



GERENCIA DE PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD

REPO-11

C.N.E.A. Biblioteca

ARCHIVO PUBLICACIONES

CNEA-NT 40/85

NO

1

AÑO

1985

APLICACION DE TECNICAS GEOESTADISTICAS
AL ESTUDIO DE UNA FORMACION GRANITICA
DESTINADA A LA CONSTRUCCION
DE UN REPOSITORIO

Matar, J.A.; Girardi, J.P.;
Sarquis, M. M. de



COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
BUENOS AIRES - ARGENTINA

1985

REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
Dependiente de la Presidencia de la Nación
GERENCIA DE PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD*

REPO-11

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	Año 1985

CNEA-NT 40/85

APLICACION DE TECNICAS GEOESTADISTICAS
AL ESTUDIO DE UNA FORMACION GRANITICA
DESTINADA A LA CONSTRUCCION
DE UN REPOSITORIO

Matar, J.A.; Girardi, J.P.;
Sarquis, M. M. de

Este trabajo fue presentado en el "Seminar on the site investigation techniques and assessment methods for underground disposal of the radioactive wastes" realizado en Sofía, Bulgaria entre el 6 y el 10 de febrero de 1984.

* Casilla de Correo 40
1802 AEROPUERTO DE EZEIZA, Argentina

Buenos Aires
1985

INIS CLASSIFICATION AND KEYWORDS

E52.00

ARGENTINA
GRANITES
GEOLOGIC FORMATIONS
HIGH-LEVEL RADIOACTIVE WASTES
RADIOACTIVE WASTE DISPOSAL
REPOSITORIES (*)
SITE SELECTION
STATISTICAL DATA
UNDERGROUND DISPOSAL

(*) Not shown in INIS Thesaurus 1985.

APLICACION DE TECNICAS GEOESTADISTICAS
AL ESTUDIO DE UNA FORMACION GRANITICA
DESTINADA A LA CONSTRUCCION DE UN REPOSITORIO

Matar, J.A.; Girardi, J.P.; Sarquis, M.A. M. de
Instituto de Investigaciones Mineras
Universidad Nacional de San Juan

Resumen.

A fin de determinar la zona más apta para el emplazamiento de un repositorio nuclear en Sierra del Medio (Chubut - Argentina), la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) contrató una serie de trabajos de exploración superficial al Instituto de Investigaciones Mineras (IIM), Universidad Nacional de San Juan (UNSJ).

Para el estudio de la masa granítica se empleó la siguiente secuencia de investigaciones: fotointerpretación, análisis estadístico de alineaciones en fotogramas verticales, geofísica, reconocimiento geológico, perforaciones hasta 200 m de profundidad, control geológico - petrográfico, geomorfología, ciclo hidrogeológico, topografía de detalle y perforaciones hasta 600 m de profundidad. Esto permitió seleccionar áreas de menor diaclasamiento y densidad de accidentes geológicos. Se realizaron censos de diaclasas mediante mallas de muestreo que fueron densificándose progresivamente, extrapolándose los valores con el empleo de técnicas de geoestadística.

Como resultado de los estudios mencionados se preseleccionó un área de unos 12 km² para el correspondiente estudio de detalle.

En este trabajo se presenta el estudio geoestadístico de las características de fracturación de la roca en el área preseleccionada. Para esto se calculó geoestadísticamente la malla de estaciones muestrales. Estas suministraron los parámetros "Número de diaclasas por metro lineal" e "Índice de calidad de la roca en superficie".

La selección del área de menor fracturación de 600 x 1000 metros en el macizo de Sierra del Medio, se llevó a cabo mediante la representación geoestadística de las distintas variables consideradas. Finalmente, se propuso una primera planificación de las perforaciones para el estudio del cuerpo de interés de 1000 x 600 x 600 metros.

1. INTRODUCCION.

El objeto de este trabajo es seleccionar un sitio que cumpla con los requisitos exigidos en la instalación de un Repositorio de residuos radioactivos, aplicando geoestadística como técnica de extrapolación a valores de variables geológicas.

En los años 1980 y 1981 la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) contrató con la Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) la ejecución del censo de cuerpos plutónicos de la República Argentina y de este seleccionar los apropiados para emplazar repositorios (1) (2). De estos se tomó como primera alternativa al cuerpo conocido por el nombre de "Sierra del Medio" ubicado al norte de la provincia del Chubut, Argentina (figura 1).

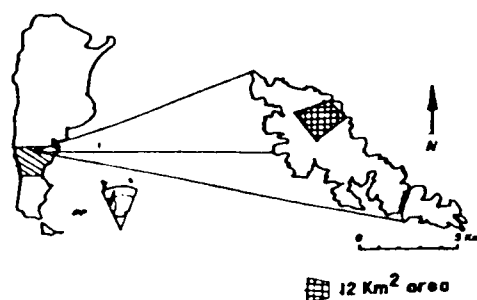


Figura 1: Croquis de ubicación

En el año 1982 la CNEA contrató al Instituto de Investigaciones Mineras (IIM)(UNSJ) una nueva serie de estudios para llevar a cabo la investigación detallada del cuerpo granítico de Sierra del Medio. Como resultado de esta, se seleccionó una zona de 12 km² con características petrográficas - estructurales favorables para emplazar el repositorio.

En un trabajo como el mencionado anteriormente, destinado a la ubicación de un repositorio se efectúa normalmente un estudio geológico de detalle que incluye: Fotointerpretación, Petrografía, Topografía, Geofísica, Hidrología y Perforaciones. Como resultado del análisis de las diversas variables así obtenidas, se delimitan las áreas más adecuadas para su ubicación.

Entre las metodologías conocidas actualmente para el tratamiento de estas variables, la geoestadística es la única que interpreta estadísticamente sus caracteres estructurales. Esto permite obtener además del valor de las mismas a partir de muestras vecinas, su precisión, siendo esta la óptima para su estimación.

Las discontinuidades estructurales son de fundamental importancia en la determinación de las propiedades mecánicas e hidráulicas de un macizo granítico, por lo tanto, su conocimiento es básico para la ubicación de un repositorio. De los estudios estadísticos realizados por este Instituto sobre fracturación de macizos graníticos se ha demostrado que esta variable responde a la propiedad dual típica de los fenómenos de la naturaleza, es decir, una componente determinística con una variabilidad asociada de tipo continua (utilizada por los métodos clásicos), además de la caoticidad inherente al fenómeno en cuestión.

La geoestadística en primer término permitió determinar la malla óptima de muestreo de fracturas. La metodología utilizada para lograrlo fue un proceso iterativo de análisis de mallas con diferentes densificaciones de información. Se encontró así, la precisión para cada una de las mallas propuestas hasta lograr aquella que satisficiera las exigencias de seguridad preestablecidas.

El resultado obtenido permitió conocer la zonificación de esta variable y determinar de esta manera un área con fracturación adecuada a los requerimientos exigidos en la solución del problema.

Los datos utilizados durante estas etapas fueron superficiales y su extrapolación en profundidad fue posible debido a la información geológica.

Determinada el área de fracturación adecuada se analizó la ubicación de perforaciones dentro de ella, empleando la información geológica y el análisis geoestadístico.

2. METODOLOGIA.

La metodología empleada en la determinación del área requerida, responde al siguiente esquema.

2.1. Obtención De Datos Para Definir La Grilla Final.

Se tomaron 28 estaciones, aproximadamente isodistanciadas, que suministraron los valores del número de diaclasas (N), como así también el espaciamiento entre ellas, para intervalos de 2 metros. En cada estación se efectuaron dos cintadas de 10 metros de longitud (L) cada una, normales a los rumbos de los dos sistemas principales de diaclasas que afectan al macizo.

Posteriormente, se ejecutó la malla definitiva de 122 estaciones. Así mismo, se desarrolló el estudio geológico de detalle y el relevamiento topográfico del área investigada.

La calidad de roca, desde el punto de vista mecánico, se midió con los parámetros N/L y RQDS. Este último se definió como el cociente de la longitud total del espaciamiento entre discontinuidades (mayor que 10 cm), por la longitud de la cintada. Se calcularon los valores de N/L y RQDS para cada cintada.

Posteriormente, a partir de esta información primaria, se obtuvieron distintas variables a ser analizadas.

Determinación de la malla de muestreo definitiva.

Una vez definida la precisión que se estableció para el conocimiento de las variables consideradas. Se propusieron distintas formas y densificaciones de mallas, lo que condujo a la ubicación de las estaciones a ser muestreadas. Este análisis se llevó a cabo sólo con el parámetro N/L.

Histogramas de las variables N/L y RQDS.

El patrón de distribución determinado, al que responden los muestreos obtenidos de N/L y RQDS, fue utilizado en la selección del tipo de semivariografía de éstos.

A partir de la histograma de N/L la aplicación del criterio chi-cuadrado permitió evaluar el ajuste a la distribución resultante.

También en este punto se muestra la correlación entre los parámetros N/L y RQDS.

Semivariografía de N/L y RQDS.

Para realizar la representación geoestadística de las variables empleadas en este estudio, se obtuvieron los modelos de variabilidad de las semivariografías experimentales correspondientes.

Estos se estimaron considerando los rumbos N-S, NE-SO, E-O y NO-SE.

A fin de determinar la confiabilidad de la semivariografía de N/L a ser utilizada en la determinación del área de menor diaclasamiento, se procedió a aplicar el método Re-Use.

Determinación del área de mínima fracturación.

La determinación del área de mínima fracturación se basó en las estimaciones efectuadas mediante krigage de los valores medios de las variables empleadas, para las unidades de superficie en que se supuso dividida la zona muestreada. Simultáneamente se analizó la información geológica de deta-

lle, que permitió establecer la confiabilidad del modelo geoestadístico del área investigada.

Finalmente se investigaron tres configuraciones alternativas para la ubicación de cuatro o cinco perforaciones a ser ejecutadas a fin de obtener una primera representación del volumen de interés (600 x 1000 x 600 m).

Los cálculos correspondientes a esta metodología se realizaron en un sistema de computación IBM 4341, de la Universidad Nacional de San Juan.

2.2. Obtención del area de 600 x 1000 metros.

2.2.1. Determinación de la malla de muestreo definitiva.

Se contó con una malla primaria de 28 estaciones, de unos 1000 metros según la dirección norte-sur por 350 m según la dirección E-O. Se utilizaron para este estudio únicamente los valores de N/L tomando separadamente los de cada cintada con el objeto de contar con mayor información.

Los parámetros de la malla definitiva se obtuvieron de acuerdo con el criterio que el tamaño y orientación de la grilla propuesta están relacionados con la precisión establecida para la variable bajo consideración y su correspondiente semivariografía.

Tamaño de la malla.

Para definir el tamaño de la malla propuesta, se obtuvo primeramente la semivariografía de la variable N/L. Suponiendo una distribución lognormal para dicha variable, se consideró el variograma de tipo relativo local. Esto fue corroborado por el análisis estadístico realizado con el muestreo definitivo.

En la figura 2 se muestran los semivariogramas experimentales, con la correspondiente elipse de alcance. El alto valor obtenido del efecto pepita se debe a que la distancia mínima de la malla primaria es grande para "detectar" estructuras de variabilidad de dimensiones menores presentes en el área bajo estudio.

De acuerdo a los valores de alcance obtenidos, 1.900 por 760 metros, una malla de 500 por 175 metros resultó adecuada para la interpretación de los semivariogramas contruidos sobre la misma. A fin de evaluar la adecuación de este tamaño a los requerimientos de precisión establecidos (20%), se propusieron unidades de área de 150 por 50 metros, según las direcciones N-S y E-O, los cuales originaron desviaciones típicas relativas del orden de la precisión mencionada.

Se puede observar que el mínimo σ_k se obtiene para la malla B, densificada según la dirección N-S. Esto indica que en esta dirección la variabilidad es mayor que en las otras, ya que la densificación disminuye en mayor proporción al σ_k correspondiente a la malla primaria (figura 3).

Como la variabilidad es mayor según N-S y como ha sido tomada una transición total constante, consecuentemente el alcance es mayor en esa dirección (figura 2) y se llega así a un ángulo de anisotropía de alcance $\alpha = 0^\circ$.

Los ángulos de anisotropía de alcance obtenidos, $\alpha = 45^\circ$, 15° y 0° , permitieron asignar a la malla propuesta el ángulo $\alpha = 0^\circ$, manteniéndose así la orientación de la grilla de partida ($\alpha = 0^\circ$).

Como conclusión de este estudio, se propuso una malla de 500 por 175 metros, según las direcciones N-S y E-O, respectivamente.

2.2.2. Análisis estadístico de las variables N/L y RQDS.

A fin de determinar el tipo de distribución al que obedecen los muestreos de N/L y RQDS, se comenzó por clasificarlos mediante las correspondiente histogramas (figura 5).

Se emplearon sólo los valores provenientes de 100 estaciones, disponibles en esta etapa del trabajo.

La distribución de N/L responde aceptablemente a un patrón lognormal (fig.5). La presencia de frecuencias altas en la histograma de RQDS para valores por debajo del 50% se explica en parte por la reducción de éstos debido a que los intervalos entre discontinuidades menores de 10 cm, no son considerados en el cálculo de este parámetro. Además, otras fracciones de cintada son ignoradas en el cálculo de RQDS por la potencia de las discontinuidades, algunas de las cuales son afectadas por factores ajenos al mecanismo de fracturación (erosión). En la figura 5 se ha superpuesto en el histograma de RQDS una distribución lognormal rebatida según el eje vertical.

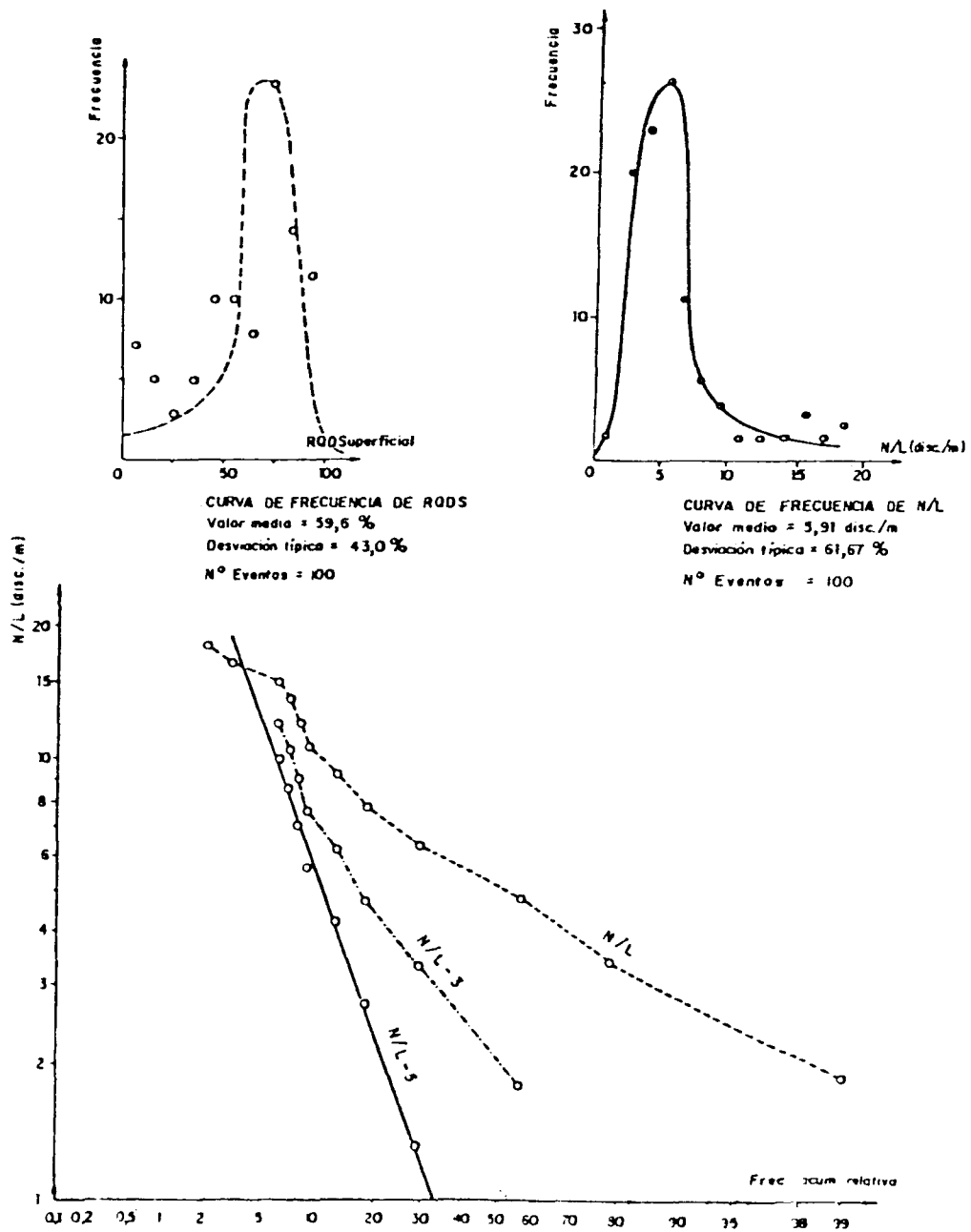


Figura 5: Análisis de lognormalidad de N/L y dos de sus correcciones.

2.2.3. Índice de significación de lognormalidad.

La aplicación del criterio χ^2 cuadrado a los valores de frecuencia relativa acumulada de N/L , permitió evaluar la confiabilidad de considerar al mismo regido por una ley lognormal. Se dibujaron dichos valores en un gráfico probabilístico - logarítmico, en el cual la distribución lognormal está representada por una recta. En un primer intento, con un ajuste pobre a una recta. Por esta razón, afin de mejorarlo se agregó un tercer parámetro a la distribución (la adición de una constante a la variable N/L). De la consideración de dos alternativas resultó la constante "5" que condujo a un buen ajuste a una recta. A continuación se procedió a interpretar este ajuste con el criterio χ^2 cuadrado. Para esto se determinó el alejamiento de los puntos experimentales respecto de la recta representativa de los mismos, obtenida por cuadrados mínimos. Se llegó así a un índice de significación del 97%.

De acuerdo con estos resultados las muestras provenientes de N/L dan un efecto proporcional válido.

2.2.4. Correlación entre los parámetros N/L y RQDS.

Finalmente se muestra la correlación existente entre los 122 valores de N/L y RQDS (fig.6). De la observación de la misma se deduce una cierta dependencia entre ambos parámetros, notándose una extensión de la nube de correlación hacia los valores altos de N/L y RQDS. Esto se origina por la definición del parámetro RQDS y por el espaciamiento entre diámetros (ver 3.2).

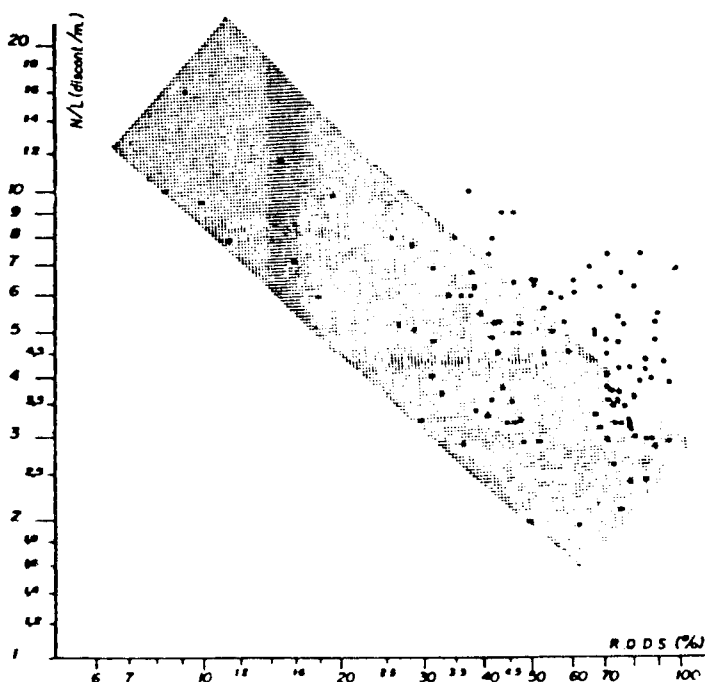


Figura 6: Correlación entre los valores de N/L y R.Q.O.S.

2.3. Obtención del área de mínima fracturación.

En la obtención del área de mínimo diaclasamiento se procesó toda la información existente proveniente de 122 estaciones muestrales.

Se consideraron los parámetros N/L y RQDS. Las medias de ambos valores lineales fueron tomadas para estas variables.

Como la variable muestreada N/L se pudo ajustar claramente a una única ley de tipo lognormal, esto permitió aceptar que los valores fueran ubicados en un mismo plano horizontal, a pesar de la diferencia existente entre sus cotas.

2.3.1. Semivariografías de N/L y RQDS.

En la obtención de los semivariogramas experimentales de N/L y RQDS se consideraron los rumbos N-S; NE-SO; E-O y NO-SE.

Se trabajó con la variable N/L en lugar de hacerlo con N/L-5 (ver 3.2), no obstante las características de lognormalidad de esta última. Esto se debió al hecho que la sustracción de la constante redujo notablemente la información a ser tratada, con los consiguientes inconvenientes para establecer la semivariografía correspondiente.

En las figuras 7 y 8 se muestran los semivariogramas experimentales de N/L y RQDS, juntamente con las correspondientes elipses de alcance y transición total.

Se consideraron los de tipo rotativo local por el aceptable ajuste del parámetro de N/L a una distribución lognormal y la correlación existente entre N/L y RQDS (ver 3.2.).

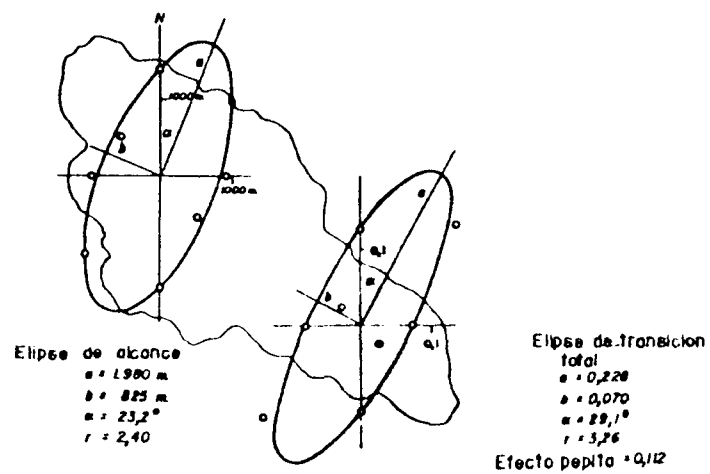
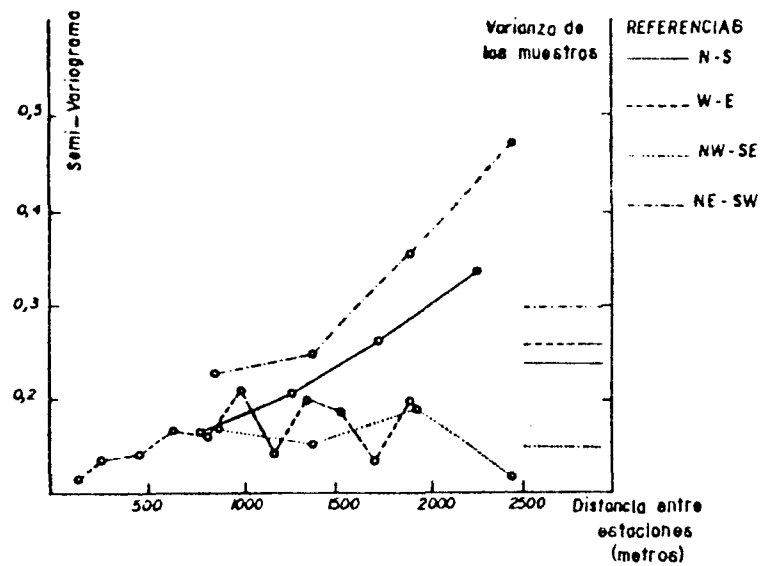


Figura 7: Semivariografía de N/L considerada para la zona de mínima fracturación.

La información de semivariografía se introdujo en el operador krigage mediante un esquema de tipo lineal.

$$\begin{aligned} \gamma(h) &= C_0 + (C/a) \cdot h && \text{para } h < a \\ \gamma(h) &= C_0 + C && \text{para } h > a \end{aligned}$$

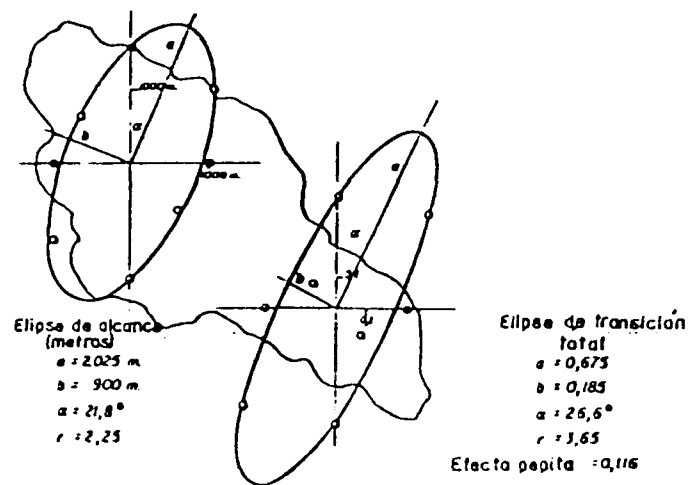
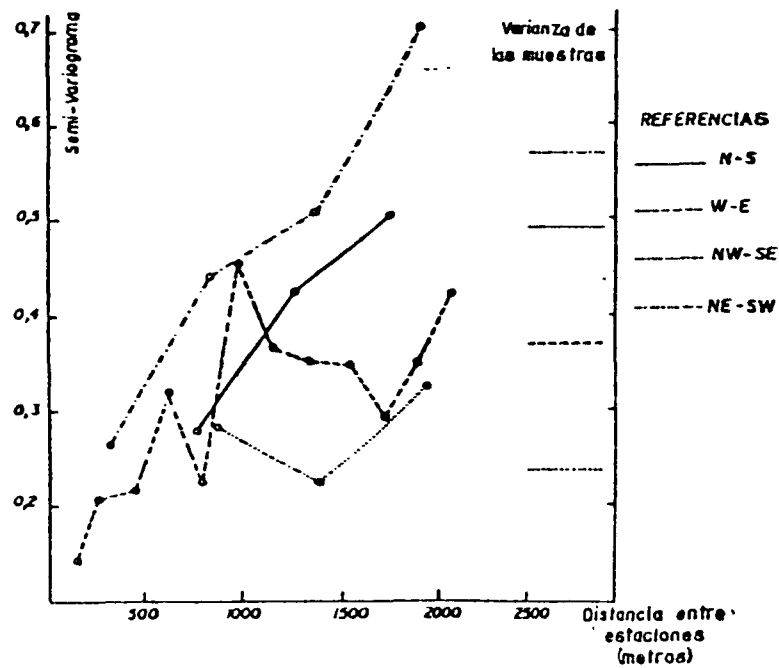


Figura 8: Semivariografía de R.Q.D.S. considerada para la zona de mínima fracturación.

En un primer intento de asignar con krigage valores medios de N/L a las unidades de áreas supuestas (rectángulos de 150 x 150 metros, ver 3.1.1.) se obtuvieron algunos valores negativos de estimación de N/L y/o de desviaciones típicas de krigage, en el rango de valores pequeños de los mismos. El origen de estos inconvenientes fue atribuido a la alta relación entre los semiejes de la elipse de transición total correspondiente. Se disminuyó dicha relación (tabla 1) corrigiéndose el problema mencionado.

Elipse de alcance (metros) $a = 1.980$ $b = 825$ $\alpha = 23,2^\circ$

Elipse de transición total: $a = 0.228 \times 0.9 = 0.205$
 $b = 0.070 \times 1.1 = 0.077$
 $= 29,1^\circ$
 $r = a/b = 2,66$

Tabla 1: Semivariografía modificada de N/L. Efecto pepita
 $C_0 = 0.112$.

El mismo comportamiento anormal aparece para RQDS, el que fue resuelto con semivariografía mostrada en la tabla 2.

Elipse de alcance (metros: $a = 2.025$ $b = 900$ $\alpha = 21,8^\circ$

Elipse de transición total: $a = 0.675 \times 0.8 = 0.540$
 $b = 0.185 \times 1.2 = 0.222$
 $= 26,6^\circ$
 $r = a/b = 2,43$

Tabla 2: Semivariografía modificada de RQDS. Efecto pepita
 $C_0 = 0.116$.

Validez de la semivariografía. (Método Re-Use).

Prevía utilización de las semivariografías en la selección del área de mínimo diaclasamiento, se llevó a cabo un control sobre las mismas, a fin de determinar la confiabilidad de sus representatividades.

Esto se realizó mediante la aplicación del método Re-Use, el cual permite obtener información estadística de las diferencias entre los valores muestrales y las correspondientes estimaciones con krigage (ver tabla 3).

Parámetro	$R = \sigma/\sigma_k$	Asimetría	Meseta	N° de muestras
N/L	1,68	- 1.17	4.58	120
RQDS	2.49	0.102	-0.34	116

σ = desviación típica de P_1 .

P_1 = estimación de los valores de las variables mediante krigage.

σ_k = Desviación típica media del krigage.

Tabla 3: Aplicación del método Re-Use a las semivariografías modificadas de N/L y RQDS.

De la tabla 3 se deduce que el valor de R de N/L es aproximadamente mayor en 1 que su correspondiente de RQDS (el valor R vecino a 1, otorga una mejor representatividad de la variabilidad de las muestras para el modelo de semivariografía).

N/L presenta una asimetría como consecuencia de usar la constante "5" como adición de los parámetros (ver 3.2.). También N/L muestra una meseta (definida en -3) más alta que la de RQDS.

2.3.2. Selección del área.

La selección de las áreas unitarias para los valores de N/L y RQDS y sus correspondientes desviaciones típicas fueron estimados mediante krigismo (ver 3.1.).

Los mínimos y máximos valores de N/L y RQDS respectivamente, afectados por el menor error de estimación, resultaron del análisis de las curvas de isovalores de la media y la desviación típica.

Las curvas correspondientes a 5 diacclas por metro y 55% de RQDS, afectadas de un error máximo de 25% y 30% respectivamente se muestran en la figura 9.

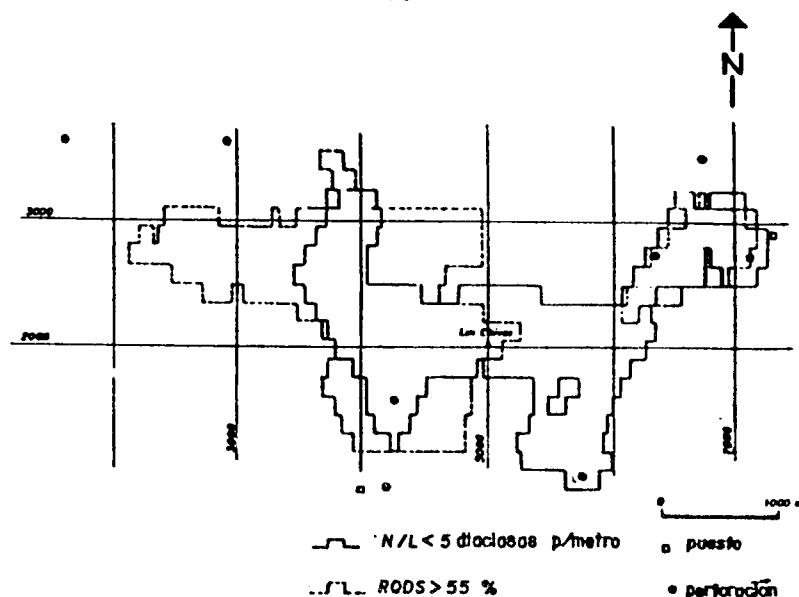


Figura 9: Curvas de isovalor de $N/L = 5$ diaclasas por metro y $R.Q.D.S. = 55\%$.

Debido a que el parámetro N/L es un representante adecuado de las características físicas de la roca, se utilizó junto con la información geológica para seleccionar el área de menor fracturación, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- La histografía de RQDS muestra valores de frecuencia anormalmente altos después del 50% (ver 3.2).
- El parámetro N/L representa las características de fracturación exactamente, como se comprueba en las zonas altamente falladas (ver 3.2).
- El parámetro N/L muestra un mejor ajuste de los valores muestrales con el método Re-Use (ver tabla 5).
- En la figura 9 se observa, que el parámetro N/L brinda una representación más real de la calidad de roca, ya que en el sector nor-oeste del Cerro Las Chivas, existe una zona altamente fallada y la curva de RQDS no la detecta.

La figura 10 muestra la curva de isovalores de 5 diaclasas por metro, afectada por un error del 25 %. El error elegido afecta a la curva de estimación a lo sumo en una diaclasa por metro. De esta manera el área resultante con las dimensiones requeridas de 600 x 1000 metros, posee una buena calidad de roca.

Es notable la correspondencia existente entre el modelo geoestadístico de N/L y las características petrográficas de la roca. Las diferencias litológicas se ven aceptablemente reflejadas por el modelo.

También se ha observado una clara correlación entre el N/L superficial obtenido mediante la geoestadística y el N/L de los primeros metros de perforaciones de 200 m realizadas en el área.

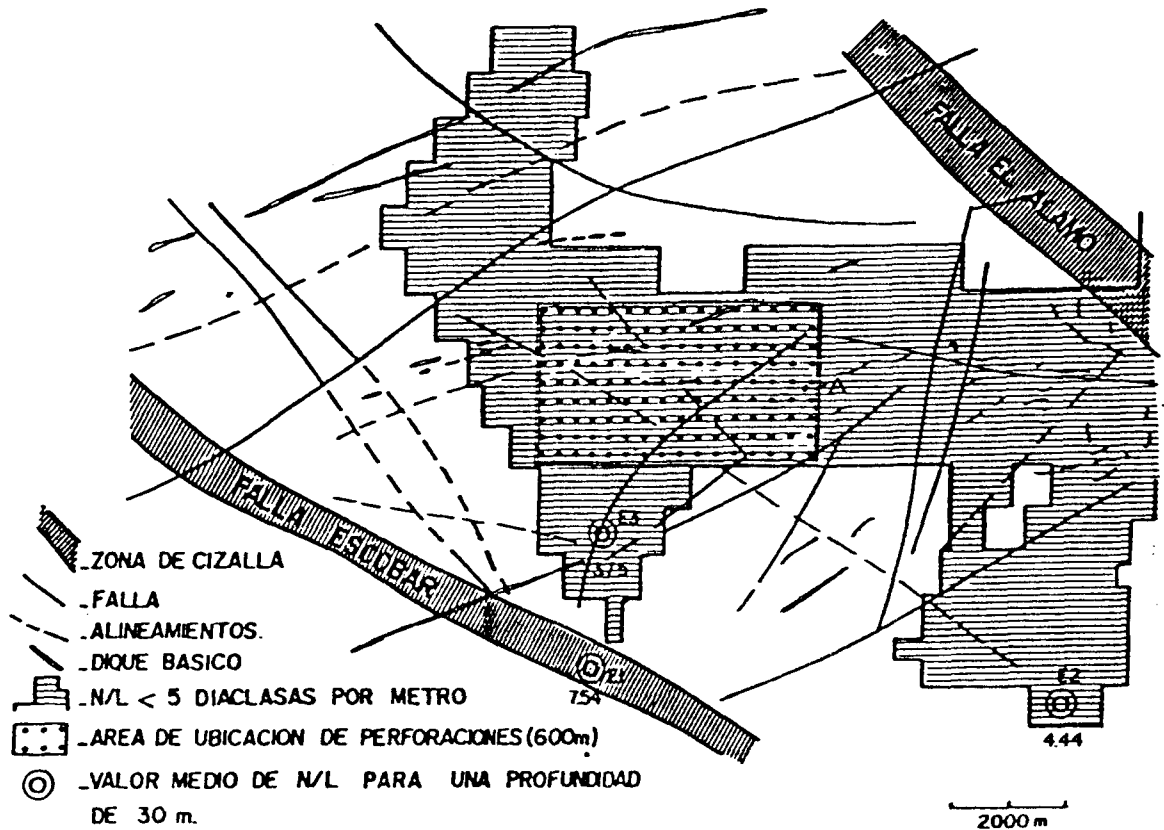
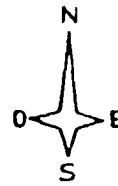
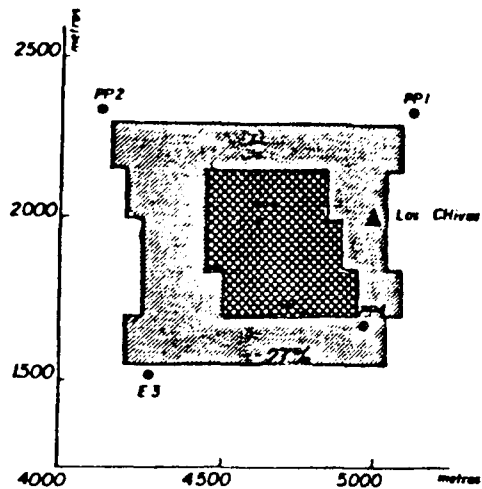


Figura 10: Correlación entre las características geológicas y el modelo geoestadístico de N/L.

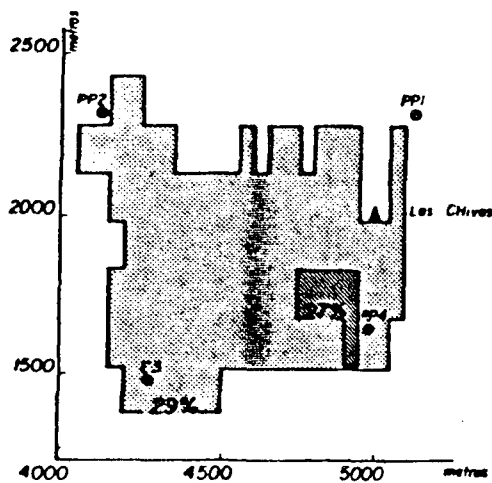
2.4. Ubicación de perforaciones en el área de mínima fracturación.

Teniendo en cuenta el modelo de variabilidad del parámetro N/L aplicado en superficie, se propuso una grilla de cuatro perforaciones (de unos 600 metros de profundidad). Para esto se analizaron distintas configuraciones de perforaciones con el método empleado en la proposición de la grilla de muestreo densificada. Esto condujo a que una configuración de tipo rectangular, con la mayor dimensión en sentido E-O es la que suministraría la mejor información del cuerpo a ser muestreado.

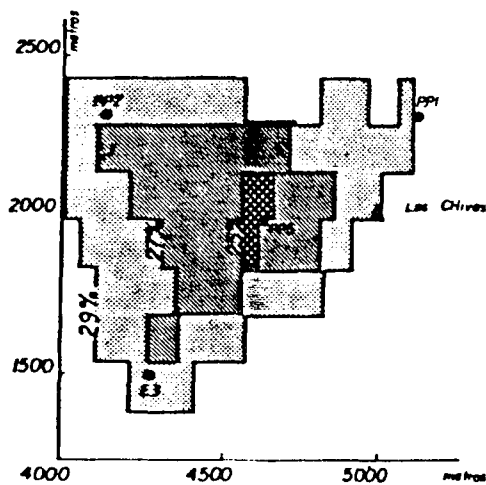
Una vez definida la forma de la grilla de perforaciones profundas, se plantearon tres alternativas de configuración (dos de cuatro perforaciones y una de cinco), para cada una de las cuales se estimó geoestadísticamente la precisión con que se conocería el valor medio de N/L en bloques de 150 x 50 metros por algunos metros de profundidad. En la



CONFIGURACION a



CONFIGURACION b



CONFIGURACION c

Precisión < 25 % 
 25% ≤ Precisión < 27% 
 27% ≤ Precisión < 29% 

Figura 11: Configuraciones propuestas para la grilla de perforaciones.

figura N° 11 se muestran las curvas de isovalores de los errores de estimación para las configuraciones citadas, de donde surgen las siguientes conclusiones.

- a) Desde el punto de vista de la precisión de las estimaciones, la observación de a y b en figura N° 11 muestra la no relevancia de la presencia de la perforación central.
- b) En el caso de requerirse la construcción de los modelos geoestadísticos tridimensionales de los parámetros muestreados, se hace imprescindible contar además con la información muestral de todo el entorno (cuatro vértices, con otra perforación que suministre información de la parte central del cuerpo, ver alternativas a y c de la figura 11). Esto permitirá conjuntamente con la información geológica de profundidad que se obtenga, llegar a elaborar un aceptable modelo del cuerpo de interés.

BIBLIOGRAFIA.

- 1) Perucca, J.C. y otros. "Investigación sobre antecedentes de cuerpos intrusivos graníticos de la República Argentina". San Juan, Argentina, Univ. Nac. de San Juan-Instituto de Investigaciones Geológicas, 1980.
- 2) Universidad Nacional de San Juan-Instituto de Investigaciones Mineras (Argentina). "Investigación detallada del intrusivo plutónico discordante del tipo batolítico denominado Sierra del Medio". En preparación.
- 3) Kirge, D.G. "On the departure of ore value distributions from the lognormal model in South African gold mines". J.S. Afr. Inst. Min. Metall. vol. 61: 62-63, 1960.

- REP01 - Beninson, D.; Migliori de Beninson, A.
"Radiological impact of radioactive waste management"
- REP02 - Lucero Michaut, H.
"Aplicación de la geoestadística a la resolución de problemas estructurales en macizos rocosos homogéneos"
- REP03 - Ventura, M.; Ferreri, J.C.
"Evolución temporal de un macizo granítico bajo cargas térmicas generadas por productos de fisión"
- REP04 - Ventura, M.; Ferreri, J.C.
"Evolución temporal de un macizo granítico bajo cargas térmicas generadas por productos de fisión (estudio paramétrico)"
- REP05 - Beninson, D.
"Radioactive emissions and radiation exposures resulting from nuclear power production"
- REP06 - Beninson, D.; Lindell, B.
"Application of ICRP recommendations to radioactive waste isolation"
- REP07 - Migliori de Beninson, A.; Cancio, D.
"Impacto radiológico de la gestión de residuos radiactivos del Programa Nuclear Argentino"
- REP08 - Migliori de Beninson, A.; Palacios, E.
"Política en materia de gestión de desechos y su aplicación en Argentina"
- REP09 - Palacios, E. y otros.
"Bases conceptuales para la construcción de un repositorio en la Argentina"
- REP010- Palacios, E. y otros.
"Estudios para la selección del emplazamiento de un repositorio en Argentina"
- REP011- Matar, J.A.; Girardi, J.P.; Sarquis, M.A. M. de
"Aplicación de técnicas geoestadísticas al estudio de una formación granítica destinada a la construcción de un repositorio"
- REP012- Ferreri, J.C.; VENTURA, M.
"Numerical aspects of the study of the regional thermal impact of a radioactive waste repository"
- REP013- Ferreri, J.C.; Caballero, C.H.
"Difusión de calor a partir de una fuente plana rectangular finita"
- REP014- Beninson, D.; González, A.J.
"Radiological protection criteria for radioactive waste repositories"
- REP015- Palacios, E.; Ferreri, J.C.
"Marco conceptual para el desarrollo de los modelos de predicción de los efectos locales de un repositorio de residuos radiactivos de alta actividad"
- REP016- Ferreri, J.C.; Ventura, M.
"Aspectos numéricos del modelado de los efectos locales de un repositorio de residuos radiactivos de alta actividad"
- REP017- Beninson, D.
"Criterios de radioprotección en el caso de eventos disruptivos probabilísticos"
- REP018- Ferreri, J.C.; Grandi, G.
"Models for the study of the local effects produced by a high-level radioactive waste repository"

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
Gerencia Protección Radiológica y Seguridad

	Domicilio Postal Postal Address	Télex	Facsimil	Teléfono
Sede Central (Main Headquarters)	Av. Libertador 8250 1429 - Buenos Aires Argentina	21388 PREAT AR	701 - 2431 (int. 248) (ext.)	701 - 2431
Centro Atómico Ezeiza Ezeiza Atomic Center	Casilla de Correo 40 1802 - Aeropuerto Ezeiza Argentina	18079 CAE AR	620 - 0480	820 - 0160