciones y evaluaciones yacimientológicas. Criterios gráfico-cualitativos de determinación del tipo de distribución. Boletín de la Asociación Geológica de Córdoba. Tomo II, N°3-4. Córdoba-Argentina.
- Lucero Michaut H.N. 1978. "Composición de errores aleatorios y sistemáticos en una etapa de evaluación estadística de una mena cuprífera hipotética. Corrección de una deriva sistemática mediante relaciones de correlación logarítmica." Revista de la Asociación Geológica Argentina (en prensa). B. Aires-Argentina.

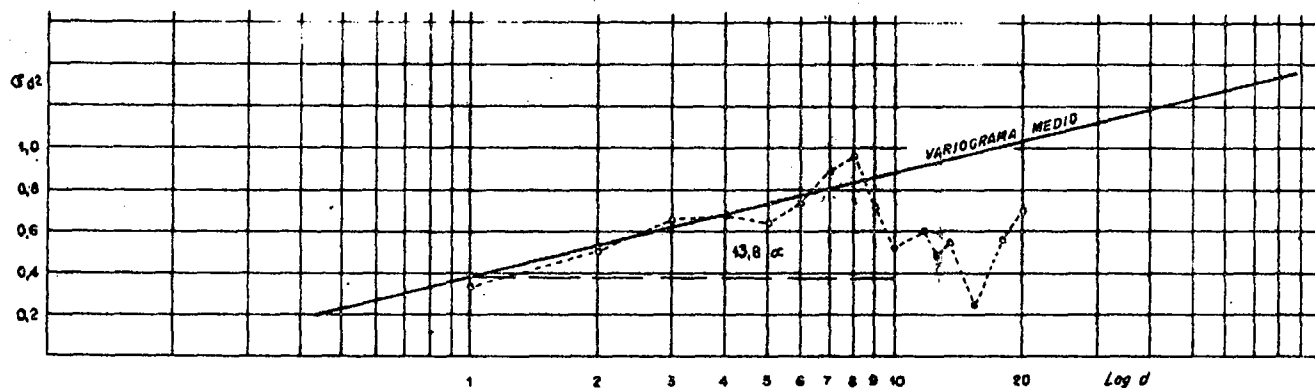
- Lucero Michaut<sup>u</sup>. N. 1978. "Informe final sobre el cálculo de reservas del yacimiento "Schlagintweit" (Córdoba) en función de la exploración-Agosto 1977/Junio 1978-realizada mediante sondeos radievaluados". Dpto. Evaluación CNEA. B. Aires. Argentina.
- Matheron G. 1969. "Cours de Géostatistique" Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleau. Fascicule 2. Francia.
- Němec Vaclav. 1970. "The law of structural patterns; its application with special regard to mathematical geology". Geindustria-Praha-Checoslovakia and Kansas Geological Survey. U. S. A.
- Němec Vaclav. 1973. "Probleme der Lagerstättenmodellierung". Z. für geologische Wissenschaft. Berlin 1. Deutschland.
- Němec Vaclav. 1976. "Estructuración tectónica regular en la Argentina". Sexto Congreso Geológico Argentino. Tomo 1. B. Blanca-Argentina.
- Perucca y Marin. 1969. "Presentación de la Geoestadística". Univ. Nac. de San Juan.
- Šarapov I. 1972. "Neue Konzeption Matematischer Geologie". International Symposium" Sekce: Matematické Metody v Geologii a Hornictví. Hornická Příbram ve Věde a Technice- Scientiae Rerum Montanarum. Checoslovaquia.
- Serra Jean. 1968. "Un critère nouveau de decouverte de structures. Le Variogramme". Sciences de la Terre. Nacy-Francia.
- Slama M. 1973. Comunicaciones epistolares y verbales. Chef de reserves C. E. A. -France.

\*\*\*\*\*

ESQUEMA DE DISTRIBUCION "WIJSIANO"

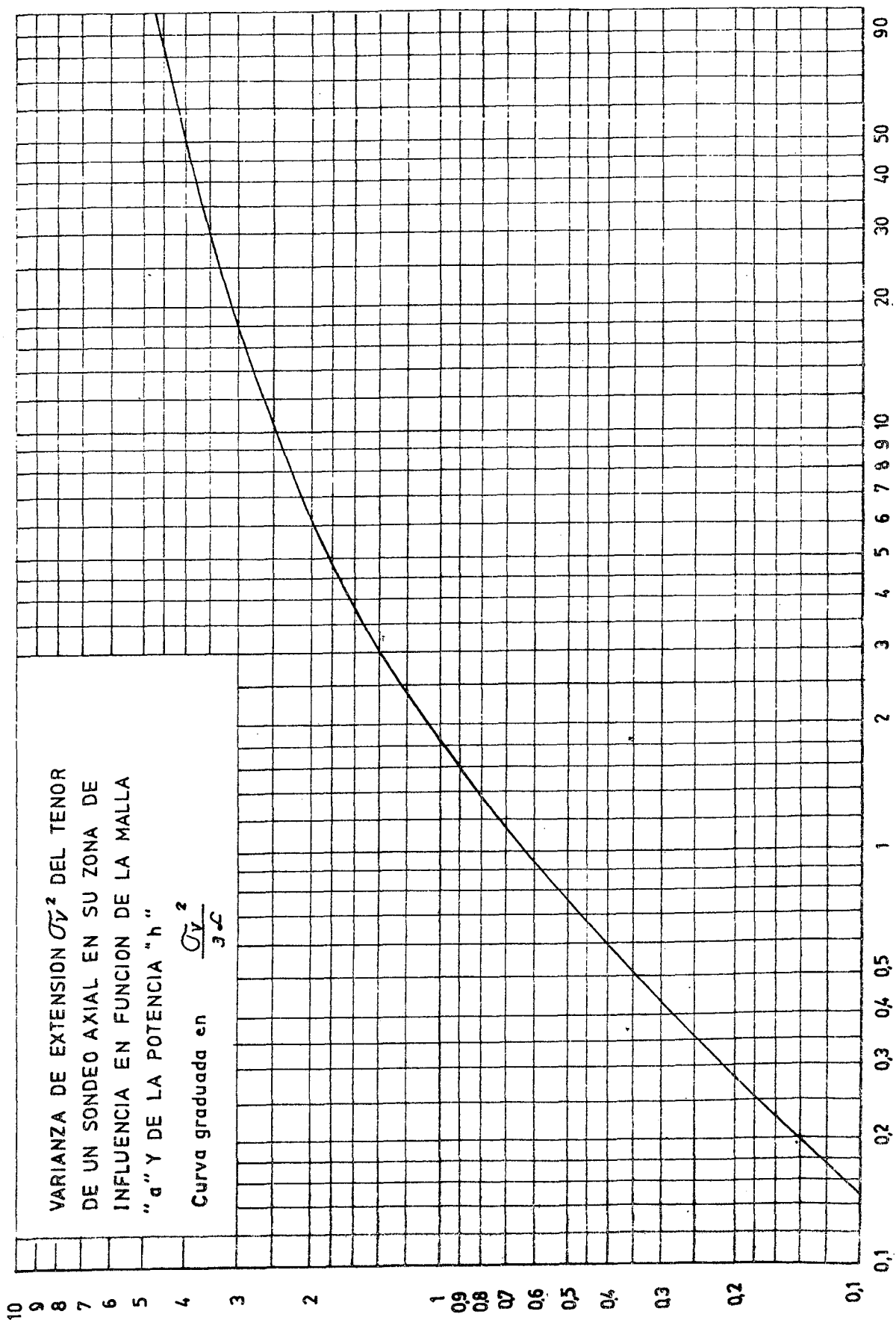


**VARIOGRAMA DE TENORES** (YACIMIENTO RODOLFO - CORDOBA - NIVEL - 61)



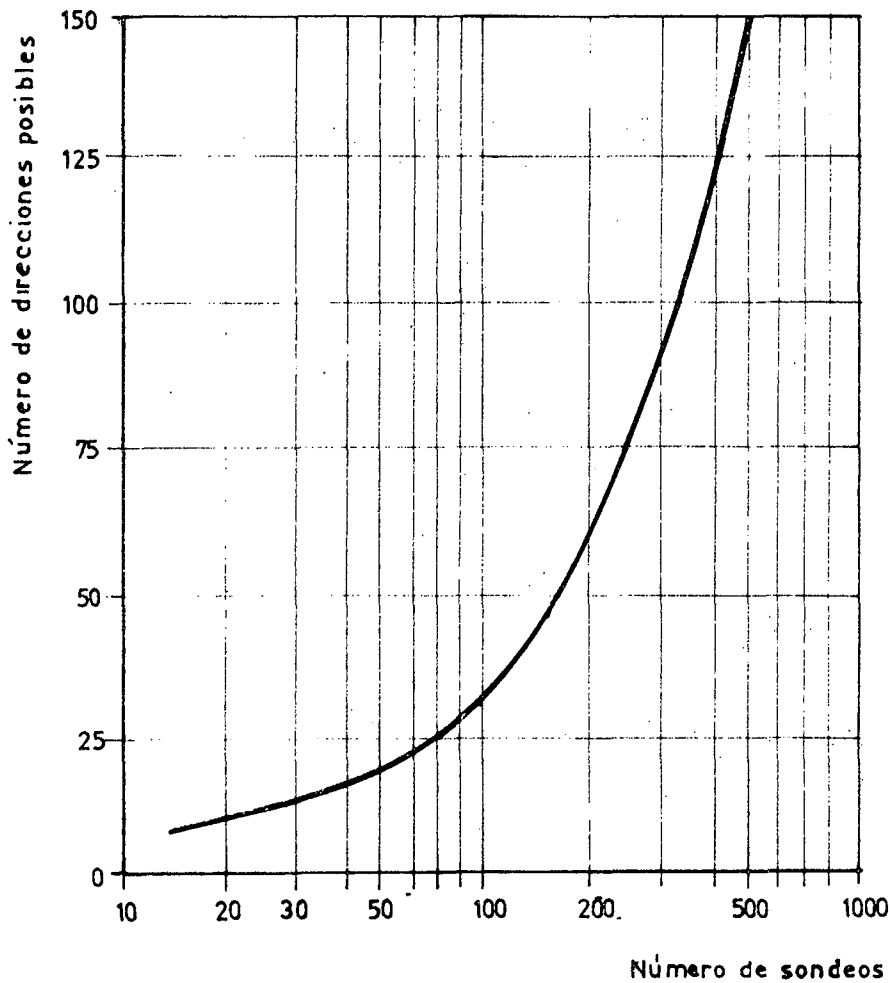
(d)	Varianza $d$	(d)	Varianza $d$
1	0,359	5	0,646 (anomalía)
2	0,532	6	0,761
3	0,660	7	0,839
4	0,692	8	0,969
			etc.

FIGURA 3



ABACO XVI de CARLIER A. (1964)

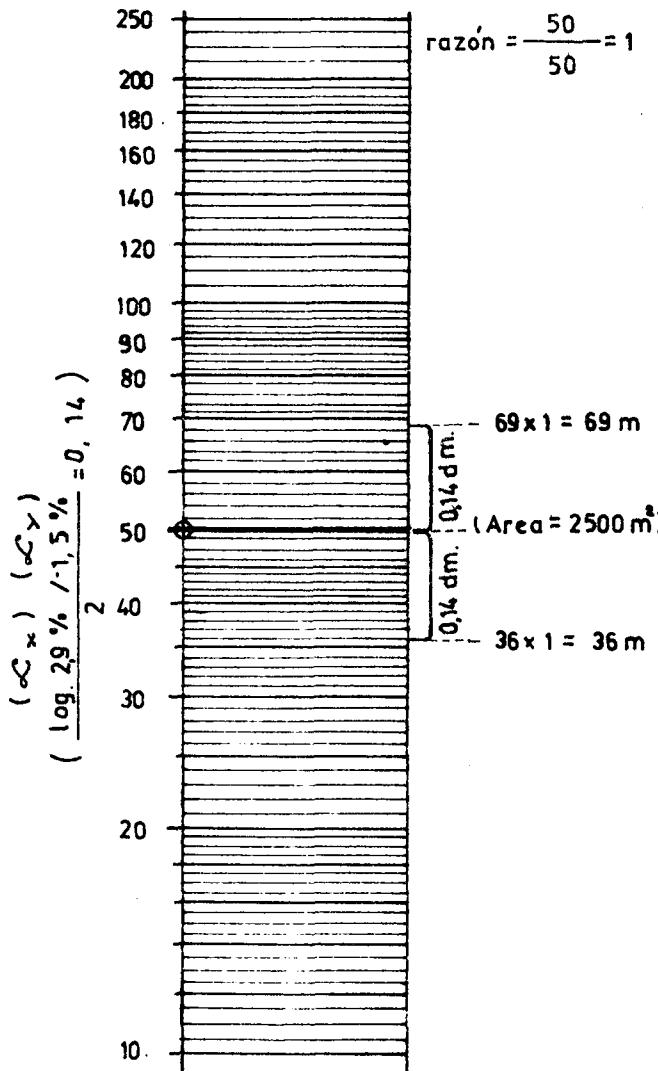
**DIRECCIONES POSIBLES DE INVESTIGAR  
VARIOGRAMICAMENTE SOBRE RETICULOS  
DE SONDEOS**



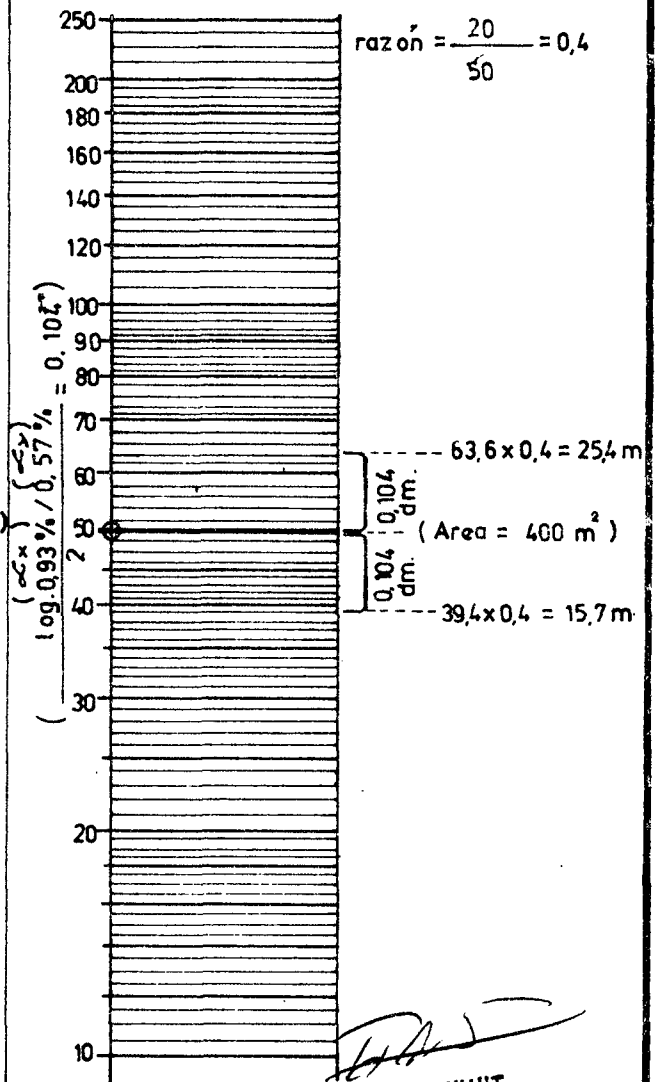
METODOLOGIAS QUE PERMITEN LLEVAR MALLAS CUADRADAS DE SONDEOS, A RECTANGULARES EQUIAREALES Y COMPENSATORIAS DE ANISOTROPIAS DE DISTRIBUCION DE TENORES

**1) POR EL METODO LOGARITMICO-GRAFICO** (gráfico base =)  $a = 50 \text{ m}$

**a) EJEMPLO YAC. "RODOLFO"** (malla "a" = 50x50m)



**b) EJEMPLO YAC. "SCHLAGINTWEIT"**  
 (malla "a" = 20 x 20 m)



DR. HUGO NESTOR LUCERO MICHAUT  
 INVESTIGADOR PRINCIPAL  
 CONS. NAC. INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TCAS.

**2) MEDIANTE FORMULAS**

**a) EJEMPLO YAC. "RODOLFO"**

$$l \text{ (lado menor)} = \left( \frac{a^2}{L_x / L_y} \right)^{0,5} = 36 \text{ m}$$

$$L \text{ (lado mayor)} = \frac{a^2}{l} = 69,5 \text{ m}$$

2500 m<sup>2</sup>

**b) EJEMPLO YAC. "SCHLAGINTWEIT"**

$$l \text{ (lado menor)} = \left( \frac{a^2}{L_x / L_y} \right)^{0,5} = 15,74 \text{ m}$$

$$L \text{ (lado mayor)} = \frac{a^2}{l} = 25,44 \text{ m}$$

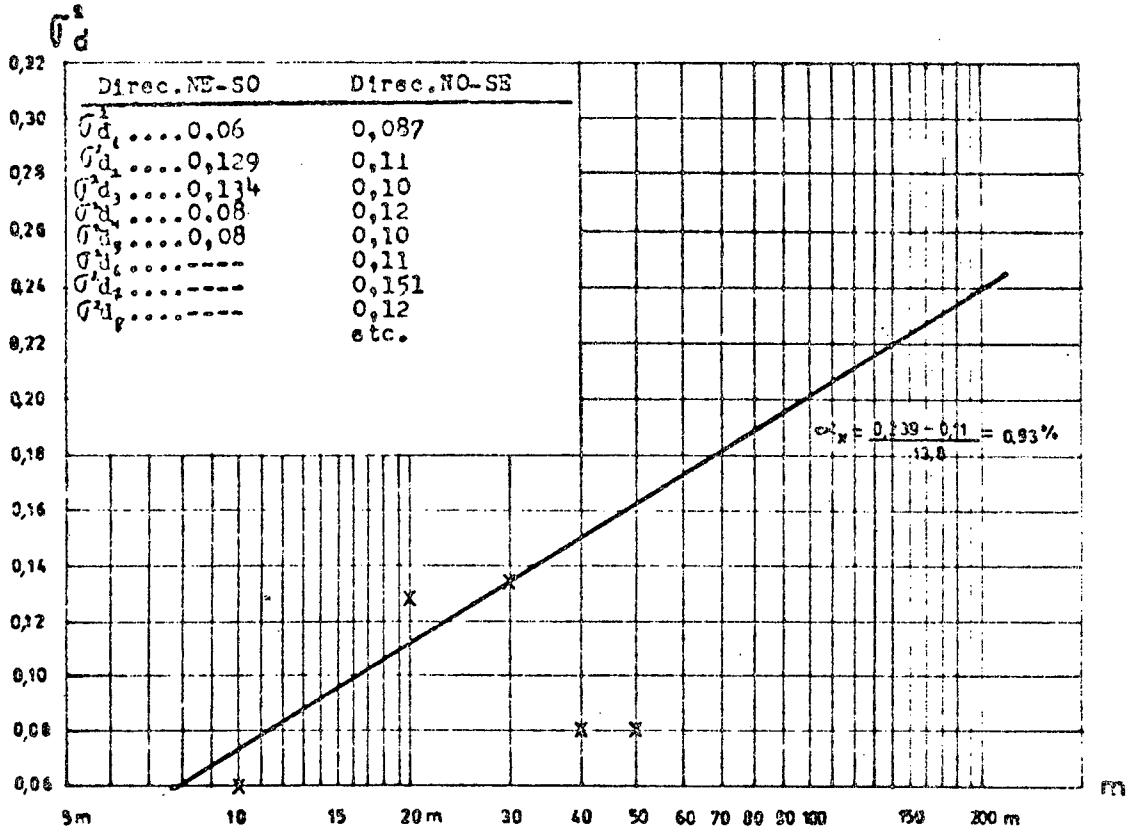
400 m<sup>2</sup>

# VARIOGRAMA DE TENORES

Fig. N° 6

a)

Dirección NE-SO / menor elongación del amas



b)

Dirección NO-SE / mayor elongación del amas

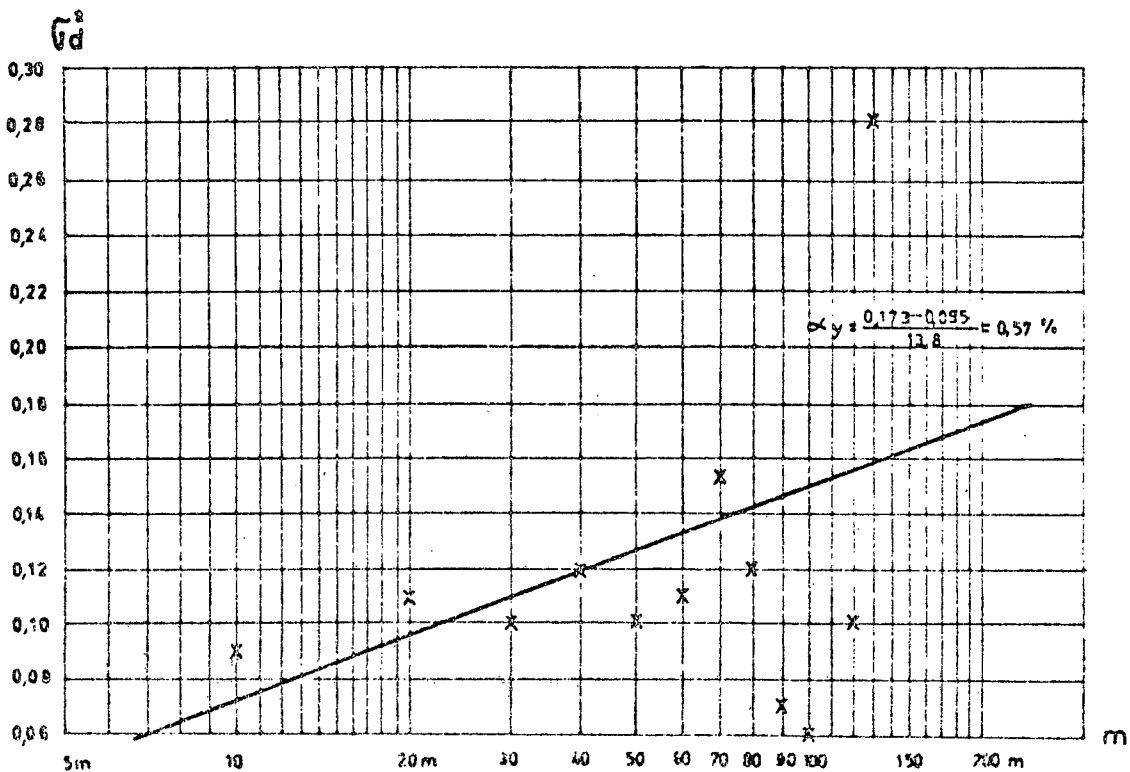


Fig. 7 a)

VARIANZAS

(d)	Varianza $d^2$	(d)	Varianza $d^2$
1 .....	0,359	5 .....	0,646 (anomalfa)
2 .....	0,532	6 .....	0,761
3 .....	0,660	7 .....	0,889
4 .....	0,692	8 .....	0,969

etcétera

PERFIL DE TENORES DE UN "MODELO NATURAL" (Yac. Rodolfo)

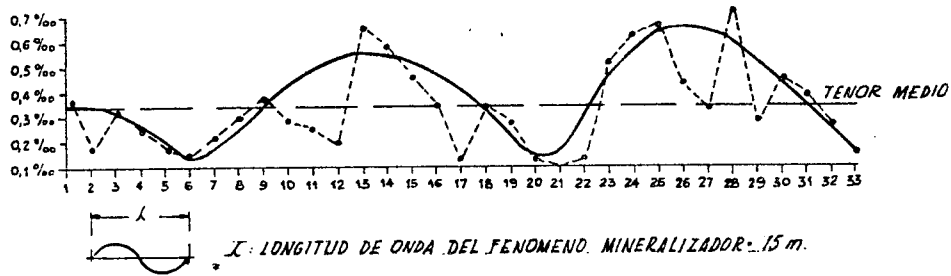


Fig. 7 b)

VARIANZAS

(d)	Varianza $d^2$	(d)	Varianza $d^2$
1 .....	0,100	17 .....	0,600
2 .....	0,322	18 .....	0,320
3 .....	0,579	19 .....	0,100
4 .....	0,813	20 .....	0
5 .....	0,928	21 .....	0,100
6 .....	0,815	22 .....	0,327
7 .....	0,592	23 .....	0,580
8 .....	0,320	24 .....	0,843
9 .....	0,100	25 .....	1,000
10 .....	0	26 .....	0,857
11 .....	0,100	27 .....	0,633
12 .....	0,324	28 .....	0,320
13 .....	0,580	29 .....	0,100
14 .....	0,820	30 .....	0
15 .....	0,943	31 .....	0,100
16 .....	0,822	32 .....	0,400

PERFIL DE TENORES DE UN "MODELO IDEALIZADO"

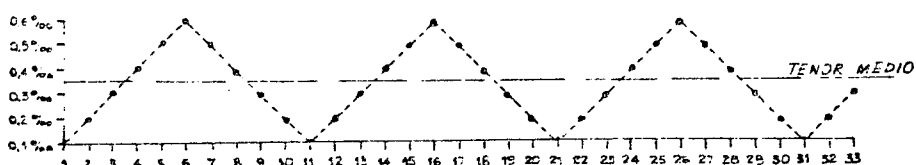


Fig. 8

## RANGOS DE DIMENSIONALIDAD ABSOLUTA PARA 60 ORDENES TERRESTRES

Hiperescala		Mega escala		Macroescala		Microescala		Nanoescala		Picoescala	
Orden	km	Orden	m	Orden	m	Orden	mm	Orden	$\mu$	Orden	$\text{\AA}$
1	6377.000	11	6227.539	21	6.082	31	5.939	41	5.800	51	56.600
2	3188.500	12	3113.770	22	3.041	32	2.970	42	2.900	52	28.300
3	1594.250	13	1556.885	23	1.520	33	1.485	43	1.450	53	14.150
4	797.125	14	778.442	24	0.760	34	0.742	44	0.725	54	7.075
5	398.562	15	389.221	25	0.380	35	0.371	45	0.362	55	3.538
6	199.281	16	194.611	26	0.190	36	0.186	46	0.181	56	1.769
7	99.641	17	97.305	27	0.095	37	0.093	47	0.090	57	0.884
8	49.820	18	48.653	28	0.048	38	0.046	48	0.045	58	0.442
9	24.910	19	24.326	29	0.024	39	0.023	49	0.023	59	0.221
10	12.455	20	12.163	30	0.012	40	0.012	50	0.012	60	0.110

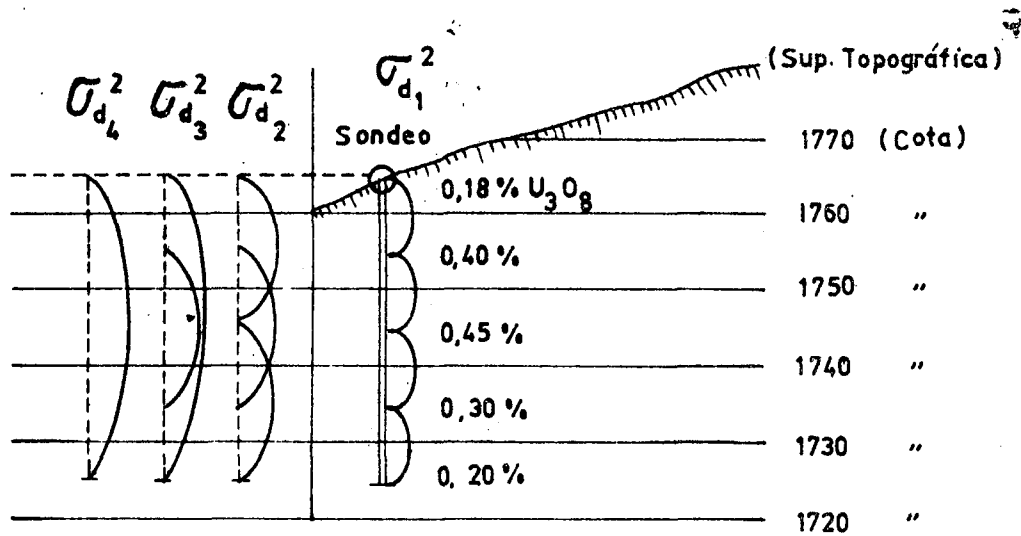
## ALGUNAS APLICACIONES PRACTICAS DE LA DIMENSIONALIDAD ABSOLUTA

Ordenes	Ejemplos
1-3	Continentes
4-6	Islas, mares, etc.
7-10	Rasgos geológicos regionales
11-13	Ambientes regionales de depósitos
14-20	Depósitos minerales, campos petrolíferos, etc.
21-30	(Minerfa) potencias mineralizadas, etc.
31-...	Petrografía, Mineralogía...

## ESQUEMA DEL PROCEDIMIENTO VARIOGRAMICO

SEGUN UN PERFIL VERTICAL "TIPO", DEL YACIMIENTO SCHLAGINTWEIT, PROVINCIA DE CORDOBA...

(Caso de lenticulaciones aniteradas en profundidad..)



### VARIANZAS

$$\sigma_{d_1}^2 = (0,40 - 0,18)^2 + (0,45 - 0,40)^2 + (0,45 - 0,30)^2 + (0,30 - 0,20)^2 = \frac{0,0834}{4} = 0,021$$

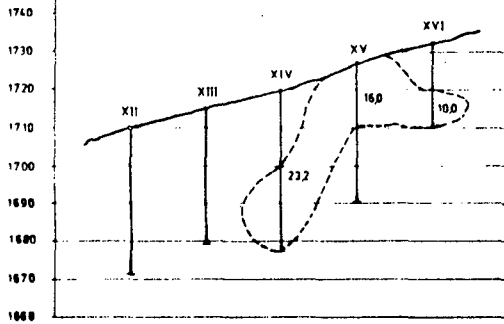
$$\sigma_{d_2}^2 = (0,45 - 0,18)^2 + (0,40 - 0,30)^2 + (0,45 - 0,20)^2 = \frac{0,1454}{3} = 0,048$$

$$\sigma_{d_3}^2 = (0,30 - 0,18)^2 + (0,40 - 0,20)^2 = \frac{0,544}{2} = 0,027$$

$$\sigma_{d_4}^2 = (0,20 - 0,18)^2 = \frac{0,0004}{1} = 0,0004$$

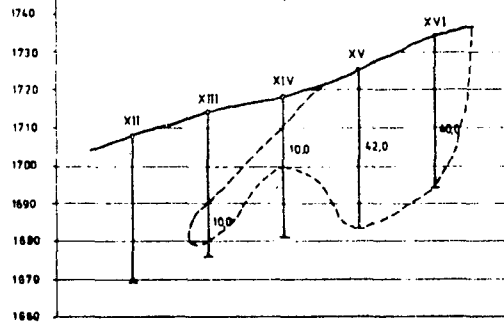
LINEA 2.

S = 1000 m<sup>2</sup>  
a = 62,8  
b = 14,6



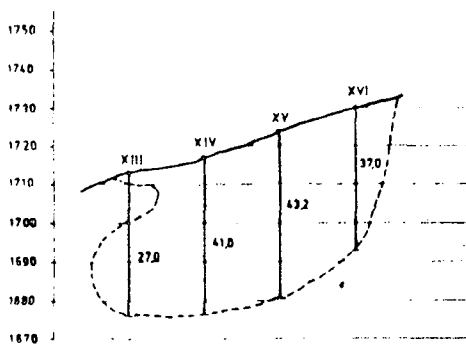
LINEA 4.

S = 1050 m<sup>2</sup>  
a = 82,4  
b = 23,6



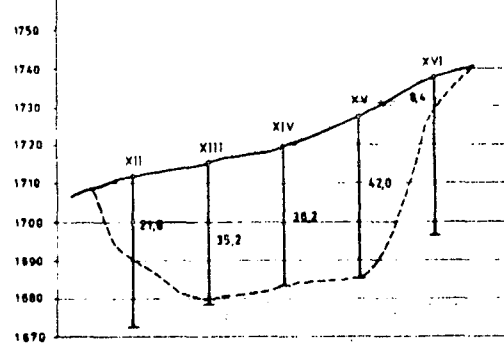
LINEA 10.

S = 2860 m<sup>2</sup>  
a = 83,3  
b = 34,3



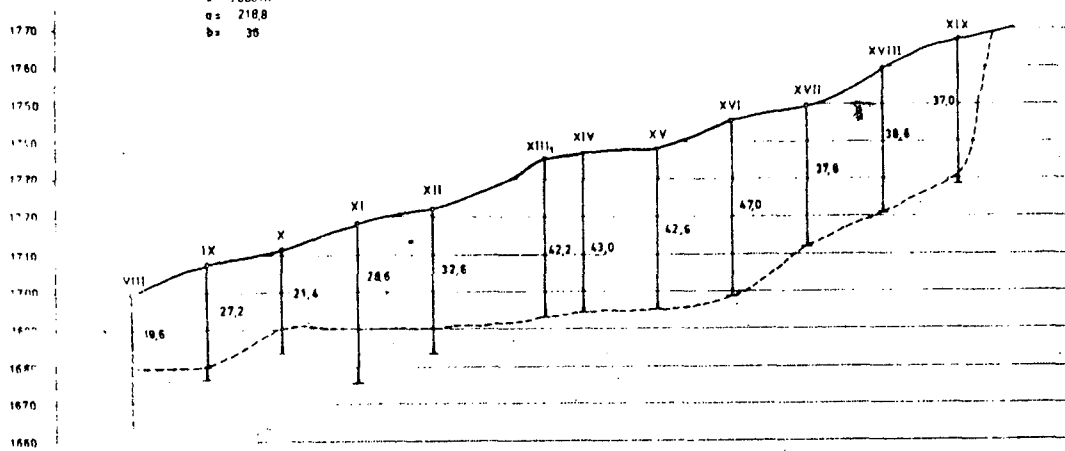
LINEA 12.

S = 2790 m<sup>2</sup>  
a = 93  
b = 30



LINEA 16.

S = 7880 m<sup>2</sup>  
a = 218,8  
b = 36



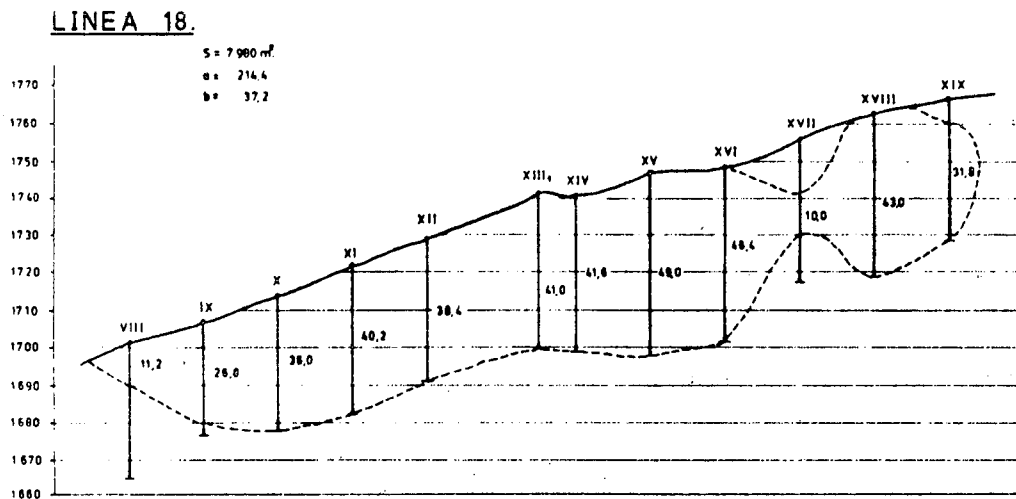
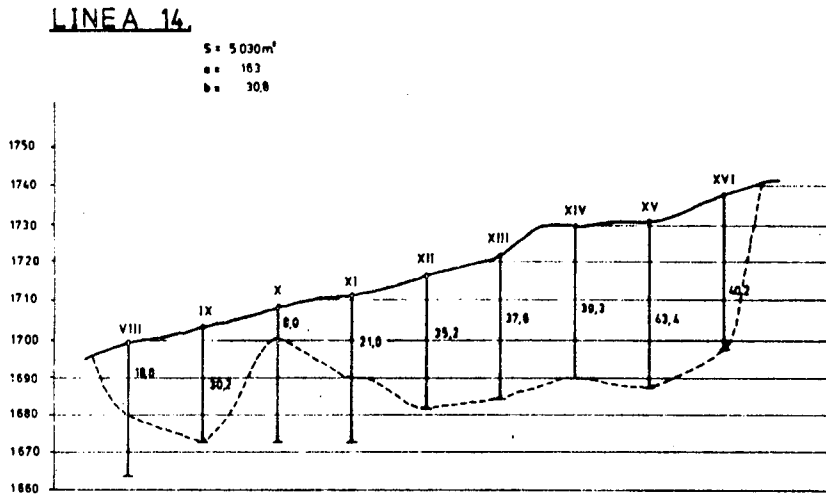
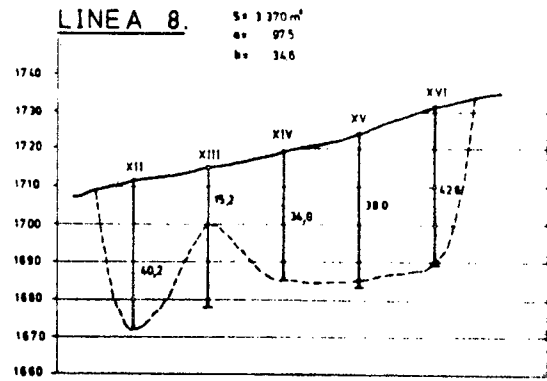
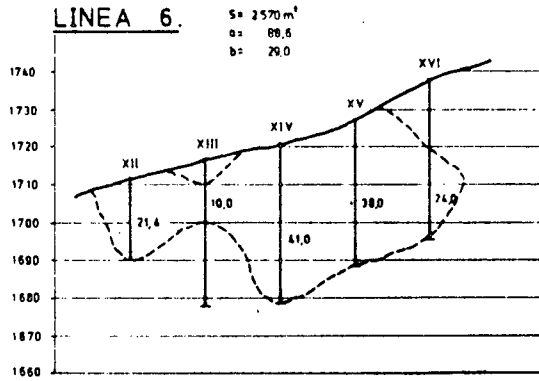
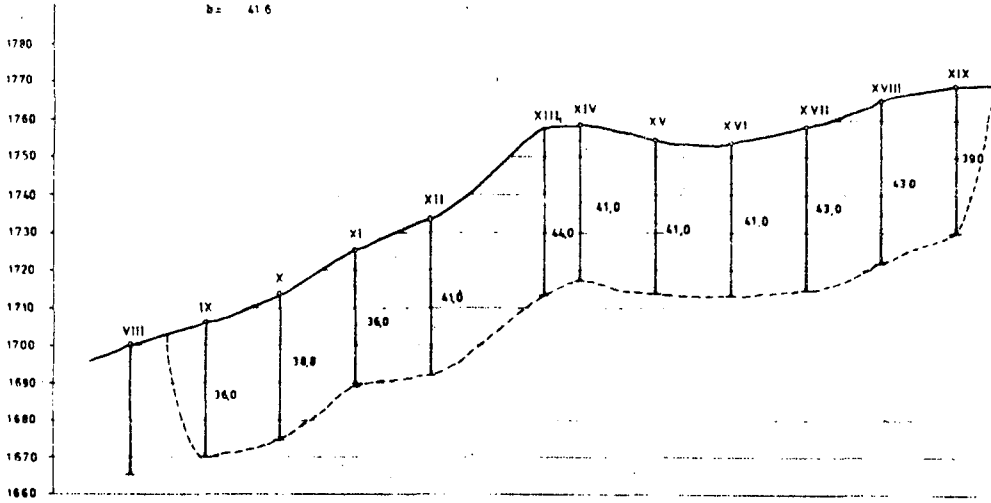


FIG. 10 c

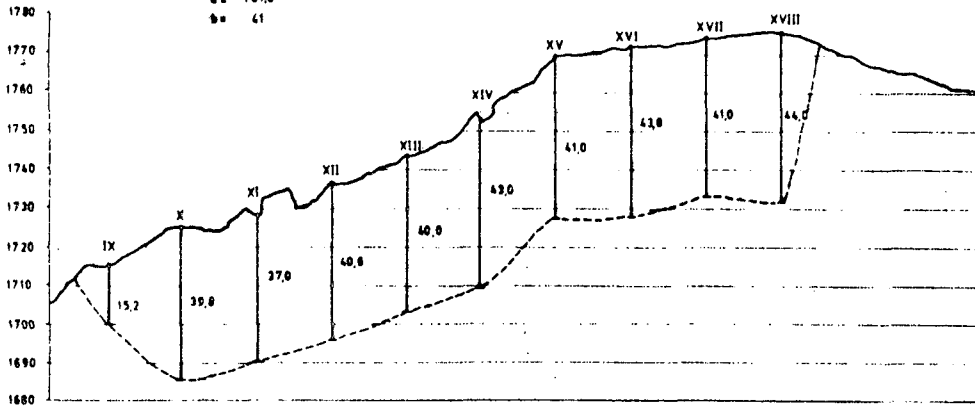
**LINEA 20**

S = 8550 m<sup>2</sup>  
 a = 205.6  
 b = 41.6



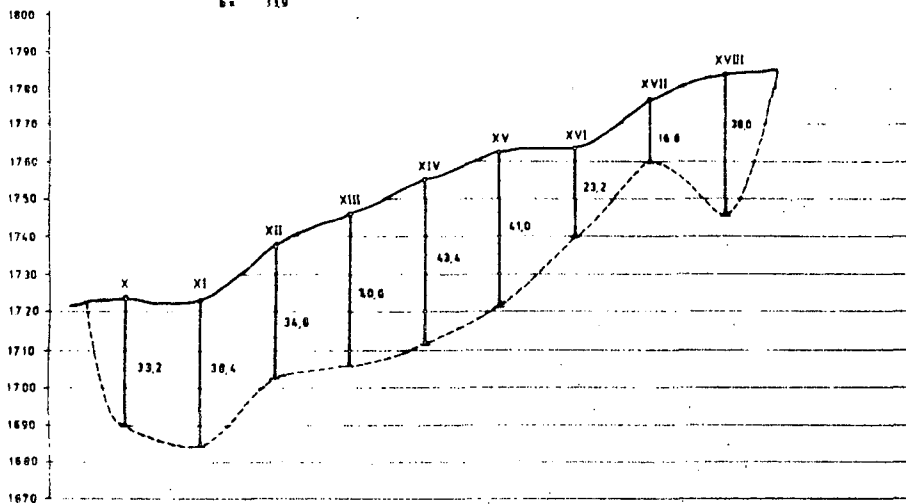
**LINEA 24**

S = 7450 m<sup>2</sup>  
 a = 101.0  
 b = 41



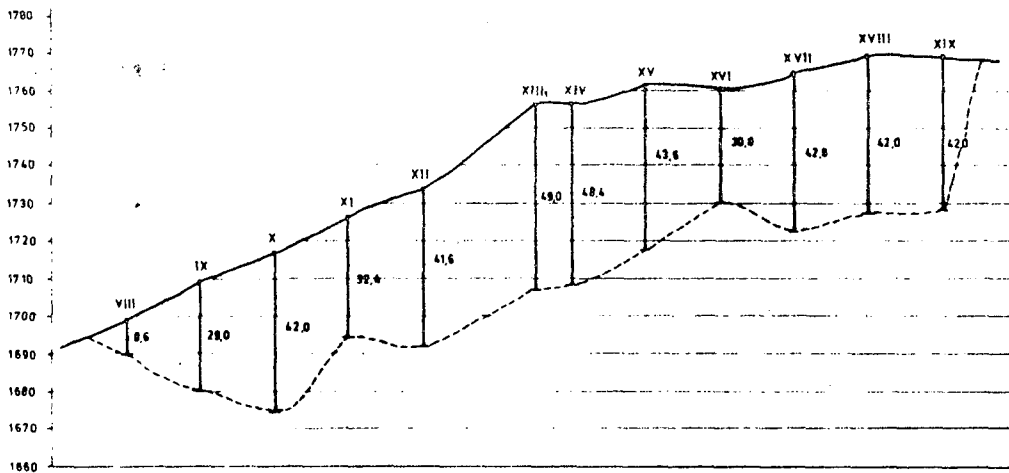
**LINEA 28**

S = 5950 m<sup>2</sup>  
 a = 175.4  
 b = 33.9



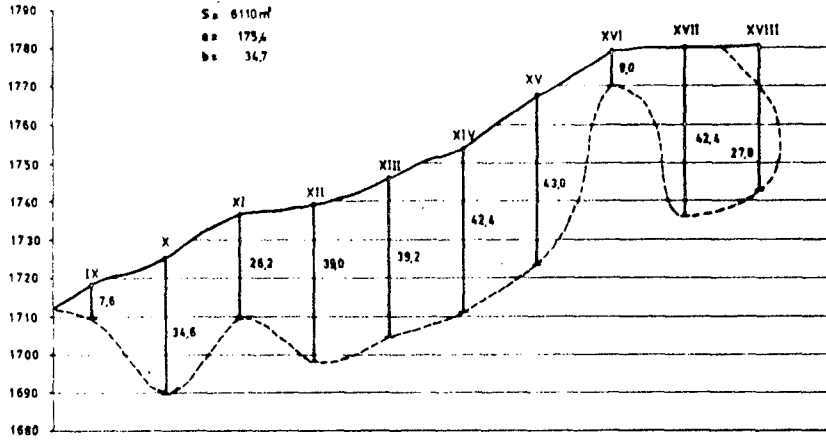
**LINEA 22.**

S = 8700 m<sup>2</sup>  
 a = 221,5  
 b = 39,2



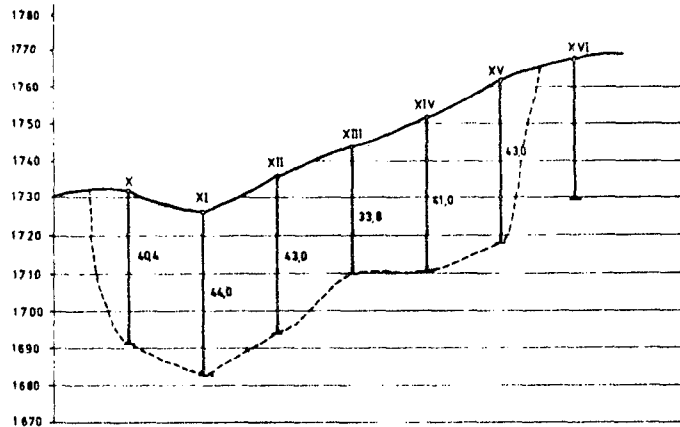
**LINEA 26.**

S = 6110 m<sup>2</sup>  
 a = 175,4  
 b = 34,7



**LINEA 30.**

S = 4530 m<sup>2</sup>  
 a = 117  
 b = 38,7



COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA			
DELEGACION CENTRO		26-IX-78	
PERFILES TRANSVERSALES DEL CUERPO MINERALIZADO			
YACIMIENTO "SCHLAGINTWEIT-LOS GIGANTES"			
PCIA DE CORDOBA			
Escala: 1:1000			
Dr. E. SACCONI	Dr. LUCERO	G. CALDANA	Dr. LUCERO

FIG. 10 e

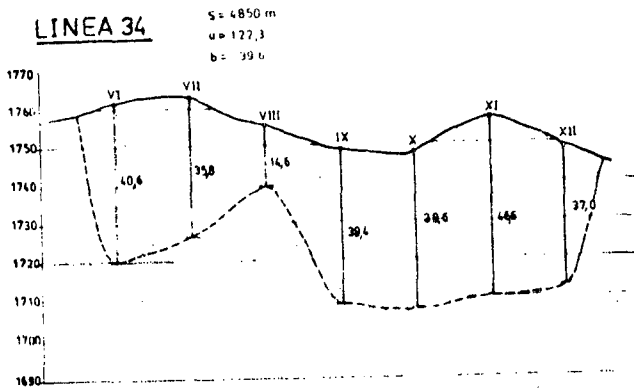
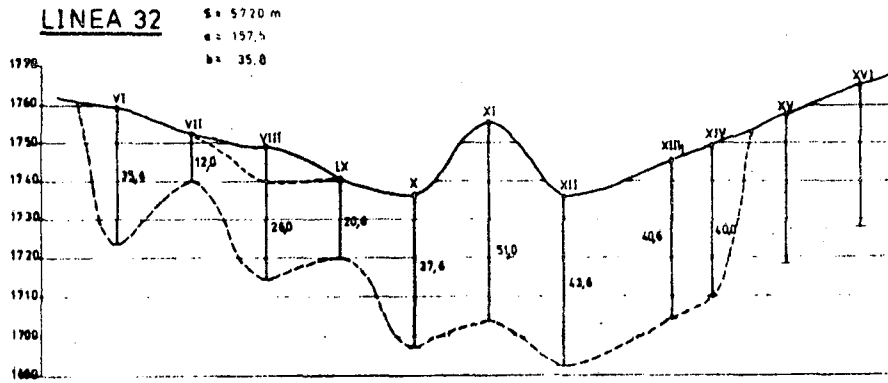
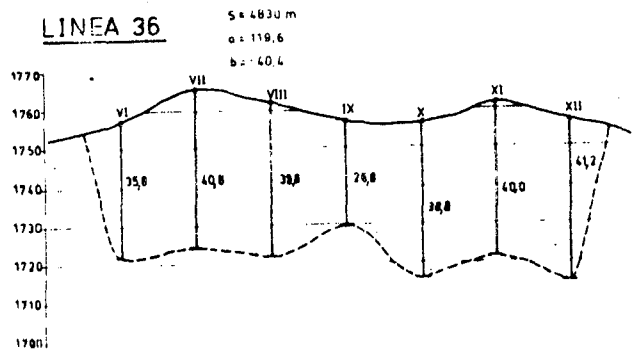
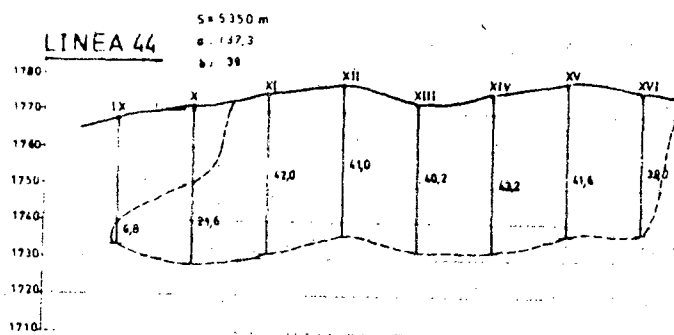
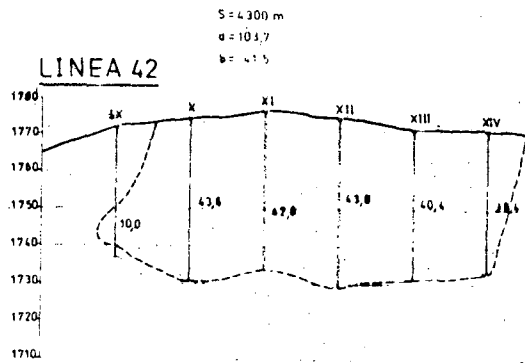
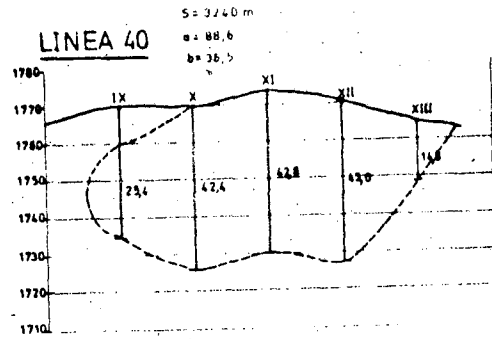
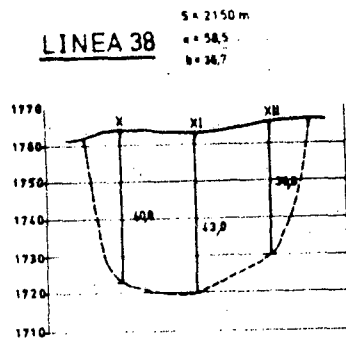


FIG. N° 10'





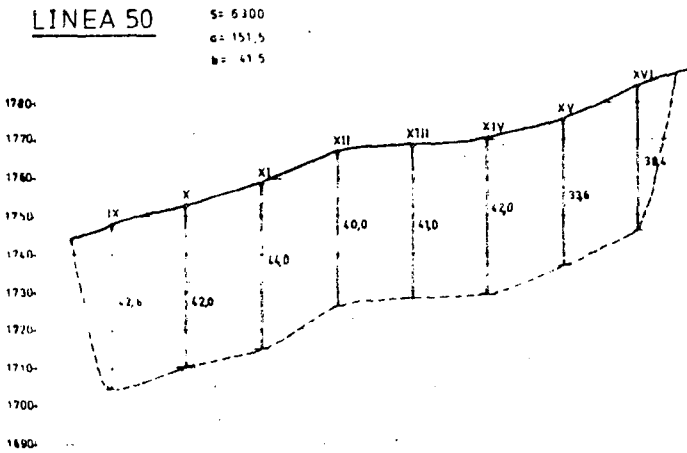
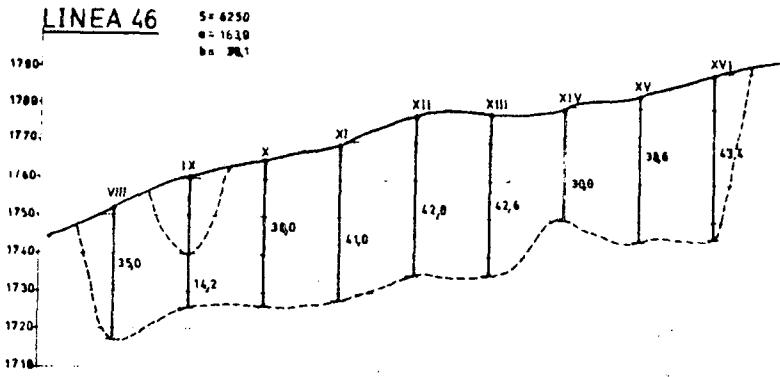
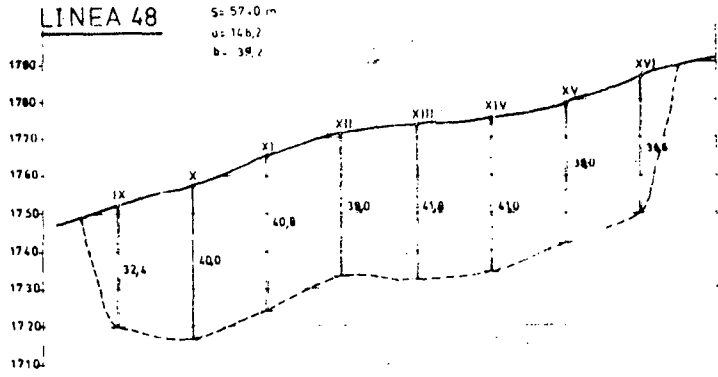
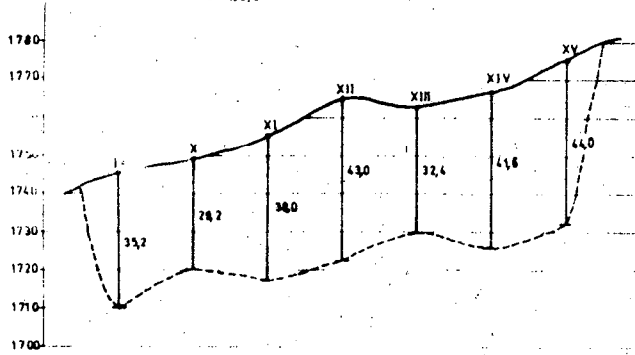


FIG. 10 h

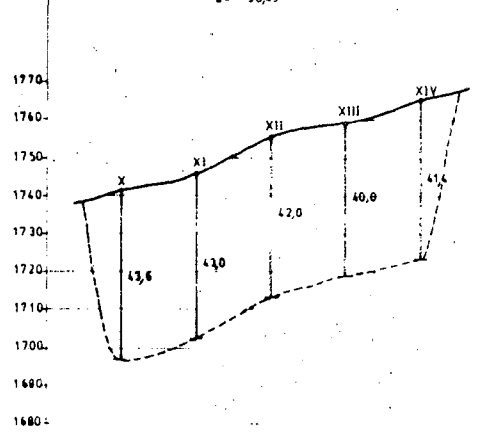
**LINEA 52**

S = 4760 m  
 a = 130,2  
 b = 30,5



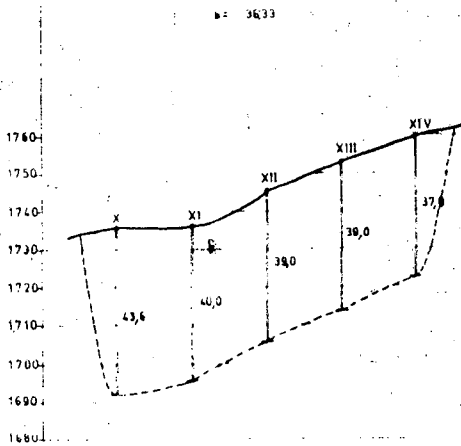
**LINEA 54**

S = 3880 m  
 a = 101  
 b = 38,45



**LINEA 56**

S = 36611 m  
 a = 101  
 b = 36,33



**LINEA 58**

S = 3280  
 a = 100  
 b = 32,8

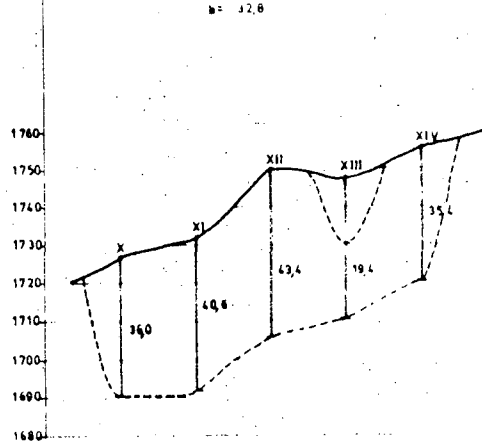
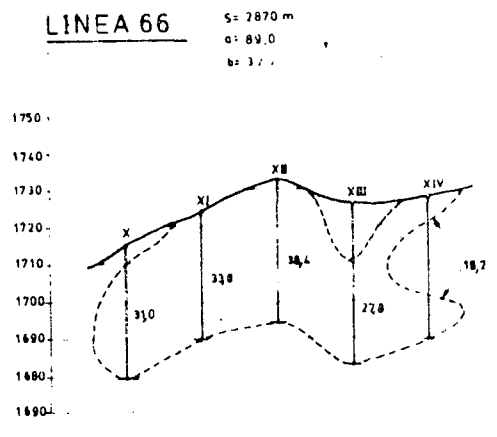
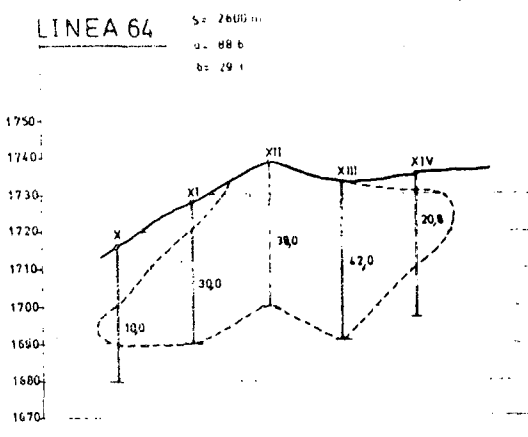
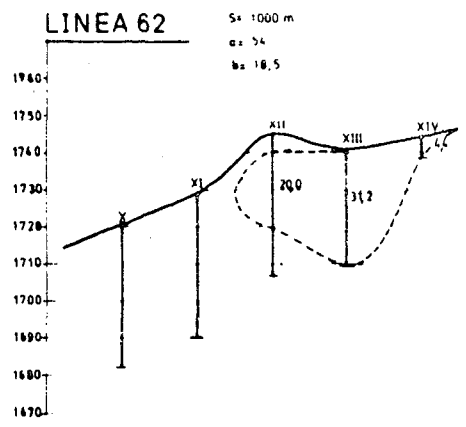
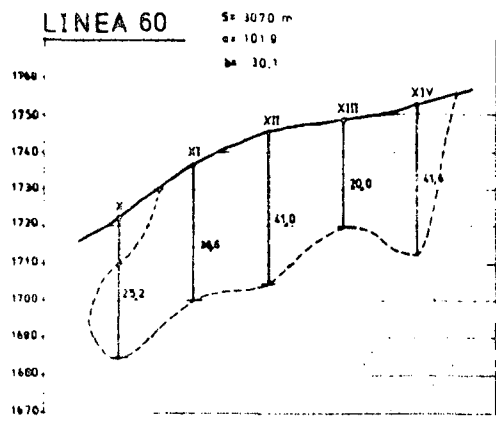
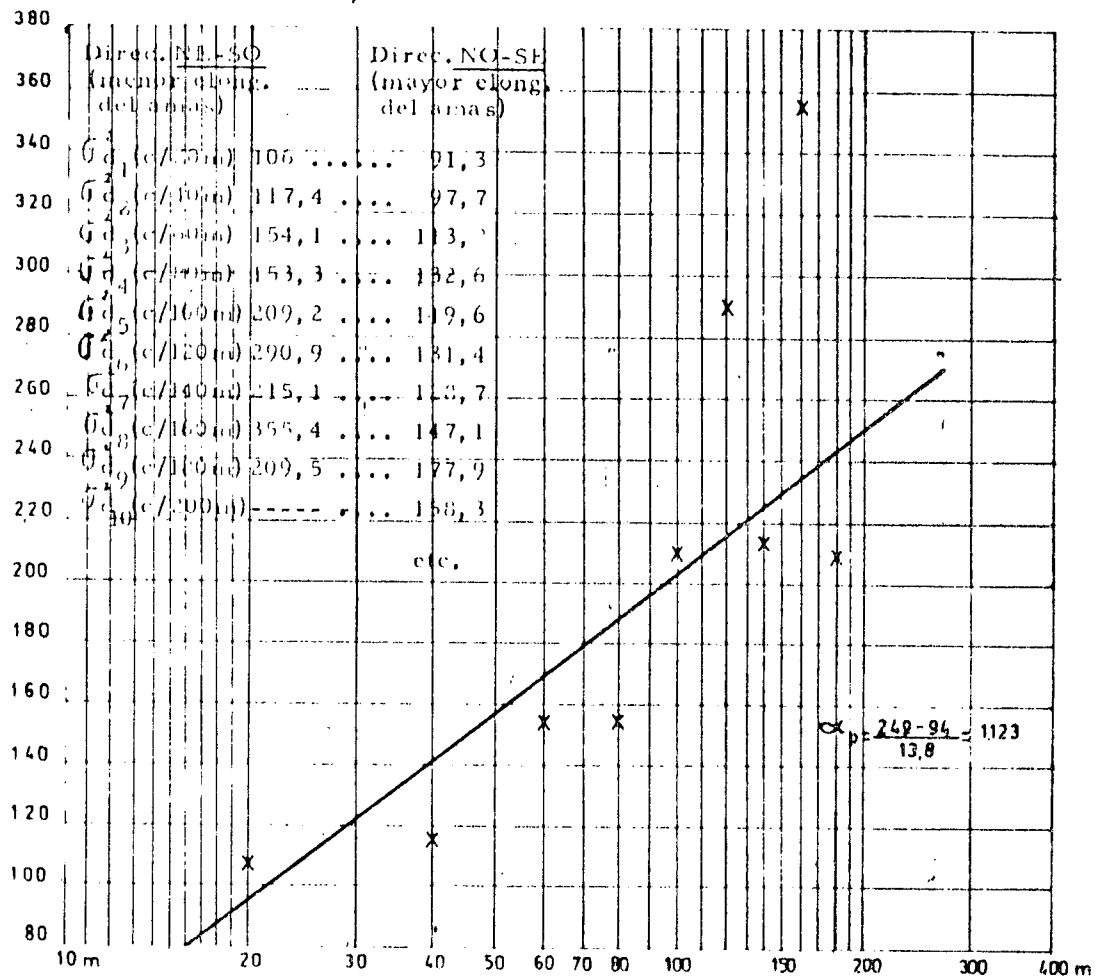


FIG. 10 i

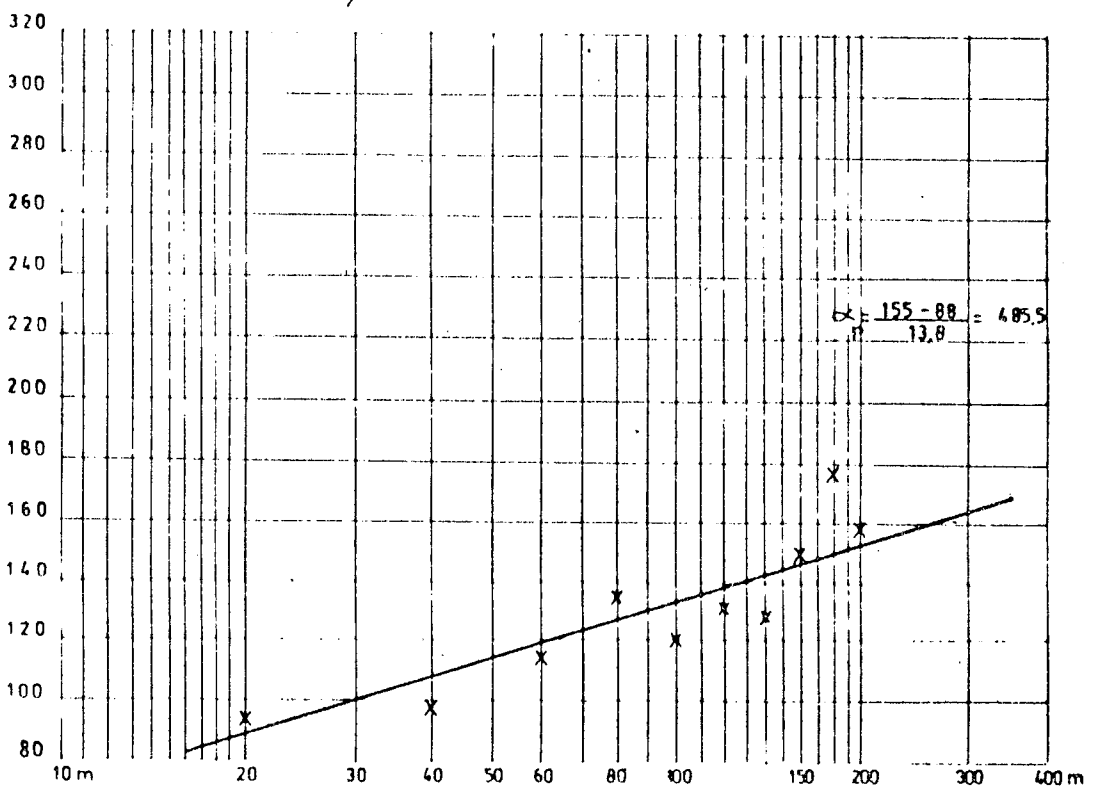


**VARIOGRAMA DE POTENCIAS MINERALIZADAS**

$\sigma_d^2$  Dirección NE-SO / menor elongación del amas.



$\sigma_d^2$  Dirección NO-SE / mayor elongación del amas.





# DIAGRAMA N° 2 (MATHERON)

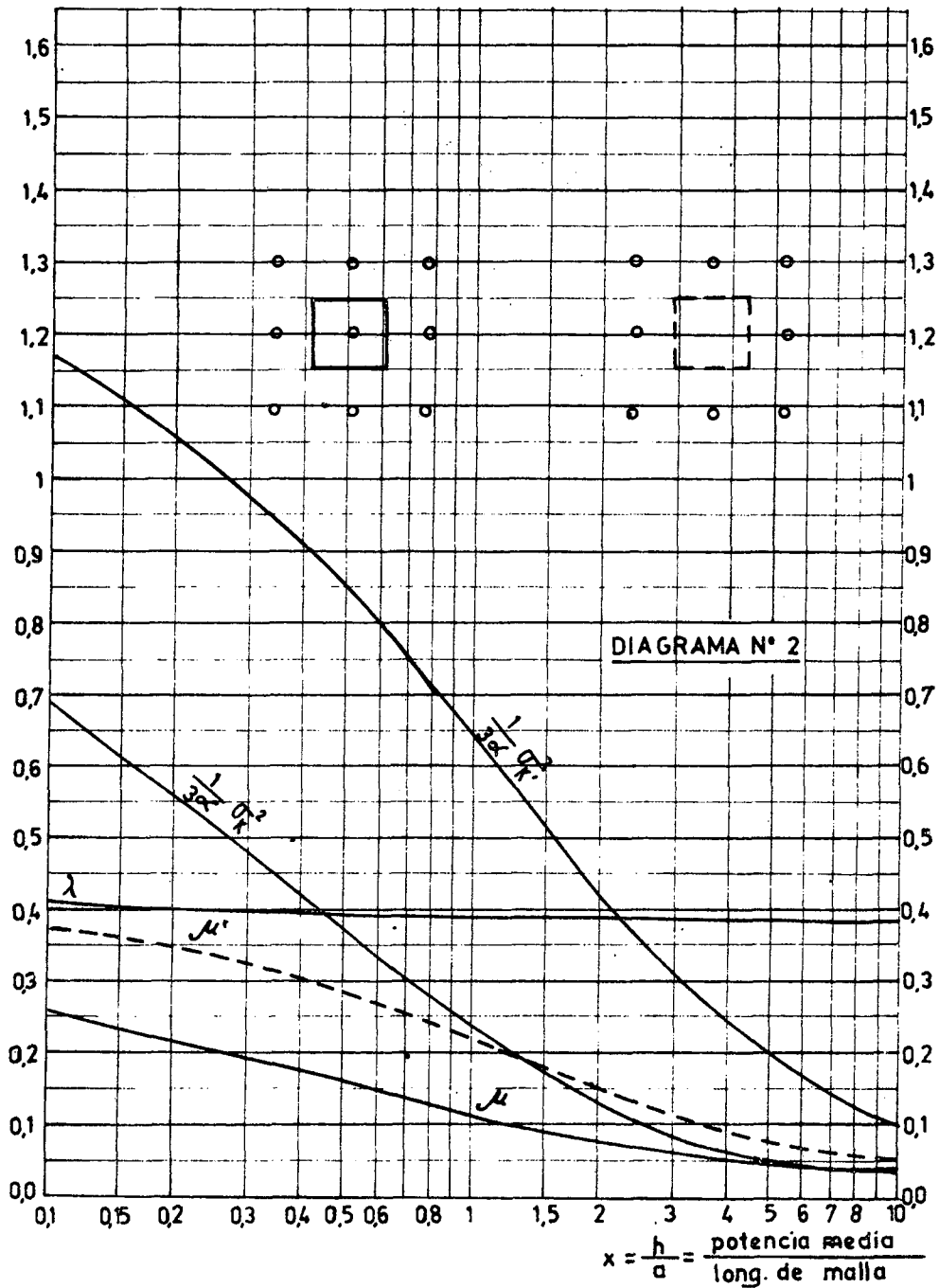
FIGURA 13

ESTIMADOR DEL TENOR DEL SOLIDO DE INFLUENCIA DE UN SONDEO POR MEDIO DE LOS DATOS CIRCUNDANTES. —

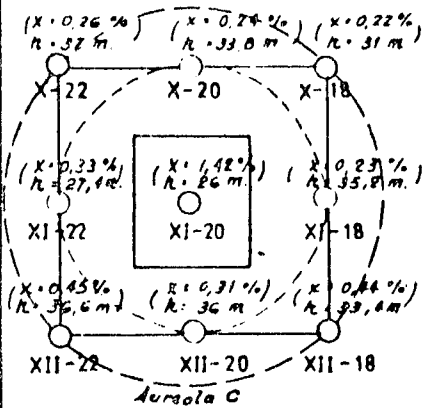
$$1) Z_{U_3 O_8} = (1 - \lambda - \mu) U + \lambda v + \mu w$$

2) PARA CASO DE SONDEO CENTRAL FALTANTE

$$Z'_{U_3 O_8} = (1 - \mu') v + \mu' w$$



Precisión  $\sigma_k^2 = \text{se deduce de } = \frac{\sigma_k^2}{3\mathcal{L}}$



Sondea XI-20

Yac. SCHLAGINTWEIT

Diagrama N° 2

$$z = (1 - \lambda - \mu)U + \lambda v + \mu w$$

h = 25,5      r = 1,775

a = 20

Cálculo de  $\lambda$  y  $\mu$

$\lambda = 0,39$

$\mu = 0,08$

h = 26 m

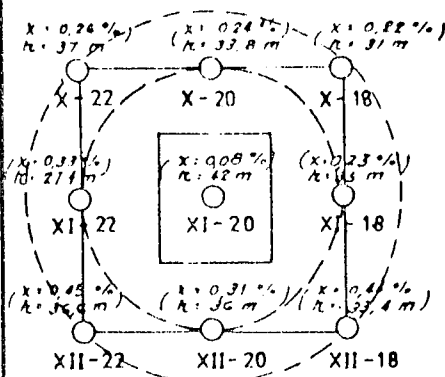
$U_3 \ O_8$	h
u = 1,42 ‰	h = 26
v = 0,275 ‰	$v_h = 32,9$
w = 0,345 ‰	$w_h = 34,7$

$$z_{U_3 \ O_8} = (1 - 0,39 - 0,08)1,42 + 0,39 \times 0,275 + 0,08 \times 0,345 = 0,88\text{‰}$$

$$h' = 29,4 \text{ m}$$

$$x_{U_3 \ O_8} = 0,88\%$$

$$z_h = (1 - 0,39 - 0,08) \times 26 + 0,39 \times 32,9 + 0,08 \times 34,7 = 29,4 \text{ m}$$



Sondea XI-20

Yac. SCHLAGINTWEIT

Diagrama N° 2

$$z = (1 - \lambda - \mu)U + \lambda v + \mu w$$

h = 35,5      x = 1,775

a = 20

Cálculo de  $\lambda$  y  $\mu$

$\lambda = 0,39$

$\mu = 0,08$

h = 42

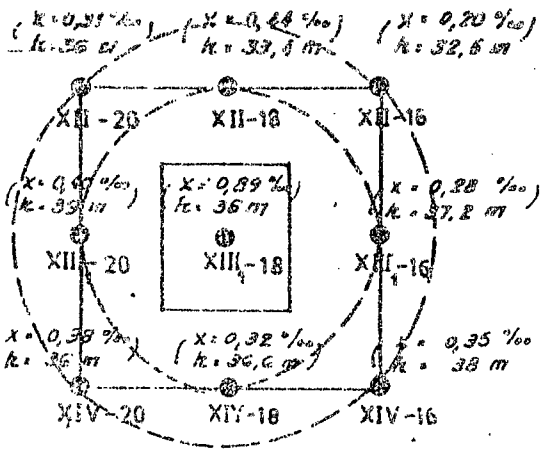
$U_3 \ O_8$	h
u = 0,08 ‰	h = 42
v = 0,275 ‰	$v_h = 32,9$
w = 0,345 ‰	$w_h = 34,7$

$$z_{U_3 \ O_8} = (1 - 0,39 - 0,08)0,08 + 0,39 \times 0,275 + 0,08 \times 0,345 = 0,14\%$$

$$h = 37,9$$

$$x_{U_3 \ O_8} = 0,14\%$$

$$z_h = (1 - 0,39 - 0,08) \times 42 + 0,39 \times 32,9 + 0,08 \times 34,7 = 37,9 \text{ m}$$



Sondeo XIII<sub>1</sub> - 18  
 Yac. SCHLAGINTWEIT  
 Diagrama N° 2

$$z = (1 - \lambda - \mu)U + \lambda v + \mu w$$

$h = 35,5 \text{ m}$   $x = 1,775$   
 $a = 20 \text{ m}$

CALCULO DE  $\lambda$  y  $\mu$

$U_3 0_8$	$h$
$u = 0,89$	$h = 36$
$v = 0,358$	$v_h = 36,4$
$w = 0,313$	$w_h = 36$

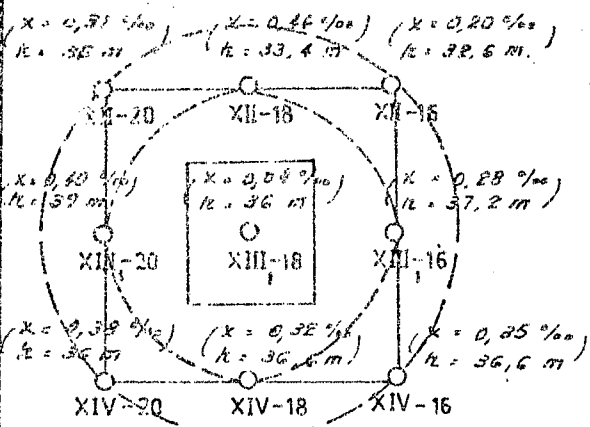
$\lambda = 0,39$   
 $\mu = 0,08$   
 $h = 36 \text{ m}$

$$z_{U_3 0_8} = (1 - 0,39 - 0,08)0,89 + 0,39 \times 0,358 + 0,08 \times 0,313 = 0,63 \%$$

$$z_h = (1 - 0,39 - 0,08)36 + 0,39 \times 36,4 + 0,08 \times 36 = 36,2 \text{ m}$$

$$h = 36,2$$

$$x_{U_3 0_8} = 0,63$$



Sondeo XIII<sub>1</sub> - 18  
 Yac. SCHLAGINTWEIT  
 Diagrama N° 2

$$z = (1 - \lambda - \mu)U + \lambda v + \mu w$$

$h = 35,5 \text{ m}$   $x = 1,775$   
 $a = 20 \text{ m}$

CALCULO DE  $\lambda$  y  $\mu$

$U_3 0_8$	$h$
$u = 0,04$	$h = 20$
$v = 0,358$	$v_h = 36,4$
$w = 0,313$	$w_h = 36$

$\lambda = 0,39$   
 $\mu = 0,08$   
 $h = 20 \text{ m}$

$$z_{U_3 0_8} = (1 - 0,39 - 0,08)0,04 + 0,39 \times 0,358 + 0,08 \times 0,313 = 0,19 \%$$

$$z_h = (1 - 0,39 - 0,08)20 + 0,39 \times 36,4 + 0,08 \times 36 = 27,7 \text{ m}$$

$$h = 27,7 \text{ m}$$

$$x_{U_3 0_8} = 0,19 \%$$