

<b>Determinación espectrográfica de elementos traza en níquel electrolítico</b> Spectrographic determination of trace elements in electrolytic nickel Lic. Aldo Alvarez, Lic. J. L. Lamazares, Téc. N. Díaz	<b>45</b>
<b>Las investigaciones mineras dentro de la exploración geológica detallada</b> Mining research within the sphere of detailed geological exploration Ing. Orestes Santana, CSc, Ing. Juan Madem	<b>51</b>
<b>Corrosión de aleaciones en medios de azufre</b> Corrosion of alloys in sulphur media Ing. José F. Couzo Miranda, Ing. J. Trescastro, Téc. I. Alvarez	<b>54</b>
<b>Tecnología de beneficio de la mena magnetítica del Sector Concordia</b> Beneficiation technology for magnetite are from the "Concordia" zone Ing. Tania Rodríguez, CSc. L. L. García y Wiloto Suwardjo, CSc.	<b>58</b>
<b>Determinación de compuestos de azufre en el sulfuro de Ni y Co obtenido por precipitación con H<sub>2</sub>S a partir de licores carbonato amoniacales</b> Determination of sulphur complex in Ni and Co sulphides obtained by precipitation with H <sub>2</sub> S from ammonia-carbonate liquors Lic. E. Acevedo, Lic. C. Fuentes y Téc. Pedrosa	<b>64</b>
<b>Efectividad de la utilización de petróleo aditivo como agente reductor en el proceso Caron</b> Effectiveness of using additive oil as reducing agent in the Caron process Ing. J. Castellanos Suárez, CSc	<b>71</b>
<b>ABSTRACTS</b>	<b>75</b>
<b>РЕФЕРАТЫ</b>	<b>78</b>

 <p> Editada por el Centro  Nacional de Información  Científico-Técnica del  Ministerio de la Industria Básica  Revista Tecnológica Minera es  continuación en parte de  Revista Tecnológica. </p> <p> <b>DIRECTOR:</b>  Francisco Valdés García </p> <p> <b>REDACTOR PRINCIPAL:</b>  Rafael Pérez Yaga </p> <p> <b>CONSEJO DE REDACCION:</b>  Juana Rosé González Golguera  Elsa Lam García  Mario Chapottín Berco  Ilseas Granados Zayas  Teresa Padraza de los Ramos  Zenaida Morales González  Virginia Domínguez Álvarez </p>	<p><b>CONSEJO TECNICO ASESOR</b></p> <p> Ing. Orestes Santana Maurell. Presidente  Ing. Pedro Fernández Coffigny. Secretario  Ing. Abilio García Merlot  Lic. Esteban Alfonso Olmo  Ing. Alberto Fundora Aragón  Ing. José Castellanos Suárez  Ing. Marta Lix  Ing. Juan Madem  Ing. Guillermo Samalea </p> <p> <b>DISEÑO Y EMPLANE:</b>  Plácido Gómez Madruga </p> <p> <b>FOTOGRAFIA:</b>  Jesús Olivera Salabarría </p> <p> <b>REDACCION:</b>  Ministerio de la Industria Básica  Avenida Salvador Allende No. 666  Zona Postal Habana 3  Ciudad de La Habana, Cuba  Teléfonos: 70-2540 y 70-2549  Telex 511-183 </p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Se desea el canje con publicaciones congéneras.</li> <li>● On accepte des échanges avec les publications congénères.</li> <li>● Exchange with similar publications is desired.</li> <li>● Si desidera il cambio colle pubblicazioni congeneri.</li> <li>● Aceitam-se permutas con publicacoes congeneras.</li> <li>● Wir bitten um Austausch ähnlichen fachzeitschriften.</li> </ul> <p> Impresa en el Taller 01 de la Empresa Poligráfica "Osvaldo Sánchez". Ministerio de Cultura </p> <p> Solicitada la inscripción en la Administración de Correos de Ciudad de La Habana. </p>
---	--	--

# Determinación espectrográfica de elementos traza en níquel electrolítico

Lic. Aida Alvarez\*  
Lic. J. L. Lamazares  
Téc. N. Díaz

## RESUMEN

Se presenta un procedimiento para la determinación de 15 elementos (Al, Bi, Cd, Co, Cu, Fe, Mg, Mn, Pb, Sb, Si, Sn, Ti y Zn) en níquel electrolítico. El procedimiento propuesto consiste en la disolución del níquel metálico en medio nítrico en cápsula de platino. La solución obtenida se evapora a sequedad y se calcinan las sales a 400 °C durante 20 minutos; el residuo obtenido se mezcla con polvos de grafito, en calidad de buffer espectral, en la relación 1:3. Los patrones fueron preparados añadiendo a una solución de nitrato de níquel las impurezas de forma que cubrieran el rango deseado, procediendo con ellos de la misma forma que con las muestras. Se emplearon al Pd y al In en calidad de patrones internos.

Se realizó una comparación entre los métodos de diseño factorial de experimentos y el método Simplex para la obtención de las condiciones instrumentales óptimas. Los límites de detección calculados de acuerdo al criterio de Kaiser resultaron adecuados para los requerimientos analíticos. La precisión de los resultados expresados en término de coeficientes de variación (%) resulta apropiada para los fines que se persiguen.

## 1.0 INTRODUCCION

El avance de nuestras empresas productoras de níquel hacia nuevas formas de comercialización, requiere un desarrollo paralelo de las técnicas analíticas que permitan evaluar de una forma rápida, precisa y exacta sus productos, con propósitos de control y certificación.

La sensibilidad del análisis espectral de emisión resulta adecuada para la determinación de elementos cuyos contenidos permiten considerarlos como traza y por tal motivo, es necesaria la realización de un estudio sistemático que evalúe su potencial de aplicación en la industria del níquel.

Una de las formas de comercialización antes mencionadas es el níquel metálico obtenido por electrolisis de disoluciones de sulfato de níquel, preparados a partir del carbonato de níquel purificado de las plantas amoniacales para el procesamiento de las lateritas.

Por otra parte, el análisis de sustancias con alto grado de pureza presenta grandes ventajas para la aplicación del análisis espectral de emisión, debido a que los efectos producidos por las variaciones de la matriz son pequeños y puede considerarse constante la concentración del elemento constituyente fundamental. Sin embargo, en el análisis de sustancias metálicas se presenta una seria dificultad en la elaboración de los patrones relacionadas con la homogeneidad y la forma de preparación de los mismos, por lo que una transformación previa del metal es recomendable, para facilitar la solución de los problemas ya mencionados.

En el caso particular del níquel metálico, su transformación al óxido correspondiente ha sido reportada previamente [1]. De esta forma, se reduce el problema a la determinación de las impurezas en óxido de níquel, lo cual ha sido explorado con anterioridad [2-6], pero en condiciones de pureza diferentes a las muestras.

\*Centro de Investigaciones Minero-Metalúrgicas CIPIMM

Por otra parte, un aumento de la relación señal-ruido debe ser el objetivo fundamental en cuanto a la búsqueda de condiciones de excitación e instrumentales óptimas en el problema que nos ocupa. El diseño de experimentos constituye una herramienta valiosa en este sentido, la cual, si bien ha sido empleada por los investigadores para evaluar estadísticamente los procedimientos analíticos propuestos, no ha sido utilizada con frecuencia en la optimización de las condiciones instrumentales donde, por lo general, se emplean variantes clásicas. En el presente trabajo se realiza una comparación entre un diseño factorial de experimentos y el método secuencial Simplex, en la optimización de las condiciones experimentales.

## 2.0. PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1. Materiales y equipos

Para el desarrollo del trabajo experimental se emplearon los siguientes materiales y equipos.

- Generador de corriente UBI-1 en régimen de corriente continua filtrada y excitación anódica
- Espectrógrafo PGS-2 con red de 650 cortes/mm, blaze en 300 nm y dispersión lineal recíproca de 0,7 nm/mm. Sistema de iluminación de 3 lentes
- Microdensitómetro MD-100

Todos de la firma Carl Zeiss, RDA

- Placas ORWO WU3  $9 \times 24$  (RDA) para el registro de los espectros.

El proceso de desarrollo de la imagen latente se llevó a cabo con el revelador D-19 a temperatura de  $19 \pm 0,5^\circ\text{C}$  durante 5 minutos y el fijador F-5

- Electrodo de alta pureza (Johnson & Matthey) con la forma y dimensiones que aparecen en la figura 1.

### 2.2. Preparación de los patrones

Los patrones fueron preparados en forma sintética, añadiendo a una solución de Ni  $(\text{NO}_3)_2$  de 100 mg de Ni/ml alicuotas de soluciones preparadas a partir de reactivos metálicos de pureza espectral, de cada una de las impurezas que se desea analizar, de manera que se obtuviera una serie de patrones que cubra los rangos de concentración que se relacionan a continuación:

Si, Mg, Al, Ti, Fe, Cu, Mn,	
Cr y Pb .....	$0,1 - 10^{-4} \%$
Cd, Sb, Sn y Bi .....	$0,1 - 5 \times 10^{-4} \%$

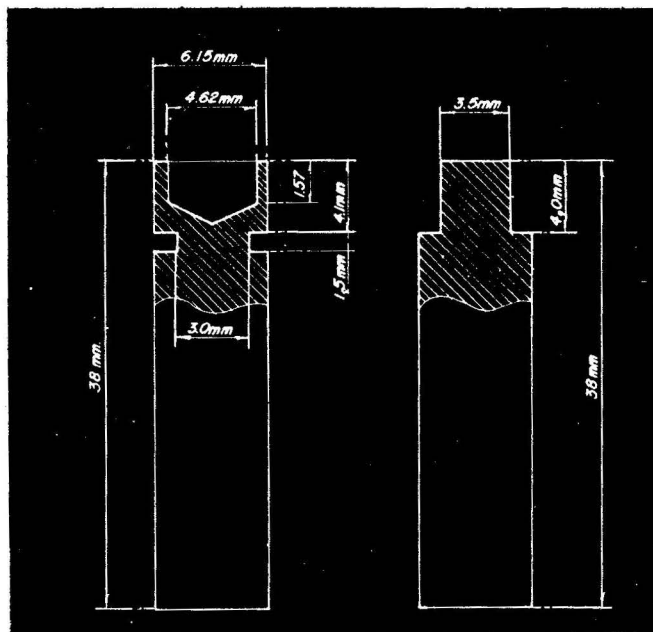


Fig 1. Esquema de los electrodos empleados

Co .....	$3,0 - 10^{-3} \%$
Zn .....	$1,0 - 10^{-3} \%$

Estos contenidos están referidos al Ni y se seleccionaron los rangos de acuerdo a los contenidos esperados en las muestras.

Las disoluciones obtenidas se evaporan a sequedad en cápsulas de platino y se calcinan a  $400^\circ\text{C}$  durante 20 minutos, para transformar los nitratos de los metales en los óxidos correspondientes y posteriormente se mezclan manualmente, en mortero de ágata, con tres veces su peso de polvos de grafito (también espectralmente puro - Johnson & Matthey) que contienen 0,1 % de Pd e In en calidad de standards internos. La homogeneización se realiza en base húmeda, añadiendo pequeñas porciones de alcohol hasta formar una pasta y secando ésta después de mezclar durante 5 min, la operación se repite 3-4 veces.

### 2.3. Preparación de las muestras

Se pesan 0,5 g de la muestra y se disuelven en cápsula de platino con nítrico 1:1, se evapora a sequedad y se procede de la misma forma descrita para la preparación de los patrones.

## 3.0. RESULTADOS Y DISCUSION

### 3.1. Líneas analíticas y de referencia

La selección de los pares línea analítica y de referencia se realizó con base en las características de cada elemento y a su comportamiento en las curvas de evaporación, de las cuales se pudo esta-

blecer que para Mg, Si, Bi, Cr y Mn se usaría el Pd 292, 2nm; para Cd, Pb, Sn y Sb el In 303,9; para el Co, Fe, Al, Ti y Cu el Pd 302,7 y para el Zn el In 325,6 nm.

Las líneas analíticas y de referencia seleccionadas se muestran en la Tabla No. 1.

Tabla 1 Líneas analíticas y de referencia

Elemento	long. de onda (nm)	Pot. de excit. (ev)
Cd	228,8	5,41
Si	251,6	4,95
Mn	257,6	4,81
Sb	259,8	5,82
Pb	283,3	4,37
Cr	283,5	5,93
Sn	283,9	4,78
Mg	285,2	4,34
Fe	302,0	4,11
Bi	289,7	5,69
Cc	304,4	4,07
Al	308,2	4,02
Cu	324,7	3,82
Zn	334,5	7,78
Ti	334,9	3,74
Pd	292,2	5,05
	302,7	5,05
In	303,9	4,08
	325,6	4,08

### 3.2. Optimización de las condiciones experimentales

Como se ha mencionado con anterioridad, uno de los problemas fundamentales del análisis espectral de emisión de elementos traza en matrices con alto grado de pureza, es la búsqueda de condiciones óptimas que produzcan una relación señal-ruido máxima (S/R máx) [8].

Para el registro fotográfico se ha considerado con frecuencia, como señal, la diferencia de ennegrecimientos de la línea analítica y el fondo cercano a la misma y al ruido como las variaciones del fondo en un ensayo en blanco.

En el proceso de optimización es necesario definir una función objeto que tenga en cuenta el efecto de las variaciones de las condiciones instrumentales sobre la relación S/R de un gran número de elementos, por lo que definimos la función S/R ponderada como:

$$S/R_{ponderada} = \sum_{i=1}^N S/R_i$$

donde:

$S/R_i$  es la relación señal-ruido correspondiente a cada elemento.

#### 3.1.1. Aplicación de los diseños factoriales y el método Simplex para la búsqueda de la relación óptima señal-ruido

Para la aplicación de los diseños experimentales se empleó una muestra sintética que contenía 0,01 % de las impurezas a analizar.

Como punto de partida para la aplicación del diseño factorial de experimentos se realizó un diseño del tipo Plackett-Burman [9] para seleccionar los factores significativos dentro de los niveles investigados.

Las variables seleccionadas y sus niveles fueron:

	nivel máx.	nivel min.
$x_1$ - Ranura del espectrógrafo (micras)	30	15
$x_2$ - Prediafragma (mm)	5	2
$x_4$ - Distancias interelectrodos (mm)	5	2
$x_6$ - Tiempo de exposición (seg)	300	60
$x_7$ - Intensidad de corriente (amp)	8	4

La aplicación de este diseño dio como resultado, que para un 90 % de confiabilidad, sólo resultaba significativo el efecto de la variable  $X_6$ , quedando la respuesta en la forma:

$$Y = 72,55 - 56,35 X_6$$

Partiendo de estos resultados se procedió como es usual a la aplicación del método de la ascensión abrupta [10], por lo que resulta necesario fijar el nivel de los factores no significativos en el centro del plan experimental o de acuerdo con la experiencia del investigador.

De esta manera todos los factores fueron fijados en el centro del plan, con excepción de la corriente, que sobre la base de estudios previos [1,6] y debido a que valores menores de ésta pueden afectar los límites de detección de algunos elementos, fue fijada en su valor máximo (8 amps.)

Debido a que las variables ranura del espectrógrafo, prediafragma y distancia interelectrodo debían tomar los valores 22,5; 3,5 y 3,5 respectivamente y esto no es posible en nuestro equipo, se seleccionaron los valores más próximos a éstos permitidos por el instrumento.

Los experimentos de ascenso por el gradiente y sus resultados se muestran en la tabla No. 2.

Un análisis de estos resultados nos permite seleccionar al experimento No. 4 como el óptimo.

Esto es:

Ranura del espectrógrafo	20 micras
Prediafragma	3,2 mm
Distancia interelectrodo	3,0 mm
Tiempo de exposición	60 seg
Intensidad de corriente	8 amp

A modo de comparación y para ganar confianza en los resultados, se procedió a realizar la optimización de la relación señal-ruido empleando el método Simplex modificado (II) el cual se deriva del introducido por Spendley y Col. (12), y ha sido aplicado recientemente al análisis espectral de emisión con registro fotográfico [13] y presenta ventajas en cuanto a su rapidez y fácil interpretación.

En la tabla No. 3 se muestra el diseño Simplex inicial.

La aplicación de este diseño nos indica la presencia de un óptimo estacionario en las coordenadas experimentales:

Ranura del espectrógrafo	17 micras
Prediafragma	3,2 mm
Distancia interelectrodo	3,0 mm
Tiempo de exposición	66 seg
Intensidad de corriente	8 amp.

Por lo que podemos concluir que hemos alcanzado realmente un óptimo ya que las diferencias entre ambos métodos no son significativas.

### 3.2. Gráficos de graduación y límites de detección

Para las condiciones analíticas optimizadas se obtuvieron los gráficos de graduación para los elementos investigados, los cuales se muestran en las Figuras 2, 3, 4 y 5 en coordenadas  $\Delta$  y vs log C.

Tabla 2 Experimentos de ascensión por el gradiente

Exp. No.	$X_1$	$X_2$	$X_4$	$X_6$	$X_7$	Respuesta (S/R ponderada)
1	20	3,2	3,0	180	8	36,99
2	20	3,2	3,0	105	8	50,69
3	20	3,2	3,0	90	8	53,21
4	20	3,2	3,0	60	8	57,23
5	20	3,2	3,0	30	8	50,22

Tabla 3 Diseño Simplex inicial

Vértice	Dimensiones				
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
1	15	5	5	300	4
2	15	5	5	60	8
3	30	2	2	300	4
4	30	2	2	60	8
5	15	5	5	300	8
6	30	2	2	60	4

donde:

$X_1$  - ranura del espectrógrafo (micras)

$X_2$  - Prediafragma (mm)

$X_3$  - Distancia interelectrodos (mm)

$X_4$  - Tiempo de exposición (seg.)

$X_5$  - Intensidad de corriente (amp).

La forma de los gráficos de graduación atendiendo a su pendiente, linealidad y dispersión para cada punto con respecto al valor medio, garantizan que pueden ser usados para la realización de los análisis de las muestras.

El cálculo del límite de detección se realizó de acuerdo con el criterio de Kaiser [14], el cual matemáticamente se expresa por:

$$\delta_c = \frac{3\sigma(\Delta_s)C}{b \cdot \Delta_s}$$

donde:

$\delta_c$  - Límite de detección

$\sigma(\Delta_s)$  - Desviación típica de la diferencia de ennegrecimientos entre la línea analítica y el fondo cercano a la misma para un patrón cuya concentración sea cercana al límite de detección.

C - Concentración en  $\%$  del elemento considerado

b - Pendiente del gráfico de graduación

$\bar{\Delta}_s$  - Promedio de la diferencia de ennegrecimiento entre la línea analítica y el fondo cercano a la misma.

Los resultados se muestran en la Tabla No. 4. El límite de detección obtenido fue suficientemente pequeño en todos los casos para la detección de impurezas en níquel electrolítico, de acuerdo con los valores normados más exigentes.



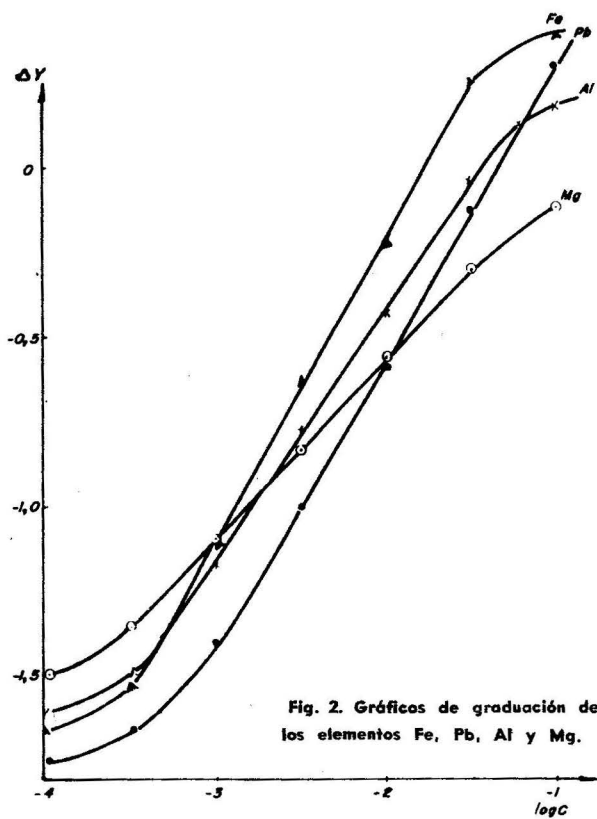


Fig. 2. Gráficos de graduación de los elementos Fe, Pb, Al y Mg.

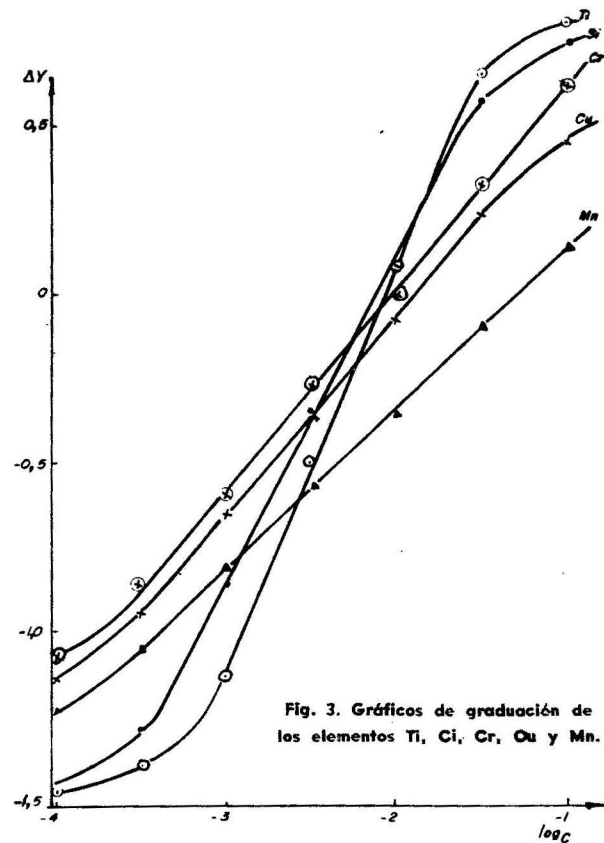


Fig. 3. Gráficos de graduación de los elementos Ti, Cr, Cu y Mn.

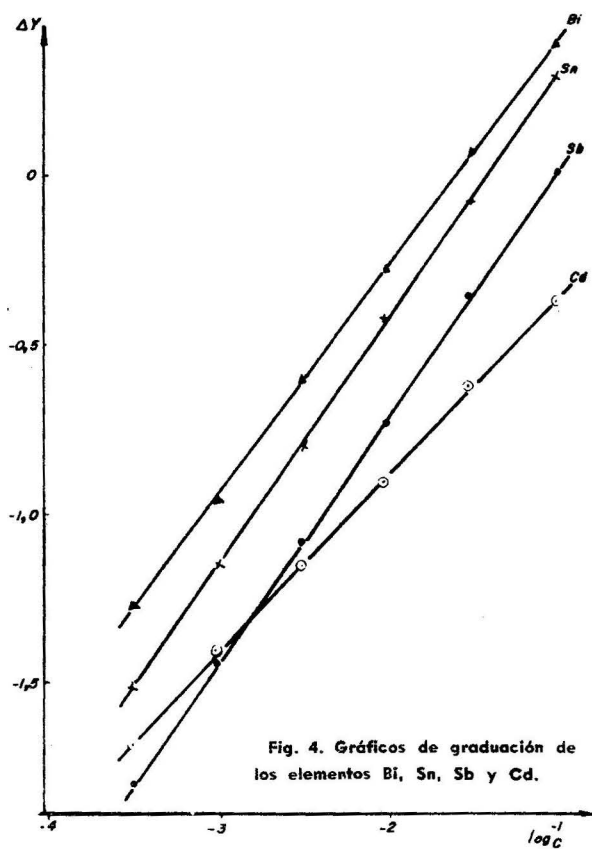


Fig. 4. Gráficos de graduación de los elementos Bi, Sn, Sb y Cd.

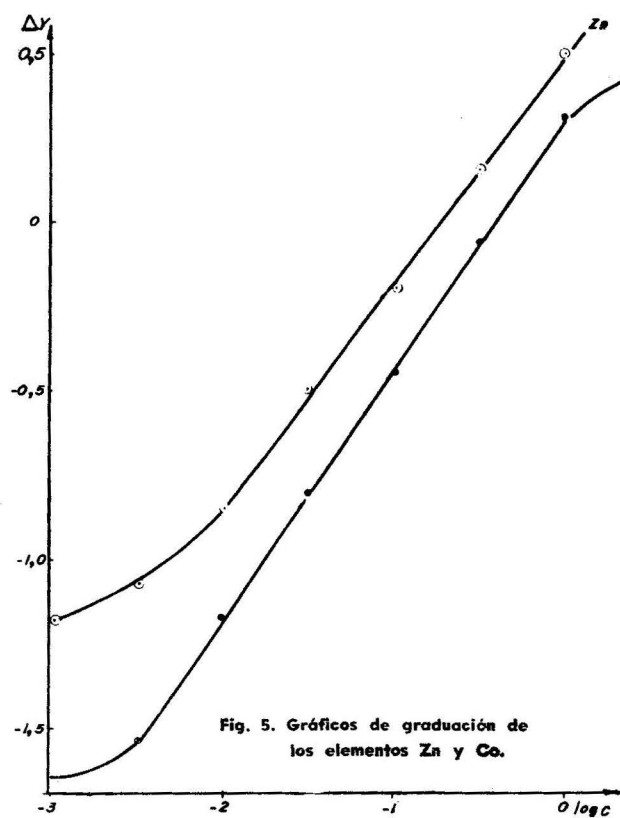


Fig. 5. Gráficos de graduación de los elementos Zn y Co.

Tabla 4 Límites de detección obtenidas

Elemento	Long. de onda (nm)	Límite de detección (%)
Al	308,2	$5 \times 10^{-4}$
Co	304,4	$10^{-3}$
Pb	283,3	$5 \times 10^{-4}$
Ti	334,9	$5 \times 10^{-4}$
Zn	334,5	$10^{-3}$
Mn	279,4	$10^{-4}$
Sn	283,9	$5 \times 10^{-4}$
Mg	285,2	$5 \times 10^{-4}$
Cu	324,7	$10^{-4}$
Sb	259,8	$5 \times 10^{-3}$
Si	251,6	$1 \times 10^{-4}$
Fe	302,0	$2 \times 10^{-4}$
Bi	306,7	$5 \times 10^{-4}$
Cd	228,8	$5 \times 10^{-4}$

### 3.3. Evaluación estadística

Para estimar la precisión del procedimiento propuesto se realizó un diseño de análisis de la varianza que tuvo en cuenta las siguientes fuentes de error: variabilidad entre resultados individuales de una misma muestra (considerando resultados individuales los promedios de cada 4 determinaciones) y la variabilidad entre las placas. Para ello se tomó una muestra obtenida en las pruebas tecnológicas y se obtuvieron los resultados correspondientes a un diseño  $5 \times 5$  (tomándose 5 placas con 5 réplicas de la muestra en cada placa). Se consideró válido obtener conclusiones a partir de una sola muestra por cuanto dado lo estrecho de los rangos de concentración para cada impureza analizada, se puede asegurar categóricamente que las estimaciones obtenidas son válidas para todas las concentraciones existentes en cada caso, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla No. 5.

Los coeficientes de variación obtenidos a partir de las desviaciones típicas totales por elemento son satisfactorios en función de los requerimientos de las normas más exigentes, teniendo en cuenta los niveles de concentración a que corresponden.

La prueba  $F\left(\frac{SM^2}{SD^2}\right)$  efectuada para evaluar

la significación de la variabilidad entre placas (la contribución al error total de la medición de una placa a otra:  $SE^2$  indica que este es un factor a tener en cuenta) pero que la magnitud de su contribución es un aspecto que depende puramente de los pasos necesarios para la obtención de un espectro en una placa dada.

Tabla 5 Resultados de la evaluación estadística

Elemento	Valor medio de la conc. ( $C^0_0$ )	Desviación típica total (ST)	Coef. de variación ( $V^0_0$ )	Valor calculado de $F=SM^2/SD^2$
Ti	0,000441	0,000077	17,4	1,36
Mn	0,00179	0,00028	15,9	2,62
Pb	0,00231	0,00047	20,2	7,11
Cr	0,00132	0,00029	22,1	8,30
Co	0,970	0,056	5,8	5,32
Bi	0,00105	0,00025	33,7	2,52
Sn	0,00111	0,00032	29,0	19,12
Fe	0,016	0,0026	16,5	1,37
Al	0,013	0,0021	15,8	3,52
Cu	0,00235	0,00023	9,7	1,35
Zn	0,0404	0,0060	14,9	2,14
Sb	0,000879	0,000076	8,6	11,22
Mg	0,000712	0,000073	10,2	13,67
Si	0,00896	0,00165	18,5	3,09

Valor tabulado de  $F(0,05; 4; 20) = 2,87$

$$SM^2 = SD^2 + NS_F^2$$

$$S_T^2 = S_D^2 + S_F^2$$

### 4.0. CONCLUSIONES

1. El procedimiento propuesto resulta apropiado para la determinación de impurezas en níquel electrolítico obtenido a partir del carbonato de níquel purificado.

2. El uso de los diseños experimentales proporcionan una vía rápida y segura para la obtención de las condiciones instrumentales óptimas.

3. Los coeficientes de variación obtenidos a partir de las desviaciones típicas totales por elementos son satisfactorias en función de los requerimientos del usuario y teniendo en cuenta los niveles de concentración a que corresponden.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] A.S.T.M. *Chemical Analysis of metal*. Sampling and Analysis of metal. Bearing Ores. (1969), p. 644.
- [2] RUPPS, R.L.; G.L. KLECAK Y MORRISON G.H.: *Anal Chem.* 32, 931, 1960.
- [3] SHVARTZ, D.M.; I.S. NILOVA.: *Trudy Komissiipo Analiticheskoi.*
- [4] KARAMJIKAR, N.P.; M.D. SAKSENA.: *Talanta* 21, 652, (1974).

- [5] A.S.T.M. Methods for Emission Spectrochemical Analysis 103 (1964).
- [6] CATASÚS M.R.: *Revista Científica de la Universidad de Oriente*. Ciencias Naturales y Matemáticas. pag. 18, No. 2, (1978).
- [7] VILLANUEVA, M.; BERTY, F.: Reporte de Investigaciones CNIC (1978).
- [8] LAQUA, K.: *J. Anal. Chem.*, 221 (1966), 44.
- [9] PLACKETT, R.L. Y J.P. BURMAN. *The Desing of Optimum Multifactorial Experiments*. Biometrika. Vol. 33, No. 23.
- [10] KÖLLNER, H.: *Planificación de Investigaciones Experimentales en la Ingeniería Química*. U.H. Facultad de Tecnología.
- [11] DEMING, S.N., S.L. MORGAN.: *Anal. Chem.* 45, 3, (1973).
- [12] YABRU, L.A.; S.N. DEMING.: *Anal. Chem. Acta* 93, 391, (1974).
- [13] LAMAZARES, J.L.; F. BERTY; J. GONZÁLEZ.: *La minería en Cuba*, 5,4, (1979). 42.

CDU: [(622.12 + 622.22):550.8] 01

# Las investigaciones mineras dentro de la exploración geológica detallada

Ing. Orestes Santana Maurell, Csc\*  
Ing. Juan Madem Acosta\*\*

## RESUMEN

Las investigaciones mineras aportan datos técnico-económicos para ser utilizados en la proyección de la apertura y explotación de las minas.

Dentro de la exploración detallada se debe de incluir este tipo de investigaciones, las cuales definirán el modo de explotación, las propiedades físico-mecánicas de las rocas, los sistemas de explotación, los tipos de realización a emplear, las tecnologías de avance de las excavaciones y otras cuestiones técnicas.

En el Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM) se ha constituido el Dpto. de Investigaciones Mineras que ya cuenta con un laboratorio para la determinación de las propiedades físico-mecánicas de las rocas.

Como experiencia de las investigaciones mineras en el marco de la exploración geológica detallada, tenemos los trabajos realizados en la Mina Merceditas y Delita.

## INTRODUCCION

La prospección geológica en su etapa de exploración detallada debe arrojar como resultados los datos necesarios que permitan la asimilación industrial de las reservas minerales de un determinado yacimiento.

El informe de la exploración geológica detallada debe brindar los datos iniciales necesarios para la proyección de la apertura de la mina y su sistema de explotación, y la tecnología de aprovechamiento (beneficio) industrial de la mena.

Las reservas minerales categorizadas y caracterizadas, con su distribución espacial, constituyen la base de los proyectos mineros.

\*Investigador Titular

Dtor. Plan Ciencia y Técnica, MINBAS

\*\*Investigador agregado

J' Dpto. Investigaciones Mineras, CIPIMM