

La Universidad de La Habana y el Ministerio de Educación Superior tienen el placer de convocar al Primer Taller de Bibliotecas Universitarias de América Latina y el Caribe, que se celebrará del 20 al 24 de octubre de 1987, en la propia Universidad de La Habana.

Este primer taller se propone facilitar el análisis colectivo de los problemas que afrontan los flujos informativos entre las bibliotecas universitarias de la región y la búsqueda de soluciones a la luz de las nuevas tecnologías.

LAS TEMATICAS A TRATAR SON:

- Lenguaje de búsqueda informativa
- Formatos bibliográficos en portadores magnéticos
- Elaboración de bases de datos
- Evaluación de hardware y software
- Organización de sistemas y servicios bibliotecarios
- Actividad editorial universitaria
- Formación de usuarios, especialistas y técnicos de información

ACTIVIDADES

- Disertaciones
- Conferencias sobre temas actuales
- Mesas redondas
- Sesiones técnicas para la presentación y discusión de ponencias orales y carteles (posters)
- Cursos posevento

CORRESPONDENCIA

Lic. Hilda Sosa Saura  
SECRETARIA EJECUTIVA  
DIRECCION DE INFORMACION CIENTIFICO TECNICA  
Universidad de La Habana, Habana 4, Cuba  
Telex: 051-2210      Teléfono: 7-5573

CDU: 550.8.013:553.31 (729.16)

DETERMINACION DE LAS REDES OPTIMAS PARA LA PROSPECCION GEOLOGICA EN LOS  
YACIMIENTOS FERRONIQUELIFEROS DE NICARO

Ing. Adis Rodríguez Cardona. Empresa de Geología Santiago de Cuba.  
Premio del Segundo Encuentro Científico Técnico del Níquel.

RESUMEN

Se propone la metodología para determinar las redes óptimas en la prospección geológica de los yacimientos ferroniquelíferos cubanos, particularizando los cálculos en Martí y Pinares de Mayarí, del área Nicaro.

Valorando de forma independiente las redes que caracterizan a los elementos útiles (Fe, Ni) y a los nocivos ( $SiO_2$ , MgO), partiendo de que ellos determinan el parámetro fundamental del proceso metalúrgico, aplicando métodos de la Geología Matemática, se calcula la variabilidad horizontal y el error relativo por tipos tecnológicos escombros, limonita y serpentina, proponiendo las redes óptimas para cada estado.

Es factible aplicar este método al resto de los yacimientos, ya que se logra una mayor veracidad de los datos geológicos y un aporte económico significativo.

ABSTRACT

In this work, it is proposed a methodology to determine the optimum networks in the geological prospecting of Cuban ferronickeliferous deposits, particularizing estimates of "Martí" and "Pinares de Mayarí" potentials within the Nicaro area.

By independently appraising the networks that characterize profitable (Fe, Ni) and nonprofitable ( $SiO_2$ , MgO) elements, it is estimated both the horizontal variability and the relative error according to the technological state: waste, limonite and serpentine, establishing the optimum networks for each state.

It is a feasible to apply this method to the rest of the deposits, since it represents an economic achievement, and it also adds higher reliability to geological data.

El presente trabajo es la síntesis de una larga investigación dedicada al estudio de las redes para los trabajos de prospección en las menas ferroniquelíferas cobálticas de los yacimientos Martí y Pinares de Mayarí, ubicados al noreste de la provincia Holguín. La investigación surge buscando respuestas a las inquietudes de los técnicos vinculados a esta actividad, debido a las fluctuaciones de la calidad del mineral en la industria, cuyas verdaderas causas se desconocen. Nuestro criterio es que el factor esencial que determina esta situación es la red no argumentada técnicamente.

Las áreas objeto de estudio conforman la base de materia prima actual de la Empresa Comandante René Ramos Latour (E.C.R.R.L.) de Nicaragua. Tomamos 19 bloques experimentales que reúnen las características más generales, se calcularon por el método analítico los errores cualitativos de las variables aleatorias, potencia, contenido de hierro y níquel etc, dando tratamiento cualitativo previo a los datos a procesar, no incluyendo grupos complejos como el I y VII de Martí porque requieren una valoración particular. Para este método se utilizaron los resultados de aproximadamente 1 500 pesos minerales, empleando la computación en el cálculo por bloques.

Consideramos una novedad del trabajo el calcular de forma independiente las redes óptimas para cada horizonte tecnológico, lo que res-

ponde al interés de caracterizar en forma representativa todas las menas, según los requisitos industriales actuales para cada estadio de la prospección geológica, incluyendo la exploración de explotación.

El tema de las redes óptimas ha sido tratado por varios autores, resaltando por su profundidad el realizado por el Dr. Jan Duda [ 2 ] el cual demuestra que el método analítico refleja resultados confiables es económico y operativo. Es evidente que de la magnitud de la variabilidad depende la densidad en la red de esta, la exactitud de los trabajos de prospección, por lo cual calculando el error relativo de las redes actuales y comparándolo con los valores admisibles medios por categorías, es posible proponer redes técnicamente argumentadas.

Generalmente la explotación minera se realiza en categoría B, y sólo cuando el coeficiente de mineralización es menor de 60 % se realiza categoría A. La figura 1 muestra el comportamiento de los principales elementos químicos estudiados en la corteza de intemperismo ferroniquelífera, presentando en el horizonte tecnológico de escombros los mayores contenidos de hierro, y un contenido de níquel menor del 1 % , con concentraciones mínimas de sílice y magnesio. En la secuencia típica continúan las limonitas con sus menas LB, también ricas en hierro (mayor de 35 %) y níquel mayor de 1 % , constituyendo el pri-

mer horizonte menífero de la E.C.R.R.L. La sílice y el magnesio son ligeramente superiores al primer horizonte, pero contrastantemente menores que el horizonte inferior, donde se encuentran en forma de silicatos complejos, con hierro entre 12 y 35 % , y para ser menas SB el níquel debe ser mayor o igual a 1,2 %. Este horizonte serpentinitico en cierto grado conserva la estructura de la roca madre, por lo que geológicamente hablando son ocos estructurales.

el número de mineral, expresado por:

$$\frac{\text{Ni}}{\text{SiO}_2} \times \frac{\text{Fe}}{\text{MgO}}$$

La sílice y el magnesio serán también objeto de estudio en este trabajo, realizando muestras compuestas para LB y SB en categoría B, analizando 442 pozos en cuatro bloques experimentales, procesando los resultados por el coeficiente de variación de los parámetros par-

TABLA No.1 ERRORES MEDIOS RELATIVOS ADMISIBLES POR CATEGORIAS 2

Categoría	Errores (%)
A	5
B	15
C <sub>1</sub>	30
C <sub>2</sub>	60

Para la potencia de la mena, contenido de hierro (Fe) y níquel (Ni) aplicamos el método analítico, calculando la media, desviación estándar, variabilidad y error por bloques, obteniendo los valores totales del yacimiento por ponderación mientras el promedio se calcula geométricamente. Dado que el parámetro principal que rige el proceso metalúrgico de la E.C.R.R.L. es

ciales o métodos de Pearson [ 3 ] y además por enrarecimiento de las redes. La diferencia de métodos para cada par de elementos radica en que el hierro y el níquel determinan el cuerpo mineral mientras la sílice y el magnesio se calculan en el cuerpo definido y debe considerarse la influencia de los pozos consecutivos según su continuidad, cuestión que no

TABLA No.2

Categoría	Pinares	Redes (m) Martí
A	15 x 15	12,5 x 12,5
B	30 x 30	25 x 25
C <sub>1</sub>	100 x 100	100 x 100
C <sub>2</sub>	300 x 300	300 x 300

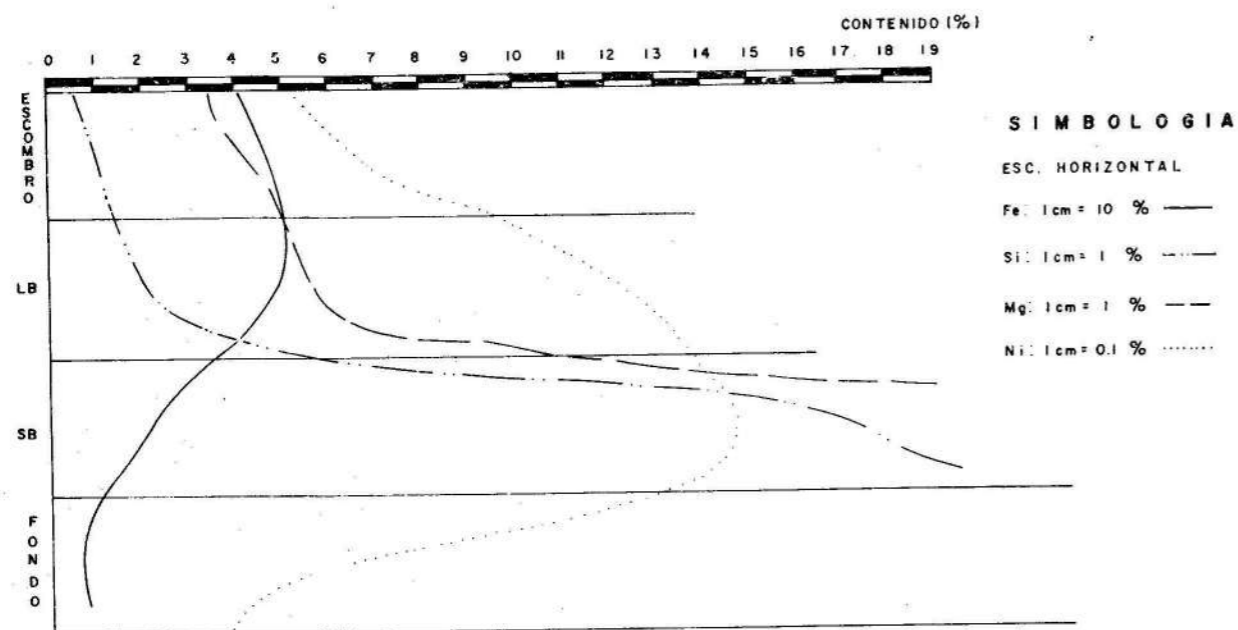


FIG. 1 PERFIL GEOQUIMICO TIPICO GENERALIZADO

toma en cuenta el método analítico, que no depende del orden en los pozos.

Como puede verse en la tabla 3, el yacimiento Martí para Fe-Ni, es mucho más variable que Pinares de Mayarí en todos los horizontes tecnológicos y el más variable es la serpentina. De acuerdo con los rangos de variabilidad de la potencia y la variabilidad promedio, [ 3 ] podemos clasificar el escombro y limonita de balance dentro del grupo II "de constitución compleja o también llamados irregulares" pues

to que se encuentra en los rangos de 40 - 80 % , mientras la variabilidad de la serpentina es del grupo III "de constitución muy compleja o muy irregular", estando en los rangos de 100 - 150 % . Contrasta como parámetro más variable la potencia, continuándole en orden de importancia el hierro en la serpentina y el níquel en el escombro y la limonita, notando la tendencia de mayor variabilidad en el estado disperso, lo que también ocurre para la sílice y el magnesio, siendo lógicos estos resultados desde el punto de vista geológico.

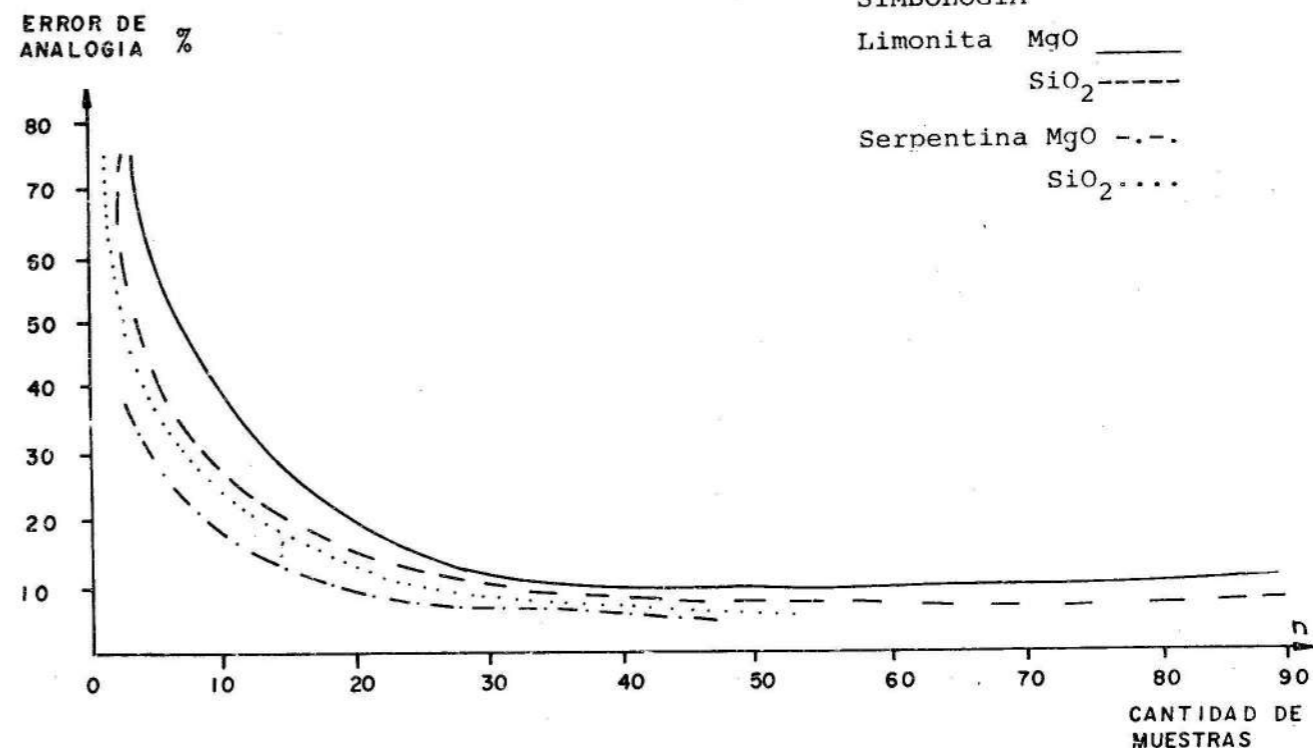


FIG. 2. DEPENDENCIA ENTRE LA CANTIDAD DE MUESTRAS Y EL ERROR. BLOQUE K-19. YACIMIENTO MARTI

En la tabla 4 se determina el error promedio de los yacimientos investigados, notando que la categoría B se expresa en rangos admisibles, con la excepción de la serpentina que corresponde a la categoría C<sub>1</sub>; esto nos alerta sobre una de las causas de la dilución, es decir las características geoquímicas de este horizonte mal explorado, el cual presenta la mayor carga nociva. En el trabajo se demuestra la posibilidad de utilizar los coeficientes de pérdidas y empobrecimiento, partiendo de los errores relativos del mineral a extraer y no como se calcula actualmente, con los resultados históricos, ya que el mineral a procesar tiene sus característi-

cas propias y sobre esta base se comporta.

Las redes óptimas se calcularon comparando los errores obtenidos con el medio admisible por cada categoría.

Relacionando estos valores en general con los utilizados, se demuestra que se explora aproximadamente la categoría A. La categoría B se explora densamente y debe densificarse la C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>; esto último fue comprobado además con la transferencia de reservas del yacimiento Pinares de Mayarí en los años 76-80. Las redes para el horizonte tecnológico más variable

TABLA No.3 VARIABILIDAD PROMEDIO POR HORIZONTES (EN %)

	Escombro potencia	Limonita			Serpentina			Lim. + Serp.				
		Ni	Fe	Poten.	Ni	Fe	Poten.	Ni	Fe	Poten.		
Variabilidad Pinares	57,1	18,4	5,3	43,9	12,0	6,4	125,2	19,8	24,5	42,1	12,8	12,4
	$V_E =$	60,22		$V_L = 45,95$			$V_S = 129,10$			$V_{1+s} = 45,74$		
Variabilidad Martí	71,9	14,4	5,2	61,2	10,1	6,4	129,5	16,7	26,5	54,44	11,2	15,9
	$V_E =$	73,5		$V_L = 62,36$			$V_S = 133,23$			$V_{1+s} = 57,83$		

(SB) deben valorarse profundamente desde el punto de vista económico, ya que la bibliografía [3] recomienda extraer en C<sub>1</sub> el grupo III, no obstante es posible definir dos variantes lógicas, que vamos a valorar críticamente.

no utilizar instrumentos portátiles, de fácil manejo al lado de la perforadora UGB-50 m, determinando de inmediato el Fe y Ni o por lo menos el Fe como analizador.

TABLA No.4 ERROR PROMEDIO POR YACIMIENTOS (5)

	Escombro potencia			Limonita potencia			Serpentina potencia			Lim+Serp. poten.		
	Ni	Fe		Ni	Fe		Ni	Fe		Ni	Fe	
Pinares	8,1	2,3	0,7	5,7	1,6	0,8	22,9	3,5	4,4	5,5	1,7	1,7
	$P_e = 11,1$			$P_l = 8,1$			$P_s = 30,8$			$P_{1+s} = 8,9$		
Martí	9,9	1,9	0,7	7,2	1,2	0,7	20,5	2,5	4,1	8,4	1,3	1,9
	$P_e = 12,5$			$P_l = 9,1$			$P_s = 27,1$			$P_{1+s} = 9,6$		

La primera, es considerar la red por el cálculo del mineral total (LB + SB), introduciendo coeficiente de corrección a la serpentina y escombro. La segunda variante es más técnica, pero requiere el uso de instrumentos especiales, consiste en explorar los horizontes superiores según la red de la LB en cada yacimiento y para la serpentina perforarla según su red pero para no incrementar la cantidad de muestras se propo-

En el trabajo se recomienda el equipo "Isotope Portable Analysis" (1966) que garantiza las exigencias de las normas cubanas para Fe-Ni, teniendo ventajas porque no requiere preparación especial de las muestras, pesa sólo 7,3 Kg, su desventaja estriba en que no es un equipo de importación de área capitalista. En el segundo caso tenemos referencias que el CENIC experimenta un analizador de hierro, que de lograrse reduciría los aná-

lisis químicos a más del 50 % en esta variante, porque pasarían al laboratorio de análisis químico sólo las muestras friables entre 12 y 35 % de hierro. No obstante pueden existir otras variantes de acuerdo con el instrumento, pero mientras no existan en la práctica hay que usar la primera variante.

El número necesario de muestras (N) se calcula según  $N = \frac{K_V}{P}$  donde  $K_V$  es el coeficiente de variabilidad y  $P$  el error permisible mínimo resultando que deben muestrearse para caracterizar los elementos nocivos el 10 % de los pozos minerales en LB y 5 % para SB.

TABLA No.5 REDES OPTIMAS CALCULADAS POR HORIZONTES TECNOLOGICOS

Yacimiento	Categoría	Esc.	LB	Redes cuadradas (m)	
				SB	LB + SB
Pinares	A	13	18	5	16
	B	40	55	15	50
	C <sub>1</sub>	80	110	30	100
	C <sub>2</sub>	160	220	60	200
Martí	A	10	14	5	13
	B	30	40	14	40
	C <sub>1</sub>	60	80	28	80
	C <sub>2</sub>	120	160	55	160

Para el caso de la sílice y el magnesio se trabaja con la variación del metro por ciento y demuestra que el método actual tiene errores relativos promedios no admisibles.

Se demuestra que la variabilidad y el error en la SiO<sub>2</sub>-MgO es inverso a las tendencias Fe-Ni, siendo en Pinares de Mayarí mayor que en Martí y la LB mayor que SB.

Debe ser requisito indispensable para la selección, graficar en planta los resultados del mineral pozo a pozo, para caracterizar en forma representativa el área de influencia, entonces seleccionando las muestras compuestas en cada pozo, integrada al menos por 3 o 4 muestras simples y de acuerdo con éstas seleccionar el por ciento de

TABLA No.6 ERRORES RELATIVOS PROMEDIOS HISTORICOS DE SiO<sub>2</sub> Y MgO

Yacimiento	LB	Errores (%)
		SB
Pinares	74,05	39,83
Martí	43,99	20,44

peso en cada duplicado, con sus cuarteos, recomendando eliminar los análisis de Fe, Ni, Co de las compuestas porque se obtiene con más precisión del pozo ordinario el análisis básico. La figura 2 [ 2 ] representa un ejemplo de cómo aumentando la cantidad de muestras disminuye el error, hasta un límite a partir del cual el error se mantiene, entonces debemos estable

cer este límite para proponer las redes óptimas por categorías y yacimientos.

Con los resultados de sílice y magnesio pozo a pozo realizamos el cálculo comparativo del número del mineral densificando la red, demostrando que sólo por este concepto se afecta la eficiencia industrial planificada en más de 2 % .

#### CONCLUSIONES

1. Se demuestra prácticamente la aplicación de los métodos geomatemáticos, en especial su utilidad para determinar redes óptimas por lo que recomendamos generalizar su empleo incluso a otros tipos genéticos de yacimientos, profundizando en la aplicación para el cálculo de la dilución minera (pérdidas y empobrecimiento) siempre evaluando las características geológicas de forma preliminar (litologías, menas, etc).

2. Dados los errores determinados durante el presente trabajo proponemos que las redes para la prospección geológica deben establecerse para cada yacimiento y por horizontes representativos, de forma que se garanticen los resultados con la precisión necesaria para la categoría evaluada. Al comenzar la prospección de un yacimiento debe establecerse la primera red por analogías con uno evaluado según la variabilidad de los principales

parámetros, incluyendo los coeficientes de corrección cuando fuera necesario, partiendo de que las menas requieren ser tratadas de forma particular. Al concluir cada estadio de la investigación geológica deben evaluarse los errores y proponer las redes para el próximo estadio donde deben determinarse los parámetros antes mencionados, para los cálculos mineros y redes de exploración de explotación.

Muy particularmente para la explotación detallada, y en los cálculos de muestras compuestas debe proceder por el método de Pearson ya que considera la variabilidad real en forma consecutiva, mientras el método analítico no incluye la distribución superficial.

3. Se clasifican los yacimientos de acuerdo con el grado de variabilidad, diferenciando las menas limoníticas "de constitución compleja (grupo II) 4 y las menas serpen-

tiníticas blandas "muy complejas" (grupo III). Se determina que la potencia y la variabilidad son inversamente proporcionales, al igual que el tonelaje. Es también la potencia el parámetro más variable, estableciendo en general para el par Fe-Ni que la mena serpentinitica (SB) varía más que la mena LB, mientras que para la  $SiO_2$  y MgO ocurre lo contrario. Se comprueba claramente como a medida que se concentra más un elemento geoquímico su variabilidad es me-

nor, necesitando entonces una red menos densa y viceversa.

4. Debemos alertar que al hacer cambios en las condiciones industriales también cambiará la red óptima, con la tendencia de que al disminuir el límite mínimo se ampliará la red necesaria.

En el trabajo se argumenta el aporte económico en un total de 1 311,1 miles de pesos anuales.

#### REFERENCIAS

1. Colección de reglamentos de las investigaciones geológicas de minerales útiles. (O.N.R.M.), 1969.
2. DUDA, J.: "Información de la problemática de la dilución en el proceso de minería de los yacimientos residuales de níquel". Archivo Emp. Cmdt. René Ramos Latour, 1971.
3. MAKSIMOV, A. y otros: *Breve curso de prospección geológica*. Moscú, Editorial Mir, 1973.
4. SEVCIK, R.: "Métodos de optimización de las redes de exploración para las investigaciones y exploraciones geológicas". Archivo Emp. Cmdt. René Ramos Latour, 1971.