



República de Cuba
Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero – Metalúrgico
Dr. Antonio Núñez Jiménez.
Facultad de Metalurgia Electromecánica
Especialidad Metalurgia.

Trabajo de Diploma

Influencia de la Homogenización del Mineral en el Proceso de Reducción.

Yoandry Rodríguez Reyes

Moa, 2008

“Año 50 de la Revolución”



República de Cuba
Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero – Metalúrgico
Dr. Antonio Núñez Jiménez.
Facultad de Metalurgia Electromecánica
Especialidad Metalurgia.

Trabajo de Diploma

Influencia de la Homogenización del Mineral en el Proceso de Reducción.

Autor: Yoandry Rodríguez Reyes.

Firma: _____

Tutores: Ing. Severo Estenoz Mejías.

Firma: _____

Dr. Eulicer Fernández Maresma.

Firma: _____

Moa, 2008
“Año 50 de la Revolución”



...El futuro de nuestra patria tiene que ser necesariamente un futuro de hombres de ciencia, tiene que ser un futuro de hombres de pensamiento, por que necesariamente es lo que más estamos sembrando; lo que más estamos sembrando son oportunidades a la inteligencia

Fidel Castro Ruz



Agradecimientos

A través de este trabajo hago constar mis mayores agradecimientos:

- A mi madre Olga Reyes Fonseca por su apoyo y confianza en toda mi etapa de estudiante.
- A mi tutor Severo Estenoz Mejias por su ayuda y colaboración en la realización del mismo.
- A mi amiga Clara Acosta Gutiérrez por toda la ayuda que me ha brindado a lo largo de todos estos años.
- A mi novia Katileydis Cabrera Charchabal por su apoyo y ayuda.
- A mi suegro Rafael Cabrera Blanco por su colaboración en la realización del mismo.
- A todos los que de una forma u otra han tenido que ver en la realización de este trabajo.
- A la Revolución y a Fidel, por permitirme realizarme hoy como profesional.



Dedicatoria

Le Dedico sinceramente este trabajo a:

- A mi madre Olga Reyes Fonseca, mis hermanos Roberto Rodríguez Reyes y Diobert Rodríguez Reyes que tanto se han esforzado por mí y siempre me han brindado su apoyo.
- A la memoria de mi padre Rafael Rodríguez Fonseca.
- A mi novia Katileydis Cabrera Charchabal que me ha apoyado en los momentos difíciles.
- A toda mi familia y amigos.
- A todas las personas que me quieren y desean lo mejor para mí.



Resumen:

En el presente trabajo se hizo un estudio de variabilidad del mineral que se abastece a la planta de Hornos de la Empresa “Comandante Ernesto Che Guevara” y su influencia sobre el proceso de reducción, con el objetivo de estudiar el efecto de la estabilidad cualitativa del flujo de alimentación en el proceso de reducción así como determinar el efecto de la calidad de la materia prima sobre las extracciones en el proceso de reducción y la influencia de la homogeneidad en el flujo de alimentación a los Hornos de Reducción sobre las extracciones de níquel y cobalto. Se estudiaron los comportamientos y rendimientos de los minerales agrupados en 20, 10 y 6 turnos de operaciones continuas, lo cual mostró en el 70% de los casos un fuerte predominio entre el aumento de la estabilidad cualitativa de los flujos minerales y el incremento de las extracciones de níquel y cobalto.

Palabras Claves: Horno de reducción, homogenización, variabilidad, extractable



Summary:

In the present work a study of variability of the mineral was made that supplies to the plant of Furnaces of the Company "Conmandante Ernesto Che Guevara" and its influence on the reduction process, with the objective of and s to study the effect of the qualitative stability of the flow of feeding in the process of reduction as well as d to determiners the effect of the quality of the raw material on extraction's in the process of reduction and the influence of the homogeneity in the flow of feeding to the Furnaces of Reduction on the extractions of nickel and cobalt. The be haviors studied and yields of minerals grouped in 20, 10 and 6 turns of continuous operations, which showed in 70% of the cases a fort l predominate between the increase of the qualitative stability of the mineral flows and the increase of the extractions of nickel and cobalt.

Key words: Reduction Furnace, homogenization, variability, extractions



Índice

--	Introducción	1
1.	Capítulo I. Fundamento Teórico de la Investigación.	8
1.1	Introducción	8
1.2	Antecedentes y estado actual de la temática	8
1.3	Principios técnicos de la homogenización.	10
1.4	Descripción del flujo tecnológico de la fábrica.	11
1.5	Proceso de homogenización del mineral en la fábrica.	13
1.6	Caracterización del proceso de reducción a escala industrial.	14
1.6.1	Características generales del horno de reducción.	15
1.6.2	Principales variables que influyen en el proceso de reducción	17
1.7	Conclusiones de capítulo I	23
2	Capítulo II. Materiales y Métodos.	24
2.1	Introducción	24
2.2	Metodología de la Investigación	24
2.3	Muestreo del mineral en los Hornos de Reducción	25
2.4	Descripción de las bases estudiadas	25
2.5	Conclusiones del capítulo II	28
3	Capítulo III. Análisis de los Resultados	29
3.1	Introducción	29
3.2	Estudio de frecuencias de cambio tomadas	29
3.2.1	Estudio con la frecuencia decenas	29
3.2.2	Estudio en la frecuencia cada cinco días.	33
3.2.3	Estudio de la frecuencia de cada tres días.	36
3.3	Estudio detallado de las parejas que se formaron	39
3.3.1	Estudio detallado de las seis parejas anómalas.	41
3.3.2	Estudio detallado del peor caso	43
3.4	Caracterización de la composición química general del mineral.	46
3.5	Caracterización de la composición granulométrica del mineral alimentado	48
	Conclusiones del capítulo III	50
	Conclusiones generales	51
	Recomendaciones	53
	Referencias bibliográficas	54
	Anexos	



Introducción:

En Cuba actualmente la producción de níquel es uno de los renglones fundamentales de la economía, en nuestro país se utiliza el proceso CARON para la extracción del níquel. La primera fabrica del mundo para la producción de oxido de níquel por la tecnología carbonato amoniacal (proceso CARON) fue fundada en Nicaro, Cuba en el año 1943 por la freeport Sulphur Co. (E.U.A), actualmente la empresa lleva el nombre de Comandante René Ramos Latourt.

Posteriormente surgieron cronológicamente las siguientes plantas:

1962- SERED (antigua Checoslovaquia). Procesó minerales importados de Albania.

1974- Marinduque en Filipinas, actual NONOC.

1974- GREENVALE en Australia. Actualmente se están agotando sus yacimientos y procesa un elevado por ciento de minerales importados de Indonesia y Nueva Caledonia adoptando el nombre de QUEENSLAND NIQUEL.

1980- Arrancó el complejo Industrial TOCANTINS en Brasil.

1987- Arrancó Punta Gorda, Cuba.

En este proceso CARON en el cual se basan las empresas niquelíferas cubanas, uno de los procesos más importantes, es la reducción del mineral para lograr altos valores de extractables de níquel y cobalto, para lo cual es necesario tener una preparación intensiva del mineral, y es donde la homogenización juega un papel fundamental para poder lograr flujos de minerales más estables, que garanticen, que las operaciones en todo el proceso productivo sean más eficientes.

1.1 Plantas que procesan minerales lateríticos por la tecnología carbonato-amoniacal en el mundo.

Las principales fuentes de recursos minerales con presencia de Níquel en el mundo, se distribuyen de la siguiente forman: cerca de un 30 a 40 % o aproximadamente 62 millones de toneladas de Níquel proviene de los depósitos de las menas sulfurosas y un 60 a 70 %, aproximadamente 140 millones de toneladas de Níquel provienen de los depósitos de las menas lateríticas (oxidadas). La tecnología carbonato amoniacal para el tratamiento de las lateritas, actualmente se localizan en las zonas tropicales y



semi-tropicales, mundialmente distribuidas en: Cuba (25 %), Nueva Caledonia (20 %), Indonesia (16 %), Filipinas (11 %), Australia (8 %), Central y América del Sur (Brasil 4.5 % y Colombia 3.5 %) y la India (6 %), todas estos depósitos de minerales presentan generalmente alto contenido de Níquel y Cobalto.

Filipinas:

Sobre los yacimientos de Hierro y Níquel en las colonias de las Filipinas, sobresalen las de Luzón al norte y al sur Mindanao, de esta última isla fue donde se hicieron el descubrimiento de los altos contenido de Níquel presentes en las lateritas oxidadas, en la zona de Surigao, minerales que permitieron al Dr. Caron y a otros especialistas en los años 1935 – 1941, la realización de pruebas que confirmaron viabilidad de la tecnología carbonato-amoniacal.

Pasaron muchos años, pero no fue hasta 1974, en que se llevó a la práctica el proyecto Surigao Nickel, en 60 hectáreas localizadas aproximadamente a 50 Km. al noreste de la ciudad de Surigao en Nonoc Island al extremo sur de la isla Dinagat, lugar donde se construyó la planta procesadora “The Marinduque Nickel Surigao Refinery”. Esta planta metalúrgica operada inicialmente por Marinduque Mining & Industrial Corporation, posteriormente por Nonoc Mininig & Industrial Corp. (actualmente Nonoc), con una capacidad de producción de 30 000 t/año, el proyecto y la construcción se realizaron en los años 1968 – 1976, con la tecnología carbonato-amoniacal, y llevó el nombre de la propia isla donde radicó. Para su construcción se contrata personal con experiencia en la temática, preferiblemente los especialistas de la “Sheritt International Corp.” de Canadá, entre otros.

Australia:

En la arena internacional, los geólogos contratados por la compañía australiana, “Metal Exploitation Limited” descubrieron a principio del año 1967, el enriquecimiento de las lateritas niquelíferas en Greenvale, Australia. Posteriormente se coordinó y creó una empresa mixta con la “Freeport Minerals Company”, generalmente todos sus principales integrantes habían tenido una basta experiencia en Cuba con la



“Freeport Sulphur Company”, la cual operó anteriormente las Plantas de Nicaro y Moa.

Para la construcción de la refinería de Yabulu (QNi), localizada a los 25km Noreste de Townsville, Queensland, Australia, conocida como Queensland Nickel Pty. Ltd, anteriormente se puso en marcha una Planta Piloto que se desarrolló en los EE.UU. en las antiguas instalaciones de la “Freeport”, con una capacidad de 5 t/día, en Belle Chasse Louisiana, para tratar los minerales por el proceso Caron en el año 1967, donde se verificó la idoneidad de estos minerales para ser tratados por dicha tecnología. La construcción de la planta comercial con una capacidad de producción de 30 000 t/año, duró tres años en construcción (1968 – 1971), y su puesta en marcha tuvo lugar en el año 1974. La Planta de “Greenvale” en Yabulu, Queensland, Australia es propiedad de “BHP Billiton”. Sus minerales se agotaron en el año 1993, comenzando a tratar minerales de Indonesia, Nueva Caledonia y principalmente de Brolga Queensland (Greenvale/Brolga), esta última localizada a 220km Noroeste de Townsville, Queensland, Australia, siendo su propietaria la “QNI Limited”.

Brasil:

Al otro lado del mundo, en Morro do Níquel, el cual se localiza cerca del pueblo de Pretópolis en la parte sureste del estado de Minas Gerais, Brasil a unos 300 Km. al este de Belo Horizonte, este depósito de serpentinitas, es conocido desde el año 1935 y solo fue explotado sistemáticamente desde el año 1957 por la compañía francesa “Societe Le Nikkel”, actualmente pertenece al Grupo Anglo–American, localizada en Pretópolis y a Mineração Serra de Fortaleza Ltda., del Grupo británico Río Tinto Zinc–RTZ, localizada en Fortaleza de Minas. En Brasil, también fueron descubiertos 45 depósitos de silicatos de Níquel en la región de Sao José de Tocantins (en sus inicios formaba parte del Estado de Goiás, aplicando la tecnología Caron con la puesta en marcha en el año 1980 del complejo Industrial “Tocantins Niquelandia”, con una capacidad de diseño para 20 000 t/año. De todas las reservas minerales de níquel existentes en Brasil, aproximadamente 75% se localizan en el estado de Goiás y Tocantins donde se encuentra la compañía su mina



y planta en el Campamento Macedo, Niquelandia, Goias, la “Cia. Níquel Tocantins–CNT”, perteneciente al Grupo Votorantin (GV) en la región de Niquelandia.

SERED (Minerales de Albania):

La cromita, el cobre, el ferrocromo, los minerales de hierro con altos contenidos de níquel, y los derivados obtenidos en la refinación de petróleo eran los productos minerales principales de Albania y hasta hace poco tiempo constituían el componente dominante de las ganancias que obtenían a través del intercambio con el capital extranjero. Los recursos comerciales de Albania a partir de las lateritas niquelíferas de los minerales de hierro se estimaron aproximadamente en 300 Mt. El rendimiento anual en los años ochenta consistía en 1 a 1.2 Mt de minerales que eran consumidos por la planta siderurgia de Elbasan (Albania), en otros trabajos para producir acero, y en las sales de níquel y cobalto.

El mineral laterítico con alto contenido de hierro había sido exportado, en su gran mayoría hasta el año 1993 hacia la República de Checoslovaquia (actualmente Eslovaquia), durante varias décadas, Checoslovaquia había sido el consumidor más grande de los minerales niquelíferos albaneses procedentes de los minerales de hierro (Lateritas), con importaciones anuales que fueron de 200,000 a 350,000 t/año. Checoslovaquia procesó los minerales albaneses (1962 – 1993) en su refinería de Sered (Tecnología Caron) con una capacidad de producción de 2000 t /año, de dónde se extraía el níquel y el cobalto. Sin embargo, esta refinería fue cerrada en el año 1993.

1.2 Producción de Níquel en Cuba.

Las labores de construcción del proyecto de Nicaro, fueron autorizadas por la “Reconstruction Finance Corp.”, el 4 de febrero de 1942, pero su construcción se inició en marzo de 1942, arrojando sus primeros resultados en septiembre de 1943, cuando se procedió a calentar el Horno No. 1, se logró bajar el primer tren de mineral de la Mina Cornelia (Zona Ocujal) y se prueba la maquinaria de la Industria. El primer mineral fue extraído en julio de este mismo año, comenzando a alimentar a la primera sección del proceso en octubre de 1943. Una cantidad pequeña de óxido de



Níquel se envió de Cuba a los Estados Unidos a finales del año 1943. Se toma como fecha de implementación en Nicaro, de la tecnología carbonato-amoniaca desarrollada por Caron, producto a la primera producción de óxido de Níquel obtenido, el 21 de diciembre de 1943.

Análogamente y dado el desarrollo alcanzado en la asimilación de la tecnología por los especialistas cubanos y debido a los bastos depósitos de minerales lateríticos que se contaban en la costa noroeste de la actual provincia de Holguín, el Estado Cubano acordó en diciembre de 1972 con el gobierno de la URSS, la colaboración técnica para la rehabilitación de las plantas Niquelíferas de Moa, “Cdte. Pedro Sotto Alba” y de Nicaro “Cdte. René Ramos Latour” y la posible construcción de una nueva planta de Níquel, la que, fruto de esa colaboración, se encuentra al norte del yacimiento mineral de Punta Gorda, a 4 Km. de la ciudad de Moa y a 2 Km. del pueblo de Punta Gorda.

La misma se construye a base del proyecto técnico elaborado por el Instituto “Grupo níquel” en los años 1974–1978, principalmente a base de la documentación técnica de datos de diseños y prácticos desarrollados por las compañías norteamericanas (1943 – 1960) y después del triunfo de la revolución bajo la administración cubana. Además de la ejecución de nuevas inversiones en el mejoramiento de la tecnología Caron por el Estado Cubano y en función de la disminución del consumo de portadores energéticos y el aumento de la eficiencia metalúrgica, se ha accionado en las siguientes vertientes:

Introducción del sistema corto o precipitación de Cobalto en la mejora del producto final (1983).

Instalación de ducto desde horno a la planta de Secaderos (1992).

El mejoramiento de los índices técnico-económicos del procesamiento del mineral en los Hornos de Reducción con la tecnología PRIOR (1995).

El mejoramiento de la reducción del mineral utilizando petróleo aditivo en sustitución del gas reductor (1995).



1.3 Fundamento de la Investigación.

En la actualidad no existe un proceso eficiente de mezcla y homogenización de los minerales debido al no funcionamiento de las instalaciones de homogenización. En la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, la reducción del consumo de portadores energéticos y la optimización de sus procesos inciden significativamente en la eficiencia de sus equipos e instalaciones fabriles. La homogenización, desde el punto de vista industrial, es un proceso de mezclado del mineral, el cual tiene como objetivo que la mena que se alimenta a la planta de preparación sea lo más estable posible tanto en sus propiedades químicas como mineralógicas, lo cual crea las bases para operaciones y parámetros estables y sostenidos durante la reducción y lixiviación de la materia prima, lo cual conlleva a mayores extracciones de níquel y cobalto.

El país realiza grandes esfuerzos encaminados a elevar la capacidad de producción de níquel y cobalto, por ello es importante mejorar el mezclado y la homogeneidad de los flujos de menas lateríticas que se abastecen al proceso industrial.

De ahí el **problema científico es:** La inestabilidad y variabilidad de la calidad de los flujos de menas que se alimenta a los Hornos de Reducción.

El **objeto de estudio:** La homogeneidad de las menas lateríticas en el proceso de reducción.

Se plantea para el presente trabajo la siguiente **Hipótesis:** Si el flujo de materiales que se alimenta a los Hornos de Reducción de la ECECG fuese más estable y homogéneo cualitativa y cuantitativamente, el proceso de reducción sería más eficiente provocando un incremento de las extracciones de níquel y cobalto.

Objetivo General: Estudiar el efecto de la estabilidad cualitativa del flujo de alimentación en el proceso de reducción.



Objetivo Específico:

- ✓ Determinar el efecto de la calidad de la materia prima sobre las extracciones en el proceso de reducción.
- ✓ Determinar la influencia de la homogeneidad en el flujo de alimentación a los Hornos de Reducción sobre las extracciones de níquel y cobalto.

Campo de Acción: Comportamiento de la calidad del mineral en el proceso de reducción de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

Capítulo I Fundamento Teórico de la Investigación.

I.1 Introducción

La preparación del mineral es un proceso importante dentro del desarrollo del proceso de reducción y fundamentalmente la homogenización del mineral donde se obtienen minerales más homogéneos tanto químico, granulométrico y mineralógicos. Todo esto favorece el proceso de reducción, ocurriendo una reducción más efectiva del níquel y el cobalto, además garantiza que el flujo de mineral sea más estable.

II.2 Antecedentes y estado actual de la temática

(Estenoz, S, et al, en 2003), realiza un estudio de variabilidad de la calidad del mineral en la ECECG a partir de una faena mineral generada en el yacimiento Punta Gorda, donde determina los puntos de bajas y alta heterogeneidad de la calidad y se pudo encontrar y explicar algunas de las causas de retrocesos o descenso de la calidad en la estabilidad de los flujos de menas y materiales alcanzados en las diferentes etapas de la cadena productiva. También da una caracterización del mineral en cada etapa del proceso productivo, donde el mineral al salir de cada proceso se produce un aumento de la estabilidad de la composición química en general y de la homogenización.



(Estenoz, S, en el 2003), realiza un análisis sobre el secado solar del mineral, donde se diseña una forma de apilar, remover y recoger las pilas que se adapten a las condiciones del microclima de la región. En los estudios estadísticos, modelos computarizados y pruebas semi industriales se estudiaron el tiempo de secado, el número de hileras y pilas, sus dimensiones y volúmenes, la disposición en el terreno, los horarios y frecuencias para la remoción de las capas de material seco, y otros parámetros de productividad y equipamiento. Llega a la conclusión de que instalación y procedimiento de homogenización diseñados se pueden usar para el procesamiento de minerales terrosos, independientemente de su grado de adhesión y aglomeración.

(Miranda, J. en 2003), Efectúa un estudio de homogenización, para la comprobación del grado de homogeneidad, del uso combinado de la composición químico-mineralógica a través de los componentes químicos especialmente el hierro y de las características magnéticas tomando como parámetro el contenido de la Fracción Magnética. Determina que el contenido de la Fracción Magnética se comporta como uno de los parámetros idóneos que sirve para determinar o definir el grado de homogenización mucho mejor que el contenido de hierro químico, se suma a esto que permite caracterizar la homogenización mineralógica de las muestras alimentadas a los procesos industriales, esto quiere decir que si existe homogeneidad mineralógica debe existir la homogenización química cuando realmente se realiza una buena homogenización a un material alimentado al proceso industrial.

(Estenoz, S, et al, en 2003), se realiza un informe referente a la prueba de secado solar y homogenización del mineral procedente del yacimiento Punta Gurda en representación de la calidad media del flujo de menas que se alimenta a la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara. Se muestran los resultados de las operaciones de acarreo del mineral desde los frentes mineros, incluyendo la remoción durante el secado y entrega de la masa seca a las instalaciones de 01 en la ECECG. Se describe cada paso y se valora y determinan los parámetros de calidad y



homogenización del mineral en cada una de las etapas. Se comprobó que el nivel de homogenización integral del mineral en el flujo de entrada fue de 34 grados, mientras que a la salida se alcanzaron 80 grados, para un incremento de 2.3 veces.

(Rodríguez, D. 2004), realiza una caracterización de la materia prima procedente del yacimiento Punta Gurda, mediante el estudio de la separación fraccional, para determinar el contenido de los componentes de los elementos químicos de la mena laterítica. Demuestra que el mineral laterítico procedente de esa zona se caracteriza por la presencia de partículas finas, además de poseer una excelente uniformidad mineralógica, un mineral homogéneo lo que garantiza una mejor calidad de la mena de alimentación el proceso productivo.

(Quiala, G. 2005), realiza un estudio de la influencia de la distribución granulométrica de la muestras HR-1 y reciclo en el extractable de Ni y Co del producto de hornos de reducción. Se tomaron muestras correspondientes y se les realizó un análisis granulométrico a las fracciones menores de 0.074mm a través del análisis de tamices por vía húmeda. Los mejores resultados que se obtuvieron para las muestras HR-1 con la fracción -0.074mm; +0.044 para el extractable de Ni y Co y para la del reciclo con la fracción -0.044; +0.040 para el extractable de Ni y -0.040 +0.030 para el extractable de Co.

(Chang, C. A; Arce, M. J; Toirac, M, M. 2005). Realizó un estudio con el propósito de determinar los modelos que con mayor efectividad que puedan predecir el extractable de Ni al variar la composición química-mineral de la mena tecnológica que se alimenta a los Hornos Herreshoff. Se realizó en una Loza (8 hornos) de la planta de Punta Gorda para turnos de 8 horas durante tres meses aproximadamente. Como resultado, se obtuvieron varios modelos multi-variables con efectividades de pronóstico del Extractable de Ni superiores que 95 % para ser probados en el escalado hacia toda la Planta de Horno; se demostró la elevada efectividad del pronóstico del Extractable de Ni, al organizar la limpieza o el filtrado de las BD Sucias por intervalos de la Relación Limonita / Serpentina (R5) en lugar de la Relación de contenidos de $Fe \cdot Ni / Mg \cdot Si$ (No. Mineral).

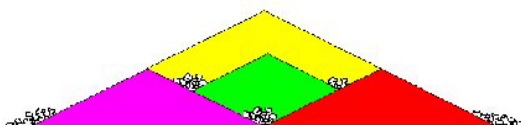
1.3 Principios técnicos de la homogenización.

Pilas de homogenización: La gran variabilidad que muestran los elementos principales en los minerales, en cuanto a su proporción, y la existencia de otros compuestos dentro del mineral, que no aportan valor económico, pero que en determinadas proporciones tienen un impacto negativo en el costo de los procesos metalúrgicos, hace que sea necesario mezclar los productos que vienen desde las minas, o de plantas de procesamiento. (Minerales a plantas de beneficio, acopios de concentrado a fundiciones, minerales a pilas de lixiviación). La mezcla resultante de estos productos debe cumplir con las restricciones metalúrgicas, ambientales, y además debe ser la más económica para el proceso, a que va a ser sometida a continuación. El gran volumen de los materiales a mezclar, ha obligado a desarrollar lo que se llama pilas de homogenización, que permite un real control de proceso al extraerlos por grupos en que la media de cada una de estos grupos es muy cercana a la media del total. Existen dos métodos de acopio que se llaman Método Chevron y Método Windrow-Chevron:

Método Chevron: El método Chevron considera el depósito de los materiales en la pila, mediante un alimentador de desplazamiento longitudinal a ésta, según la figura.



Método Windrow-Chevron: El método windrow-Chevron consiste en ir depositando los materiales en la pila, mediante un alimentador de desplazamiento longitudinal y transversal. Inicialmente se construyen las formas chevron del piso de la pila, y posteriormente va llenando los espacios interiores según la figura.





El apilado continuo según el proceso Chevron proporciona un máximo efecto de mezcla y homogenización. El apilado según el sistema de conos es apropiado para parques con pocos requerimientos a la homogenización.

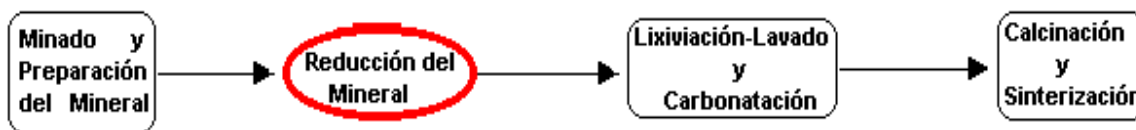
En la fábrica la homogenización que se hacía era en un patio en el cual se depositaba todo el mineral que se alimentaba de la mina y mediante grúas era que se mezclaba el mineral, obteniéndose flujos de minerales más estables. Actualmente el mineral se alimenta de los frentes mineros hacia la fábrica directamente, ya que los depósitos interiores no están funcionando, lo que provoca que haya inestabilidad constante en la calidad del mineral que se alimenta a los hornos de reducción, lo cual es menos favorable para la operación de los hornos ya que no se puede prefijar ningún parámetro de operación.

I.4 Descripción del flujo tecnológico de la fábrica.

La ingeniería de procesos basados en la tecnología carbonato amoniacal, nos muestran la necesidad de un enfoque sistémico, en la integración de los aspectos geólogo-minero-metalúrgicos, y así dar solución a los principales problemas acuciantes en dichas tecnologías no resueltas en los momentos actuales, como son:

- ❖ Desconocimiento práctico en general de las características físico-químico y las transformaciones de la materia prima.
- ❖ Elevados consumo de portadores energéticos.
- ❖ Baja eficiencia metalúrgica y energética.
- ❖ Impactos medio ambientales desfavorables.

Los actuales complejos minero-metalúrgicos cubanos, diseñados con la tecnología carbonato-amoniacal, conocido también como “Proceso Caron”, consta principalmente de cuatro etapas, como se muestra en el siguiente flujo tecnológico:



El mineral una vez extraído de la mina, es sometido a procesos de tratamiento continuo, hasta la obtención de un producto final, que a través de la cadena tecnológica la materia prima se transforma hasta la obtención de los elementos valiosos de Ni y Co, por las siguientes plantas:

- 1.- Secadero y Molienda.
- 2.- Hornos de Reducción.
- 3.- Lixiviación y Lavado.
- 4.- Separación de Cobalto.
- 5.- Recuperación de Amoniaco.
- 6.- Calcinaación y Sínter.

1.5 Proceso de homogenización del mineral en la fábrica.

La extracción y transporte del mineral es la actividad fundamental, por lo cual todos los trabajos mineros están encaminados a que esta se realice exitosamente, pero a la vez la extracción y el transporte de mineral están subordinados a las exigencias del proceso industrial y a las condiciones naturales del yacimiento por lo que se precisa de un punto de recepción, beneficio y homogenización que equilibre las fluctuaciones en los volúmenes y la calidad del mineral. El mineral que se suministra al proceso metalúrgico es una mezcla heterogénea de los diversos minerales que se forman en la corteza de intemperismo de las rocas básicas y ultra básicas, las mismas se pueden agrupar en 4 grupos:

1. Limonita fuera de balance (LFB): Constituye la roca estéril o escombro.
2. Limonita de balance (LB): ofrece buenas características para el proceso.
3. Serpentina de balance (SB): Aunque no tiene buenas características para el proceso se procesa por su alto contenido de Níquel.
4. Serpentina fuera de balance (SFB): Cuando se incorpora al proceso metalúrgico provoca serios problemas, por lo que se debe reducir al mínimo.



El mineral es transportado en camiones hasta la Instalación de Recepción y **clasificación** en donde se deposita, se somete a un proceso de cribado y mediante transportadores de banda pasa por un tamizado en una zaranda.

En la Planta de Preparación de Mineral es donde se inicia el proceso productivo de la Fábrica, según la tecnología carbonato amoniacal. El mineral procedente del área de **recepción** primaria (Objeto 01) puede ser suministrado a la Planta de Preparación de Mineral por dos vías.

1. A través de grúas gantry.
2. Directamente por los transportadores de enlace.

Una vez descargado el mineral, es transportado por los transportadores de banda que son los encargados de transportarlo hasta la alimentación de los secaderos o al depósito interior, se usa en caso de emergencia o avería (Como se explico anteriormente esto ya no se realiza y el mineral es transportado directo hacia los secaderos).

El mineral llega a los secaderos pasando a través de alimentadores de esteras de capacidad variable 70, 105 y 125 t/h y los transportadores de bandas de capacidades igual a 125 t/h. El mineral al entrar al secadero posee una humedad 36 - 37 % y es descargado del mismo con 4.5 %.

El mineral después de secado, es transportado hasta las tolvas de alimentación del sistema de molienda. En el transportador se le adiciona hasta un 3.5 % de petróleo aditivo para ser utilizado como agente reductor durante la reducción.

Los molinos de bolas con capacidad de 120 t/h, 5 700 mm de longitud y 3 200 mm de diámetro son de forma cilíndrica y para su proceso de molienda fina poseen una carga de bolas cuyo peso es de 54 Ton. El producto es descargado por el molino con una granulometría de 85 -87 % de - 0,074 mm mediante barrido con aire inducido por un ventilador de recirculación situado a la descarga y cerrando un circuito que está formado además por un separador y grupo de ciclones.

En el separador neumático el producto sufre una clasificación donde se separa el producto final que se envía a las tolvas y el material de rechazo que retorna a los molinos. El polvo captado en el sistema de colección primaria formado por ciclones, así como en el electrofiltro (un mineral con granulometría -0,044 mm) es enviado



hacia las tolvas de producto final; luego empleando bombas para el transporte neumático es transportado hacia los silos del mineral de la planta de Hornos de Reducción.

El mineral almacenado en los silos (1500 tn cada uno) es bombeado hasta las tolvas de alimentación de los hornos, dispuestas una para cada dos hornos de donde se alimenta a los dosificadores de pasaje automático, que son los equipos encargados de garantizar una alimentación uniforme al horno de acuerdo al tonelaje fijado, el mineral es descargado al sinfín alimentador el cual lo alimenta al hogar cero del horno.

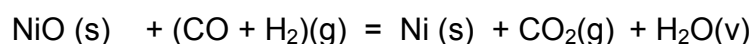
I.6 Caracterización del proceso de reducción a escala industrial.

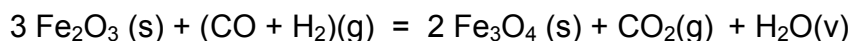
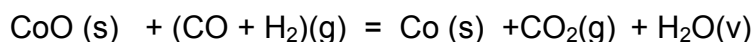
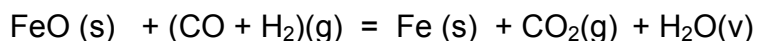
Inicialmente hacemos una descripción del proceso de tostación reductora, para posteriormente vincularlo con la influencia de la variabilidad de las características de la materia prima y su comportamiento a través del proceso tecnológico.

I.6.1 Características generales del horno de reducción

Según la bibliografía especializada en este aspecto (Palacio C, E. 2003). Primeramente el mineral es depositado en los silos, equipos a los cuales se alimenta el mineral procedente de la planta de Secadero y Molienda. Una vez en las tolvas, el mineral es bombeado a través de las líneas, por medio de bombas, a las tolvas de consumo de los hornos, aquí se toma la muestra (SM8), para su posterior análisis químico. Cada tolva alimentará el mineral a dos hornos; en la parte superior de estas se inyecta un mínimo de aire de servicio para impedir que el mineral se asiente en las paredes. La tolva alimenta al transportador sinfín o en otros casos a la mezcladora. Uno de estos equipos descargan el mineral en los hogares H-0 de los hornos, aquí se toma la muestra para los análisis químicos (HR1).

El horno de reducción está dividido interiormente en 17 hogares, desde H-0 hasta H-16; el mineral en su descenso consecutivamente se seca, se calienta y se reduce siguiendo las principales reacciones estequiométricas, que a continuación se muestran:





El proceso de reducción se logra estableciendo un perfil de temperatura y concentración de reductores determinado; para ello el horno posee 10 cámaras de combustión (generalmente una de ellas de reserva en el hogar H-6 o en el Hogar H-15), equipadas con quemadores PRIOR para la combustión incompleta del petróleo tecnológico.

El mineral reducido del último hogar, se desliza hasta el alimentador Grizzli que lo introduce al transportador rotatorio, en ocasiones se toma la muestra TR, para determinar el tiempo de retención del Horno, principalmente en hornos pilotos, para el caso de hornos industriales se realiza esta operación con poca frecuencia debido principalmente a la alta peligrosidad, de las elevadas temperaturas del mineral que descarga el horno industrial.

Después de reducido el óxido de níquel y los óxidos superiores de hierro a Ni metálico y hierro metálico, el mineral es descargado del horno al transportador rotatorio (225 – TR- 207), a su vez, este entrega el mineral a una temperatura de 650 –700 °C al enfriador (225- EN – 208), el cual tiene el objetivo de enfriar el mineral hasta una temperatura por debajo de los 200 °C. Para ello su forma unas paletas y los carros raspadores, los cuales se encargan de remover el mineral y raspar la superficie interior del enfriador evitando así que el mineral se pegue e interfiera en el proceso de transferencia o intercambio de calor. El enfriador rota sobre la piscina de agua. El agua de la piscina debe salir a una temperatura no menor de 70 °C y es enviada mediante bombas hacia la planta de agua.

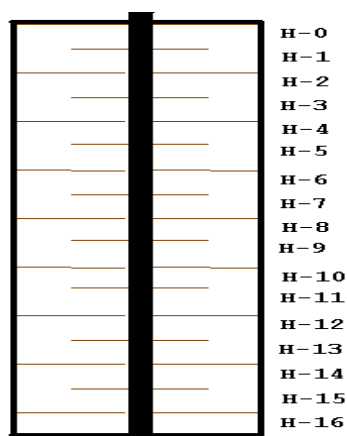
El mineral que disipa parte de su temperatura (aproximadamente $t = 230\text{ }^{\circ}\text{C}$) cae por gravedad hacia una de las dos canales de contacto, a través de un conmutador doble de flujo y es arrastrado por un flujo de licor rico en amoníaco y dióxido de carbono que lo conduce hacia los tanques de contacto de la planta de Lixiviación y Lavado; equipos en los cuales se toma la muestra HR-3 para caracterizar el mineral reducido y determinar la magnitud del extractable.



La reducción propiamente dicha tiene lugar en los Hornos de Reducción; estos equipos pertenecientes a la clase de Soleras Múltiples; disponen además de un eje central al cual se le articulan 68 brazos (4 en cada hogar), los cuales tienen dispuestos dientes o paletas inclinados con la distribución siguiente:

Hogares del horno “Tipo Herreshoff”:

Alimentación (Toma de muestra HR-1)



Descarga (Toma de muestra TR)

Fig. 1.1. Esquema de un horno Herreshoff, en el cual se muestra donde se realizan las tomas de muestras.

El movimiento del mineral de un hogar a otro se realiza en forma de zig - zag, los hogares pares descargan a través de 16 orificios periféricos localizados equidistantemente en su perímetro y, los impares descargan a través de un orificio central. En cada cámara el distribuidor de petróleo consta de: una válvula principal,



un filtro para separar impurezas, una válvula solenoide, un termómetro, un manómetro, un flujómetro con by-pass, un regulador de presión y el quemador.

Generalmente el horno cuenta con los siguientes datos técnicos:

Volumen del horno (m^3): 387

Productividad (t/h de mineral recibido): 21

Volumen de aire de post - combustión en H-4 y H-6 (m^3/h): 2

Presión positiva en H-16 (mm de H_2O): 2 - 4

Temperatura de los gases a la salida del horno ($^{\circ}C$): 350 - 400

Aire para el enfriamiento de las cámaras (m^3/h): 9,57

Volumen de gases calientes (m^3/h): 15,0

Parámetros estructurales:

Diámetro interior del horno (m) 6,048

Diámetro exterior del horno (m): 6,780

Diámetro del eje central (m): 0,980

Espesor del revestimiento del horno (m): 0,342

Espesor del revestimiento del eje (mm): 75,000

Altura total (m): 23,500

Altura de la parte cilíndrica (m): 18,890

Masa (t): 1 063, 2

Velocidad de rotación del eje central (r.p.m.): 1 - 1,5

I.6.2 Principales variables que influyen en el proceso de reducción:

Temperatura:

La temperatura facilita la descomposición térmica de las estructuras cristalinas y el desarrollo de las reacciones de reducción.



El perfil térmico actual, que se utiliza, se trata que esté, en correspondencia con las características del mineral, específicamente con los componentes químicos totales de Fe, Co, Ni, SiO₂ y MgO. En el perfil de temperatura, típico de un horno se observa que la misma aumenta bruscamente desde H-0 hasta H-4, producto a que el desarrollo de las reacciones de combustión del petróleo tecnológico, alimentado en un rango de 20 hasta 150 % en los hogares H-4 y H-6, genera un calor adicional que contribuye al calentamiento del mineral, y a la vez que reduce el contenido de CO e H₂. En el hogar 4, se encuentra la zona de secado del mineral más intensa, pues en él se logran las mayores temperaturas de los hogares superiores y del horno en su conjunto. A partir de H-9, se considera que el mineral debe estar seco y con la temperatura necesaria para que se produzca el proceso de reducción.

En el hogar 15, se exige una temperatura final variable (730 – 770⁰C) en dependencia del tipo de mineral que se esté tratando; principalmente por la presencia de mineral serpentínico o de las mezclas de laterita + serpentina, alimentadas al horno de reducción, para ello se toma como referencia para el ajuste térmico y gaseoso del horno el hogar H-10.

Concentración de agentes reductores:

Los gases utilizados en el proceso de reducción son obtenidos mediante el uso de petróleo aditivo, el cual se mezcla con el mineral luego de ser secado y, por medio de la combustión incompleta del petróleo tecnológico en las cámaras del horno. El contacto gas - mineral tiene lugar en las camas de mineral y, mayoritariamente, en la caída de un hogar a otro donde se verifica, aproximadamente, el 60 % de las reacciones de reducción.

El perfil gaseoso, para un por ciento fijo y predeterminado de petróleo aditivo, se controla variando los flujos de aire y petróleo manteniendo constante la relación aire - petróleo en cámara ($\alpha = 62 - 64$).

Por ciento de petróleo aditivo:

El empleo del petróleo aditivo se justifica debido a que al estar íntimamente mezclado con la masa mineral, produce una serie de focos activos, puntuales



generadores de CO, disminuyendo de esta forma a un mínimo la resistencia a la transferencia de masa en el mineral; Esto conduce a una reducción uniforme, con menor temperatura, tiempo de retención y concentración de reductores en la fase gaseosa. El porcentaje de petróleo aditivo generalmente usado, debe estar entre 2 - 3 %. Cuando el porcentaje de adición del petróleo, se encuentra por encima de 3 %, en las condiciones actuales, se genera más CO del requerido para desarrollar las reacciones de reducción y esto puede provocar el surgimiento de zonas de sobre reducción con su consiguiente influencia en la extracción del níquel, ya que se genera más hierro metálico; además, aumenta el contenido de carbón y materia orgánica en el mineral reducido, con lo cual se incrementa la viscosidad de la pulpa y por ende se afectan los índices en el proceso de lixiviación.

Granulometría:

Por este ser un proceso heterogéneo la granulometría influye determinantemente en los buenos resultados de reducción. Las reacciones ocurren fundamentalmente en la línea divisoria de las fases y la velocidad de la reacción está determinada por la penetración del gas al interior de la partícula. Si estas son pequeñas, aumentará la superficie activa del mineral, será mayor el contacto entre las fases, lo que incide directamente en la conversión de la reacción.

Tiempo de retención:

Este parámetro depende principalmente de la cantidad de Hogares y en correspondencia con la velocidad del eje central, que depende a vez, de la posición de los dientes en los brazos, que remueven y trasladan el mineral en los hogares desde H-0 hasta H-16. La actual operación se realiza de forma tal que este parámetro se mantenga en el orden aproximadamente en los 90 min. En los momentos actuales como está concebido el propio horno "Tipo Herreshoff", muchos especialistas coinciden en que es un parámetro de poca influencia tanto en la



metalización de los componentes valiosos de Ni y Co, como para la metalización del Hierro.

Presión:

La presión en el interior del horno debe ser superior a la atmosférica para evitar la entrada de aire del exterior que pueda provocar la reoxidación del níquel, el cobalto y el Hierro metalizado. La información de la presión en el horno se obtiene con una frecuencia de segundos, generalmente, estas se encuentran en el orden de:

Hogar Superior H-0 → 40 mm H₂O.

Hogar Inferior H-16 → 2,5 mm H₂O

Cuando por deficiencias del proceso se obtienen valores de presión fuera de los rangos normados, puede el sello de seguridad del horno dispararse y los gases salen directamente a la atmósfera, en caso contrario significa que existe demasiada entrada de aire al horno, provocando una oxidación o reoxidación del mineral inicialmente descompuesto y reducido.



Fig. #1.2. Diagrama de Ishikawa. Factores que influyen en el proceso de reducción y la extracción de níquel y cobalto.



En la Fig. 1.2 se muestra un diagrama de tipo Ishikawa, se representan la interrelación funcional de diversas variables que influyen en la variabilidad del mineral en el proceso de reducción y a la vez a la magnitud del extractable de Ni y Co.

Un análisis dimensional como se observa en la figura 1., muestra que muchas operaciones tecnológicas químico-metalúrgicas del Ni y Co, dependen de un gran número de factores, por lo tanto para ellos resulta imposible sin un enfoque químico-mineralógico. Ya que sólo a partir de la interpretación química, se puede en forma muy general presentar la dependencia entre los diferentes factores que influyen sobre la materia prima a través de todo el proceso. Es por ello que haciendo una valoración de los principales factores causales que influyen en la variación del proceso de reducción y en la eficiencia metalúrgica y energética, podemos observar que los aspectos teóricos que conforman las teorías y la práctica, de la tecnología carbonato-amoniaco, se sustenta solo en los estudios relacionados solamente con las reacciones químicas (quimismo).

En la industria de la metalurgia del Ni y Co, se realizan diversos procesos en los cuales la materia prima (Lateritas y Serpentinicas), como resultado del propio proceso metalúrgico tiene lugar profundas transformaciones acompañadas con el cambio del estado del sólido, de su estructura interna, incluso hasta el estado de agregación de la propia materia prima. Junto con las reacciones químicas, que son los procedimientos básicos observados en los procesos químico-metalúrgicos, forman parte de estos últimos, toda una serie de operaciones físico-químicas (entre ellas mecánicas, de reducción, lixiviación etc.). Es por ello que se considera necesario el conocimiento del enfoque químico-mineralógico para el procesamiento metalúrgico de los minerales lateríticos y serpentínicos.



Conclusiones de Capítulo

1. Se muestran algunos trabajos antecedentes relacionados con la temática de la estabilidad, variabilidad y homogenización del mineral en los hornos de reducción.
2. Se describe el flujo tecnológico del mineral, desde que se alimenta en la Mina hasta la entrada a los Hornos de Reducción.
3. Se describen las variables que influyen en el proceso de reducción.

Capítulo II. Materiales y Métodos.

II.1 Introducción.

Para la realización de este capítulo se hicieron bases de datos en el programa Microsoft Excel, con datos de la producción de la Fabrica “Comandante Ernesto Che Guevara” con el objetivo de determinar el grado de homogenización del mineral en la planta de Hornos de Reducción con respecto al extractable de Níquel obtenido.

II.2- Metodología de la Investigación

Se tomaron los datos en el periodo de Abril a Agosto del 2007 de la planta de Hornos de Reducción que es un periodo en el cual la fabrica tuvo buenos y malos momentos. Los datos que se trabajaron se obtuvieron de los Reportes de Losas, Reporte por Bloques de la planta de hornos de reducción y Reporte de calidad de la Mina, con los cuales se realizaron las bases de datos. A estas bases se le aplicó un filtrado y ordenamiento según las variables objeto de estudio para graficarlas o determinar sus valores medios, desviaciones estándar o grado de homogeneización según los periodos o frecuencias de cambio del muestreo y/o las operaciones mineras y metalúrgicas, el grado de homogenización se calculo por la siguiente ecuación según (Estenoz S, M. et al, en 2004).



$$GH = \left[1 - \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X^-)^2}{n(n-1)}} \right) / \left(\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} * K \right) \right] * 100$$

$$K = \frac{e^*c}{\pi} * \sqrt{\frac{c^*e^{\frac{1}{c}}}{3}}, \text{ donde:}$$

X_i = Valor de la i muestra de la población.

X^- = Valor medio de la variable de calidad.

n = número total de muestras de la población.

c = número de variables de calidad consideradas en el material.

K = coeficiente de variación de la calidad en el mineral. Este coeficiente varía de 1 a 20, para simplificar los cálculos se tomó según (Estenoz S, M. et al, en 2004) igual 10.

II.3- Muestreo del mineral en los Hornos de Reducción

El objetivo fundamental de este trabajo es estudiar el efecto de la [estabilidad](#) cualitativa del mineral en el proceso de reducción, para esto se tenía previsto realizar el muestreo en los hornos de reducción en un intervalo de cada 20 minutos, es decir tomar muestras puntuales para poder ilustrar el fenómeno de la variabilidad del mineral alimentado y la influencia de la homogenización sobre este fenómeno. Para hacer esto se debía instalar una toma muestra con la cual se pudiera tomar las muestras puntuales en los hornos que se decidieran escoger para el estudio, el mismo, se debería hacer de tal forma que cumpliera este requisito. Por diferentes factores que surgieron no fue posible tomar las muestras, y se decidió hacer el trabajo con los datos de producción de la planta de hornos de reducción. Estos reportes cuentan con las variables necesarias para dar respuesta a los objetivos antes mencionados, los cuales dan los datos por turnos, donde no es un intervalo apropiado para hacer este tipo de estudio por la diferencia en el intervalo de muestreo.

II.4- Descripción de las bases estudiadas

Con los datos obtenidos se hicieron bases de datos, para la composición química del mineral, granulometría, extractable de níquel y variables de operaciones de los



hornos. La base de Losas, la cual cuenta con los datos del turno 1, el turno 2 y del día en las tres losas que tienen los hornos de reducción, cada una de las cuales cuenta con ocho hornos. Entre los datos que abarca esta base se encuentran la masa de del mineral alimentado por turnos, da la composición química completa del mineral alimentado, la granulometría del mineral por clases y el extractable se níquel y de cobalto como se muestra a continuación.

Tabla #2.1. Variables que presenta la base de Losas.

Nombre	Nomenclatura	U/M
Contenido de níquel	Ni	%
Contenido de hierro	Fe	%
Contenido cobalto	Co	%
Oxido de sílice	SiO ₂	%
Oxido de magnesio	MgO	%
Extractable de níquel	Ext Ni	%
Extractable de cobalto	Ext Co	%
Grado de homogenización del níquel	GH Ni	gr
Grado de homogenización del hierro	GH Fe	gr
Grado de homogenización del mineral	GH mineral	gr

Esta base se llenó con los meses tomados y se filtró para realizar los cálculos.

En la base de bloques también esta estructurada por los dos turnos y por el día el cual es el promedio de los dos turnos, en sus variables están presentes las horas trabajadas por cada horno, mineral alimentado a romanas, el mineral alimentado bruto por hora de cada horno, las toneladas secas sin petróleo, la relación CO/CO₂, eficiencia operativa, el % de CO en los gases de salida, las temperaturas del hogar 2 hasta el hogar 15, además de la humedad, el % de petróleo aditivo, extractable de níquel y cobalto y la composición química del mineral en la muestra HR-1, como se presenta a continuación.

Tabla #2.2. Variables que presenta la base de Bloques.

Nombre	U/M
Horas trabajadas	Hrs
Mineral Alimentado en romanas	Kg
Mineral Alimentado Bruto por hora	Kg
Toneladas secas sin petróleo	Kg
Relación CO ₂ /CO	
Eficiencia Operativa	%
% CO en gases de salida	%
Temp. Hogar 2	°C
Temp. Hogar 4	°C
Temp. Hogar 6	°C
Temp. Hogar 9	°C
Temp. Hogar 11	°C
Temp. Hogar 13	°C
Temp. Hogar 15	°C



La base de la mina esta confeccionada por las muestras SM-1, SM-2 y HR-1, en todos los turnos, además tiene la hora del muestreo la cual en la muestra SM-2 se toma cada dos horas en el tiempo de trabajo de los turnos y contiene la composición química del mineral que se deposita en el objeto 01 de la mina, la SM-1 da el porcentaje de humedad del mineral y la HR-1 la composición química del mineral y el extractable de níquel en la entrada de los hornos de reducción.

Tabla #2.3. Variables que presenta la base de mina calidad.

Nombre	Nomenclatura	U/M
Contenido de níquel. SM2	Ni	%
Contenido de hierro. SM2	Fe	%
Contenido cobalto . SM2	Co	%
Oxido de sílice. SM2	SiO ₂	%
Oxido de magnesio. SM2	MgO	%
Contenido de agua. SM1	H ₂ O	%
Contenido de níquel. HR1	Ni	%
Contenido de hierro. HR1	Fe	%
Contenido cobalto . HR1	Co	%
Oxido de sílice. HR1	SiO ₂	%
Oxido de magnesio. HR1	MgO	%
Extractable de níquel	Ext Ni	%

De los meses tomados se tiene como referencia las peores decenas y las mejores en las cuales se le realizaron los mismos cálculos y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla #2.4. Decenas de mejor y peor calidad del período tomado.

Meses	Calidad	Decenas	Ni, %	Co, %	Fe, %	Ext Ni %	Ext Co %	GH Ni
Mes 4	P	2da Dec	1,25	0,095	37,60	79,28	49,06	63,15
Mes 4	P	3ra Dec	1,25	0,092	36,09	77,77	45,78	61,60
Mes 5	P	1ra Dec	1,27	0,106	38,34	78,24	48,73	61,06
Mes 5	P	2da Dec	1,23	0,089	37,72	77,57	47,19	50,27
Mes 6	M	3ra Dec	1,18	0,102	43,60	84,23	54,42	80,56
Mes 7	M	2da Dec	1,26	0,105	44,01	84,05	50,35	65,39
Mes 8	M	1ra Dec	1,18	0,103	42,83	83,04	50,64	68,00
Mes 8	M	2da Dec	1,24	0,113	42,59	82,94	48,29	63,86



Como se puede ver en las decenas peores el contenido de hierro no supera el 39 %, lo cual se corresponde con los bajos valores en el extractable de níquel. Como se contaba solamente con ochos intervalos los cuales eran muy pocos representativos para ver el fenómeno de la influencia de la homogenización se decidió trabajar con los cinco meses completos.

Al tener en todas las bases los datos filtrados con todas las variables a estudiar en el periodo de los cinco meses, se hicieron las tablas en decenas, donde cada decena tiene 20 turnos y son 15 intervalos los cuales se graficaron ordenando el extractable de níquel con respecto a las demás variables. En la base de losas se tomaron todos los turnos y cada losa para hacer las tablas y gráficas, al contar con tantos turnos el fenómeno de la variabilidad del mineral, no se ve con tanta claridad, lo cual no permite llegar a conclusiones adecuadas.

Por estas causas se tomaron intervalos en pentenas es decir cada cinco días lo que equivale a diez turnos y también se realizaron los cálculos de promedio y homogenización, pero aún los datos no representaban la variabilidad real del mineral que se alimenta a los hornos de reducción, aunque hubo mejor tendencias en la homogenización del mineral. Finalmente se tomaron intervalos de cada tres días debido, a que es un intervalo que se aproxima al tiempo de cambio de la calidad del mineral de la mina con respecto a la fábrica, que aproximadamente trabajando con los silos llenos el mineral que se alimenta al objeto 01 en la mina tarda de un día y medio a dos días en llegar a los hornos de reducción, y finalmente se decidió trabajar con este intervalo. Igualmente que en los casos anteriores se realizaron los cálculos pertinentes, pero esta vez se unieron las tres losas con sus respectivas fechas de los intervalos y se ordenaron con respecto a el por ciento de níquel para casar las parejas que tuvieran mayor semejanza en cuanto a la composición química y que tuvieran diferencias en el extractable de níquel. Al hacer esta operación, se encontraron veinte parejas con estas características (ver anexo 14), de las cuales catorce de ellas cumplen con la condición de que el intervalo que posee mayor extractable de níquel, tiene también mayor grado de homogenización volumétrica de los componentes que constituyen el mineral. Las otras seis parejas donde el intervalo que tiene mayor extractable de níquel tiene menor grado de homogenización



volumétrica, por lo cual fue necesario comprobar estos intervalos con las operaciones de trabajo de los hornos a que pertenece cada una de estos intervalos, para poder definir que influencia tuvieron las operaciones en cuanto a la calidad del extractable de níquel.

Conclusiones del capítulo

1. Se explica el por qué no se pudo tomar las muestras puntuales y se decidió trabajar con los datos de producción de los hornos de reducción y la mina.
2. Se expone la metodología empleada para organizar los datos y realizar los cálculos.

Capítulo III Análisis de los Resultados

III.1- Introducción

En este capítulo se hace un análisis de los resultados obtenidos al realizar los cálculos en los diferentes intervalos estudiados de las variables en las bases de datos de la Mina y Hornos de Reducción, obteniéndose las diferentes tablas de cada intervalo y sus respectivos gráficos.

III.2- Estudio de frecuencias de cambio tomadas

Para poder ver la influencia del grado de homogenización del níquel se hicieron gráficas de extractable de níquel con respecto al grado de homogenización del níquel en las decenas, pentenas (cinco días) y en los intervalos de cada tres días.

III.2.1- Estudio con la frecuencia decenas.

En esta frecuencia se tienen quince intervalos, los cuales equivalen a los cinco meses tomados. En la tabla 3.1 se muestran los datos de la composición química del mineral, el extractable de níquel y los grados de homogenización del níquel, el hierro



y el mineral de la losa 1 de los hornos de reducción. Inicialmente se ordenó por el extractable de níquel para realizar las respectivas gráficas, para hacer un análisis de los intervalos con que cuenta la tabla se buscaron las parejas de similar composición química y valores aproximados del extractable de níquel, los grados de homogenización tienen poca diferencia, el extractable de níquel aumenta al aumentar el contenido de hierro, donde son las únicas variables que muestran mayor dependencia, al analizar los intervalos en general, se ve que hay poca diferencia entre los valores del extractable de níquel, por lo cual se decidió trabajar en un intervalo más corto de cinco días.

Al graficar el extractable de níquel contra el contenido de níquel, se puede apreciar que al aumentar el extractable, hay una ligera tendencia de disminuir el contenido de níquel, donde no existe una dependencia notable entre ellos. El contenido de níquel en esta losa osciló entre 1.18 % a 1.27 % y el extractable de níquel de 77.57 % a 84.73 %, donde el coeficiente de correlación fue de -0.35 el cual es muy bajo. En las demás losas este fenómeno se mantuvo semejante (ver anexos 2 y 3). Esto es debido a la característica del mineral alimentado, si es más limonítico se obtiene mayor valor en el extractable de níquel.

En cuanto al contenido de hierro, hay mayor correlación con el extractable de níquel, es decir hay mayor dependencia entre ellos, obteniéndose un coeficiente de correlación de 0.96, superior que la del contenido de níquel. Los valores de hierro estuvieron en el intervalo de 36.09 a 44.16. En este caso es característico de que si el mineral es más limonítico, contiene mayor cantidad de hierro y se obtendrán valores más altos del extractable de níquel. En el resto de las losas la correlación del hierro con respecto al extractable de níquel se mantiene de formas parecidas (ver anexos 2 y 3).

En los grados de homogenización del níquel y el hierro, el níquel tuvo mayor correlación con 0.60 y 0.28 para el hierro, donde en el níquel se obtuvo mayor grado de homogenización oscilando entre 48.1 a 80.6 grados y para el hierro de 25.72 a 77.33 grados, habiendo 3.27 grados de homogenización más en el níquel.

Tabla #3.1. Composición química, extractables y grados de homogenización agrupados en decenas de la Losa 1, de los hornos de reducción.



Decena	Mes	Ni, %	Co, %	Fe, %	SiO ₂ , %	MgO, %	Ext Ni, %	Ext Co, %	GH, gr	GH Ni, gr	GH Fe, gr
3ra Dec	Jun	1,18	0,113	43,60	8,54	3,73	84,23	54,42	1,0	80,6	62,08
3ra Dec	Ago	1,18	0,112	41,38	8,89	3,74	82,12	49,81	29,0	48,1	73,99
1ra Dec	Ago	1,18	0,105	42,83	8,45	3,63	83,04	50,64	15,9	68,0	69,53
2da Dec	Jun	1,21	0,105	42,99	8,80	3,84	84,73	56,48	-28,8	62,8	45,78
1ra Dec	Jun	1,22	0,076	39,76	10,69	5,14	79,48	48,46	-37,9	65,4	25,72
2da Dec	May	1,23	0,095	37,72	12,54	6,46	77,57	47,19	-4,1	50,3	51,68
1ra Dec	Abr	1,23	0,087	36,51	12,88	7,72	78,27	47,71	3,5	57,3	45,19
3ra Dec	May	1,23	0,087	36,92	13,38	7,05	78,46	46,61	-13,5	52,8	56,33
2da Dec	Ago	1,24	0,102	42,59	8,21	3,61	82,94	48,29	-0,9	63,9	68,76
1ra Dec	Jul	1,24	0,110	44,16	8,08	3,45	84,03	51,71	-17,0	72,7	50,93
3ra Dec	Abr	1,25	0,092	36,09	13,64	7,18	77,77	45,78	-2,3	61,6	55,21
2da Dec	Abr	1,25	0,089	37,60	12,04	6,98	79,28	49,06	36,9	63,1	62,47
3ra Dec	Jul	1,25	0,102	41,71	9,34	4,18	83,41	47,28	-4,5	72,8	46,93
2da Dec	Jul	1,26	0,103	44,01	8,03	3,38	84,05	50,35	43,7	65,4	77,33
1ra Dec	May	1,27	0,106	38,34	11,77	5,79	78,24	48,73	9,9	61,1	62,00

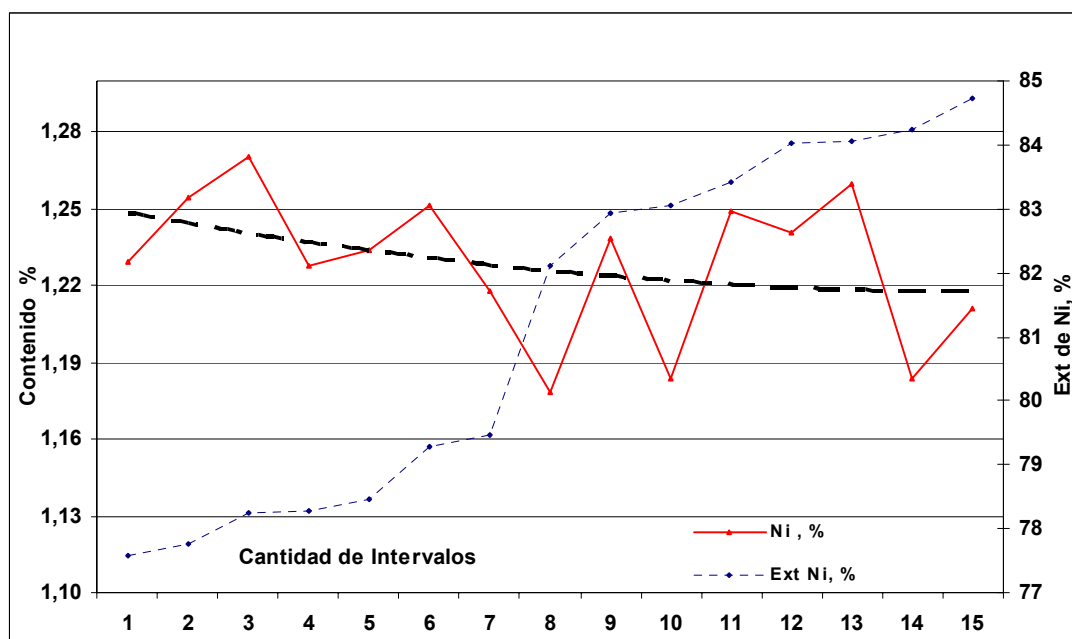


Fig. 3.1. Extractable de níquel con respecto al contenido de níquel en la losa 1 en el intervalo decenas.

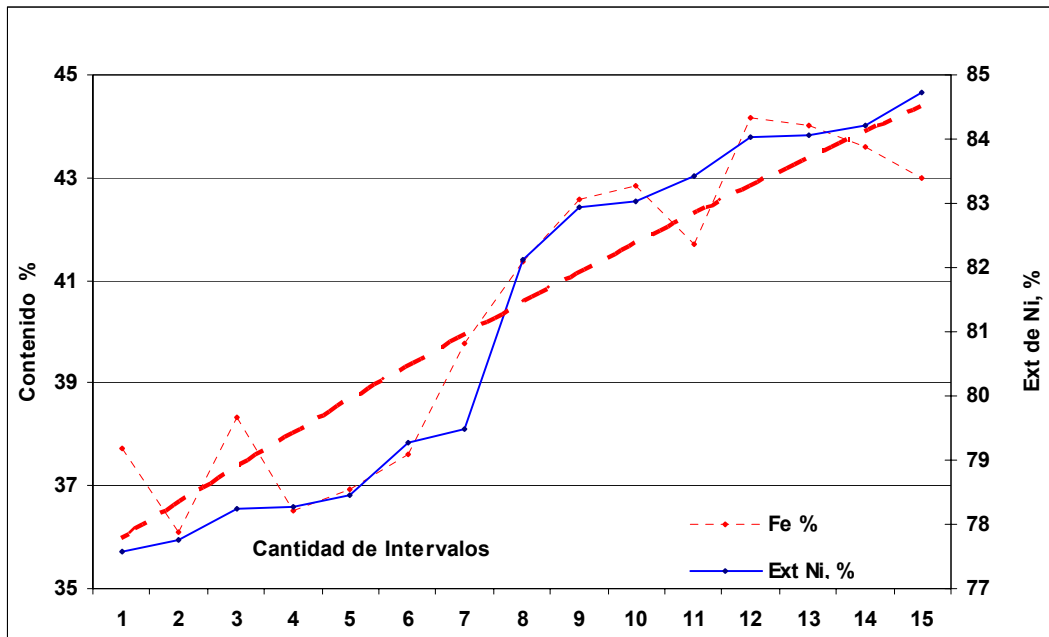


Fig. 3.2. Extractable de níquel con respecto al contenido de hierro en la losa 1 en el intervalo decenas.

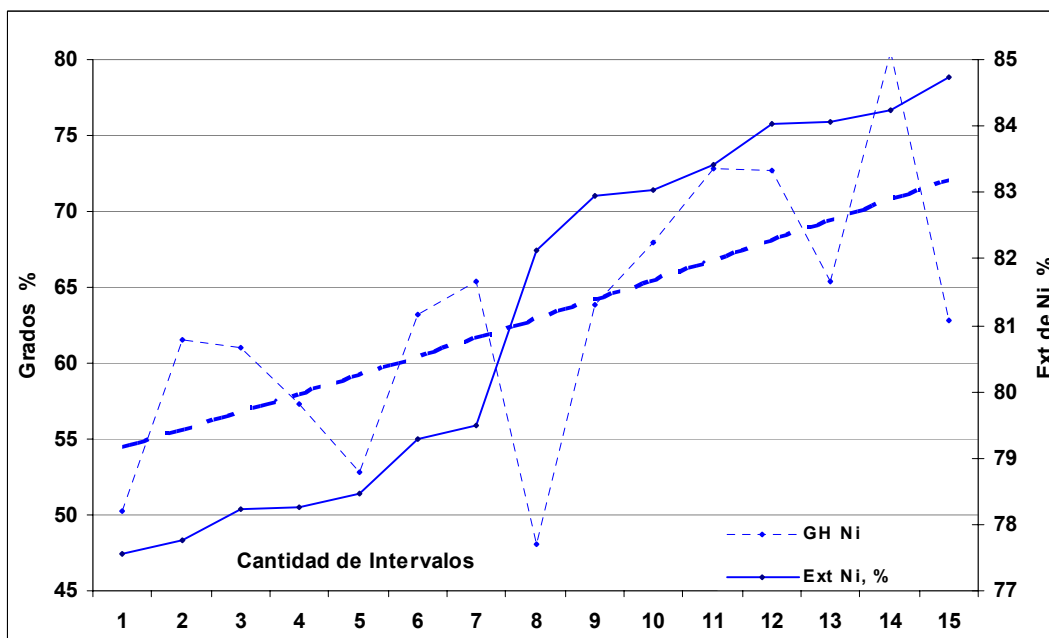


Fig. 3.3. Grado de homogenización del níquel con respecto al extractable de níquel en la losa 1 en el intervalo decenas.

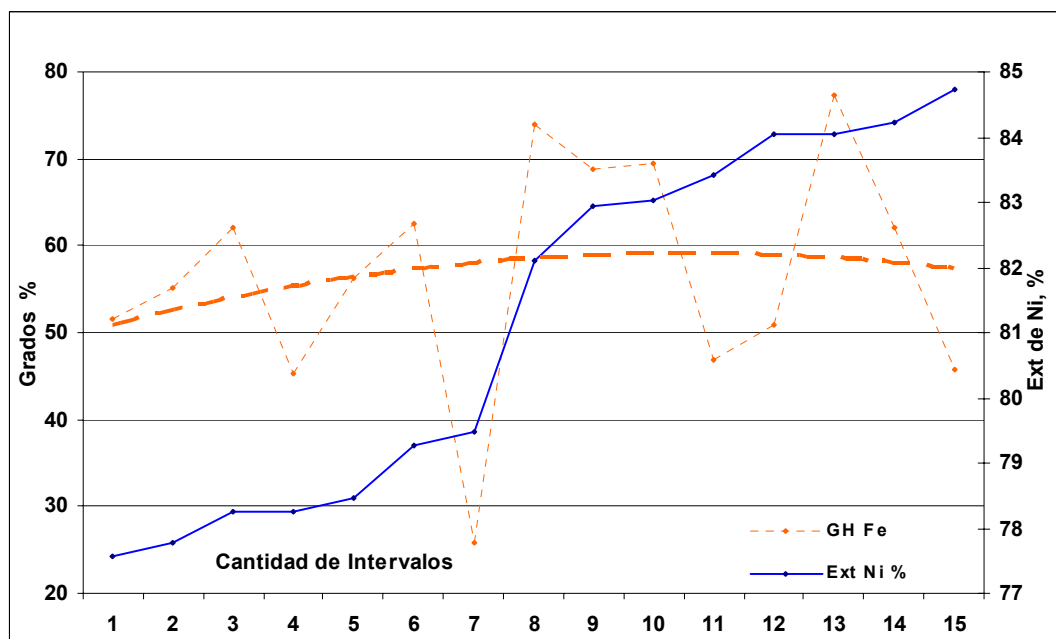


Fig. 3.4. Grado de homogenización del hierro con respecto al extractable de níquel en la losa 1 en el intervalo decenas.

III.2.2- Estudio en la frecuencia cada cinco días.

En la tabla 3.2 se muestra la frecuencia de cada cinco días o pentenas, aquí al igual que en las decenas, se ilustra muy poco el fenómeno de la variabilidad del mineral. Aquí también se unieron los intervalos de semejante composición química para poder estudiarlos, pero tampoco hay mucha diferencia entre los valores del extractable de níquel, y aún esta frecuencia no se encuentra en la frecuencia de cambio de la calidad del mineral de la mina con respecto al de la fábrica, la mayor dependencia la presenta el contenido de hierro, el cual es mayor, en los casos de mayor extractable y nuevamente fue necesario disminuir la frecuencia de los intervalos.

Al reducir el intervalo a cinco días, se observó mejor la variabilidad del mineral, pero aun no se estaba en un intervalo adecuado para poder ilustrar bien el fenómeno, aunque el grado de homogenización del níquel (Ver Anexo 5. Fig. 3), en este intervalo osciló entre 39.4 a 89.4 grados promediando 66.0 grados. El hierro estuvo



entre 25.72 a 77.33 grados promediando 62 grados. En este caso al igual que las decenas el níquel obtuvo mayor grado de homogenización con un coeficiente de correlación de 0.42 el hierro de 0.22. En el contenido de níquel se manifiesta nuevamente una pequeña tendencia a disminuir. En las otras losas se obtuvieron valores semejantes de estos elementos (ver anexos del 5 al 8).



Tabla #3.2. Composición química, extractables y grados de homogenización agrupados en 5 días de la Losa 1, de los hornos de reducción.

Fecha	Ni, %	Co	Fe	SiO ₂	MgO	Ext Ni	Ext Co	GH	GH Ni	Fe
	%	%	%	%	%	%	%	gr	gr	gr
Jul-10	1,17	0,106	43,0	8,2	3,5	83,8	50,7	13,4	66,9	69,2
Jul-31	1,17	0,109	41,8	8,8	3,7	82,2	48,3	37,3	39,4	76,3
Jun-25	1,18	0,110	44,8	7,8	3,2	84,5	54,9	61,6	89,4	90,1
Jul-25	1,19	0,115	40,9	9,0	3,8	82,0	51,6	28,5	59,4	75,6
Jun-30	1,19	0,115	42,4	9,3	4,2	83,9	54,0	10,7	75,3	63,5
Jun-15	1,20	0,101	42,9	8,6	3,8	83,4	56,0	27,3	80,2	71,1
Jul-5	1,20	0,103	42,7	8,7	3,8	82,3	50,6	22,1	71,6	68,7
May-25	1,21	0,097	37,8	12,6	6,6	79,4	49,9	-0,7	77,3	48,3
Jul-15	1,21	0,102	42,9	7,8	3,6	83,6	49,8	-11,9	70,7	72,8
Jun-20	1,22	0,108	43,0	9,0	3,8	86,0	56,9	-74,5	52,3	26,8
May-5	1,22	0,078	37,8	11,9	5,9	80,1	52,0	-8,0	62,3	40,1
May-15	1,22	0,092	37,0	13,2	6,9	78,4	46,8	-3,2	60,2	59,2
May-10	1,22	0,073	41,7	9,5	4,4	78,9	44,9	-20,0	66,8	47,2
Abr-5	1,22	0,086	36,1	13,0	8,3	76,9	43,2	27,6	45,6	64,4
Abr-25	1,23	0,082	35,5	14,3	8,0	76,7	41,7	35,6	78,6	64,9
Jun-5	1,23	0,106	43,1	8,7	3,9	83,1	46,6	-36,4	79,5	39,4
Jul-30	1,23	0,098	41,0	9,8	4,4	83,3	45,8	-16,0	78,1	42,8
May-10	1,24	0,103	37,9	12,3	6,2	76,4	44,3	0,9	60,2	53,6
May-20	1,24	0,098	38,5	11,9	6,0	76,7	47,6	-6,1	42,5	51,3
Abr-10	1,24	0,087	36,9	12,7	7,2	79,4	51,3	-16,1	67,6	33,9
Abr-15	1,25	0,087	37,3	12,0	6,9	79,1	47,3	31,6	53,5	56,9
Abr-20	1,25	0,090	37,9	12,0	7,1	79,4	50,8	36,7	73,9	68,2
May-31	1,25	0,079	36,2	14,0	7,4	77,7	43,9	17,3	42,2	78,8
Jun-15	1,25	0,104	44,5	7,9	3,2	85,6	54,2	48,4	78,7	82,6
Jun-10	1,25	0,113	45,3	7,5	3,0	85,0	56,8	40,3	68,0	85,4
Jul-25	1,27	0,106	42,6	8,8	3,9	83,6	49,0	31,5	75,2	57,8
Jul-20	1,27	0,102	43,5	8,2	3,5	82,5	46,5	59,5	56,1	77,9
Jul-20	1,27	0,102	42,2	8,6	3,6	82,2	46,8	27,7	74,6	65,7
Abr-30	1,28	0,102	36,7	13,0	6,4	78,8	49,8	11,0	60,8	51,8
May-5	1,30	0,108	38,8	11,3	5,3	80,1	53,1	45,6	73,8	75,1

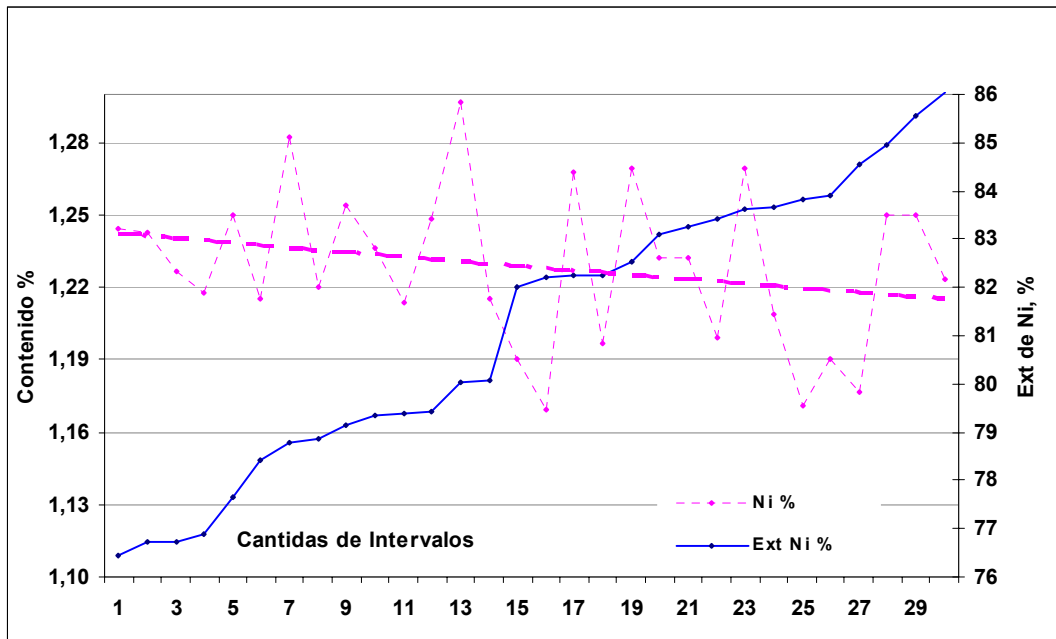


Fig. 3.5. Extractable de níquel contra el contenido de níquel en la losa 1 en el intervalo pentenas.

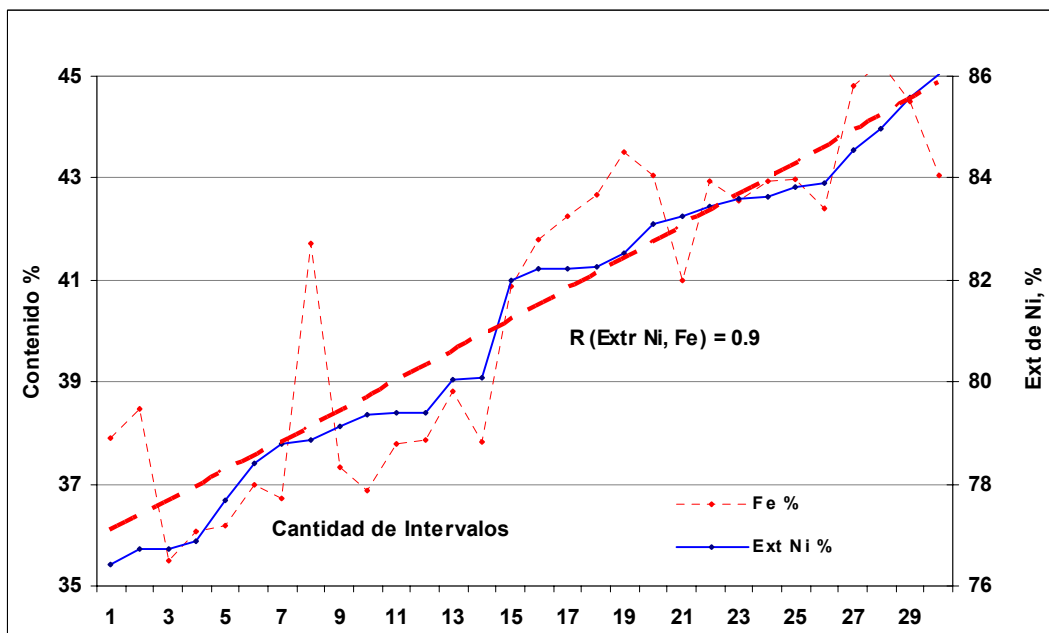


Fig. 3.6. Extractable de níquel contra el contenido de hierro en la losa 1 en el intervalo pentenas.

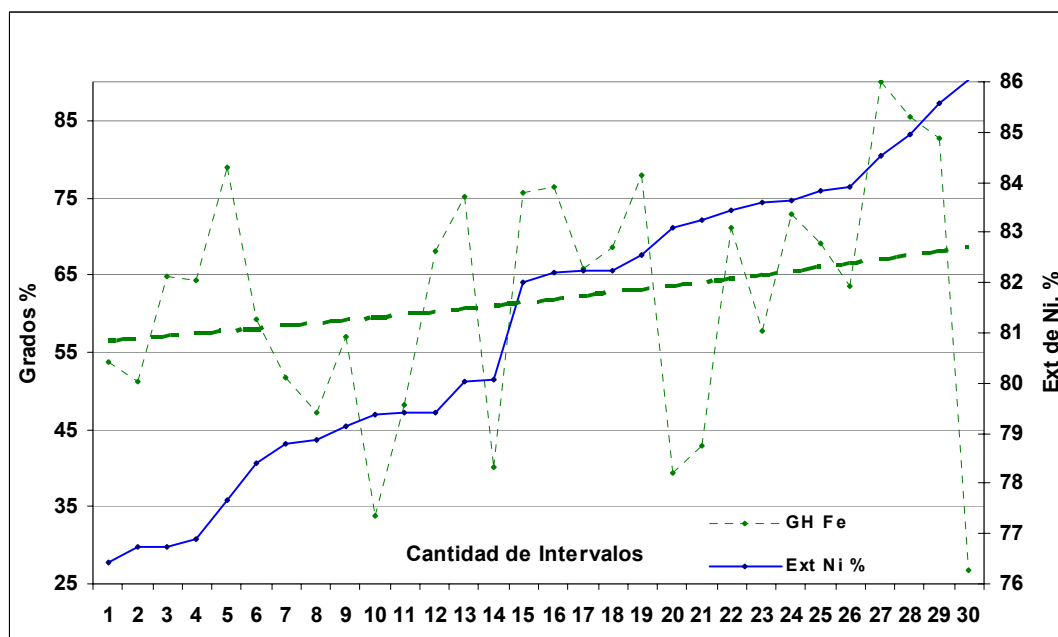


Fig. 3.7. Grado de homogenización del hierro con respecto al extractable de níquel en la losa 1 en el intervalo pentenas.

III.2.3- Estudio de la frecuencia de cada tres días.

En esta frecuencia que equivale a seis turnos, se acerca más al intervalo de cambio de la calidad del mineral de la mina con la fábrica, aunque es recomendable realizar el estudio con cinco o cuatros turnos para estar más cerca en este cambio.

Como se puede apreciar en la tabla 3.3, en este intervalo se obtuvieron mayores valores de los grados de homogenización, lo cual indica que se estaba aproximando al intervalo de cambio. En el contenido de níquel se manifiesta en mayor grado la variabilidad que en los casos anteriores, el grado de homogenización es mayor oscilando entre 30.7 a 89.6 grados, promediando 70.4 grados, y para el hierro presenta similar grado de homogenización que oscila entre 20.8 a 89.5, promediando 67.9 grados respectivamente. Se puede apreciar que este intervalo es en el que más se ilustra la variabilidad del mineral en comparación con los intervalos anteriores. En las otras losas se pudo apreciar que el fenómeno se comportó de forma similar (ver anexos del 9-11).



Tabla #3.3. Composición química, extractables y grados de homogenización agrupados en 3 días de la Losa 1, de los Hornos de Reducción.

Fecha	Losas	Ni, %	Co, %	Fe, %	SiO ₂ %	MgO %	Ext Ni %	Ext Co %	GH, gr	GHNi gr	Fe gr
Ago-23	Losa 1	1,16	0,110	40,32	9,6	4,1	81,2	50,8	57,6	82,0	78,9
Ago-26	Losa 1	1,15	0,110	41,42	8,8	3,8	82,6	51,9	31,7	30,7	77,3
Ago-5	Losa 1	1,17	0,108	43,22	8,2	3,5	84,8	51,2	18,9	50,6	65,1
Ago-8	Losa 1	1,18	0,105	43,11	8,2	3,4	83,3	50,5	14,1	83,1	73,0
Jun-24	Losa 1	1,18	0,120	43,78	8,4	3,5	84,1	50,5	-22,9	83,5	55,3
Jun-9	Losa 1	1,18	0,087	43,98	8,0	3,4	81,6	52,3	49,4	88,0	82,4
Jun-21	Losa 1	1,18	0,100	44,80	7,9	3,4	85,2	59,1	64,2	89,6	88,7
May-25	Losa 1	1,19	0,090	36,44	13,7	6,7	78,1	52,5	5,4	79,5	80,1
May-13	Losa 1	1,19	0,090	36,66	13,7	7,5	78,0	43,9	-5,4	59,8	51,6
Ago-29	Losa 1	1,19	0,108	42,18	8,9	3,5	81,8	44,8	44,9	48,0	77,2
Ago-2	Losa 1	1,19	0,11	42,45	8,9	3,9	80,8	52,0	14,4	84,3	66,0
Ago-11	Losa 1	1,19	0,105	43,39	7,8	3,5	83,6	50,5	-42,4	72,4	68,9
Jun-3	Losa 1	1,20	0,082	39,35	10,7	5,1	81,3	53,5	40,8	61,6	66,4
Jun-27	Losa 1	1,20	0,115	42,39	9,4	4,4	83,8	56,8	18,0	75,1	61,6
Jun-30	Losa 1	1,20	0,107	42,79	8,8	3,9	83,0	41,8	-75,9	76,7	20,8
Jun-12	Losa 1	1,20	0,105	43,24	8,3	3,6	84,1	61,4	76,0	86,6	89,5
May-16	Losa 1	1,21	0,102	38,99	11,4	5,8	76,1	44,6	-26,7	46,8	41,5
Abr-1	Losa 1	1,22	0,083	35,82	13,2	8,2	76,4	44,8	68,4	82,9	88,6
May-22	Losa 1	1,22	0,100	38,79	11,6	5,9	79,2	48,1	25,3	88,7	56,4
Jun-15	Losa 1	1,22	0,095	41,32	9,9	4,6	83,1	49,2	-30,9	80,7	32,0
Abr-25	Losa 1	1,23	0,088	34,93	14,5	7,3	78,3	55,8	62,4	62,2	85,3
Abr-4	Losa 1	1,23	0,087	35,62	13,5	8,6	77,4	40,1	6,0	30,7	47,9
May-10	Losa 1	1,23	0,102	38,37	11,6	5,5	78,4	52,5	17,8	68,5	57,2
Abr-16	Losa 1	1,23	0,092	38,59	11,4	6,8	80,4	53,8	46,7	86,6	76,6
Jul-27	Losa 1	1,23	0,10	40,61	10,1	4,6	82,7	45,9	-22,6	74,3	37,8
Jul-30	Losa 1	1,23	0,09	40,75	9,7	4,5	83,8	45,6	18,2	84,2	61,3
Jun-18	Losa 1	1,23	0,115	44,03	8,4	3,4	86,9	59,9	-65,7	40,5	38,9
Jul-6	Losa 1	1,23	0,117	45,14	7,6	3,1	84,3	58,0	36,5	70,8	82,2
Abr-22	Losa 1	1,24	0,082	35,97	14,0	8,1	76,6	42,3	26,3	84,1	60,9
Abr-7	Losa 1	1,24	0,085	36,86	12,8	7,2	79,6	54,9	-9,0	71,6	39,7
Abr-10	Losa 1	1,24	0,092	38,44	11,2	6,5	80,7	51,1	25,6	74,0	58,2
Jun-6	Losa 1	1,24	0,068	40,23	10,5	5,1	78,2	40,3	24,7	71,8	67,7
Jul-12	Losa 1	1,24	0,102	44,43	7,9	3,2	85,7	53,5	57,4	75,8	87,7
May-31	Losa 1	1,25	0,072	35,82	13,8	7,2	77,6	46,7	50,8	63,7	76,6
Ago-20	Losa 1	1,25	0,120	41,95	8,0	3,4	82,5	49,9	60,9	84,2	85,9
Ago-14	Losa 1	1,25	0,098	42,79	7,9	3,6	83,5	47,9	50,9	80,2	78,9
Jul-3	Losa 1	1,25	0,110	43,37	8,5	3,8	83,2	51,0	47,9	85,0	81,9
Abr-13	Losa 1	1,26	0,087	36,94	12,4	6,9	78,1	46,0	36,2	41,2	58,3
Jul-21	Losa 1	1,26	0,11	41,63	9,1	4,1	83,0	47,6	45,5	71,0	64,2
Jul-18	Losa 1	1,26	0,100	43,28	8,2	3,6	82,1	45,8	53,2	42,3	75,2
Abr-19	Losa 1	1,27	0,085	36,05	13,7	7,9	77,3	40,5	46,9	79,6	64,5
May-7	Losa 1	1,27	0,100	36,86	13,3	6,9	75,6	41,7	41,5	78,1	64,2
May-4	Losa 1	1,27	0,103	38,36	11,5	5,5	78,6	47,5	36,3	55,9	77,2
Ago-17	Losa 1	1,27	0,098	41,63	9,0	3,9	82,3	47,7	27,7	69,9	65,3
Jul-24	Losa 1	1,27	0,11	43,92	8,2	3,4	84,2	49,3	43,1	83,2	76,2
Jul-9	Losa 1	1,27	0,107	45,40	7,3	2,8	85,9	54,5	61,9	78,0	88,0
May-28	Losa 1	1,28	0,075	35,71	14,5	8,2	78,3	39,6	50,2	38,7	79,6
May-19	Losa 1	1,28	0,093	37,41	12,9	6,7	78,4	51,9	35,1	70,2	71,6
Jul-15	Losa 1	1,28	0,107	43,86	8,2	3,5	83,8	50,8	72,3	85,3	82,8
Abr-28	Losa 1	1,30	0,110	37,89	12,1	5,8	79,0	45,0	36,4	64,5	70,8
May-1	Losa 1	1,30	0,110	39,19	11,1	5,3	80,9	54,9	51,4	74,9	80,0

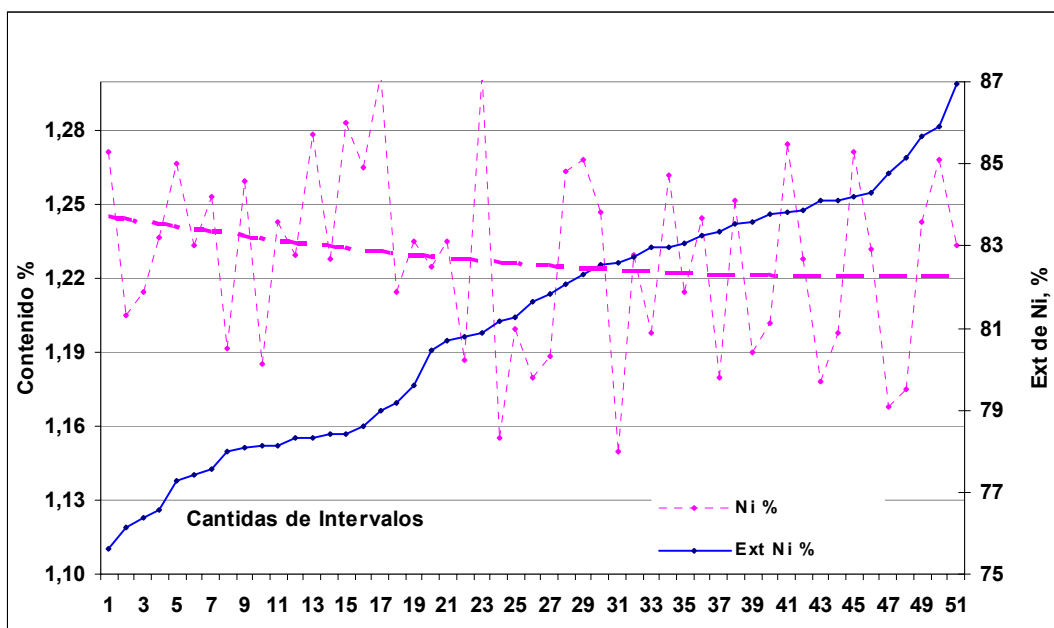


Fig. 3.8. Extractable de níquel con respecto al contenido de níquel en la losa 1 en el intervalo de cada tres días.

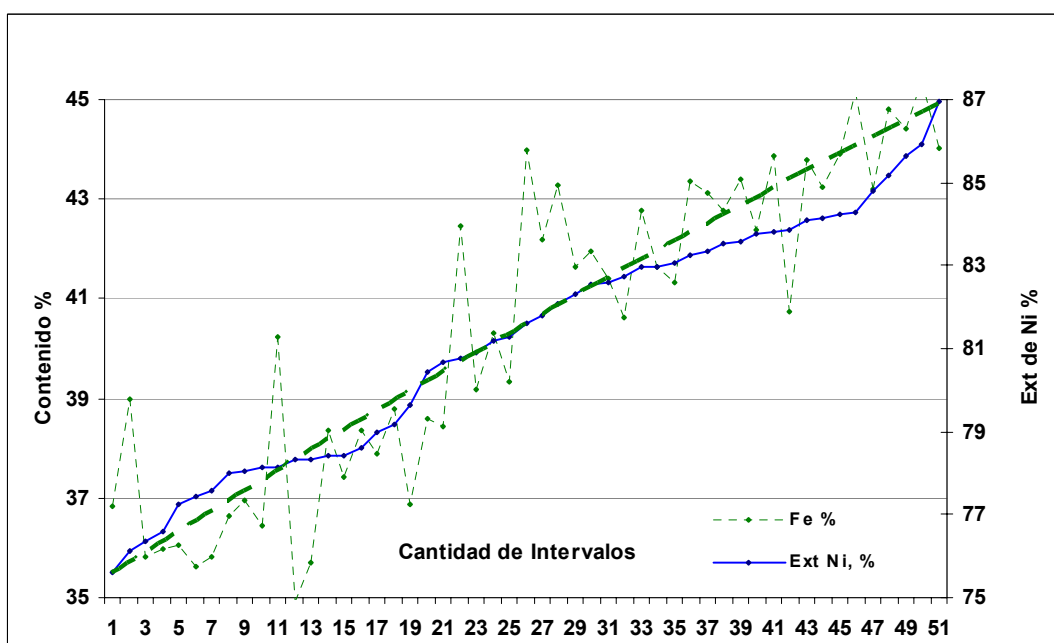


Fig. 3.9. Extractable de níquel con respecto al contenido de hierro en la losa 1 en el intervalo de cada tres días.



En la base de datos de la mina donde se toma la muestra SM-2, se da la composición química de esta muestra y la de muestra de HR-1. En los tres periodos estudiados se pudo observar que el grado de homogenización del mineral en la muestra HR-1 es mayor que en la SM-2. Esto es en cierto grado debido a que el mineral pasa por ciertas etapas del proceso productivo, donde logra alcanzar valores mayores del grado de homogenización que cuando se descarga en el objeto 01 proveniente de los frentes mineros, (ver anexos 4, 8 y 12).

III.3 Estudio detallado de las parejas que se formaron

Después de obtener estos resultados, se toman de la base de datos, las tres losas en el tiempo estudiado de los cinco meses en intervalos de cada tres días, donde se unen ordenándolos con respecto al contenido del níquel, en total son 153 intervalos ya que cada losa cuenta con 51 intervalos (ver anexo 13). Al tener estos datos ordenados, se buscaron las parejas que tuvieran semejante composición química y diferencia en el extractable de níquel algo superior al 0.50%. En esta selección se encontraron veinte parejas con estas características, de las cuales en catorce de ellas, se cumple que el intervalo de cada pareja que tiene mayor extractable de níquel, tiene mayor grado de homogenización del mineral y las restantes seis ocurre lo contrario, el intervalo de mayor extractable posee menor grado de homogenización del mineral. A continuación en la tabla 3.4 se muestran estas veinte parejas. En la primera parte de la tabla se encuentran las seis parejas contradictorias, es decir que el intervalo de mayor extractable tiene menor grado de homogenización del mineral y en la segunda parte las catorce parejas donde se cumple que el intervalo de mayor extractable posee mayor grado de homogenización del mineral. Al calcular el coeficiente de correlación con la diferencia del extractable de níquel y la diferencia del grado de homogenización como se puede ver en la tabla 3.4, las parejas que cumplen tienen mayor correlación de 0.77 por -0.88 por las parejas que no cumplen y en general todas las parejas poseen un coeficiente de 0.34.



Tabla #3.4. Composición química, extractable de níquel y grados de homogenización de las 20 Pares de calidad similar con frecuencia de tres días.

Fecha	Losa	Ni	Co	Fe	SiO ₂	MgO	Dif. Extr	Ext Ni	Ext Co	Dif GH	GH Mineral	GH Ni	GH Fe
		%	%	%	%	%	%	%	%	gr	gr	gr	gr
Ago-23	Losa 3	1,152	0,110	40,84	9,56	4,03	-2,00	80,6	50,3	52,11	69,6	85,0	81,6
Ago-26	Losa 2	1,152	0,110	41,27	8,84	3,86		82,6	52,0		17,5	34,2	72,6
Ago-23	Losa 1	1,155	0,110	40,32	9,64	4,07	-1,99	81,2	50,8	33,27	54,6	82,0	78,9
Ago-26	Losa 3	1,155	0,108	41,16	8,89	3,92		83,2	53,1		21,3	36,9	73,5
Jun-9	Losa 1	1,180	0,087	43,98	8,04	3,43	-1,72	81,6	52,3	7,15	28,0	88,0	82,4
Ago-8	Losa 1	1,180	0,105	43,11	8,17	3,37		83,3	50,5		20,9	83,1	73,0
Ago-2	Losa 1	1,187	0,107	42,45	8,90	3,93		80,8	52,0		16,2	84,3	66,0
Ago-11	Losa 3	1,185	0,103	43,06	7,73	3,31	2,84	83,6	50,7	-38,93	-22,7	75,1	70,2
May-7	Losa 3	1,277	0,098	36,95	13,15	6,59	-1,78	75,9	41,3	7,85	17,1	82,4	59,7
may-28	Losa 2	1,277	0,077	36,05	14,17	7,91		77,7	38,3		9,2	37,0	71,1
Abr-28	Losa 2	1,305	0,110	37,32	12,56	6,01		78,4	46,6		54,5	66,9	76,3
Abr-28	Losa 1	1,303	0,110	37,89	12,06	5,76	0,58	79,0	45,0	-21,70	32,8	64,5	70,8
Coefficiente de correlación de los casos que NO se subordinan a la homogenización del mineral													-0,88
Ago-5	Losa 1	1,168	0,108	43,22	8,15	3,50	0,68	84,8	51,2	49,34	27,6	50,6	65,1
Jun-24	Losa 3	1,175	0,118	43,80	8,38	3,42		84,1	50,5		-21,8	75,5	56,2
Jun-21	Losa 1	1,175	0,100	44,80	7,89	3,36	4,30	85,2	59,1	44,27	71,3	89,6	88,7
Jun-9	Losa 3	1,177	0,087	44,12	7,94	3,28		80,9	50,1		27,1	88,4	81,5
Ago-11	Losa 2	1,183	0,105	43,12	7,74	3,34	-0,68	82,4	49,4	-56,90	-24,3	78,2	61,9
Ago-8	Losa 3	1,183	0,105	43,32	7,98	3,21		83,1	51,2		32,6	76,3	67,0
Ago-29	Losa 1	1,188	0,108	42,18	8,90	3,54	-0,49	81,8	44,8	-2,35	42,0	48,0	77,2
Ago-29	Losa 3	1,188	0,108	42,17	8,72	3,36		82,3	46,5		44,4	45,6	73,6
Jun-3	Losa 3	1,203	0,080	39,75	10,40	4,83	4,99	81,1	52,4	24,07	14,7	70,9	63,6
May-16	Losa 1	1,205	0,102	38,99	11,41	5,77		76,1	44,6		-9,4	46,8	41,5
May-27	Losa 2	1,205	0,112	42,01	9,64	4,30	1,46	84,3	55,4	4,23	-47,1	63,0	41,4
Jun-15	Losa 2	1,207	0,092	41,36	9,97	4,58		82,8	47,2		-51,3	75,0	22,8
Jun-16	Losa 2	1,215	0,100	38,74	11,45	5,75	-1,57	77,6	46,8	-30,25	-2,7	49,1	50,5
May-22	Losa 1	1,215	0,100	38,79	11,61	5,88		79,2	48,1		27,6	88,7	56,4
Abr-16	Losa 3	1,220	0,092	38,82	11,22	6,40	1,56	81,2	54,3	23,23	47,7	83,6	75,5
May-22	Losa 3	1,222	0,102	38,75	11,57	5,72		79,6	45,9		24,4	79,7	59,5
Abr-22	Losa 3	1,222	0,083	35,99	13,60	7,45	-2,33	75,9	42,2	-40,22	14,6	81,0	45,3
Abr-25	Losa 2	1,225	0,087	35,29	14,27	7,10		78,3	54,6		54,8	59,1	76,0
Abr-10	Losa 2	1,225	0,098	38,31	11,69	5,51	-1,66	78,8	52,3	-45,53	3,0	71,8	54,1
Abr-16	Losa 1	1,225	0,092	38,59	11,38	6,77		80,4	53,8		48,5	86,6	76,6
Jul-27	Losa 2	1,227	0,098	40,81	9,85	4,46	-2,25	81,2	44,0	-57,08	-23,2	69,6	46,5
Jul-30	Losa 2	1,227	0,090	40,87	9,73	4,48		83,5	44,2		33,9	78,3	63,0
May-10	Losa 1	1,228	0,102	38,37	11,64	5,51	-1,08	78,4	52,5	-2,89	11,2	68,5	57,2
May-10	Losa 3	1,228	0,102	38,46	11,53	5,34		79,5	52,7		14,1	72,6	59,6
Ago-17	Losa 3	1,272	0,098	41,83	8,84	3,74	-1,23	80,9	47,2	-0,46	38,1	68,4	70,3
Jul-21	Losa 3	1,272	0,103	41,70	9,18	4,08		82,2	45,6		38,6	70,4	66,4
May-19	Losa 3	1,273	0,093	37,55	12,51	6,35	2,12	78,5	53,1	24,60	48,5	72,5	77,4
May-7	Losa 2	1,275	0,098	37,03	13,12	6,62		76,4	43,6		23,9	80,3	63,0
Coefficiente de correlación de los casos que SI se subordinan a la homogenización del mineral													0,77
Coefficiente de correlación general de todos los casos													0,34



III.3.1 Estudio detallado de las seis parejas anómalas.

En la tabla 3.5, se muestran los seis casos en los cuales las extracciones de níquel no se subordinan adecuadamente a la homogenización del mineral, en el cual el intervalo que posee mayor extractable de níquel, tiene menor valor del grado de homogeneización. En los cuales los cuatro primeros casos al comprobarlos con las operaciones de los hornos a los que corresponde a cada intervalo de los dúos, se pudo comprobar que el intervalo de mayor extractable se le alimentó menor cantidad de mineral por hora, por lo cual este mineral tuvo mayor tiempo de retención dentro del horno, es decir el mineral tuvo más tiempo dentro del horno para poder reducirse en mayor grado y tuvieron por lo general menor temperatura, aunque son minerales más limoníticos por los altos valores del contenido de hierro superiores a 40% por lo cual necesitaban menores temperaturas, ya que estos minerales se reducen con mayor facilidad. En la pareja sexta el intervalo de menor extractable también tuvo menor cantidad de mineral alimentado por hora, aunque en menor diferencia que los casos anteriores, este intervalo tuvo mayor temperatura y presenta un mineral más limonítico que el otro intervalo de esta pareja.

En la pareja quinta, el intervalo de mayor extractable tiene mayor cantidad de mineral alimentado, que es contradictorio con respecto a las otras parejas, tiene mayor temperatura, pero tiene menor contenido de hierro y más cantidad de impurezas, debería tener menos extractable, podemos llegar a la conclusión de que las operaciones de los hornos son diferentes a las de los casos anteriores y que los minerales son atípicos, al contar con un número de mineral de 0.54, inferior en esta pareja que en los demás casos. Al graficar la productividad del mineral alimentado por hora de los hornos, contra el extractable de níquel, se puede apreciar que en el intervalo de mayor extractable tiene menor productividad, como se ha expresado anteriormente, excepto en la pareja cinco, donde el intervalo de mayor extractable tiene mayor productividad de 220 Kg con respecto al otro intervalo, que es contradictorio con el resto de los intervalos de las parejas. Se puede llegar a la conclusión de que la operación de la productividad de los hornos fue el factor principal que marcó la diferencia del extractable de níquel en cada intervalo de los casos estudiados, es decir produjo que se extrajera mejor el níquel y el cobalto.



Tabla #3.5. Diferencias del mineral alimentado, promedio de las temperaturas de los hogares y composición química de los diferentes hornos a los que pertenece cada losa de los dúos que poseen menor grado de homogenización.

Fecha	Losa	Mineral Alim Bruto/h	Dif Bruto, Kg	Temp Prom	Dif Temp	% Ni Ext	Dif Extr Ni	Muestreo HR-1				
								Ni %	Co %	Fe %	SiO2 %	MgO %
Ago-23	Losa 3	18,30		627,5		80,6		1,152	0,11	40,84	9,56	4,03
Ago-26	Losa 2	17,63	673,33	623,9	3,60	82,6	2,00	1,152	0,11	41,27	8,84	3,86
Ago-23	Losa 1	18,41		668,9		81,2		1,155	0,11	40,32	9,64	4,07
Ago-26	Losa 3	17,68	733,33	657,6	11,28	83,2	1,99	1,155	0,11	41,16	8,89	3,92
Ago-2	Losa 1	18,63		672,7		81,6		1,180	0,09	43,98	8,04	3,43
Ago-11	Losa 3	17,64	996,67	657,5	15,21	83,3	1,72	1,180	0,11	43,11	8,17	3,37
Jun -9	Losa 1	18,42		672,8		80,8		1,187	0,11	42,45	8,90	3,93
Ago-8	Losa 1	17,77	646,67	664,1	8,72	83,6	2,84	1,185	0,10	43,06	7,73	3,31
May-7	Losa 3	18,40		664,6		75,9		1,277	0,10	36,95	13,15	6,59
May-28	Losa 2	18,62	-220,00	660,1	-2,32	77,7	1,78	1,277	0,08	36,05	14,17	7,91
Abr-28	Losa 2	18,48		658,6		78,4		1,305	0,11	37,32	12,56	6,01
Abr-28	Losa 1	18,27	210,00	668,7	-10,05	79,0	0,58	1,303	0,11	37,89	12,06	5,76

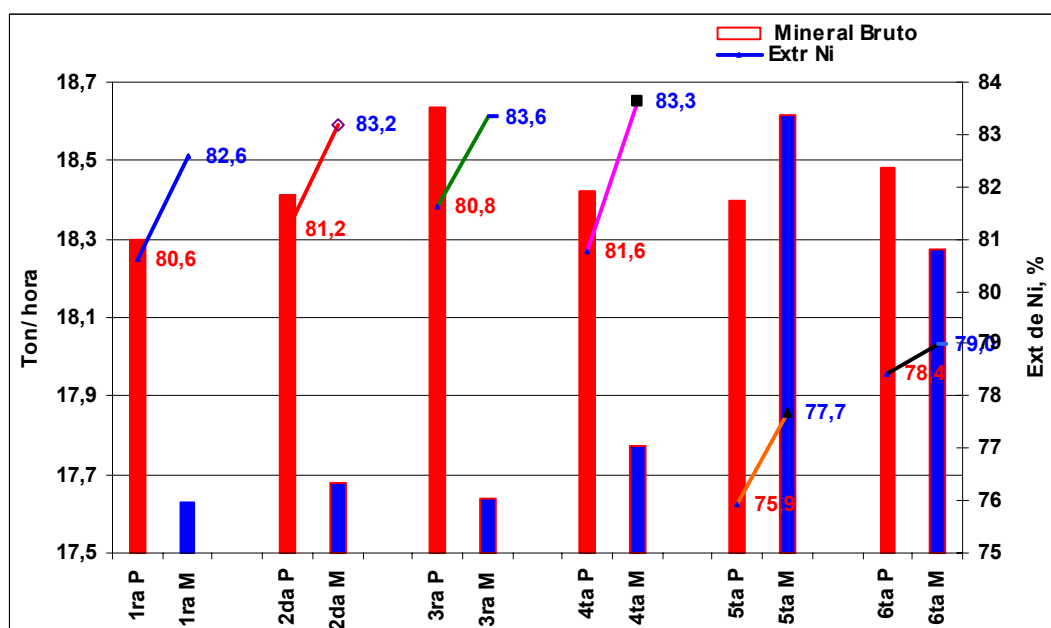


Fig.3.10. Extractable de níquel contra el mineral alimentado bruto por hora a los hornos de los intervalos de los dúos de menor grado de homogenización.

III.3.2 Estudio detallado del peor caso

Primeramente se observa que en ambos grupos de los turnos, de los intervalos de la pareja quinta, presentan minerales muy distintos entre si en cuanto a su composición química, por lo cual se hacen más difíciles las operaciones de los hornos, ya que al variar la composición cualitativa y cuantitativa dentro de los Hornos es muy difícil prefijar las condiciones y parámetro de operación para cada tipo de mineral.

En la tabla 3.6 se muestran los dos intervalos de la pareja cinco, la cual se puede apreciar que el intervalo que obtuvo menor extractable (peor), presentó menos estabilidad en cuanto al mineral alimentado por hora al Horno, promediando 18.4 t/h con respecto al otro intervalo (mejor) de 18.6 t/h, tiene menor estabilidad en el extractable de níquel, promediando 75.9 % menor que en el otro intervalo que promedio un 77.7 %, en cuanto a la composición química, el intervalo peor es más limonítico alcanzando valores máximos de 39.2 % Fe, 0.059 % Co, 13.15 % SiO₂ y 6.59 % MgO, y el intervalo de mayor extractable (mejor), es más serpentínico con una composición de 36.05 % Fe, 0.077 % Co, 14.2 % SiO₂ y 7.9 % MgO, pero en este intervalo hubo menor desviación de la composición química.

El por ciento de CO en los gases de salida fue igual en todos los turnos de el peor intervalo, en los dos primeros turnos este valor estuvo en 1.46 % y las temperaturas promediaron 664 °C para el primer turno y 696 °C en el segundo, por lo cual si las temperaturas fueron diferentes, el valor de CO en los gases de salida no debió ser igual. Esto también ocurre en el intervalo de mayor extractable donde este por ciento también es igual en los dos turnos de cada día, cuando se alimentaron minerales con diferentes contenidos de hierro y se aplicaron diferentes perfiles de temperatura. En cuanto al petróleo aditivo que se mezcla con el mineral, en el intervalo de mayor extractable que posee minerales más serpentínicos, se le hecho menor cantidad de este petróleo aditivo en 2.31 %, por 2.45 % para el intervalo peor de menor extractable, nuevamente se ve lo contradictorio de las operaciones, ya que si el mineral es más serpentínico, necesita mayor por ciento de petróleo aditivo para favorecer mejor la reducción de este tipo de mineral. Al graficar los contenidos del SiO₂ y MgO de ambos intervalos, se puede apreciar la variabilidad que existe en la composición química del mineral alimentado a cada intervalo.

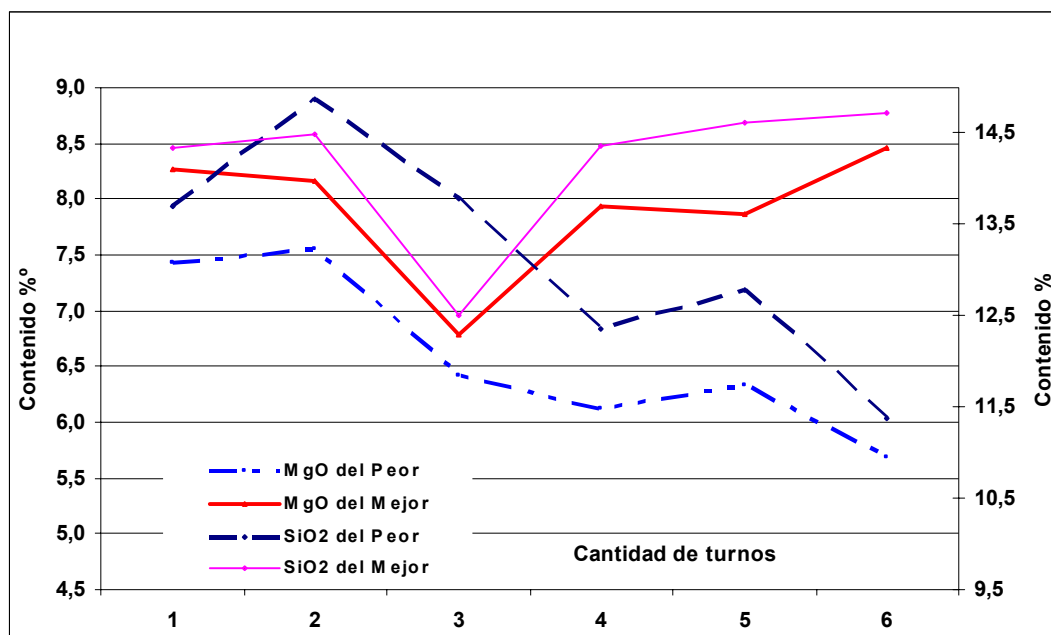


Fig.3.11. Contenidos de sílice y magnesio de los dos intervalos de la pareja cinco.

Como se puede observar el contenido de sílice y magnesio del intervalo mejor, tienen mayor contenido de estos elementos nocivos que el intervalo peor, aunque en todos los turnos hubo más estabilidad, que en el contenido de sílice y magnesio del intervalo de menor extractable de níquel, que hubo menor contenido de estos elementos.

El promedio de temperatura de todos los hogares en ambos casos es muy semejante, el intervalo mejor tiene un promedio de 660 °C por 664 °C el intervalo peor. Como se puede apreciar el perfil de temperatura, para el intervalo mejor no es un perfil adecuado, ya que según la composición química, es un mineral serpentínico de bajo contenido de hierro, por lo cual se le debía suministrar mayores grados de temperatura para lograr que el mineral se reduzca en mayor cantidad, para el intervalo peor este perfil de temperatura es más adecuado ya que el mineral es más limonítico y se reduce con mayor facilidad.

Después de este análisis de algunas de los parámetros de operación de los hornos, se puede llegar a la conclusión de que el mineral que se alimenta a los hornos presenta alta variabilidad, ya que este mineral está formado por mezclas de serpentinas y limonitas y estos componentes presentan diferentes consumos de reactivos y absorción de temperatura, por lo cual es muy difícil controlar las



operaciones, al no poder prefijar ningún parámetro, ya que como podemos apreciar, el mineral que se alimento en estos casos varia de un turno a otro. Por lo cual la homogenización del mineral es un factor fundamental para poder obtener flujos de minerales más homogéneos y lograr estabilizar en cierto grado las operaciones de los hornos.

Tabla #3.6. Composición química, extractable de níquel y promedio de temperatura de los seis turnos que corresponden a cada intervalo de la pareja cinco

Fecha	Losa	Mineral Alim Bruto por hora	Promedio de Tem	% Ni extractable	Muestreo HR-1					
					Petróle o Aditivo	Ni	Co	Fe	SiO2	MgO
May-7	Turno 1		664,2	76,24	2,17	1,32	0,090	35,98	13,69	7,43
May-7	Turno 2	17,60	696,4	74,84	2,22	1,27	0,080	35,18	14,88	7,56
May-8	Turno 1		656,2	73,65	2,61	1,26	0,090	35,99	13,78	6,41
May-8	Turno 2	18,87	663,3	74,29	2,44	1,26	0,110	37,62	12,36	6,12
May-9	Turno 1		662,5	78,53	2,71	1,28	0,100	37,72	12,78	6,34
May-9	Turno 2	18,72	644,8	77,94	2,54	1,27	0,120	39,20	11,38	5,68
		Min	17,60	644,8	73,65	2,17	1,26	0,080	35,18	11,38
		ProM	18,40	664,6	75,92	2,45	1,28	0,098	36,95	13,15
		Max	18,87	696,4	78,53	2,71	1,32	0,120	39,20	14,88
		Desvest	0,69	17,2	2,00	0,22	0,02	0,015	1,49	0,75
May-28	Turno 1		660,1	77,81	2,42	1,19	0,090	36,23	14,33	8,26
May-28	Turno 2	18,46	665,7	79,30	2,49	1,17	0,090	35,23	14,49	8,17
May-29	Turno 1		662,4	77,99	2,02	1,32	0,090	38,02	12,51	6,78
May-29	Turno 2	18,72	655,9	76,83	2,27	1,28	0,080	35,92	14,35	7,93
May-30	Turno 1		651,4	76,82	2,18	1,33	0,060	35,22	14,62	7,87
May-30	Turno 2	18,67	665,3	77,40	2,46	1,37	0,050	35,68	14,72	8,46
		Min	18,46	651,4	76,82	2,02	1,17	0,050	35,22	12,51
		ProM	18,62	660,1	77,69	2,31	1,28	0,077	36,05	14,17
		Max	18,72	665,7	79,30	2,49	1,37	0,090	38,02	14,72
		Desvest	0,14	5,6	0,92	0,18	0,08	0,018	1,04	0,60

Otro ejemplo del fenómeno de la variabilidad del mineral que se alimenta a los hornos de reducción, lo hacemos a través del trabajo realizado por Estenos, M. et al. 2003, donde se realiza un muestreo puntual y aleatorio cada 20 minutos y durante 10 días a los 24 hornos y se realiza una caracterización química, granulométrica y mineralógica del mineral alimentado (ver Anexo 15).



III.4- Caracterización de la composición química general del mineral.

En el periodo estudiado en cuanto a la composición química de mineral alimentado a la planta de hornos de reducción, se puede observar que existe gran variabilidad química de los elementos, lo cual es producto de la heterogeneidad que existe en la alimentación de los minerales de la mina, ya que el mineral se extrae de diferentes frentes de minería y la falta de homogenización que existe en estos mineral produce que esta variabilidad y debido a que ya no existe un patio de homogenización como cuando se arranco la fábrica, provoca que haya esta alta diferencia química. Una breve descripción de los rangos en que oscila la composición química general en el periodo estudiado se puede apreciar en la siguiente tabla

Tabla #3.7. Composición química del mineral que entra a los hornos de reducción.

C. Química, %	Ni	Co	Fe	SiO ₂	MgO	H ₂ O
Mínimo	1.070	0.050	32.5	6.09	2.32	2.10
Máximo	1.400	0.140	46.2	16.94	10.00	4.00
Promedio	1.23	0.099	40.5	10.28	4.54	2.93

Como se puede apreciar en la tabla 3.7 existe gran diferencia entre los valores máximos y mínimos del mineral alimentado en la entrada de horno de reducción, lo cual implica la gran variabilidad que existe en el mineral. Para realizar una caracterización mas profunda se realiza una comparación del mineral que la Mina deposita en el objeto 01, donde se toma la muestra SM-2 con el mineral que entra a los hornos que es la muestra HR-1, esto se puede apreciar en la siguiente tabla donde se muestran las composiciones químicas de las dos muestras.



Tabla #3.8. Diferencia de la composición química del mineral en la muestra SM-2 y HR-1 del mineral que se alimenta a la fabrica.

Mina					Hornos				
SM-2					HR-1				
Ni %	Fe %	Co %	SiO ₂ %	MgO %	Ni %	Fe %	Co %	SiO ₂ %	MgO %
1,183	40,50	0,103	8,99	5,34	1,163	40,76	0,110	8,73	3,66
1,185	39,84	0,098	8,29	4,73	1,166	42,26	0,106	8,32	3,51
1,203	40,63	0,095	7,97	4,38	1,167	42,94	0,110	8,44	3,57
1,232	37,52	0,087	10,88	6,74	1,187	42,25	0,102	8,64	3,71
1,235	40,09	0,088	8,43	5,17	1,189	36,07	0,084	12,42	7,39
1,235	38,08	0,091	11,67	7,20	1,198	39,34	0,074	10,33	4,91
1,236	40,58	0,089	8,63	5,09	1,206	36,96	0,094	12,25	6,24
1,238	41,38	0,092	7,68	4,67	1,213	36,37	0,086	12,95	6,83
1,248	41,41	0,087	7,87	4,79	1,221	41,86	0,100	8,02	3,49
1,253	39,06	0,073	9,51	5,68	1,225	43,86	0,108	7,70	3,10
1,254	40,45	0,093	8,41	4,84	1,227	37,02	0,086	11,71	6,60
1,268	37,36	0,088	12,19	7,46	1,231	35,52	0,091	13,29	6,87
1,284	38,18	0,086	10,88	6,68	1,231	41,12	0,099	9,15	4,06
1,293	37,24	0,096	12,40	7,54	1,240	43,26	0,101	7,85	3,24
1,308	39,43	0,106	10,48	6,15	1,250	37,68	0,103	11,57	5,61

Existe gran diferencia entre los diferentes elementos que componen el mineral, el níquel, en la muestra SM-2 promedia para 1.21 % y en HR-1 para 1.24 %, y el hierro esta de 39.82 % a 39.45 % respectivamente. Una de las causas fundamentales que mas influye en esta variabilidad es la falta de homogenización del mineral antes de alimentarlo a la planta de preparación de mineral, otra causa puede ser que el mineral al pasar por las diferentes etapas productivas alcanza cierto grado de homogenización, aunque la heterogeneidad química y mineralógica del mineral es el factor que más predomina.

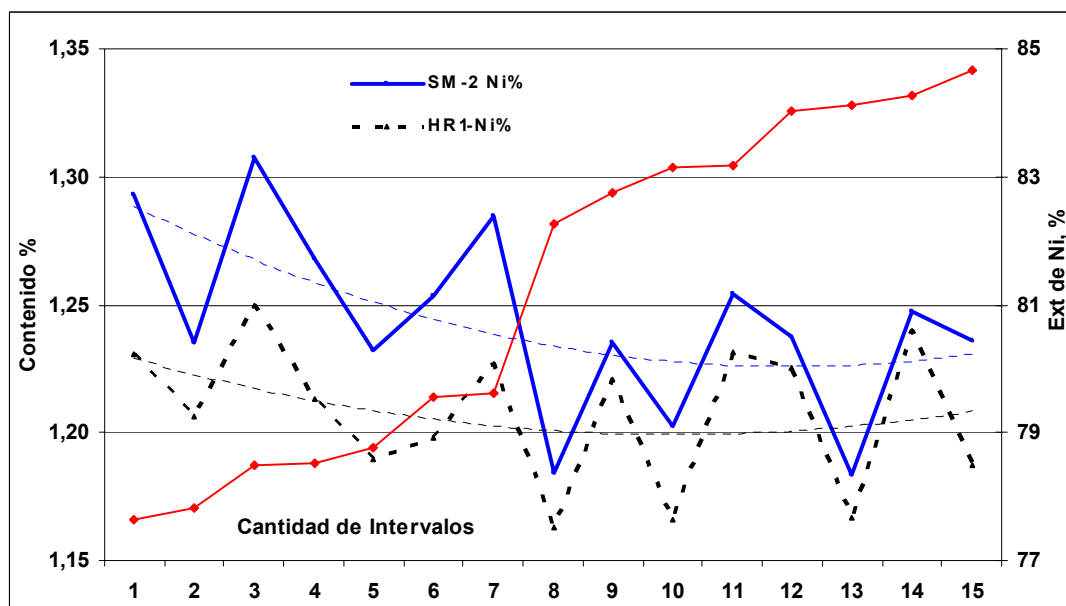


Fig. 3.12 Variabilidad del por ciento del níquel con respecto al extractable de níquel en las muestra SM-2 y HR-1.

Al analizar la figura se puede observar que existe más correspondencia de los valores del por ciento de níquel en la muestra SM-2 con respecto al extractable de níquel, que en la muestra HR-1.

III.5- Caracterización de la composición granulométrica del mineral alimentado

El mineral que entra a los hornos de reducción se divide en tres clases +100, +200 y -200, la cual igual a la composición química presenta sus variaciones. Esta granulometría juega un papel fundamental en el tamaño óptimo para la reducción del mineral, la cual al no estar en estos rangos no favorece este proceso, lo cual se puede apreciar continuación

Tabla #3.9. Valores de las diferentes tipos de clases de granulometría del mineral que se alimentado a los hornos de reducción.

Clase	+100	+200	-200
Mínimo	4.19	4.31	55.19
Máximo	9.63	9.16	88.31
Promedio	7.39	7.18	85.13

La clase -200 que equivale a 0.074 mm que es el tamaño optimo para la reducción, y en el intervalo estudiado hay ochos días donde esta clase oscila entre 55.19 a

57.04, donde el mineral se molió menos y se obtuvieron bajos extractables, no superior al 80 % lo que muestra la dependencia del extractable de níquel con la granulometría del mineral, la cual para que sea alta esta clase debe de encontrarse en un 85 % del total del mineral que se alimenta a los hornos. En comparación con la composición química la granulometría del mineral que se alimenta a los hornos presenta mayor estabilidad lo cual es un factor que favorece la reducción del mineral. Para demostrar este fenómeno, podemos representar en un grafico la dependencia que existe entre la granulometría del mineral y el extractable de níquel

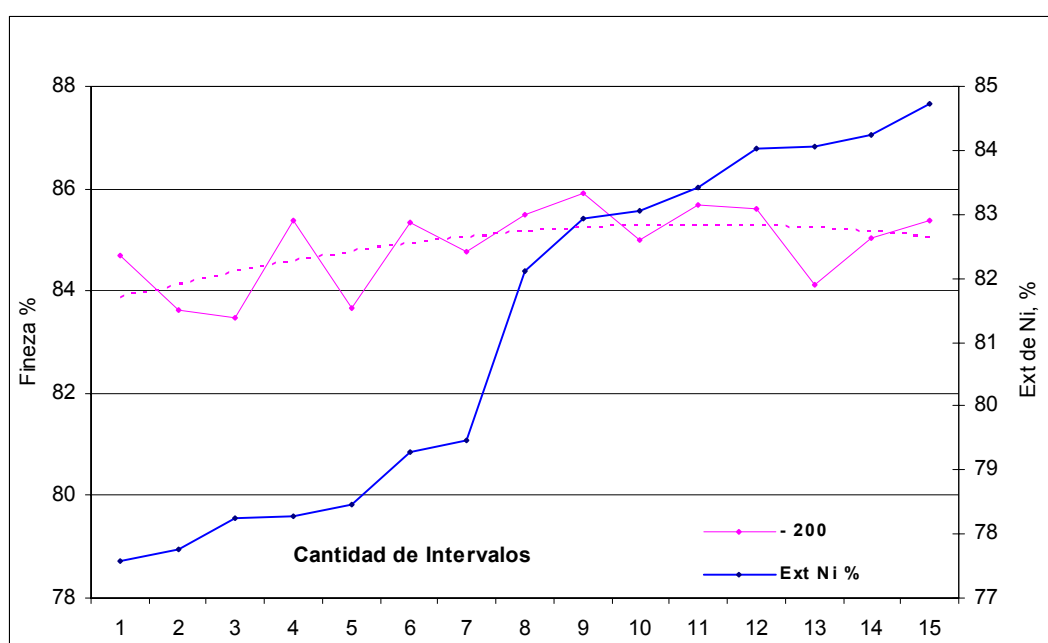


Fig. 3.13- Relación existente del extractable de níquel con la fineza del mineral alimentado a los hornos de reducción.

Como se puede apreciar existe cierta correlación entre el extractable de níquel y la fineza del mineral, donde el mineral al estar más fino aumenta el extractable de níquel. Después de estos resultados se puede concluir que el mineral alimentado a los hornos de reducción es más homogéneo en granulometría en sus diferentes clases que en su composición química o mineralógica.



Conclusiones del capítulo

1. Se muestra el comportamiento cualitativo de las tres losas del mineral en los periodos estudiados de los hornos de reducción en cuanto al grado de homogenización y el extractable de níquel.
2. Al hacer la clasificación de los veinte dúos, se comprobó que el 70% de ellos concuerdan de que el intervalo de mayor extractable tiene mayor grado de homogenización contra un 30% en que ocurre lo contrario.
3. Al hacer el estudio en el intervalo de tres días, se apreció que era el intervalo que más se acercaba al intervalo de cambio de la calidad del mineral de la mina con el de la fábrica.

Conclusiones Generales

1. Se estudiaron las operaciones por turno desde el 1ro de abril hasta el 31 de agosto del 2007, observándose casos en los cuales no se corresponden las extracciones con la composición cualitativa de la materia prima tradicional. Por ejemplo la primera decena de junio con 1.26 y 37.70 % de Ni y Fe se obtuvo 79.88 % de extracción, mientras la primera decena de abril 1.27 y 38.35 %, se alcanzó sólo 78.62 % de extracción.
2. De los 240 turnos estudiados detalladamente en 40 intervalos de 6 turnos cada uno, la composición química del níquel fluctuó entre 1.15 y 1.30 %, mientras la del hierro varió desde 35.29 hasta 44.8 %, lo cual muestra la alta variabilidad de la composición química de este mineral en el periodo estudiado.
3. Los niveles de homogenización en los flujos de abasto a los Hornos de Reducción en los casos del periodo estudiados fueron bajos e inestables, los



mismos oscilaron entre 27.7 y 90.5 grados para el Ni y entre 20.8 y 91.8 grados para el Fe, mientras que en general para el flujo de mineral vario entre -130 y 76 grados.

4. En el 70 % de los casos estudiados con similares contenidos químicos de la materia prima las mayores extracciones de Ni y Co correspondieron a los mayores niveles de homogenización, lo cual representa que al aumentar la homogenización general del mineral en 28.9 grados se produce un incremento de 4.36 y 1.88 % en las extracciones de Ni y Co respectivamente. Mientras considerando el 100 % de todos los casos estudiados, incluidos los restantes 30 % donde las extracciones no se corresponden directamente con los niveles de homogeneización, las extracciones se incrementan en 2.86 y 1.86 % para Ni y Co para aumentos de 12.2 grados en la homogeneidad del flujo de mineral abastecido a los Hornos.

Recomendaciones

1. Se recomienda profundizar en el estudio de la influencia de la homogenización de la calidad del mineral y la estabilidad del flujo de alimentación al proceso de reducción y el resto de tratamiento metalúrgico de la siguiente forma:



- a. Ampliar el periodo de estudio a más de 2 años de operaciones industriales, para buscar grupos o lotes de minerales con mayores similitudes en la composición química y mineralógica de los minerales procesados.
 - b. Estudiar varios intervalos en la frecuencia de cambio de las operaciones mineras en la formación de la calidad de la mena resultante.
 - c. Precisar la amplitud de las oscilaciones de la calidad del mineral y las operaciones metalúrgicas a partir de los datos de la contabilidad metalúrgica de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.
 - d. Organizar muestreos puntuales de la composición química, granulométrica y mineralógica de los minerales suministrados al proceso de reducción.
2. Se recomienda a la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara implementar las operaciones en depósitos mineros y homogenización para elevar de inmediato la estabilidad en el abasto y mejorar las mezclas compensatorias y la homogeneidad de la calidad del mineral suministrado al proceso industrial.
3. Igualmente se recomienda desarrollar los proyectos de inversiones para modernizar, cambiar o adquirir una adecuada instalación de apilado y recogida para el patio de homogenización de la planta de preparación de mineral de dicha empresa.



Bibliografía

1. CUTIÑO A. 2003. Influencia de las Pilas de Homogeneización en la estabilización de la calidad del mineral, UBMina, Forum XV.
2. CHANG, C. A.; ARCE, M. J; TOIRAC. M.M. 2005 a. Modelos multi-variables para predecir los Extractables de Ni y Co por la composición química y mineralógica de la mena. Reporte técnico final del Suplemento 1 del Contrato 15/03. Proyecto: Modelo Geo-tecnológico – ambiental del Yacimiento Punta Gorda. ISMMM, Moa, 115 p.
3. CHANG, C. A.; ARCE, M. J; TOIRAC. M.M. 2005 b. Modelos multi-variables para predecir los Extractables de Ni y Co por la composición mineralógica de la mena tecnológica en el Proceso CARON. Minería y Geología Vol. 22 n.2, 2006.
4. ESTENOZ, S, M. 1995. Procedimiento de homogeneización para apilamiento y recogida de materiales a granel e instalación requerida, Certificación de Patente de Invención No 22513, OCPI, La Habana.
5. ESTENOZ, S, M; N, PEREZ y E. RONDON. 2003. “Procedimiento de homogeneización y secado solar de materiales a granel e instalación requerida”, patente CU222003-128, OCPI, La Habana.
6. ESTENOZ, S, M. ESPINOSA. 2003. Prueba de homogeneización y secado solar del mineral (Parte I): Centro de Investigaciones del Níquel, Cuba, Informe de Investigación. 48p
7. ESTENOZ S, M; N. PEREZ; A. DEL TORO. 2004. Estudio de variabilidad de la calidad del mineral en la ECECG, Informe de investigación, CEINNIQ. 22p
8. ESTENOZ, S. M; N. M, PEREZ y M. ESPINOSA. 2004. Uso de las energías renovables en la industria cubana del níquel, evento CUBASOLAR-2004, Guantánamo, Cuba. 45p
9. ESTENOZ, S. M. 2004. Corrida a escala industrial de homogeneización y secado solar del mineral de la ECECG, Informe de investigación, CEINNIQ. 38p
10. ESTENOZ S. M; A. ALDERÍ, N. BATISTA, A. DONATIÉN. 2005. Resultados en la industria minera del secado solar y la homogeneización de minerales en pilas a la intemperie. Memorias en CD del Evento CIEMA'05, UO-CEEFE, Santiago de Cuba.



11. ESTENOZ, S, M. 2007. Evaluación de las tecnologías de explotación de depósitos mineros para mezclas, beneficio, homogeneización y secado solar en la mina de la ECECG.
12. FROMMHOLZ, W. 1983. Verfahren zum Aufschütten und gleichzeitigen Homogenisieren von Schüttgut in einer im wesentlichen endlosen Rundhalde, Patente Alemana No.3 011 349 (C2).
13. FERRETI C, GRATTAROLA G. 1991. "Stockyard Blending", Best of Bulk Solids Handling 1986-1991 (Stacking, Blending and Reclaiming), vol. B/94, pp. 13-25.
14. GEORGE F. O; H. MURRAY and W.T. HALZHAUER. 1969. Combination stockpiler reclaimer, Patent US, No.3 601 244.
15. GALETAKIS, M. y KAVOURIDIS, K. 1999. "Homogenization of quality of lignite mined from the Ptolmaes-Amynteon lignite basin", Tech. Chron. Sci. J, V, No 1-2, 41-52p.
16. MIRANDA, J. 2002. Tecnología de lixiviación carbonato-amoniaco (Proceso Caron): Antecedentes históricos. 68p
17. MIRANDA, J. 2003. Argumentar el empleo de la Fracción Magnética conjugado con la composición química como parámetros para caracterizar el grado de homogeneidad del mineral laterítico alimentado a los procesos minero-metalúrgicos, Proyecto Final etapa 3. 54p
18. QUIALA, G. 2005. Influencia de la distribución granulométrica de la muestra HR-1 y reciclaje en el extractable de Ni y Co en el ECECG. Trabajo de diploma. 67p.
19. RODRÍGUEZ, D. 2004. Estudio fraccional magnético del yacimiento Punta Gorda, Trabajo de Diploma. 42p.
20. PALACIO C, E. 2003. "Manual de operaciones. Taller de Horno de Reducción, ECECG, Moa.



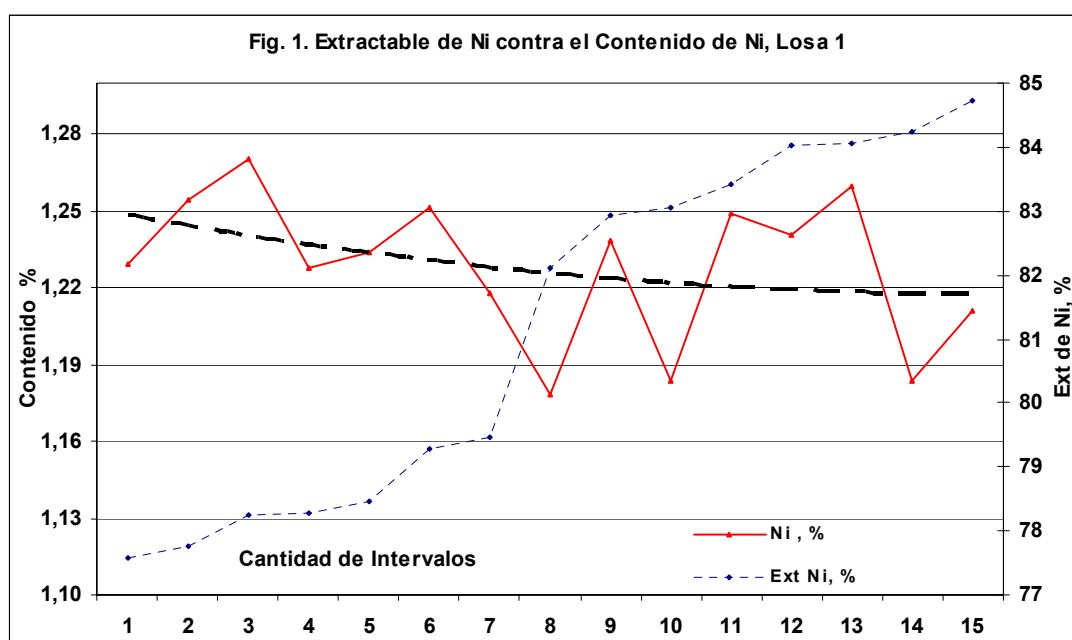
Anexos

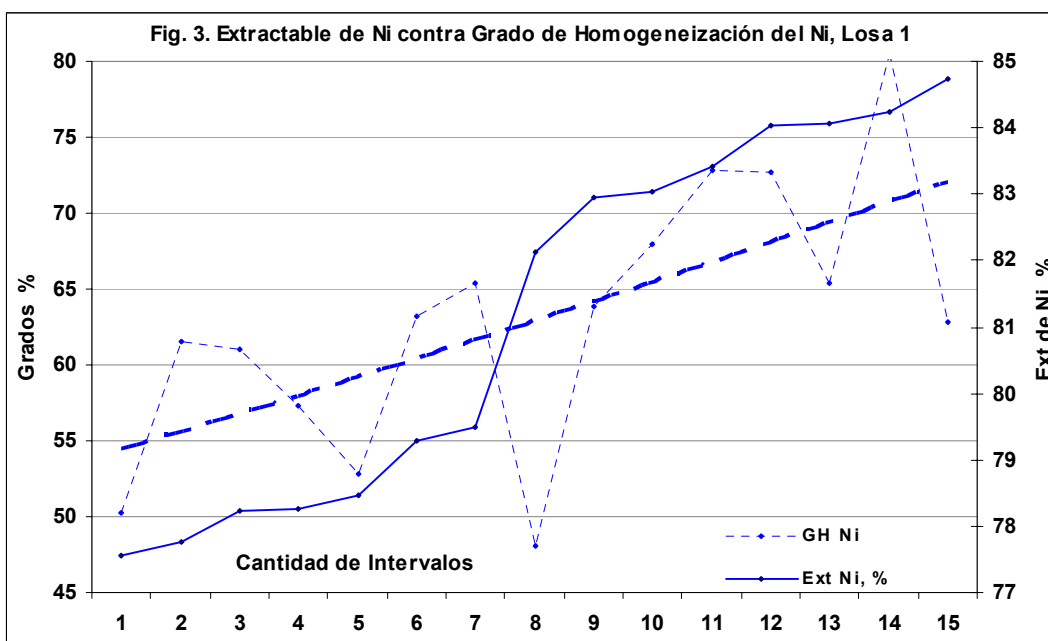
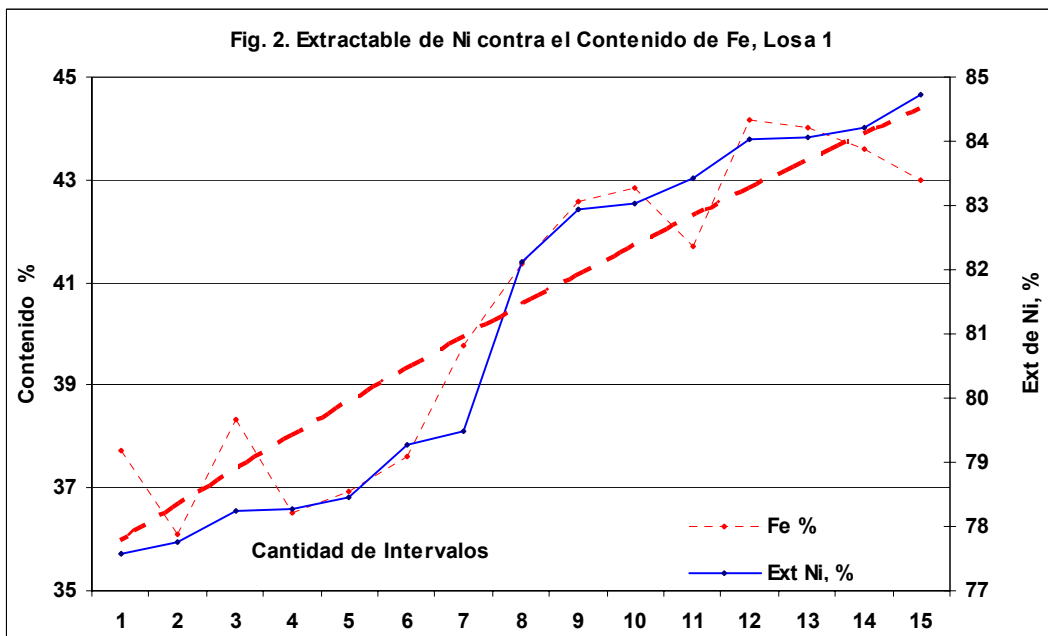


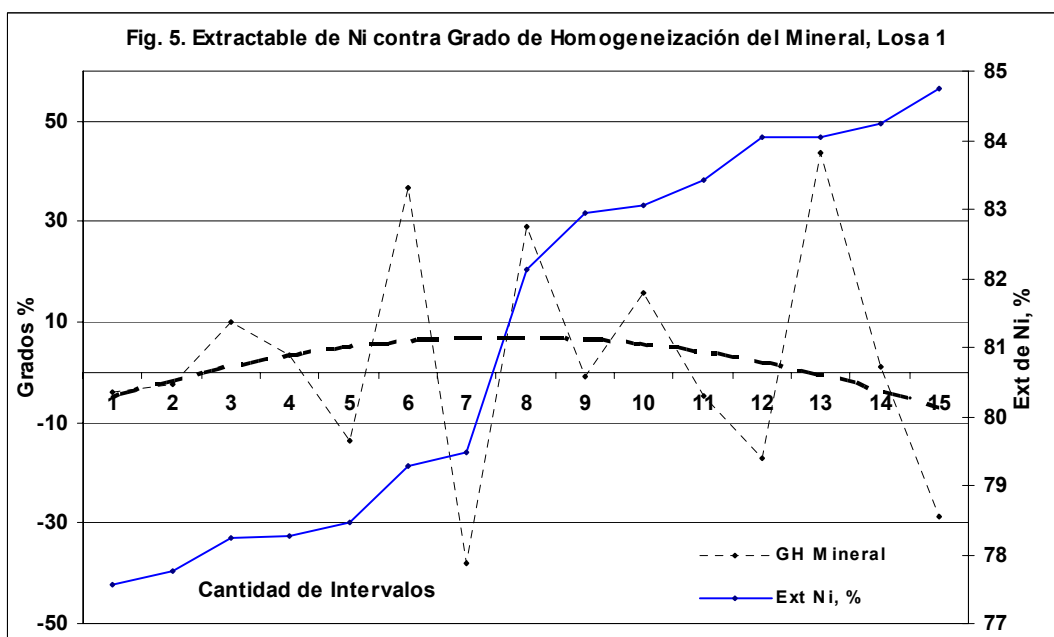
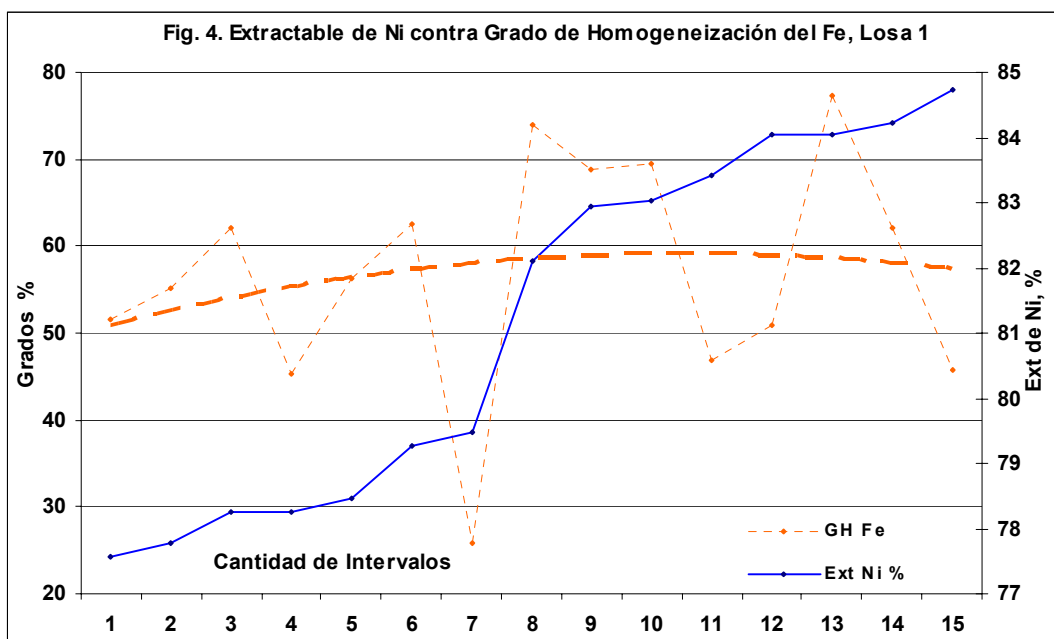
Anexo 1. Intervalo decenas de la losa 1

Tabla #1 Composición química, extractable de níquel y grados de homogeneización agrupados en decenas de la Losa 1, de los hornos de reducción.

Decena	Mes	Ni, %	Co	Fe	SiO2	MgO	Ext Ni	Ext Co	GH	GH Ni	Fe
		%	%	%	%	%	%	%	gr	gr	gr
2da Dec	Mayo	1,23	0,095	37,72	12,54	6,46	77,57	47,19	-4,1	50,3	51,68
3ra Dec	Abril	1,25	0,092	36,09	13,64	7,18	77,77	45,78	-2,3	61,6	55,21
1ra Dec	Mayo	1,27	0,106	38,34	11,77	5,79	78,24	48,73	9,9	61,1	62,00
1ra Dec	Abril	1,23	0,087	36,51	12,88	7,72	78,27	47,71	3,5	57,3	45,19
3ra Dec	Mayo	1,23	0,087	36,92	13,38	7,05	78,46	46,61	-13,5	52,8	56,33
2da Dec	Abril	1,25	0,089	37,60	12,04	6,98	79,28	49,06	36,9	63,1	62,47
1ra Dec	Junio	1,22	0,076	39,76	10,69	5,14	79,48	48,46	-37,9	65,4	25,72
3ra Dec	Agosto	1,18	0,112	41,38	8,89	3,74	82,12	49,81	29,0	48,1	73,99
2da Dec	Agosto	1,24	0,102	42,59	8,21	3,61	82,94	48,29	-0,9	63,9	68,76
1ra Dec	Agosto	1,18	0,105	42,83	8,45	3,63	83,04	50,64	15,9	68,0	69,53
3ra Dec	Julio	1,25	0,102	41,71	9,34	4,18	83,41	47,28	-4,5	72,8	46,93
1ra Dec	Julio	1,24	0,110	44,16	8,08	3,45	84,03	51,71	-17,0	72,7	50,93
2da Dec	Julio	1,26	0,103	44,01	8,03	3,38	84,05	50,35	43,7	65,4	77,33
3ra Dec	Junio	1,18	0,113	43,60	8,54	3,73	84,23	54,42	1,0	80,6	62,08
2da Dec	Junio	1,21	0,105	42,99	8,80	3,84	84,73	56,48	-28,8	62,8	45,78





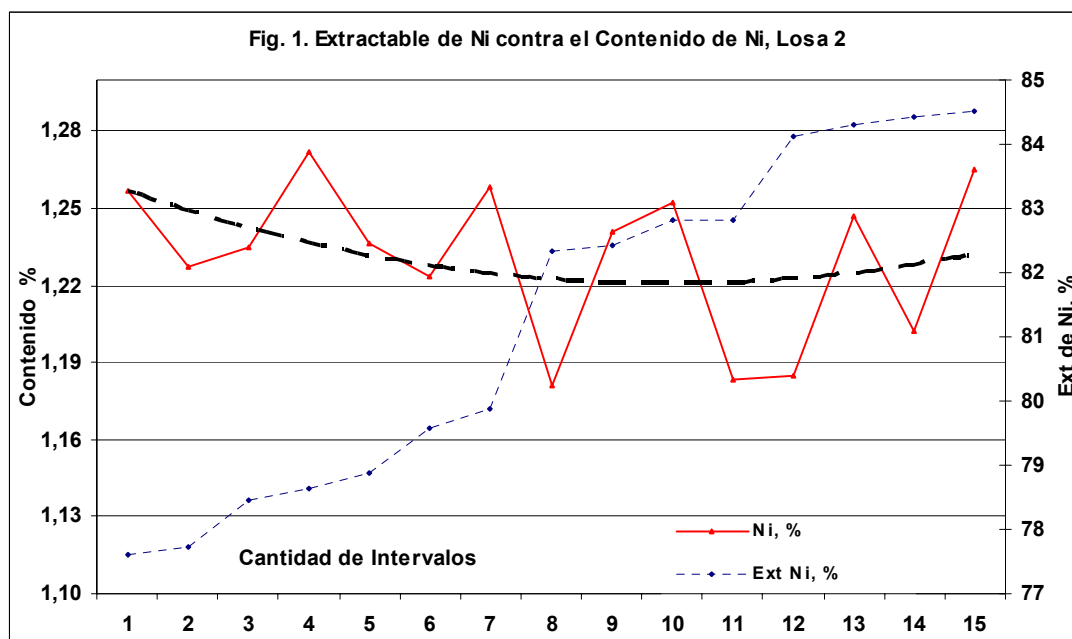


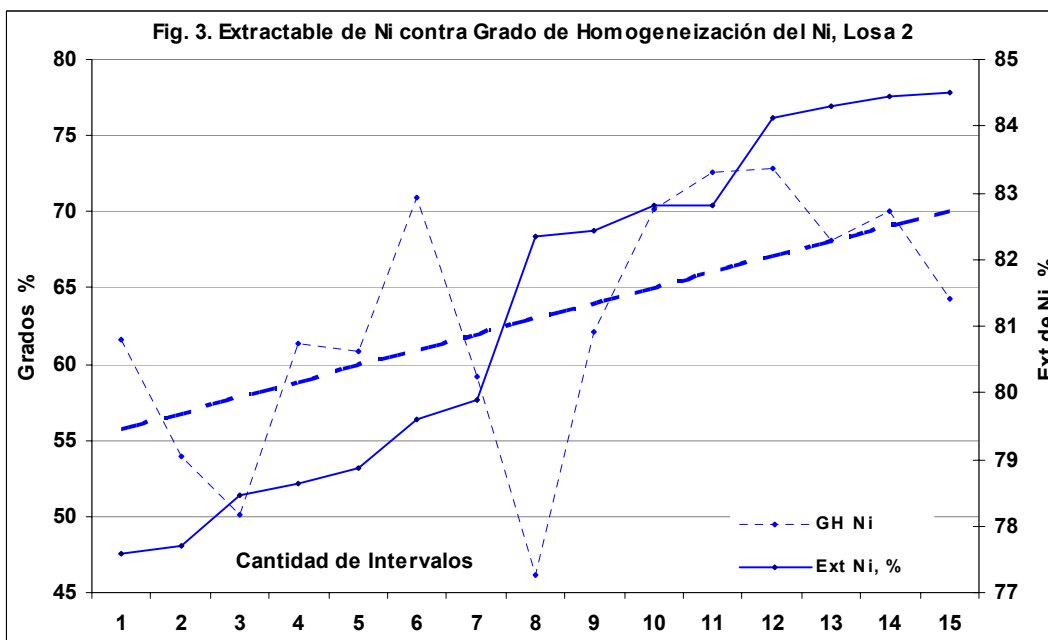
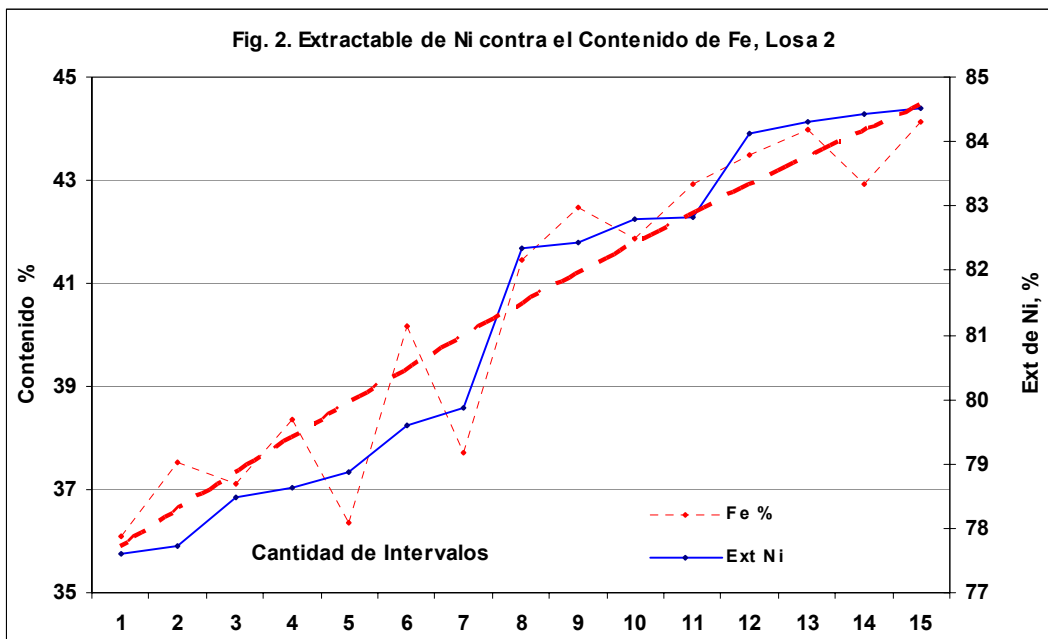


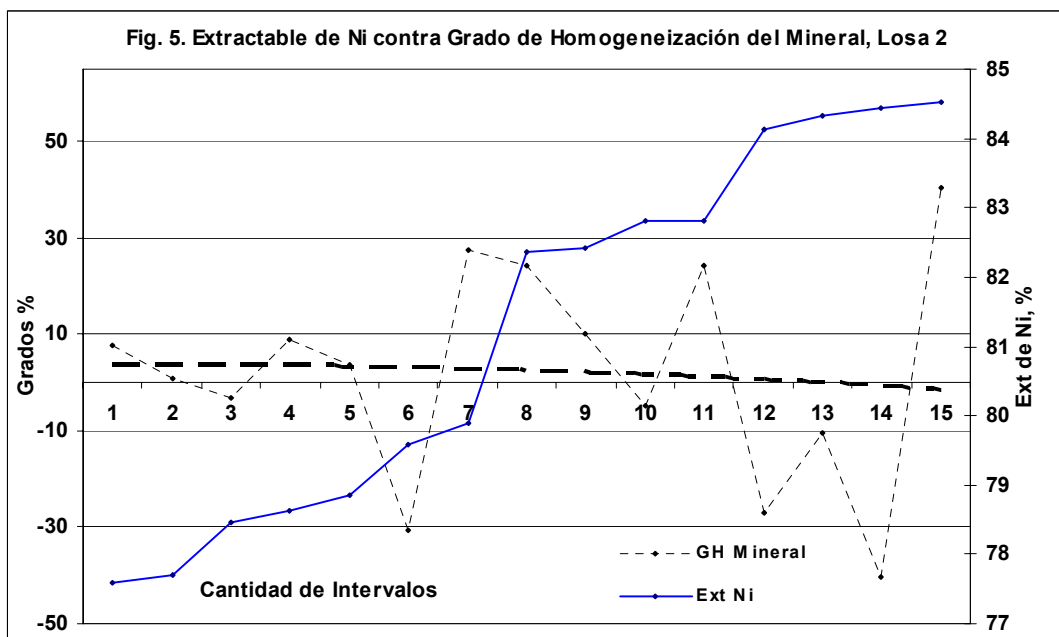
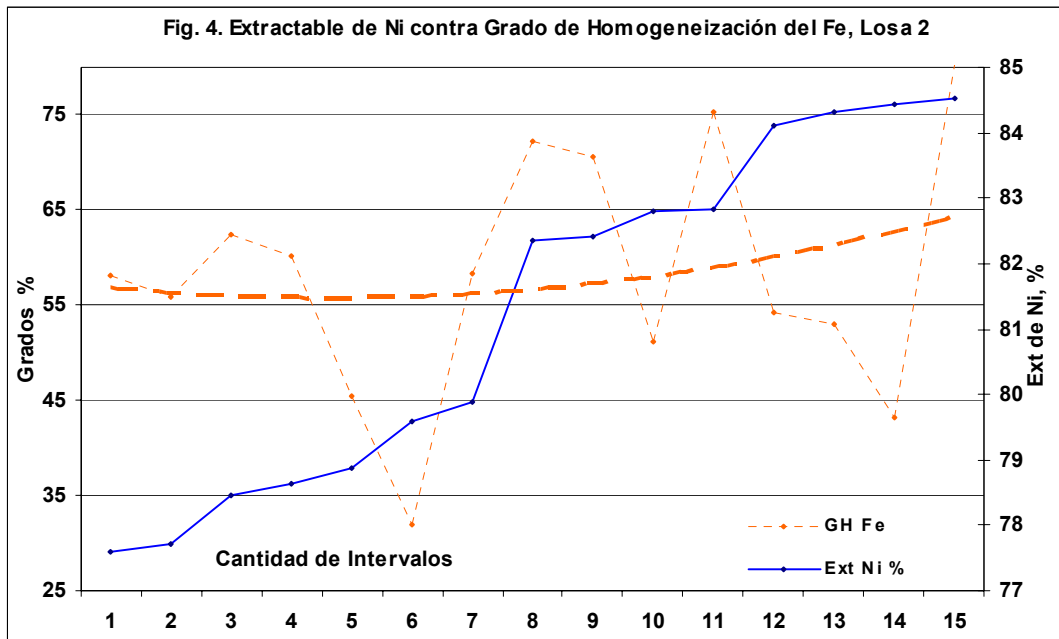
Anexo 2. Intervalo decenas de la losa 2

Tabla #2 Composición química, extractables y grados de homogeneización agrupados en decenas de la Losa 2, de los hornos de reducción.

Meses	Decenas	Ni, %	Co	Fe	SiO ₂	MgO	Ext Ni	Ext Co	GH	GH Ni	Fe
		%	%	%	%	%	%	%	gr	gr	gr
Mes 5	2da Dec	1,26	0,093	36,11	13,56	7,00	77,60	46,13	7,6	61,6	58,08
Mes 4	3ra Dec	1,23	0,094	37,52	12,55	6,38	77,71	46,70	0,9	54,0	55,79
Mes 5	1ra Dec	1,23	0,088	37,11	13,09	6,89	78,47	46,33	-3,3	50,1	62,46
Mes 4	1ra Dec	1,27	0,105	38,35	11,77	5,67	78,62	51,01	9,0	61,4	60,07
Mes 5	3ra Dec	1,24	0,087	36,35	12,93	7,67	78,87	50,43	3,5	60,9	45,45
Mes 4	2da Dec	1,22	0,075	40,18	10,47	4,94	79,59	48,42	-30,8	70,9	31,95
Mes 6	1ra Dec	1,26	0,088	37,70	11,94	6,70	79,88	50,77	27,4	59,2	58,24
Mes 8	3ra Dec	1,18	0,112	41,43	8,84	3,70	82,35	50,21	24,4	46,2	72,29
Mes 8	2da Dec	1,24	0,103	42,47	8,14	3,53	82,42	48,62	10,3	62,1	70,52
Mes 8	1ra Dec	1,25	0,101	41,87	9,24	4,09	82,81	46,49	-4,9	70,1	51,26
Mes 7	3ra Dec	1,18	0,106	42,92	8,43	3,52	82,82	52,00	24,2	72,6	75,34
Mes 7	1ra Dec	1,19	0,112	43,49	8,57	3,58	84,12	54,57	-27,1	72,8	54,22
Mes 7	2da Dec	1,25	0,110	43,99	8,21	3,36	84,31	51,80	-10,6	68,1	52,98
Mes 6	3ra Dec	1,20	0,103	42,94	8,77	3,74	84,44	55,02	-40,3	70,0	43,12
Mes 6	2da Dec	1,27	0,103	44,14	7,93	3,23	84,51	51,12	40,5	64,2	80,37



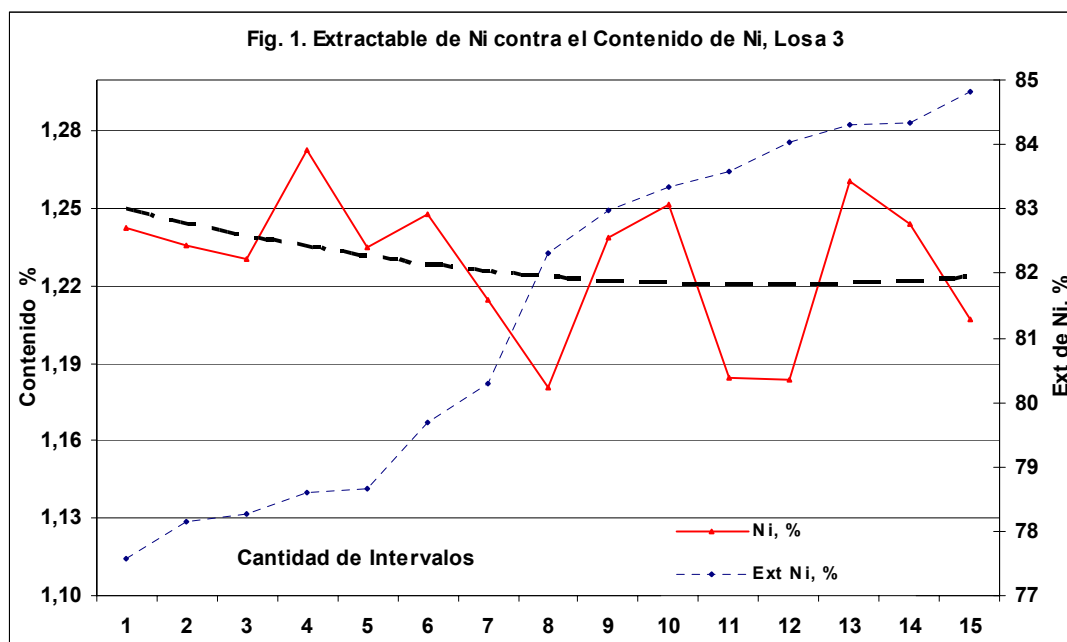


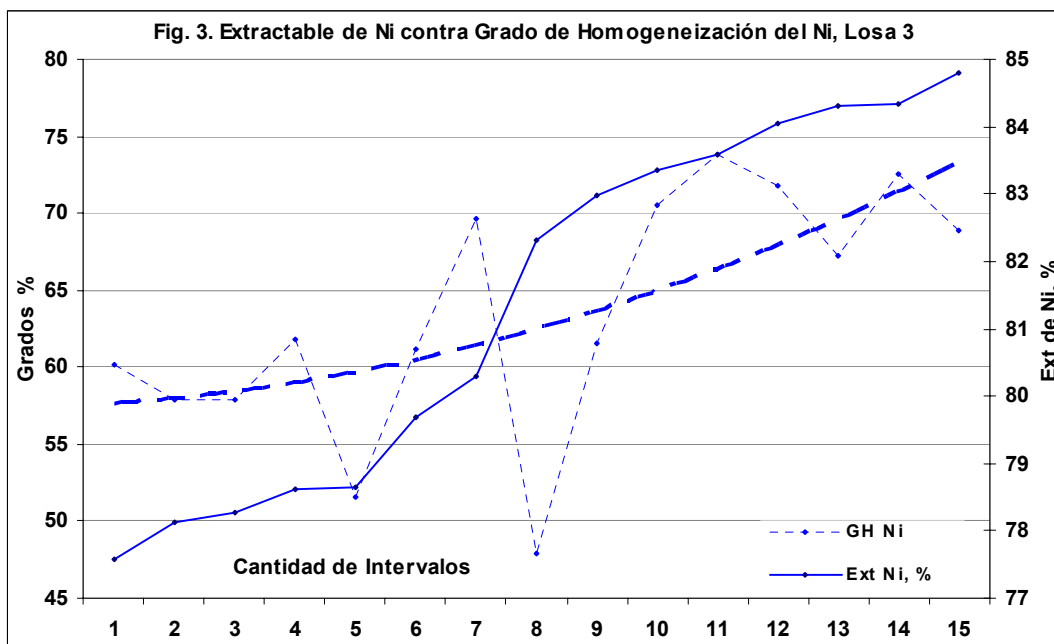
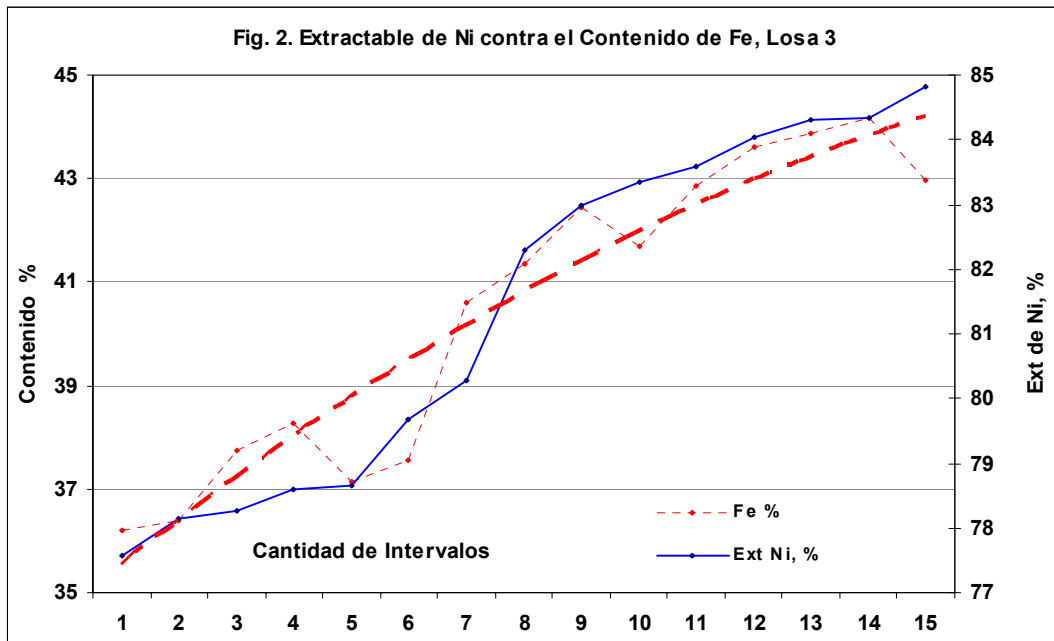


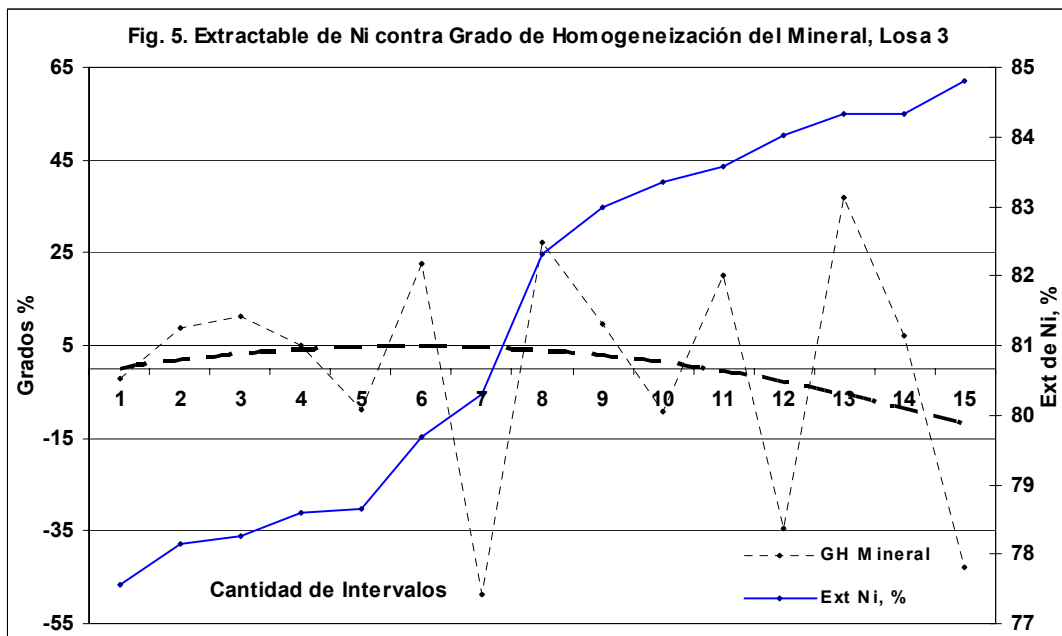
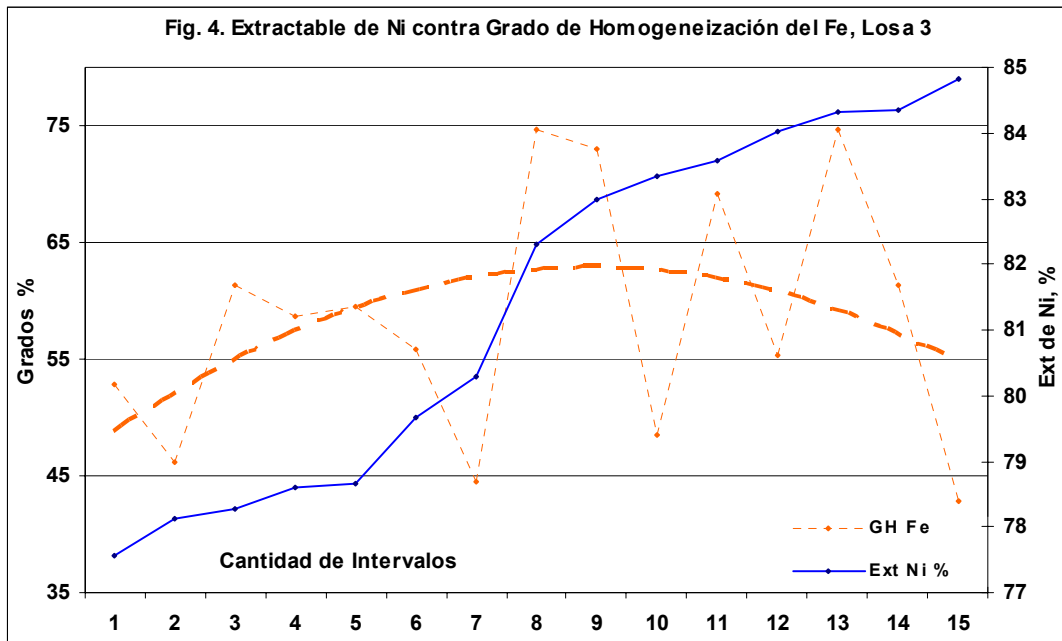
Anexo 3. Intervalo decenas de la losa 3

Tabla #3 Composición química, extractable de níquel y grados de homogeneización agrupados en decenas de la Losa 3, de los hornos de reducción.

Meses	Decenas	Ni, %	Co	Fe	SiO ₂	MgO	Ext Ni	Ext Co	GH	GH Ni	Fe
		%	%	%	%	%	%	%			
Mes 4	3ra Dec	1,24	0,093	36,20	13,37	6,80	77,57	46,00	-2,3	60,1	52,84
Mes 4	1ra Dec	1,24	0,088	36,38	12,92	7,74	78,14	48,34	8,9	57,9	46,15
Mes 5	2da Dec	1,23	0,094	37,74	12,37	6,25	78,26	47,15	11,2	57,9	61,35
Mes 5	1ra Dec	1,27	0,104	38,29	11,78	5,66	78,61	49,11	5,0	61,9	58,62
Mes 5	3ra Dec	1,24	0,088	37,13	13,12	6,94	78,66	45,45	-8,7	51,6	59,54
Mes 4	2da Dec	1,25	0,089	37,57	11,96	6,62	79,68	48,90	22,5	61,1	55,91
Mes 6	1ra Dec	1,22	0,079	40,58	9,77	4,56	80,29	49,28	-48,7	69,6	44,55
Mes 8	3ra Dec	1,18	0,111	41,34	8,86	3,71	82,31	50,22	27,2	47,9	74,70
Mes 8	2da Dec	1,24	0,101	42,45	8,09	3,48	82,98	48,55	9,7	61,6	72,99
Mes 7	3ra Dec	1,25	0,101	41,70	9,30	4,10	83,35	47,24	-9,1	70,6	48,47
Mes 8	1ra Dec	1,18	0,106	42,86	8,46	3,54	83,58	50,94	20,1	73,8	69,19
Mes 6	3ra Dec	1,18	0,111	43,61	8,59	3,56	84,03	53,63	-34,6	71,7	55,30
Mes 7	2da Dec	1,26	0,104	43,89	8,01	3,28	84,32	51,45	36,9	67,3	74,70
Mes 7	1ra Dec	1,24	0,110	44,17	8,04	3,22	84,34	52,47	7,3	72,6	61,37
Mes 6	2da Dec	1,21	0,104	42,96	8,78	3,75	84,81	56,21	-42,9	68,9	42,91





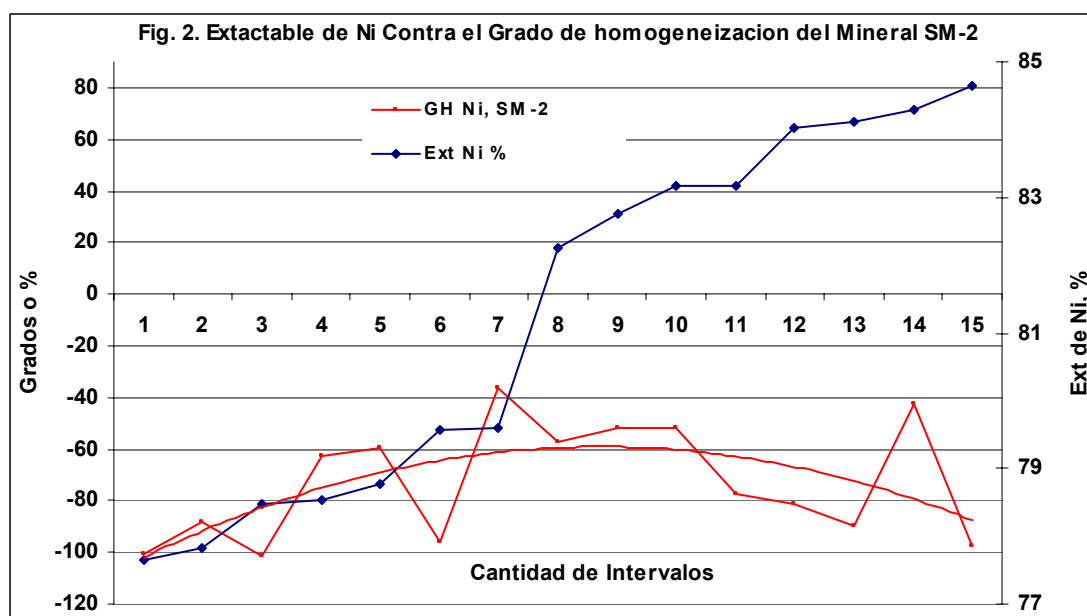
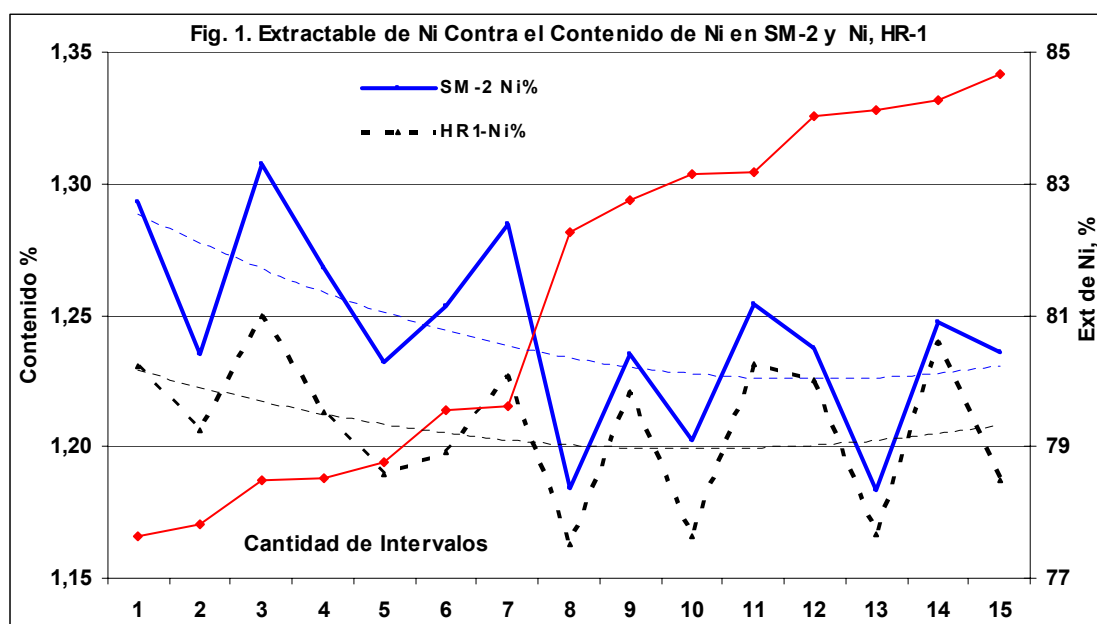


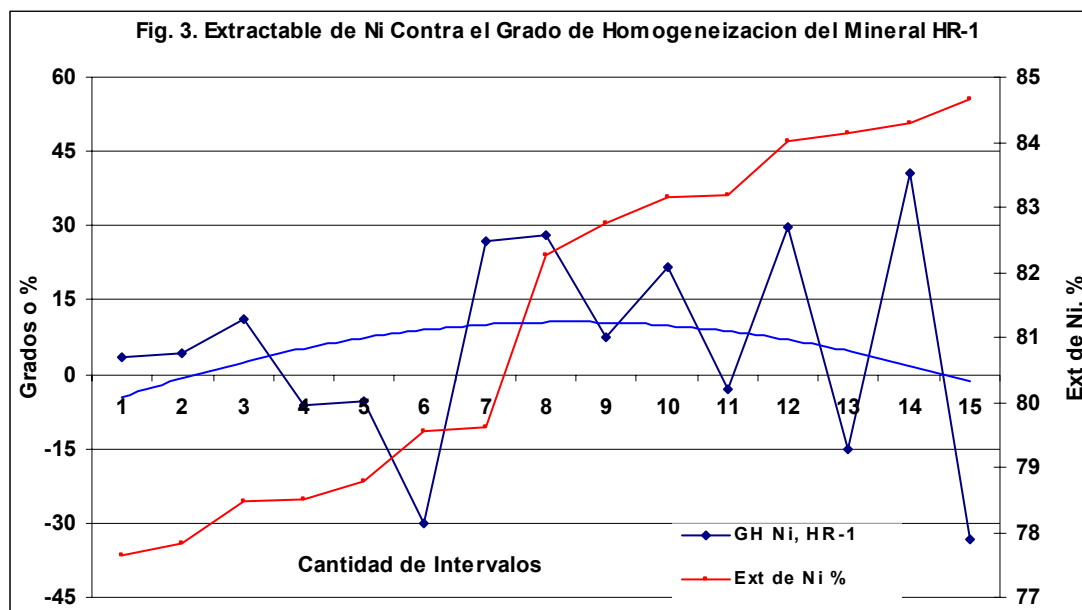


Anexo 4. Intervalo decenas de la muestra SM-2

Tabla #4 Composición química, extractable níquel y grados de homogeneización agrupados en decenas de la mina y hornos de la muestra SM-2

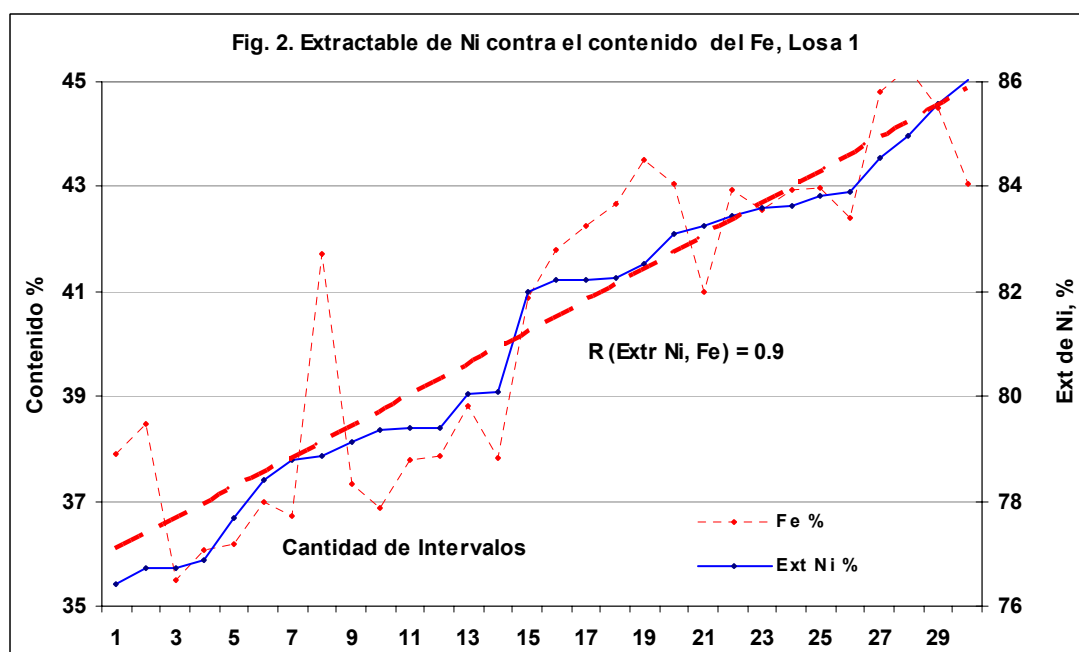
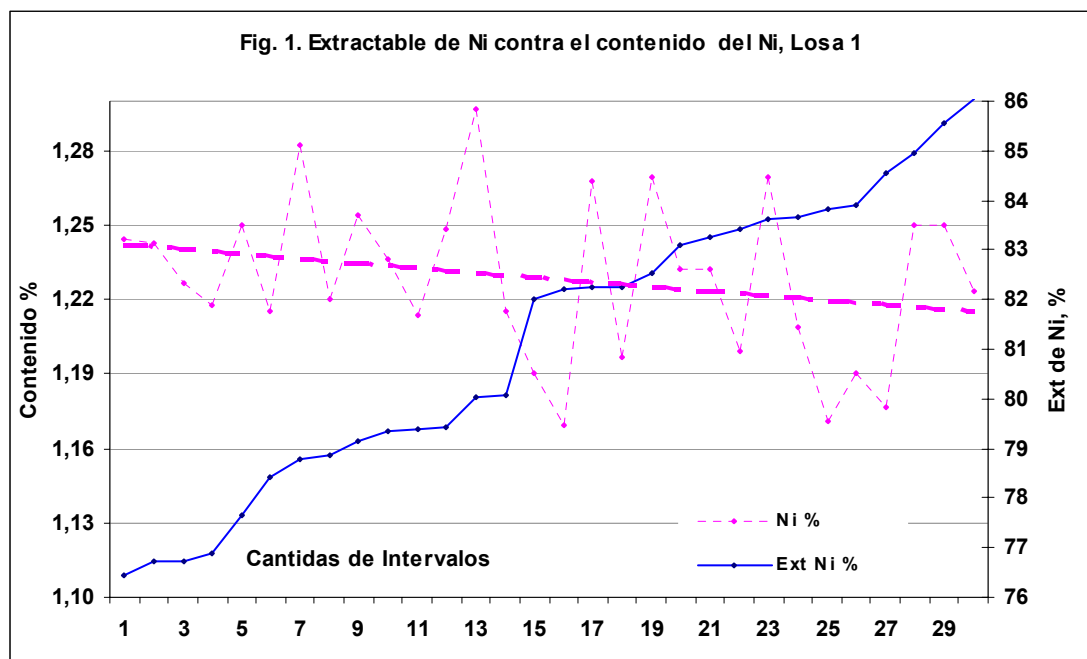
Mina					Hornos						GH, Mina			GH, HR-1		
SM-2					HR-1						GH	GH	GH	GH	GH	GH
Ni	Fe	Co	SiO ₂	MgO	Ni	Fe	Co	SiO ₂	MgO		Ni	Fe	Mineral	Ni	Fe	Mineral
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	Ext. Ni	gr	gr	gr	gr	gr	gr
1,29	37,24	0,10	12,40	7,54	1,23	35,52	0,09	13,29	6,87	77,65	-5,58	8,69	-100,26	59,69	55,07	3,58
1,24	38,08	0,09	11,67	7,20	1,21	36,96	0,09	12,25	6,24	77,83	-17,68	17,40	-87,95	52,20	55,01	4,25
1,31	39,43	0,11	10,48	6,15	1,25	37,68	0,10	11,57	5,61	78,49	-39,44	23,41	-101,05	61,43	59,86	11,31
1,27	37,36	0,09	12,19	7,46	1,21	36,37	0,09	12,95	6,83	78,52	14,59	28,29	-62,65	51,39	58,60	-6,16
1,23	37,52	0,09	10,88	6,74	1,19	36,07	0,08	12,42	7,39	78,78	-23,43	32,58	-59,46	33,68	40,43	-5,62
1,25	39,06	0,07	9,51	5,68	1,20	39,34	0,07	10,33	4,91	79,56	11,20	15,68	-95,75	67,81	31,27	-29,96
1,28	38,18	0,09	10,88	6,68	1,23	37,02	0,09	11,71	6,60	79,61	12,44	44,72	-36,59	59,00	56,81	27,02
1,18	39,84	0,10	8,29	4,73	1,16	40,76	0,11	8,73	3,66	82,26	21,07	50,73	-57,39	48,37	72,92	28,20
1,23	40,09	0,09	8,43	5,17	1,22	41,86	0,10	8,02	3,49	82,76	24,65	54,03	-51,73	62,65	69,65	7,58
1,20	40,63	0,09	7,97	4,38	1,17	42,26	0,11	8,32	3,51	83,16	16,00	47,31	-51,60	70,31	70,75	21,51
1,25	40,45	0,09	8,41	4,84	1,23	41,12	0,10	9,15	4,06	83,18	23,14	36,96	-77,44	70,51	48,37	-3,10
1,24	41,38	0,09	7,68	4,67	1,23	43,86	0,11	7,70	3,10	84,02	37,41	49,66	-81,53	69,96	73,57	29,81
1,18	40,50	0,10	8,99	5,34	1,17	42,94	0,11	8,44	3,57	84,13	4,81	38,17	-89,82	74,12	56,20	-15,31
1,25	41,41	0,09	7,87	4,79	1,24	43,26	0,10	7,85	3,24	84,28	24,03	57,51	-42,73	64,71	76,57	40,71
1,24	40,58	0,09	8,63	5,09	1,19	42,25	0,10	8,64	3,71	84,66	-1,70	37,22	-97,60	67,11	44,48	-33,43

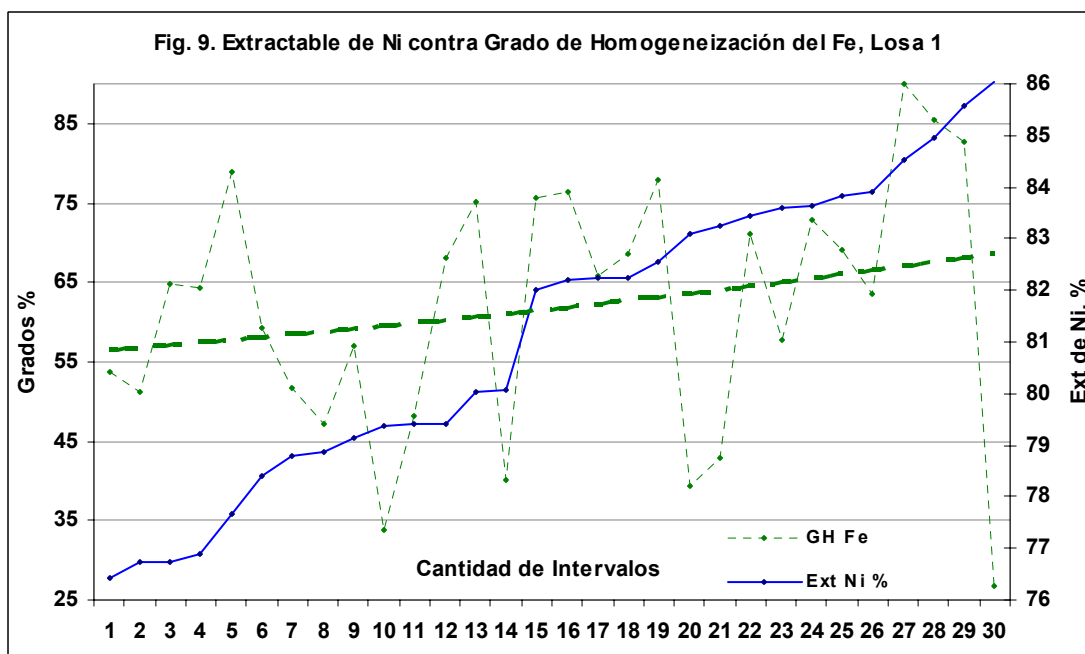
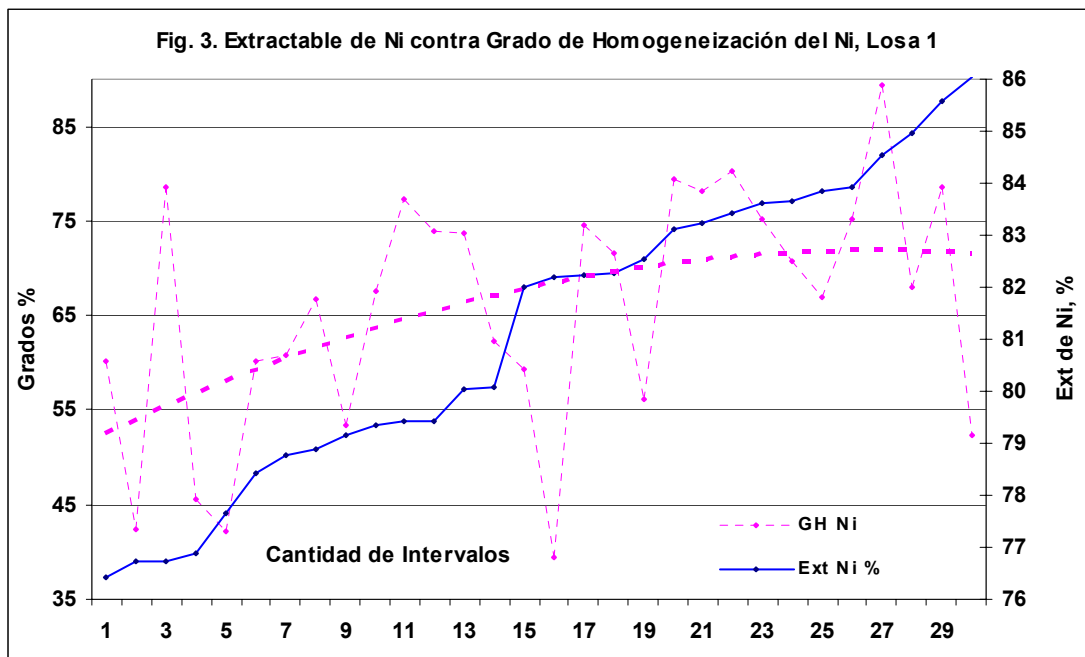


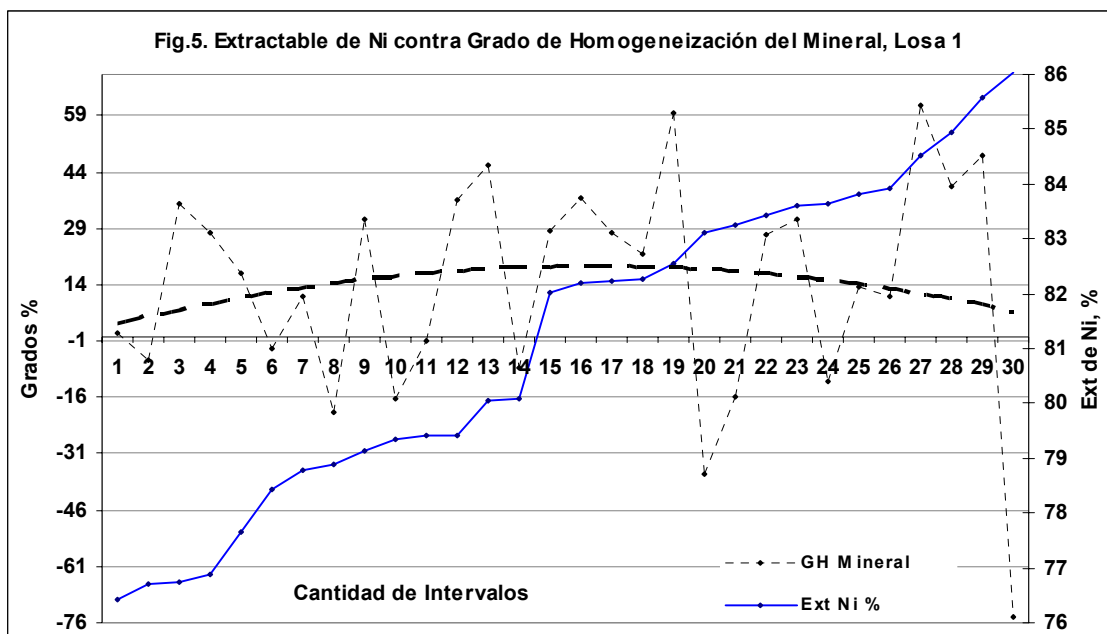


Anexo 5. Intervalo cinco días de la losa 1

Ni, %	Co	Fe	SiO ₂	MgO	Ext Ni	Ext Co	GH	GH Ni	Fe
%	%	%	%	%	%	%	gr	gr	gr
1,24	0,103	37,9	12,3	6,2	76,4	44,3	0,9	60,2	53,6
1,24	0,098	38,5	11,9	6,0	76,7	47,6	-6,1	42,5	51,3
1,23	0,082	35,5	14,3	8,0	76,7	41,7	35,6	78,6	64,9
1,22	0,086	36,1	13,0	8,3	76,9	43,2	27,6	45,6	64,4
1,25	0,079	36,2	14,0	7,4	77,7	43,9	17,3	42,2	78,8
1,22	0,092	37,0	13,2	6,9	78,4	46,8	-3,2	60,2	59,2
1,28	0,102	36,7	13,0	6,4	78,8	49,8	11,0	60,8	51,8
1,22	0,073	41,7	9,5	4,4	78,9	44,9	-20,0	66,8	47,2
1,25	0,087	37,3	12,0	6,9	79,1	47,3	31,6	53,5	56,9
1,24	0,087	36,9	12,7	7,2	79,4	51,3	-16,1	67,6	33,9
1,21	0,097	37,8	12,6	6,6	79,4	49,9	-0,7	77,3	48,3
1,25	0,090	37,9	12,0	7,1	79,4	50,8	36,7	73,9	68,2
1,30	0,108	38,8	11,3	5,3	80,1	53,1	45,6	73,8	75,1
1,22	0,078	37,8	11,9	5,9	80,1	52,0	-8,0	62,3	40,1
1,19	0,115	40,9	9,0	3,8	82,0	51,6	28,5	59,4	75,6
1,17	0,109	41,8	8,8	3,7	82,2	48,3	37,3	39,4	76,3
1,27	0,102	42,2	8,6	3,6	82,2	46,8	27,7	74,6	65,7
1,20	0,103	42,7	8,7	3,8	82,3	50,6	22,1	71,6	68,7
1,27	0,102	43,5	8,2	3,5	82,5	46,5	59,5	56,1	77,9
1,23	0,106	43,1	8,7	3,9	83,1	46,6	-36,4	79,5	39,4
1,23	0,098	41,0	9,8	4,4	83,3	45,8	-16,0	78,1	42,8
1,20	0,101	42,9	8,6	3,8	83,4	56,0	27,3	80,2	71,1
1,27	0,106	42,6	8,8	3,9	83,6	49,0	31,5	75,2	57,8
1,21	0,102	42,9	7,8	3,6	83,6	49,8	-11,9	70,7	72,8
1,17	0,106	43,0	8,2	3,5	83,8	50,7	13,4	66,9	69,2
1,19	0,115	42,4	9,3	4,2	83,9	54,0	10,7	75,3	63,5
1,18	0,110	44,8	7,8	3,2	84,5	54,9	61,6	89,4	90,1
1,25	0,113	45,3	7,5	3,0	85,0	56,8	40,3	68,0	85,4
1,25	0,104	44,5	7,9	3,2	85,6	54,2	48,4	78,7	82,6
1,22	0,108	43,0	9,0	3,8	86,0	56,9	-74,5	52,3	26,8

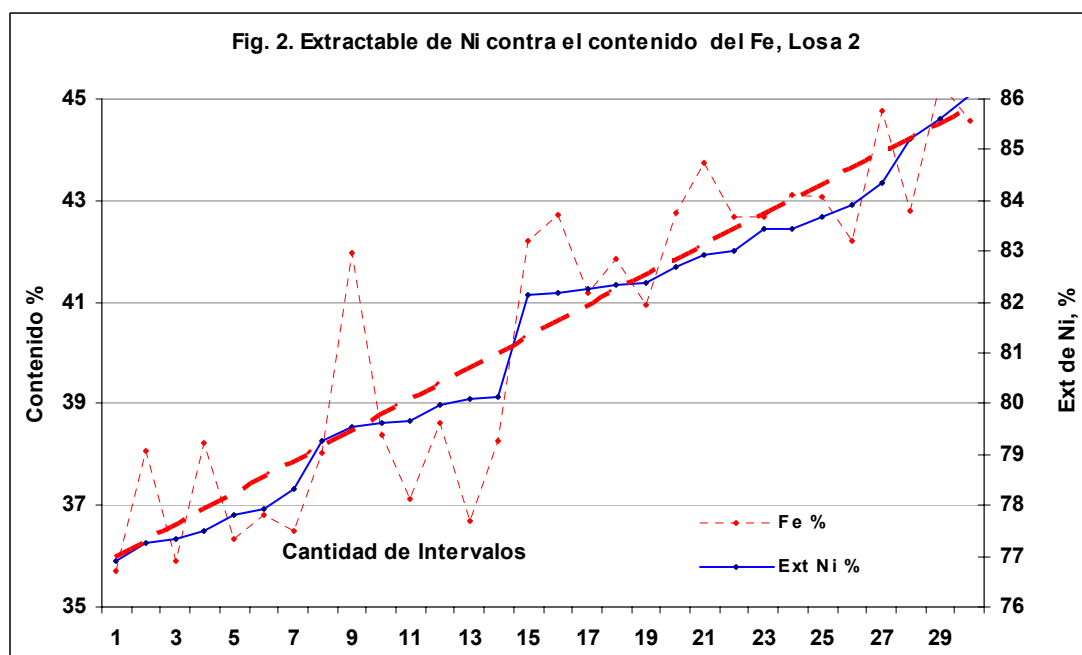
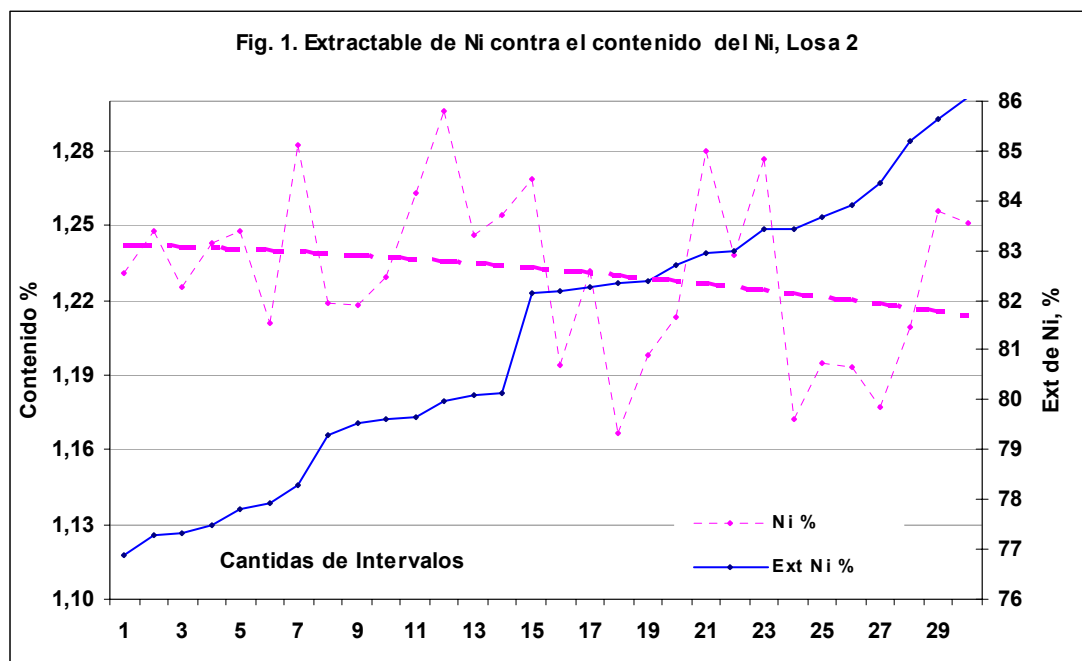


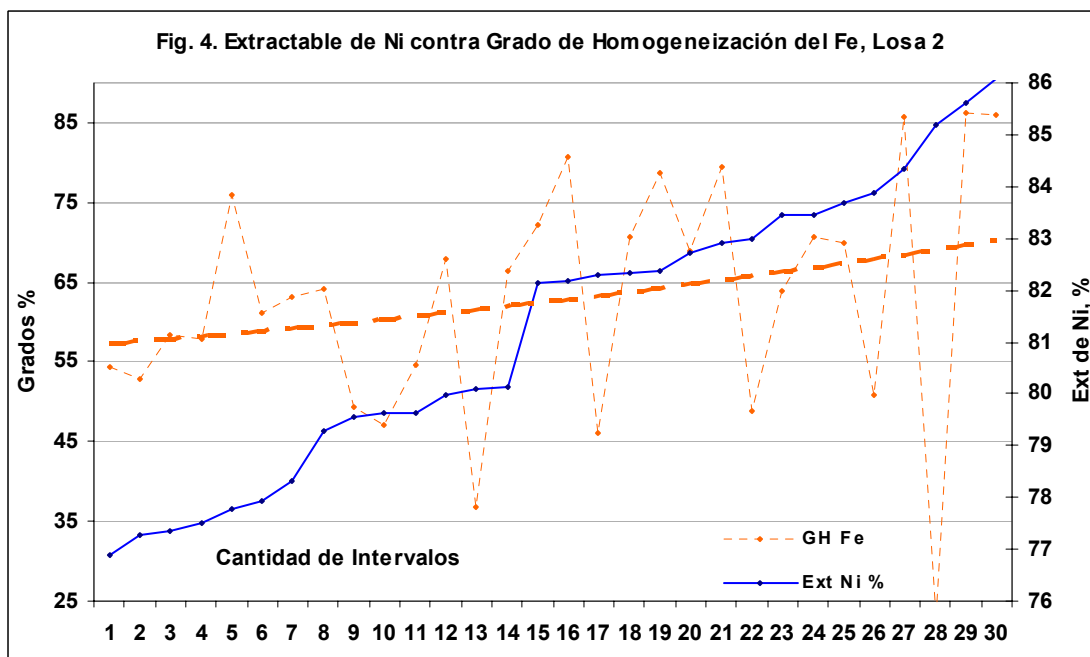
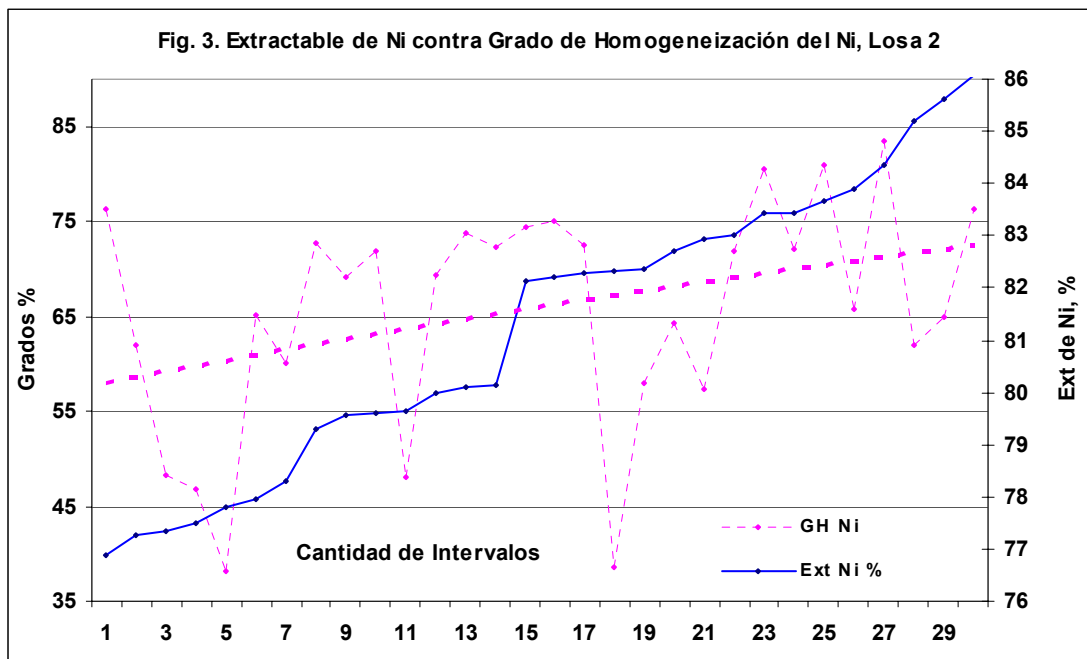


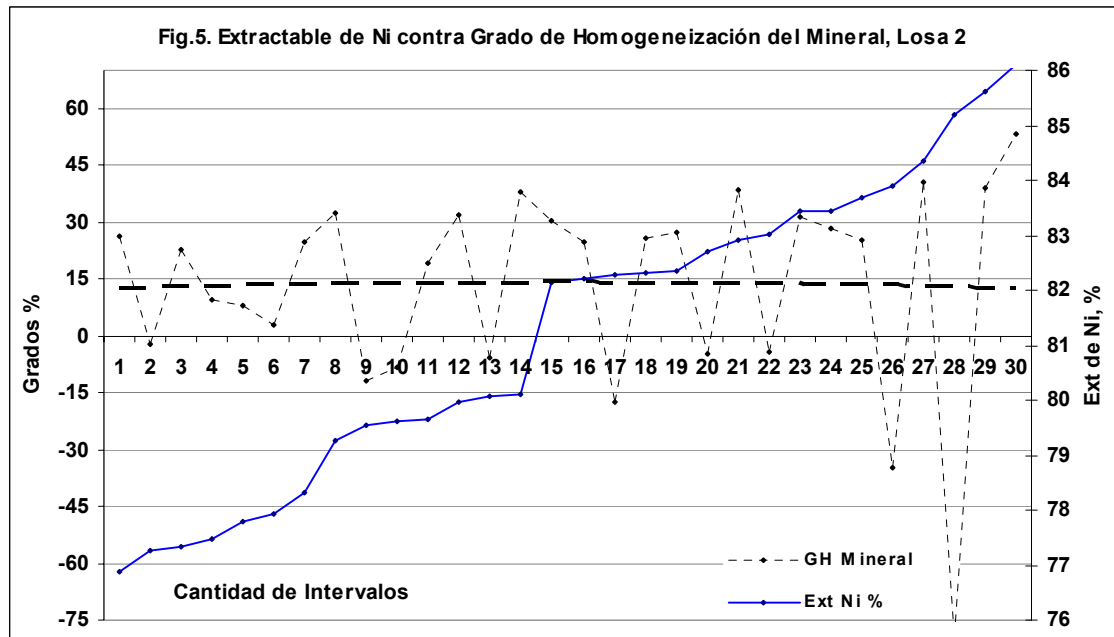


Anexo 6. Intervalo cinco días de la losa 2

Ni, %	Co	Fe	SiO2	MgO	Ext Ni	Ext Co	GH	GH Ni	Fe
%	%	%	%	%	%	%	gr	gr	gr
1,23	0,083	35,7	13,9	7,5	76,9	42,0	26,1	76,3	54,3
1,25	0,102	38,1	12,1	6,0	77,3	46,5	-2,1	62,1	52,8
1,23	0,088	35,9	13,2	8,4	77,3	45,7	22,7	48,2	58,4
1,24	0,097	38,2	12,0	6,0	77,5	48,1	9,4	46,8	57,8
1,25	0,079	36,3	13,8	7,5	77,8	43,5	7,9	38,2	76,0
1,21	0,090	36,8	13,1	6,7	77,9	45,3	2,8	65,1	61,1
1,28	0,102	36,5	13,2	6,5	78,3	50,3	24,5	60,1	63,1
1,22	0,099	38,0	12,2	6,1	79,3	49,7	32,2	72,8	64,2
1,22	0,073	42,0	9,3	4,2	79,6	45,1	-12,1	69,1	49,4
1,23	0,077	38,4	11,7	5,7	79,6	51,7	-8,4	72,0	47,0
1,26	0,086	37,1	12,2	6,8	79,6	48,4	19,1	48,0	54,5
1,30	0,107	38,6	11,4	5,3	80,0	55,5	31,8	69,3	67,9
1,25	0,086	36,7	12,8	7,1	80,1	54,2	-5,9	73,7	36,8
1,25	0,090	38,3	11,7	6,6	80,1	53,2	37,8	72,3	66,4
1,27	0,102	42,2	8,5	3,5	82,1	48,1	30,5	74,4	72,1
1,19	0,106	42,7	8,7	3,7	82,2	52,1	24,7	75,0	80,7
1,23	0,098	41,2	9,6	4,3	82,3	44,8	-17,7	72,6	46,2
1,17	0,109	41,8	8,7	3,6	82,3	49,0	25,7	38,5	70,7
1,20	0,116	41,0	9,0	3,8	82,4	51,6	27,4	58,0	78,7
1,21	0,103	42,7	7,8	3,5	82,7	49,2	-4,7	64,4	69,0
1,28	0,100	43,7	8,1	3,4	82,9	47,1	38,5	57,4	79,4
1,24	0,107	42,7	9,0	3,9	83,0	46,6	-4,3	71,8	48,8
1,28	0,105	42,7	8,8	3,8	83,4	48,5	31,3	80,4	63,9
1,17	0,106	43,1	8,2	3,3	83,4	51,9	28,2	72,2	70,6
1,20	0,100	43,1	8,4	3,6	83,7	54,6	25,5	81,0	70,0
1,19	0,113	42,2	9,4	4,1	83,9	53,4	-34,6	65,8	50,9
1,18	0,110	44,8	7,8	3,1	84,3	55,8	40,3	83,5	85,6
1,21	0,106	42,8	9,1	3,9	85,2	55,5	-79,8	61,9	22,9
1,26	0,112	45,3	7,4	2,8	85,6	57,0	38,9	65,0	86,3
1,25	0,106	44,5	7,8	3,1	86,1	55,2	53,4	76,3	85,9



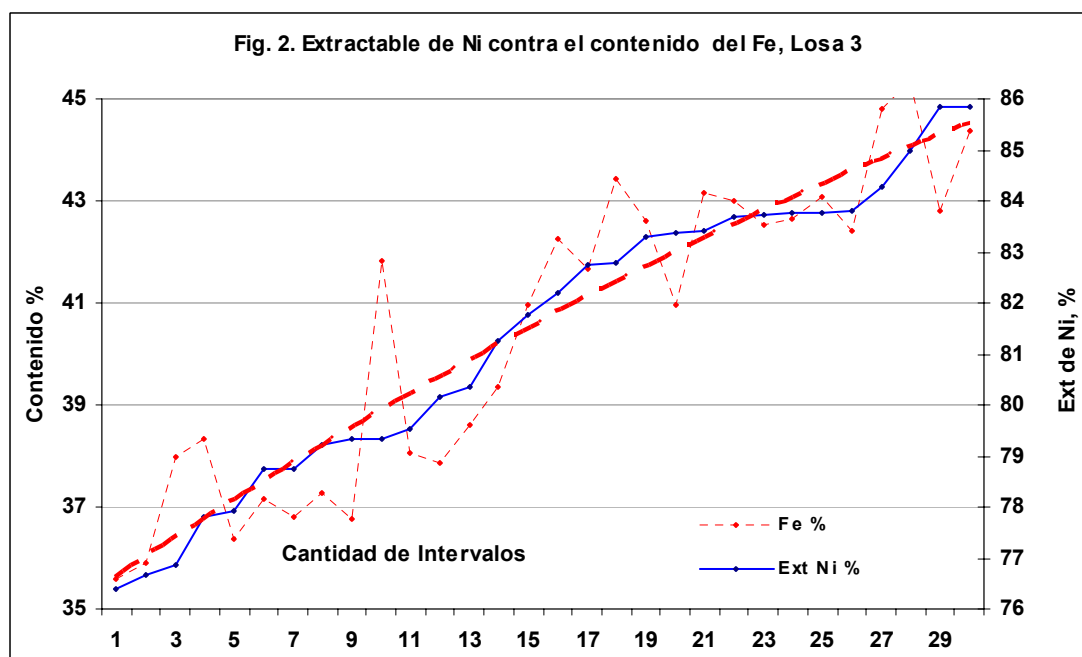
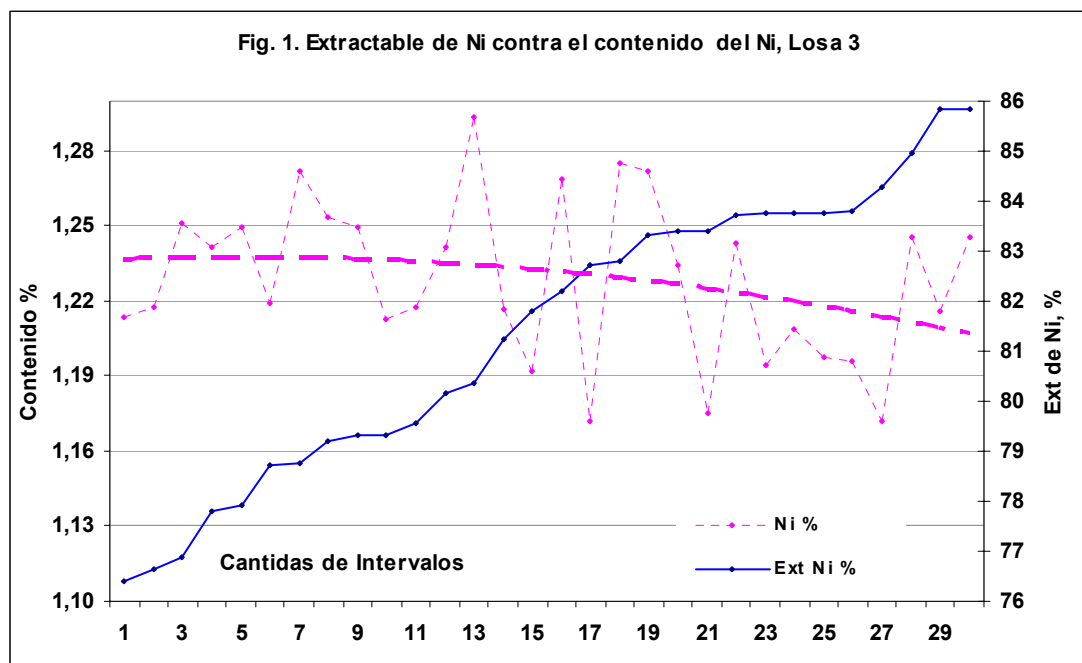


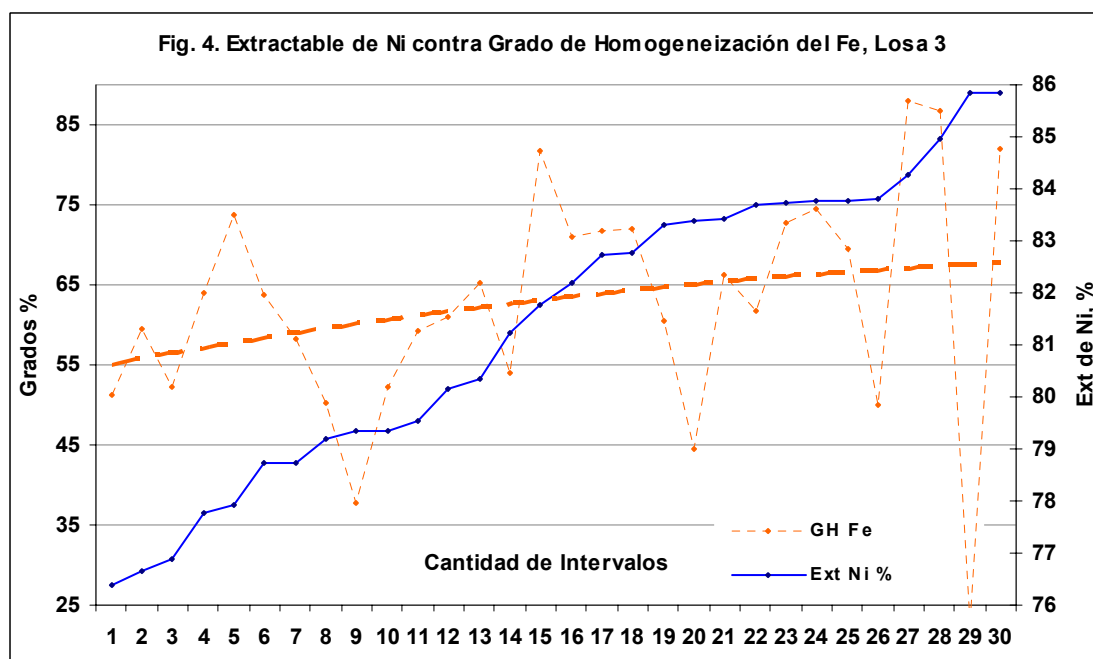
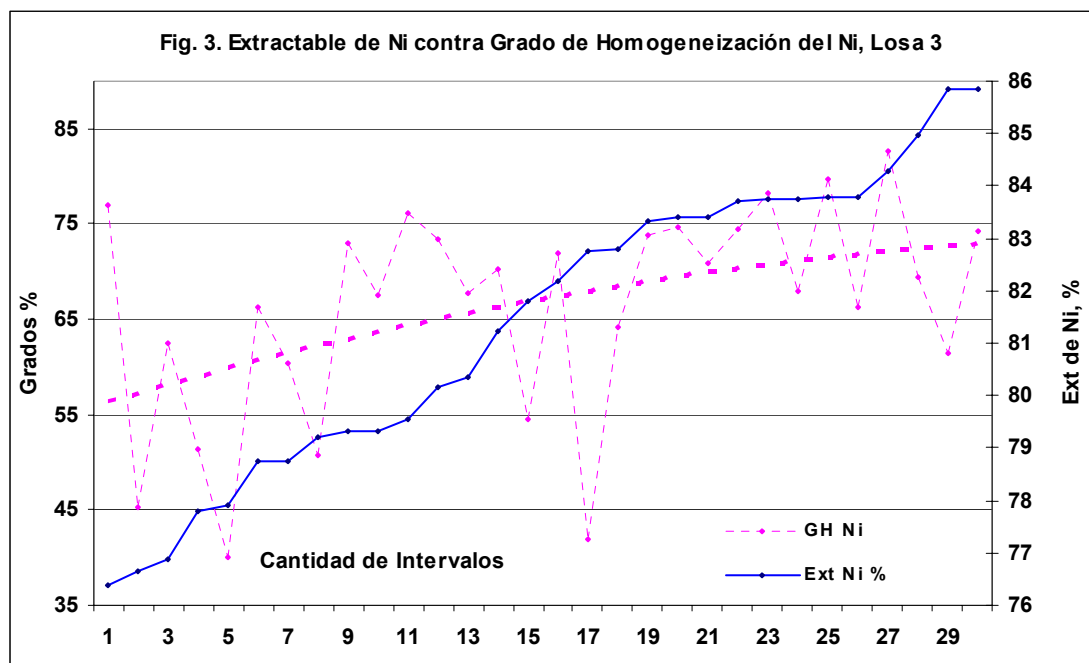


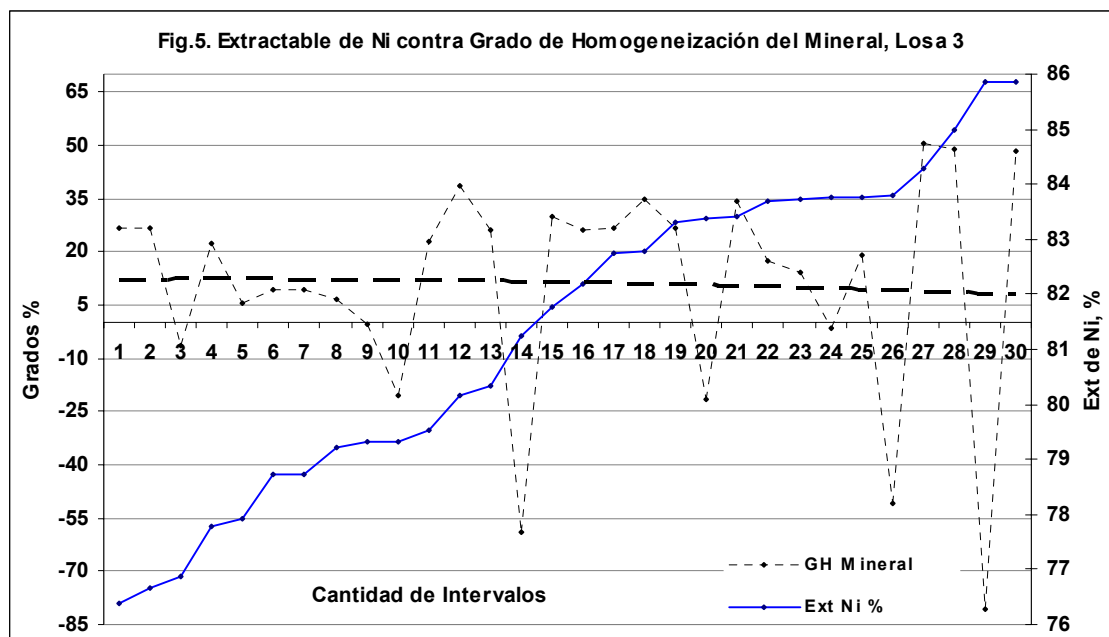
Anexo 7. Intervalo cinco días de la losa 3

Tabla #7. Composición química, extractables y grados de homogeneización agrupados en 5 días de la Losa 3, de los Hornos de Reducción.

Ni, %	Co	Fe	SiO2	MgO	Ext Ni	Ext Co	GH	GH Ni	Fe
%	%	%	%	%	%	%	gr	gr	gr
1,21	0,083	35,6	13,9	7,4	76,4	41,8	26,9	77,0	51,1
1,22	0,088	35,9	13,1	8,3	76,7	43,3	26,6	45,2	59,4
1,25	0,101	38,0	12,2	6,0	76,9	44,9	-6,3	62,4	52,3
1,24	0,097	38,3	11,9	5,9	77,8	48,9	22,1	51,3	63,9
1,25	0,078	36,4	13,9	7,6	77,9	42,9	5,8	39,9	73,6
1,22	0,091	37,2	12,9	6,6	78,7	45,4	9,4	66,2	63,7
1,27	0,103	36,8	12,8	6,2	78,7	50,2	9,2	60,5	58,3
1,25	0,088	37,3	12,0	6,5	79,2	47,3	6,7	50,8	50,3
1,25	0,088	36,8	12,7	7,3	79,3	52,3	-0,5	73,1	37,9
1,21	0,071	41,8	9,5	4,4	79,3	45,1	-20,7	67,5	52,2
1,22	0,099	38,1	12,2	6,2	79,5	48,5	22,6	76,2	59,3
1,24	0,090	37,9	11,9	6,7	80,2	50,5	38,6	73,5	61,0
1,29	0,107	38,6	11,4	5,3	80,3	53,4	26,0	67,8	65,3
1,22	0,087	39,3	10,1	4,8	81,2	53,5	-59,0	70,2	54,1
1,19	0,115	41,0	8,9	3,8	81,8	50,8	29,9	54,6	81,8
1,27	0,100	42,2	8,4	3,5	82,2	47,9	26,0	71,8	71,1
1,17	0,108	41,7	8,8	3,6	82,7	49,8	26,7	42,0	71,8
1,28	0,102	43,4	8,2	3,5	82,8	47,9	34,7	64,1	72,1
1,27	0,105	42,6	8,8	3,8	83,3	48,2	26,8	73,8	60,6
1,23	0,098	40,9	9,7	4,3	83,4	46,4	-21,3	74,7	44,6
1,18	0,106	43,2	8,2	3,3	83,4	50,7	34,4	71,0	66,3
1,24	0,108	43,0	8,7	3,7	83,7	48,7	17,2	74,5	61,7
1,19	0,105	42,5	8,7	3,8	83,7	51,2	14,4	78,3	72,7
1,21	0,101	42,7	7,7	3,5	83,8	49,2	-1,5	68,0	74,4
1,20	0,101	43,1	8,4	3,6	83,8	56,1	19,0	79,6	69,4
1,20	0,111	42,4	9,4	4,1	83,8	52,5	-50,6	66,3	50,0
1,17	0,111	44,8	7,8	3,1	84,3	54,8	50,3	82,6	88,1
1,25	0,111	45,3	7,4	2,7	85,0	56,3	49,1	69,5	86,7
1,22	0,106	42,8	9,2	3,9	85,8	56,3	-80,5	61,4	22,8
1,25	0,106	44,4	7,8	3,1	85,8	55,0	48,2	74,3	82,0









Anexo 8. Intervalo de cinco días de la muestra SM-2

Tabla #8. Composición química, extractable níquel y grados de homogeneización agrupados en decenas de la mina y hornos

Mina					Hornos						GH, Mina			GH, HR-1		
SM-2					HR-1						GH	GH	GH	GH	GH	GH
Ni	Fe	Co	SiO ₂	MgO	Ni	Fe	Co	SiO ₂	MgO	Ext.	Ni	Fe	Mineral	Ni	Fe	Mineral
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		gr	gr	gr	gr	gr	gr
1,3	36,2	0,1	13,3	8,2	1,2	35,0	0,1	13,8	7,5	76,7	-4,4	-6,8	-90,95	74,5	57,6	35,1
1,3	39,3	0,1	10,7	6,6	1,2	37,3	0,1	12,0	6,0	76,9	-18,2	23,7	-94,70	61,8	53,7	1,6
1,3	37,9	0,1	11,6	7,2	1,2	37,7	0,1	11,7	5,9	77,3	-14,3	2,8	-110,36	47,2	57,3	15,8
1,2	36,9	0,1	11,0	7,0	1,2	36,1	0,1	12,2	7,7	77,7	-36,3	36,4	-72,71	15,3	45,4	-0,9
1,3	36,9	0,1	12,7	7,9	1,2	35,7	0,1	13,7	7,4	77,8	10,6	26,7	-61,95	41,9	74,5	6,1
1,2	38,3	0,1	11,8	7,2	1,2	36,2	0,1	12,8	6,6	78,4	6,9	36,6	-52,27	61,4	61,3	7,9
1,3	38,2	0,1	11,6	6,9	1,3	36,1	0,1	12,8	6,2	78,6	-5,4	34,0	-64,98	60,5	57,6	16,6
1,3	40,4	0,1	8,3	4,9	1,2	41,1	0,1	9,3	4,2	79,2	12,6	25,6	-95,01	67,7	49,8	-12,5
1,3	37,8	0,1	10,8	6,7	1,2	36,6	0,1	11,9	6,6	79,4	14,6	40,2	-43,75	51,1	54,6	21,5
1,2	37,9	0,1	11,5	6,9	1,2	37,2	0,1	12,1	6,2	79,4	26,0	32,8	-44,56	72,9	55,9	20,6
1,3	38,1	0,1	10,7	6,5	1,2	36,1	0,1	12,6	7,1	79,7	-5,3	32,3	-42,27	71,3	35,3	-4,7
1,3	37,6	0,1	10,8	6,6	1,2	37,6	0,1	11,4	5,6	79,9	9,0	21,0	-63,30	67,6	45,4	-8,0
1,3	38,6	0,1	10,9	6,6	1,2	37,6	0,1	11,5	6,6	79,9	9,7	51,6	-29,09	73,1	64,7	36,8
1,4	39,6	0,1	10,2	5,7	1,3	38,1	0,1	11,2	5,2	80,1	-47,4	22,6	-102,84	71,8	69,6	37,2
1,2	39,6	0,1	8,2	4,6	1,2	40,3	0,1	8,8	3,8	82,1	22,4	42,2	-73,76	59,6	78,2	30,7
1,2	40,2	0,1	8,0	4,8	1,2	41,5	0,1	8,4	3,5	82,1	29,9	54,5	-54,32	73,3	69,2	28,6
1,2	40,0	0,1	8,4	4,8	1,2	41,1	0,1	8,7	3,6	82,4	19,7	57,1	-47,00	41,5	72,1	31,9
1,3	41,4	0,1	7,9	4,8	1,3	42,8	0,1	8,0	3,4	82,7	25,6	59,2	-38,19	60,6	76,3	42,1
1,2	40,3	0,1	8,3	4,6	1,2	42,0	0,1	8,6	3,7	82,8	8,3	57,5	-36,32	72,8	72,8	20,6
1,2	40,7	0,1	8,3	5,0	1,2	43,1	0,1	8,1	3,4	82,9	36,1	43,5	-93,29	75,1	76,8	41,3
1,2	40,0	0,1	8,8	5,0	1,2	40,4	0,1	9,5	4,3	83,0	34,1	34,2	-72,29	73,9	44,9	-13,9
1,2	40,0	0,1	8,9	5,6	1,2	42,2	0,1	7,7	3,5	83,4	20,1	53,2	-42,10	67,3	71,7	-4,7
1,3	41,1	0,1	7,9	4,6	1,3	42,0	0,1	8,7	3,8	83,5	11,3	43,4	-80,01	77,3	61,5	33,6
1,2	40,9	0,1	7,7	4,2	1,2	42,5	0,1	8,0	3,3	83,6	26,1	39,3	-62,03	70,1	69,6	30,5
1,3	40,3	0,1	8,5	5,1	1,2	42,3	0,1	8,3	3,6	83,6	3,0	42,0	-67,40	78,9	69,9	25,0
1,2	40,0	0,1	9,2	5,5	1,2	41,7	0,1	9,2	4,1	83,9	-2,6	39,2	-96,39	69,3	53,9	-18,2
1,2	41,0	0,1	8,8	5,1	1,2	44,2	0,1	7,7	3,1	84,4	13,6	38,8	-80,51	82,6	85,2	47,7
1,2	42,1	0,1	7,1	4,3	1,2	44,6	0,1	7,3	2,8	85,2	39,1	62,9	-52,92	66,2	83,3	44,4
1,2	40,8	0,1	8,7	5,1	1,2	42,2	0,1	8,9	3,8	85,7	-5,0	33,0	-119,81	59,6	26,9	-66,9
1,2	41,4	0,1	7,9	4,8	1,2	43,7	0,1	7,7	3,1	85,8	24,8	55,5	-47,94	72,9	82,4	49,3



Fig. 2. Extractable de Ni Contra el Grado de homogeneización del Mineral SM-2

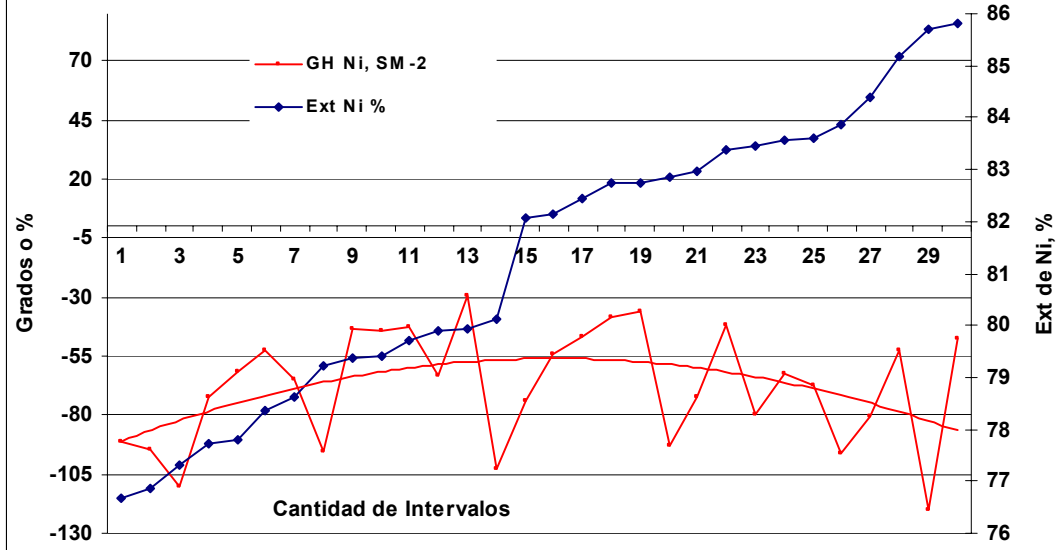
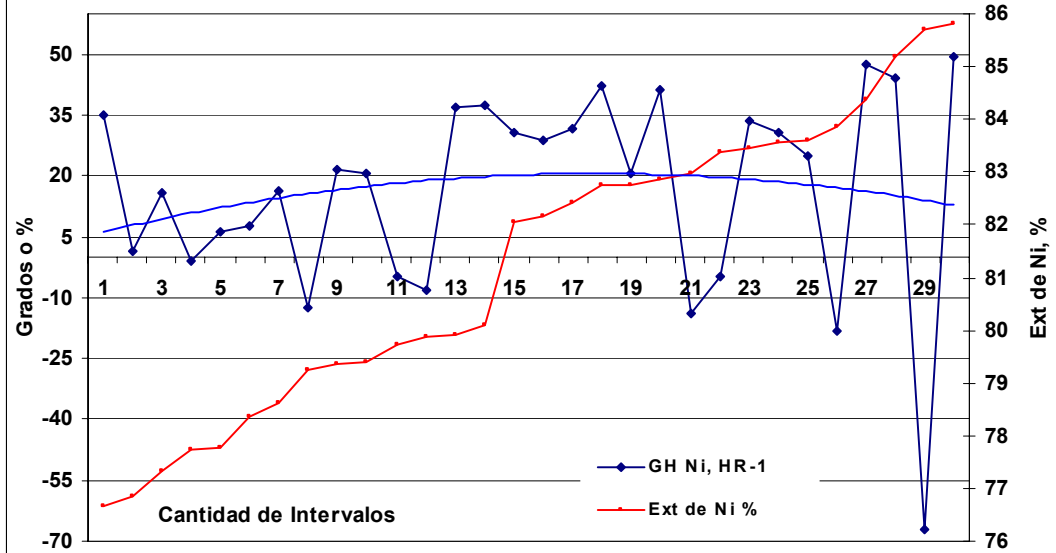


Fig.3. Extractable de Ni Contra el Grado de Homogeneización del Mineral HR-1





Anexo 9. Intervalo de tres días de la losa 1

Tabla #9. Composición química, extractable de níquel y grados de homogeneización

Fecha	Losas	Ni. %	Co %	Fe %	SiO2 %	MaO %	Ext %	Ext %	GH ar	GH ar	Fe ar
May-7	Losa 1	1,27	0,100	36,86	13,3	6,9	75,6	41,7	41,5	78,1	64,2
May-16	Losa 1	1,21	0,102	38,99	11,4	5,8	76,1	44,6	-26,7	46,8	41,5
Abr-1	Losa 1	1,22	0,083	35,82	13,2	8,2	76,4	44,8	68,4	82,9	88,6
Abr-22	Losa 1	1,24	0,082	35,97	14,0	8,1	76,6	42,3	26,3	84,1	60,9
Abr-19	Losa 1	1,27	0,085	36,05	13,7	7,9	77,3	40,5	46,9	79,6	64,5
Abr-4	Losa 1	1,23	0,087	35,62	13,5	8,6	77,4	40,1	6,0	30,7	47,9
May-31	Losa 1	1,25	0,072	35,82	13,8	7,2	77,6	46,7	50,8	63,7	76,6
May-13	Losa 1	1,19	0,090	36,66	13,7	7,5	78,0	43,9	-5,4	59,8	51,6
Abr-13	Losa 1	1,26	0,087	36,94	12,4	6,9	78,1	46,0	36,2	41,2	58,3
May-25	Losa 1	1,19	0,090	36,44	13,7	6,7	78,1	52,5	5,4	79,5	80,1
Jun-6	Losa 1	1,24	0,068	40,23	10,5	5,1	78,2	40,3	24,7	71,8	67,7
Abr-25	Losa 1	1,23	0,088	34,93	14,5	7,3	78,3	55,8	62,4	62,2	85,3
May-28	Losa 1	1,28	0,075	35,71	14,5	8,2	78,3	39,6	50,2	38,7	79,6
May-10	Losa 1	1,23	0,102	38,37	11,6	5,5	78,4	52,5	17,8	68,5	57,2
May-19	Losa 1	1,28	0,093	37,41	12,9	6,7	78,4	51,9	35,1	70,2	71,6
May-4	Losa 1	1,27	0,103	38,36	11,5	5,5	78,6	47,5	36,3	55,9	77,2
Abr-28	Losa 1	1,30	0,110	37,89	12,1	5,8	79,0	45,0	36,4	64,5	70,8
May-22	Losa 1	1,22	0,100	38,79	11,6	5,9	79,2	48,1	25,3	88,7	56,4
Abr-7	Losa 1	1,24	0,085	36,86	12,8	7,2	79,6	54,9	-9,0	71,6	39,7
Abr-16	Losa 1	1,23	0,092	38,59	11,4	6,8	80,4	53,8	46,7	86,6	76,6
Abr-10	Losa 1	1,24	0,092	38,44	11,2	6,5	80,7	51,1	25,6	74,0	58,2
Ago-2	Losa 1	1,19	0,11	42,45	8,9	3,9	80,8	52,0	14,4	84,3	66,0
May-1	Losa 1	1,30	0,110	39,19	11,1	5,3	80,9	54,9	51,4	74,9	80,0
Ago-23	Losa 1	1,16	0,110	40,32	9,6	4,1	81,2	50,8	57,6	82,0	78,9
Jun-3	Losa 1	1,20	0,082	39,35	10,7	5,1	81,3	53,5	40,8	61,6	66,4
Jun-9	Losa 1	1,18	0,087	43,98	8,0	3,4	81,6	52,3	49,4	88,0	82,4
Ago-29	Losa 1	1,19	0,108	42,18	8,9	3,5	81,8	44,8	44,9	48,0	77,2
Jul-18	Losa 1	1,26	0,100	43,28	8,2	3,6	82,1	45,8	53,2	42,3	75,2
Ago-17	Losa 1	1,27	0,098	41,63	9,0	3,9	82,3	47,7	27,7	69,9	65,3
Ago-20	Losa 1	1,25	0,120	41,95	8,0	3,4	82,5	49,9	60,9	84,2	85,9
Ago-26	Losa 1	1,15	0,110	41,42	8,8	3,8	82,6	51,9	31,7	30,7	77,3
Jul-27	Losa 1	1,23	0,10	40,61	10,1	4,6	82,7	45,9	-22,6	74,3	37,8
Jun-30	Losa 1	1,20	0,107	42,79	8,8	3,9	83,0	41,8	-75,9	76,7	20,8
Jul-21	Losa 1	1,26	0,11	41,63	9,1	4,1	83,0	47,6	45,5	71,0	64,2
Jun-15	Losa 1	1,22	0,095	41,32	9,9	4,6	83,1	49,2	-30,9	80,7	32,0
Jul-3	Losa 1	1,25	0,110	43,37	8,5	3,8	83,2	51,0	47,9	85,0	81,9
Ago-8	Losa 1	1,18	0,105	43,11	8,2	3,4	83,3	50,5	14,1	83,1	73,0
Ago-14	Losa 1	1,25	0,098	42,79	7,9	3,6	83,5	47,9	50,9	80,2	78,9
Ago-11	Losa 1	1,19	0,105	43,39	7,8	3,5	83,6	50,5	-42,4	72,4	68,9
Jun-27	Losa 1	1,20	0,115	42,39	9,4	4,4	83,8	56,8	18,0	75,1	61,6
Jul-15	Losa 1	1,28	0,107	43,86	8,2	3,5	83,8	50,8	72,3	85,3	82,8
Jul-30	Losa 1	1,23	0,09	40,75	9,7	4,5	83,8	45,6	18,2	84,2	61,3
Jun-24	Losa 1	1,18	0,120	43,78	8,4	3,5	84,1	50,5	-22,9	83,5	55,3
Jun-12	Losa 1	1,20	0,105	43,24	8,3	3,6	84,1	61,4	76,0	86,6	89,5
Jul-24	Losa 1	1,27	0,11	43,92	8,2	3,4	84,2	49,3	43,1	83,2	76,2



Jul-6	Losa 1	1,23	0,117	45,14	7,6	3,1	84,3	58,0	36,5	70,8	82,2
Ago-5	Losa 1	1,17	0,108	43,22	8,2	3,5	84,8	51,2	18,9	50,6	65,1
Jun-21	Losa 1	1,18	0,100	44,80	7,9	3,4	85,2	59,1	64,2	89,6	88,7
Jul-12	Losa 1	1,24	0,102	44,43	7,9	3,2	85,7	53,5	57,4	75,8	87,7
Jul-9	Losa 1	1,27	0,107	45,40	7,3	2,8	85,9	54,5	61,9	78,0	88,0
Jun-18	Losa 1	1,23	0,115	44,03	8,4	3,4	86,9	59,9	-65,7	40,5	38,9

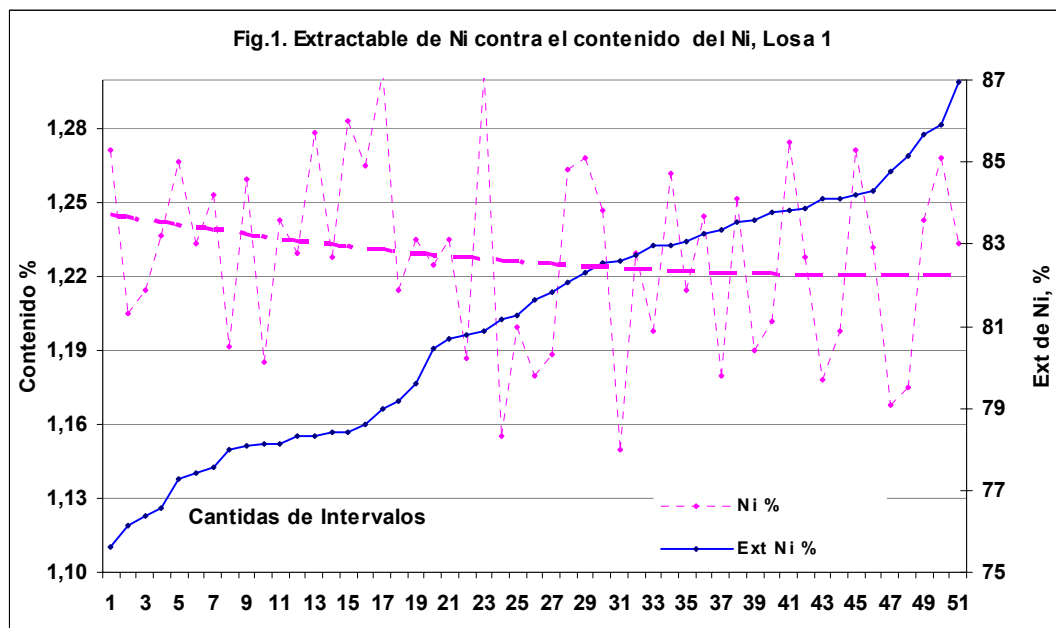




Fig. 2. Extractable de Ni Contra el Contenido de Fe %, Losa 1

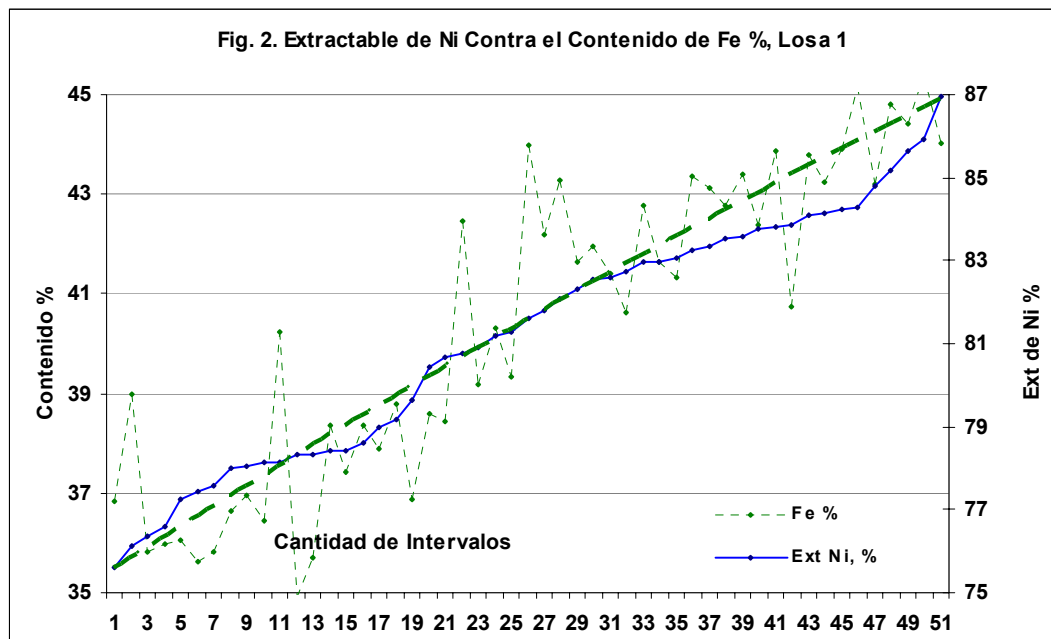


Fig. 3. Extractable de Ni contra Grado de Homogeneización del Ni, Losa 1

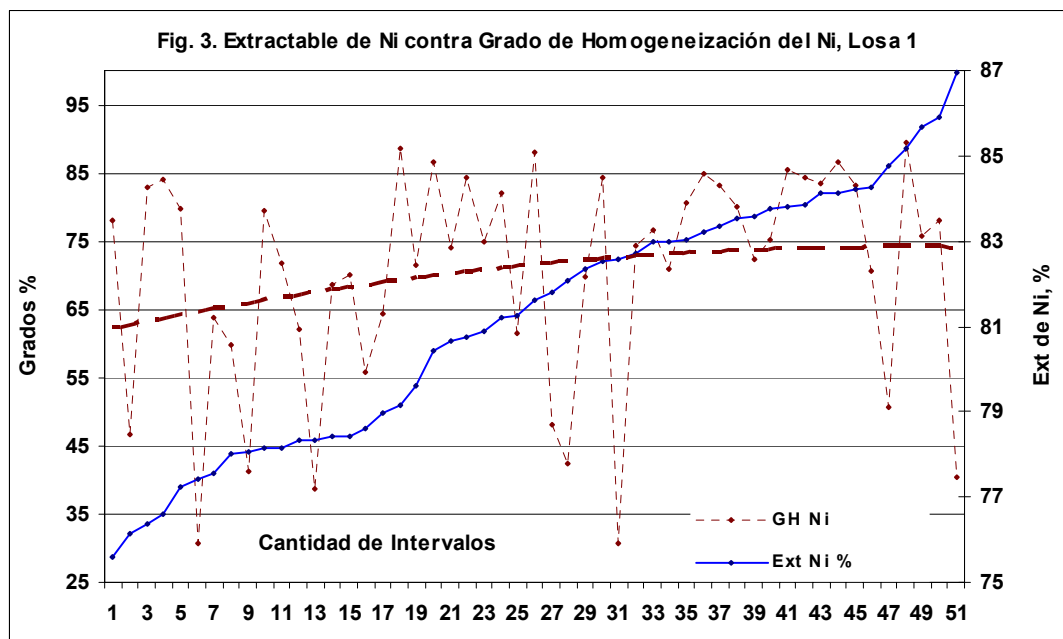




Fig. 4. Extractable de Ni contra Grado de Homogeneización del Fe, Losa 1

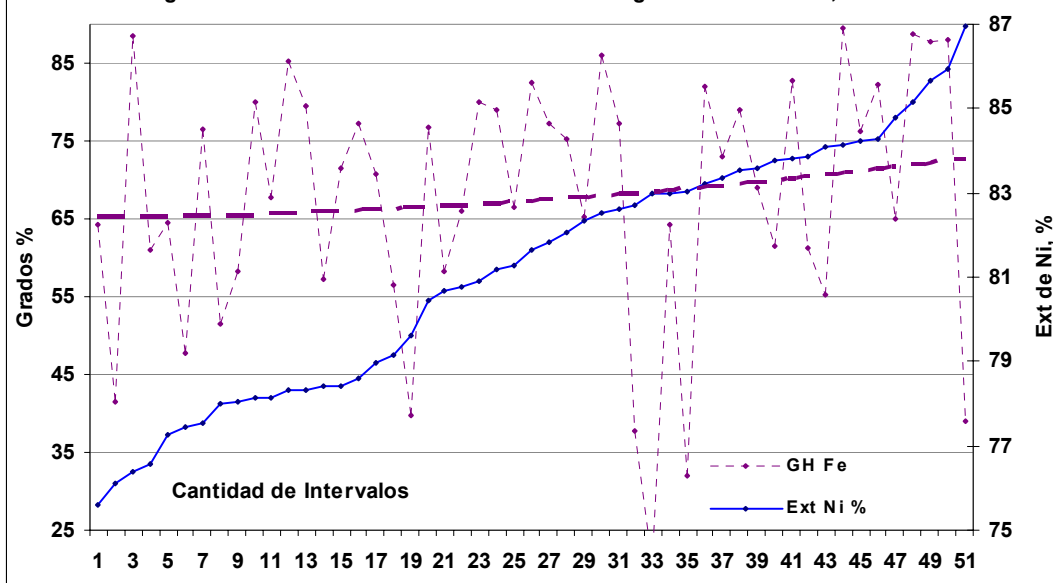
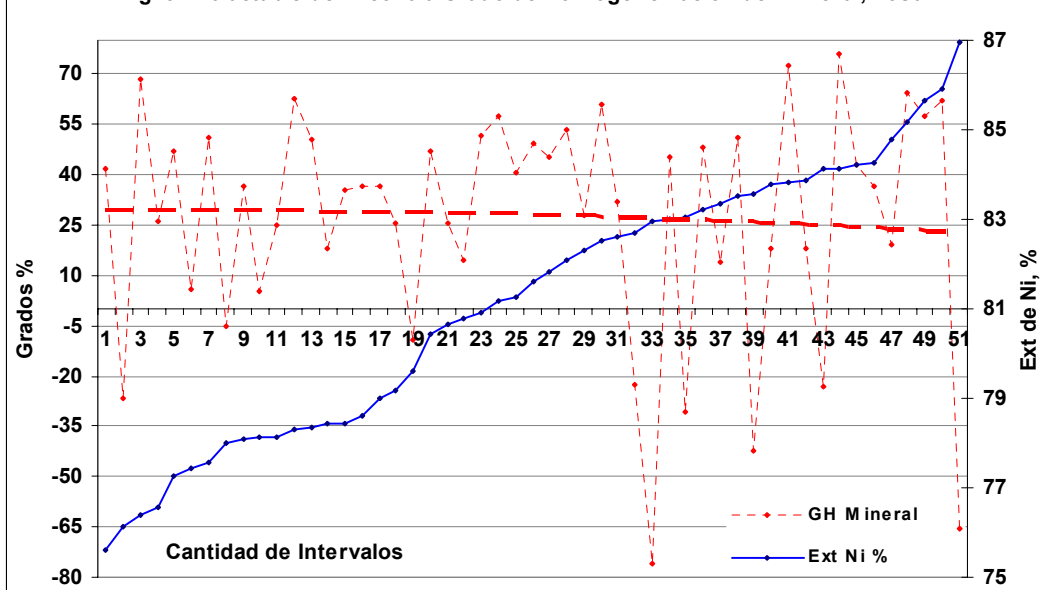


Fig. 5. Extractable de Ni contra Grado de Homogeneización del Mineral, Losa 1





Anexo 10. Intervalo de tres días de la losa 2

Tabla #10. Composición química, extractables y grados de homogeneización agrupados en 3

Fecha	Losas	Ni. %	Co %	Fe %	SiO2 %	MaO %	Ext %	Ext %	GH ar	GH ar	Fe ar
Abr-1	Losa 2	1,22	0,083	35,9	13,2	8,1	76,2	46,9	61,8	87,7	82,4
May-7	Losa 2	1,28	0,10	37,03	13,12	6,62	76,4	43,6	23,9	80,3	63,0
Abr-22	Losa 2	1,24	0,085	36,3	13,3	7,4	76,6	42,3	18,3	89,0	49,6
May-13	Losa 2	1,19	0,09	36,47	13,60	7,31	77,2	42,0	-0,9	66,4	54,5
Abr-19	Losa 2	1,27	0,085	36,3	13,4	7,5	77,5	40,2	34,1	78,5	57,6
May-31	Losa 2	1,27	0,072	36,3	13,5	7,0	77,6	47,7	12,9	73,7	68,7
May-16	Losa 2	1,22	0,100	38,7	11,5	5,8	77,6	46,8	-2,7	49,1	50,5
May-28	Losa 2	1,28	0,077	36,1	14,2	7,9	77,7	38,3	9,2	37,0	71,1
May-19	Losa 2	1,28	0,093	37,4	12,8	6,5	78,0	49,9	48,2	65,4	78,9
Abr-25	Losa 2	1,23	0,087	35,3	14,3	7,1	78,3	54,6	54,8	59,1	76,0
Abr-28	Losa 2	1,31	0,110	37,3	12,6	6,0	78,4	46,6	54,5	66,9	76,3
Abr-13	Losa 2	1,28	0,087	36,7	12,8	7,1	78,4	45,9	23,7	37,3	52,7
Abr-4	Losa 2	1,24	0,088	35,4	13,7	8,6	78,6	43,7	7,4	35,7	43,6
May-10	Losa 2	1,23	0,098	38,3	11,7	5,5	78,8	52,3	3,0	71,8	54,1
May-22	Losa 2	1,22	0,102	38,6	11,6	5,7	78,9	47,7	41,3	73,2	64,0
May-25	Losa 2	1,18	0,092	36,9	13,2	6,8	78,9	53,6	48,6	81,1	86,5
Jun-6	Losa 2	1,24	0,067	40,6	10,2	4,8	79,3	41,2	30,4	72,3	65,9
May-4	Losa 2	1,28	0,102	38,3	11,6	5,6	79,4	50,2	19,6	51,7	66,9
May-1	Losa 2	1,29	0,110	39,0	11,1	5,1	80,2	57,5	45,9	71,6	72,8
Abr-7	Losa 2	1,25	0,085	36,5	12,8	7,1	80,2	58,8	6,1	76,9	47,6
Jun-3	Losa 2	1,22	0,078	39,7	10,6	5,0	81,0	52,2	31,2	70,7	78,0
Ago-2	Losa 2	1,18	0,108	42,6	8,8	3,7	81,0	54,7	23,3	85,2	81,7



Abr-10	Losa 2	1,24	0,088	38,3	10,9	6,1	81,3	52,2	26,5	76,7	57,9
Abr-16	Losa 2	1,23	0,092	39,0	11,1	6,3	81,4	58,6	44,4	83,4	74,8
Jun-9	Losa 2	1,18	0,087	44,3	7,9	3,2	81,6	51,4	51,2	88,5	87,7
Ago-17	Losa 2	1,27	0,100	41,9	8,8	3,7	81,7	47,0	34,3	68,5	69,2
Ago-23	Losa 2	1,16	0,112	40,7	9,6	4,1	81,7	51,2	59,4	81,6	80,3
Jun-30	Losa 2	1,19	0,108	42,3	9,1	3,8	82,1	43,3	-34,0	76,0	39,1
Ago-29	Losa 2	1,18	0,108	42,4	8,6	3,3	82,1	46,1	47,8	39,8	73,6
Jul-18	Losa 2	1,27	0,097	43,4	8,2	3,5	82,4	46,7	28,0	43,4	76,8
Ago-11	Losa 2	1,18	0,105	43,1	7,7	3,3	82,4	49,4	-24,3	78,2	61,9
Ago-26	Losa 2	1,15	0,110	41,3	8,8	3,9	82,6	52,0	17,5	34,2	72,6
Jul-21	Losa 2	1,28	0,103	41,9	9,1	4,0	82,6	46,5	44,3	79,4	71,8
Jun-15	Losa 2	1,21	0,092	41,4	10,0	4,6	82,8	47,2	-51,3	75,0	22,8
Ago-20	Losa 2	1,26	0,118	41,6	8,1	3,4	82,9	51,3	39,7	86,0	76,8
Ago-8	Losa 2	1,18	0,105	43,2	8,0	3,2	83,2	52,9	24,6	83,6	73,6
Ago-14	Losa 2	1,26	0,100	42,5	7,9	3,6	83,3	49,3	37,2	88,1	85,2
Jul-30	Losa 2	1,23	0,090	40,9	9,7	4,5	83,5	44,2	33,9	78,3	63,0
Jul-3	Losa 2	1,26	0,110	43,2	8,6	3,7	83,5	50,1	45,7	77,9	70,3
Jul-24	Losa 2	1,27	0,108	44,0	8,1	3,3	84,0	50,2	41,1	82,0	74,7
Jun-24	Losa 2	1,18	0,118	43,7	8,4	3,4	84,1	52,0	-28,0	75,2	55,8
Jun-12	Losa 2	1,19	0,105	43,1	8,3	3,5	84,2	59,5	52,5	83,7	81,1
Ago-5	Losa 2	1,17	0,110	43,2	8,4	3,5	84,2	51,3	38,5	60,1	69,3
Jun-27	Losa 2	1,21	0,112	42,0	9,6	4,3	84,3	55,4	-47,1	63,0	41,4
Jul-15	Losa 2	1,28	0,107	44,1	7,9	3,3	84,7	51,1	71,2	89,4	91,3
Jun-21	Losa 2	1,18	0,102	44,8	7,8	3,2	84,9	58,9	49,6	86,9	84,7
Jul-6	Losa 2	1,24	0,115	45,0	7,7	3,0	85,4	59,4	44,9	64,3	87,6
Jul-12	Losa 2	1,24	0,105	44,5	7,8	3,1	85,7	54,6	56,5	74,3	86,0
Jun-18	Losa 2	1,22	0,115	43,8	8,3	3,3	86,2	59,3	-39,2	55,4	40,9
Jul-9	Losa 2	1,28	0,107	45,6	7,2	2,5	86,2	53,5	64,3	77,5	89,3

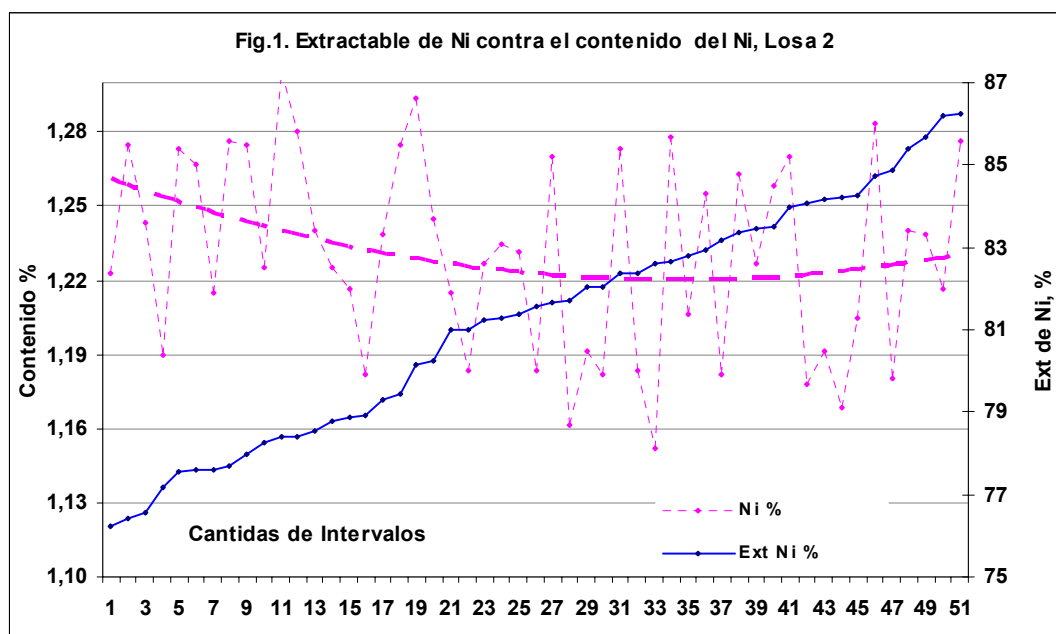




Fig. 2. Extractable de Ni Contra el Contenido de Fe %, Losa 2

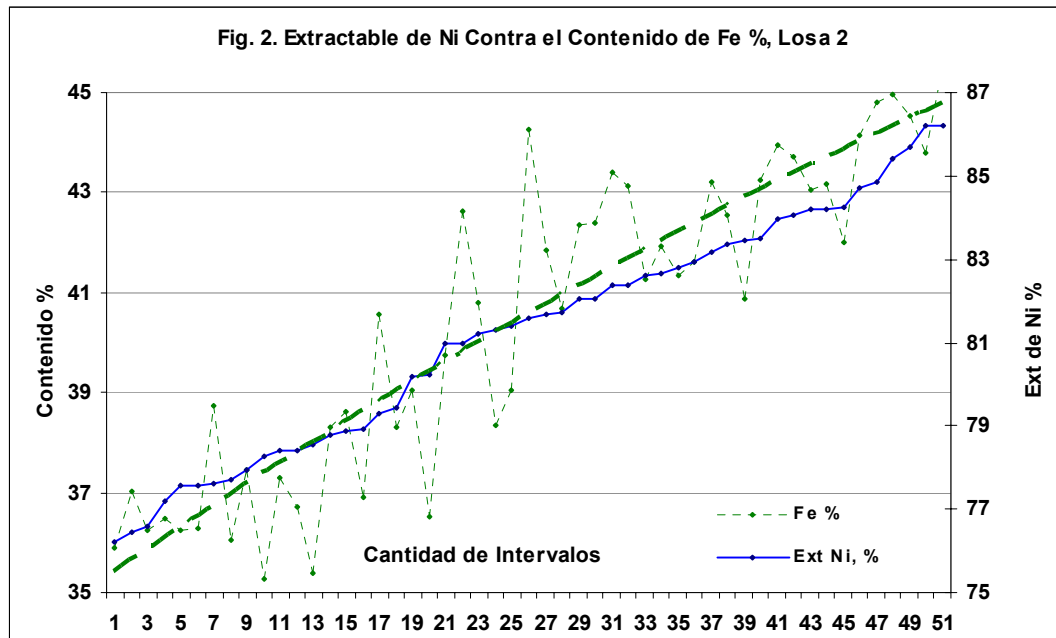


Fig. 3. Extractable de Ni contra Grado de Homogeneización del Ni, Losa 2

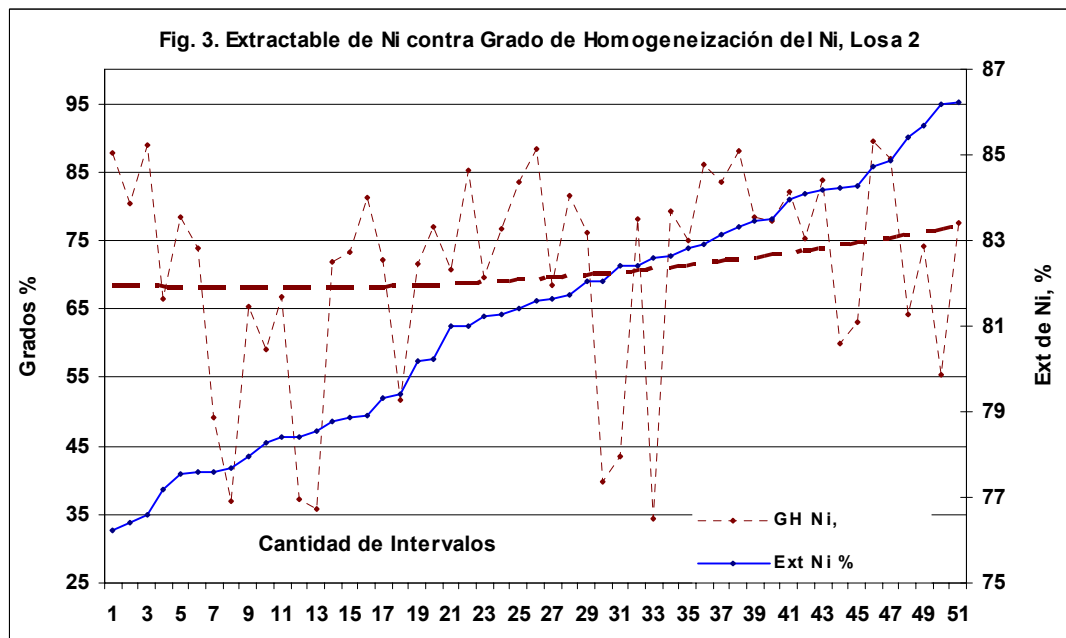




Fig. 4. Extractable de Ni contra Grado de Homogeneización del Fe, Losa 2

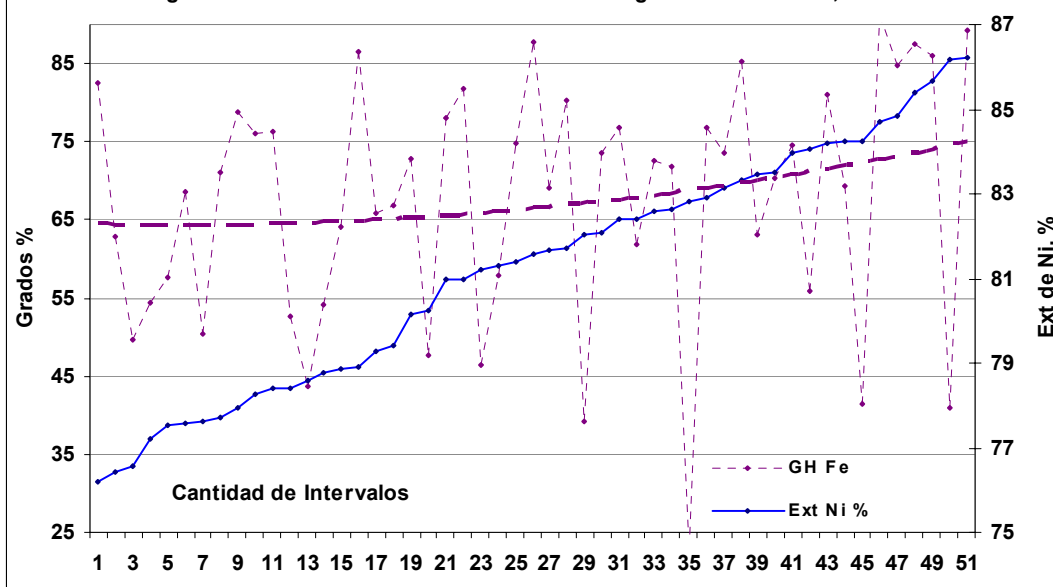
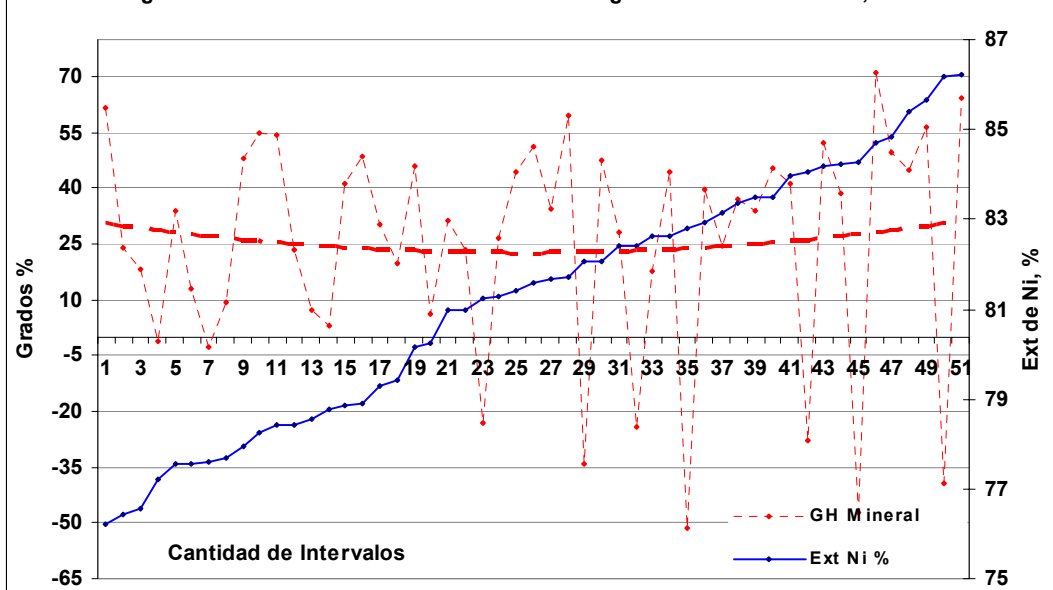


Fig. 5. Extractable de Ni contra Grado de Homogeneización del Mineral, Losa 2





Anexo 11. Intervalo de tres días de la losa 3

Tabla #11. Composición química, extractables y grados de homogeneización agrupados en 3

Fecha	Losas	Ni. %	Co %	Fe %	SiO2 %	MaO %	Ext %	Ext %	GH ar	GH ar	Fe ar
Mav-7	Losa 3	1,28	0,10	36,9	13,1	6,6	75,9	41,3	17,1	82,4	59,7
Abr-22	Losa 3	1,22	0,08	36,0	13,6	7,5	75,9	42,2	14,6	81,0	45,3
Abr-1	Losa 3	1,22	0,08	35,9	13,2	8,0	76,2	43,9	67,0	90,5	83,6
Abr-4	Losa 3	1,24	0,09	35,4	13,5	8,8	77,2	41,6	22,8	27,8	47,5
Abr-19	Losa 3	1,26	0,09	35,9	13,4	7,5	77,7	39,7	46,6	74,7	65,2
Abr-13	Losa 3	1,26	0,09	36,8	12,4	6,9	77,8	44,4	7,1	38,8	53,3
May-13	Losa 3	1,20	0,09	36,8	13,3	7,1	77,9	41,9	7,1	63,4	58,6
May-16	Losa 3	1,21	0,10	38,7	11,5	5,8	77,9	45,5	19,8	54,1	56,9
May-25	Losa 3	1,18	0,09	36,9	13,4	7,0	77,9	52,2	49,8	75,7	82,8
May-28	Losa 3	1,28	0,08	35,9	14,2	8,0	78,3	38,1	1,5	40,8	71,5
Abr-25	Losa 3	1,22	0,09	35,2	14,2	7,0	78,3	54,7	60,1	60,3	77,2
May-19	Losa 3	1,27	0,09	37,6	12,5	6,3	78,5	53,1	48,5	72,5	77,4
May-4	Losa 3	1,27	0,10	38,1	11,6	5,7	79,0	47,9	11,3	48,4	62,4



Abr-28	Losa 3	1,30	0,11	37,8	11,9	5,5	79,1	46,5	49,0	69,6	80,7
Jun-6	Losa 3	1,24	0,07	40,5	10,4	5,0	79,4	42,0	16,7	72,1	67,2
Abr-7	Losa 3	1,24	0,09	36,8	12,9	7,2	79,4	56,2	8,9	80,0	40,6
May-10	Losa 3	1,23	0,10	38,5	11,5	5,3	79,5	52,7	14,1	72,6	59,6
May-22	Losa 3	1,22	0,10	38,8	11,6	5,7	79,6	45,9	24,4	79,7	59,5
May-31	Losa 3	1,26	0,09	38,0	11,1	5,7	80,1	50,0	-130,0	62,2	43,5
Ago-23	Losa 3	1,15	0,11	40,8	9,6	4,0	80,6	50,3	69,6	85,0	81,6
Jun-9	Losa 3	1,18	0,09	44,1	7,9	3,3	80,9	50,1	27,1	88,4	81,5
Ago-17	Losa 3	1,27	0,10	41,8	8,8	3,7	80,9	47,2	38,1	68,4	70,3
May-1	Losa 3	1,30	0,11	39,1	11,1	5,1	81,0	55,5	58,0	81,8	77,5
Jun-3	Losa 3	1,20	0,08	39,8	10,4	4,8	81,1	52,4	14,7	70,9	63,6
Abr-16	Losa 3	1,22	0,09	38,8	11,2	6,4	81,2	54,3	47,7	83,6	75,5
Abr-10	Losa 3	1,24	0,09	38,4	11,2	6,0	81,2	52,4	24,9	77,8	57,2
Jul-21	Losa 3	1,27	0,10	41,7	9,2	4,1	82,2	45,6	38,6	70,4	66,4
Ago-29	Losa 3	1,19	0,11	42,2	8,7	3,4	82,3	46,5	44,4	45,6	73,6
Jul-18	Losa 3	1,27	0,10	42,9	8,3	3,6	82,6	47,7	32,0	53,2	69,5
Ago-20	Losa 3	1,25	0,12	41,5	7,9	3,4	83,0	50,2	43,6	80,7	75,4
Jul-27	Losa 3	1,23	0,10	40,5	10,1	4,6	83,0	48,0	-28,8	72,1	41,0
Ago-2	Losa 3	1,19	0,11	42,4	8,9	3,9	83,1	51,6	14,1	89,4	67,9
Ago-8	Losa 3	1,18	0,11	43,3	8,0	3,2	83,1	51,2	32,6	76,3	67,0
Ago-26	Losa 3	1,16	0,11	41,2	8,9	3,9	83,2	53,1	21,3	36,9	73,5
Jun-30	Losa 3	1,20	0,11	42,9	8,8	3,7	83,3	47,4	-8,2	75,6	52,0
Jun-15	Losa 3	1,22	0,09	41,2	10,0	4,6	83,5	48,6	-44,7	73,8	27,7
Ago-11	Losa 3	1,19	0,10	43,1	7,7	3,3	83,6	50,7	-22,7	75,1	70,2
Jul-30	Losa 3	1,22	0,09	40,8	9,6	4,3	83,7	43,9	16,1	80,9	62,1
Jun-27	Losa 3	1,21	0,11	42,2	9,8	4,3	83,7	52,1	-70,9	63,0	41,0
Jul-3	Losa 3	1,26	0,11	43,3	8,4	3,6	83,8	50,8	55,3	81,0	81,6
Jun-24	Losa 3	1,18	0,12	43,8	8,4	3,4	84,1	50,5	-21,8	75,5	56,2
Ago-5	Losa 3	1,17	0,11	43,1	8,4	3,4	84,3	51,4	37,2	65,4	67,6
Jul-15	Losa 3	1,27	0,11	43,9	8,0	3,3	84,3	52,0	52,7	85,6	85,9
Jun-12	Losa 3	1,20	0,11	43,1	8,3	3,5	84,5	61,6	45,4	85,4	85,5
Jul-6	Losa 3	1,23	0,11	45,1	7,5	2,9	84,8	58,0	50,3	71,1	86,5
Ago-14	Losa 3	1,26	0,10	42,5	7,8	3,5	84,8	48,0	40,1	83,5	81,5
Jun-21	Losa 3	1,17	0,10	44,8	7,8	3,1	84,8	59,1	61,4	87,2	85,8
Jul-24	Losa 3	1,27	0,11	43,9	8,1	3,3	84,9	51,3	48,2	79,8	81,0
Jul-9	Losa 3	1,27	0,11	45,7	7,2	2,6	85,4	53,1	72,5	82,4	91,8
Jul-12	Losa 3	1,24	0,10	44,3	7,9	3,1	85,6	54,5	54,7	68,6	87,6
Jun-18	Losa 3	1,22	0,12	43,9	8,4	3,4	86,7	60,2	-48,5	54,6	37,8



Fig.1. Extractable de Ni contra el contenido del Ni, Losa 3

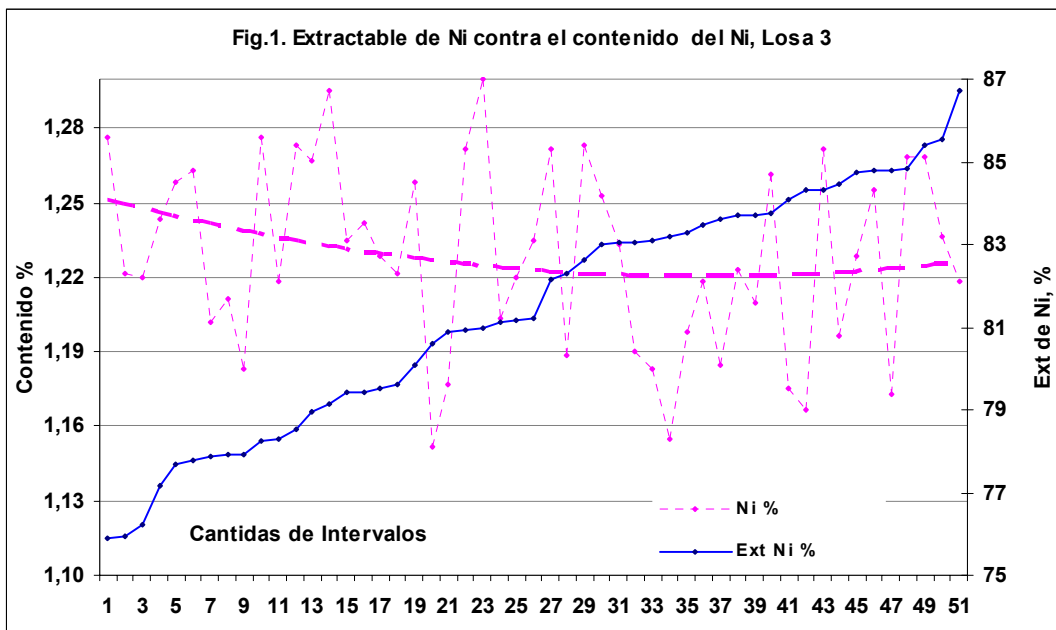


Fig. 2. Extractable de Ni Contra el Contenido de Fe %, Losa 3

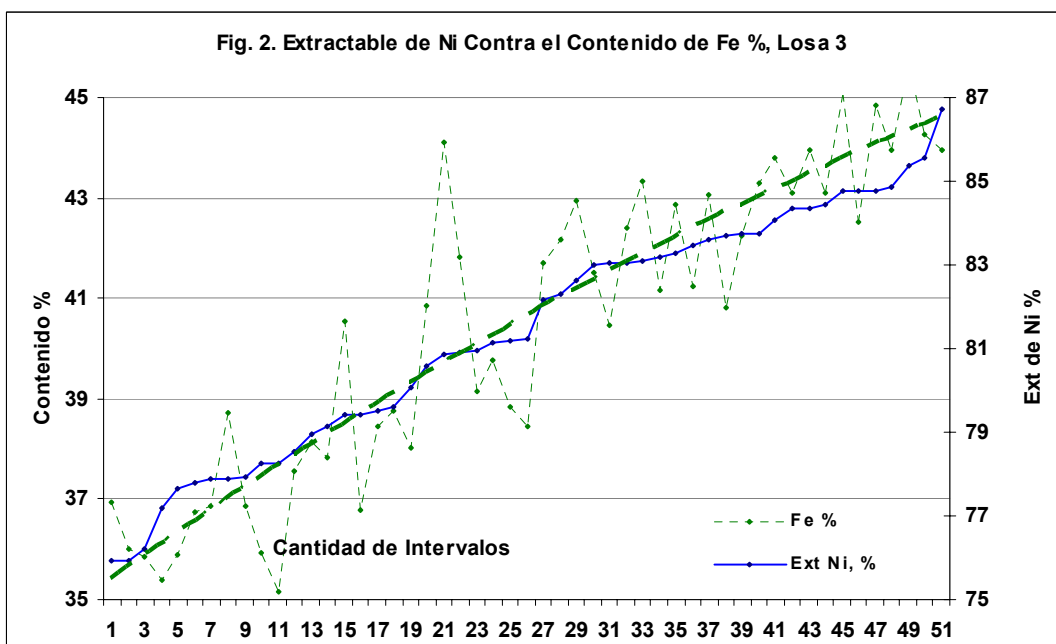




Fig. 3. Extractable de Ni contra Grado de Homogeneización del Ni, Losa 3

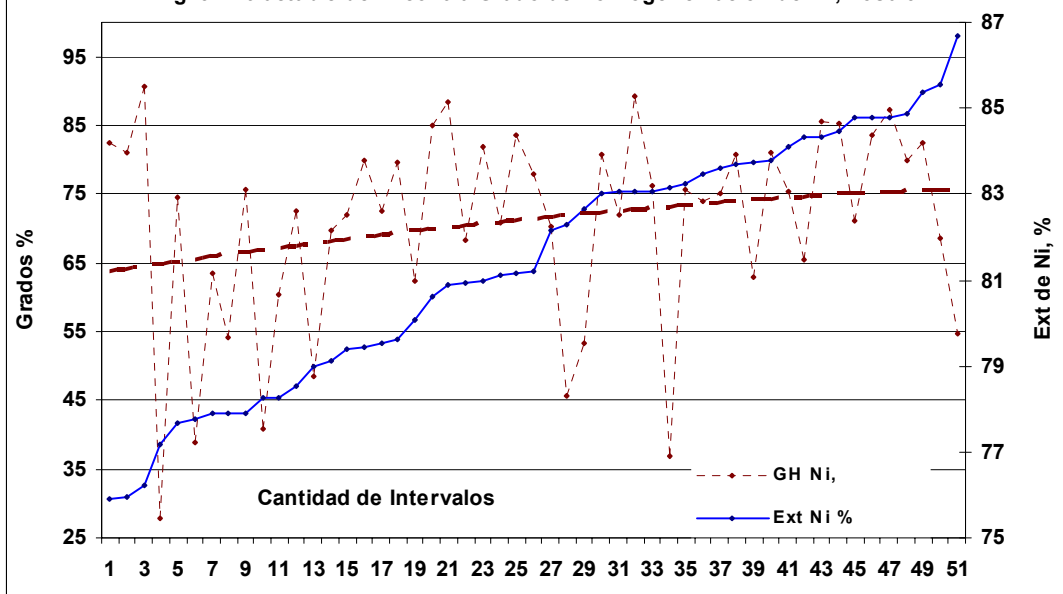
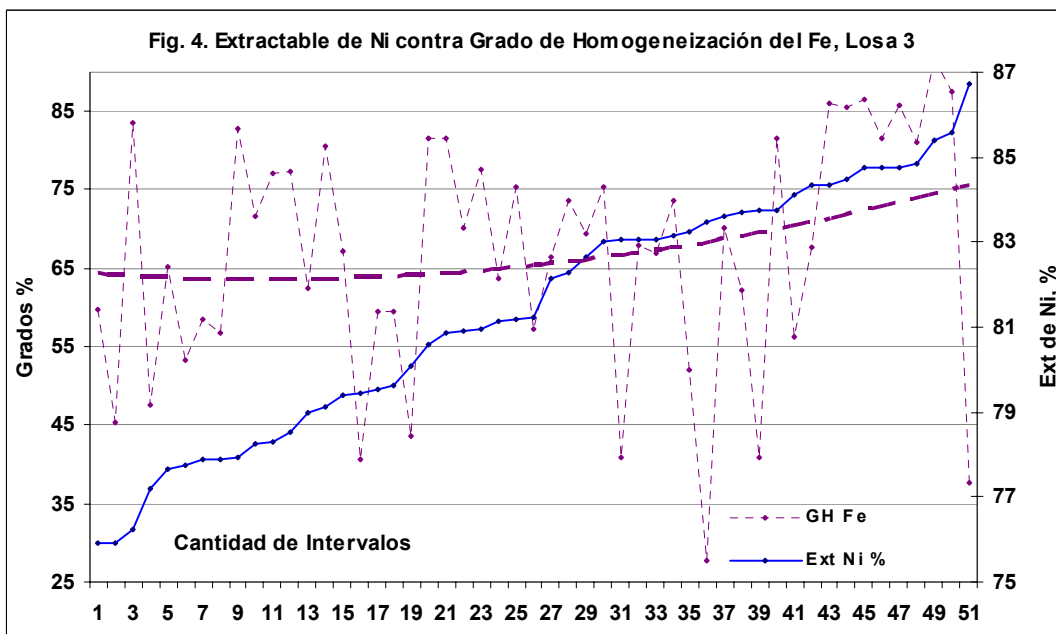
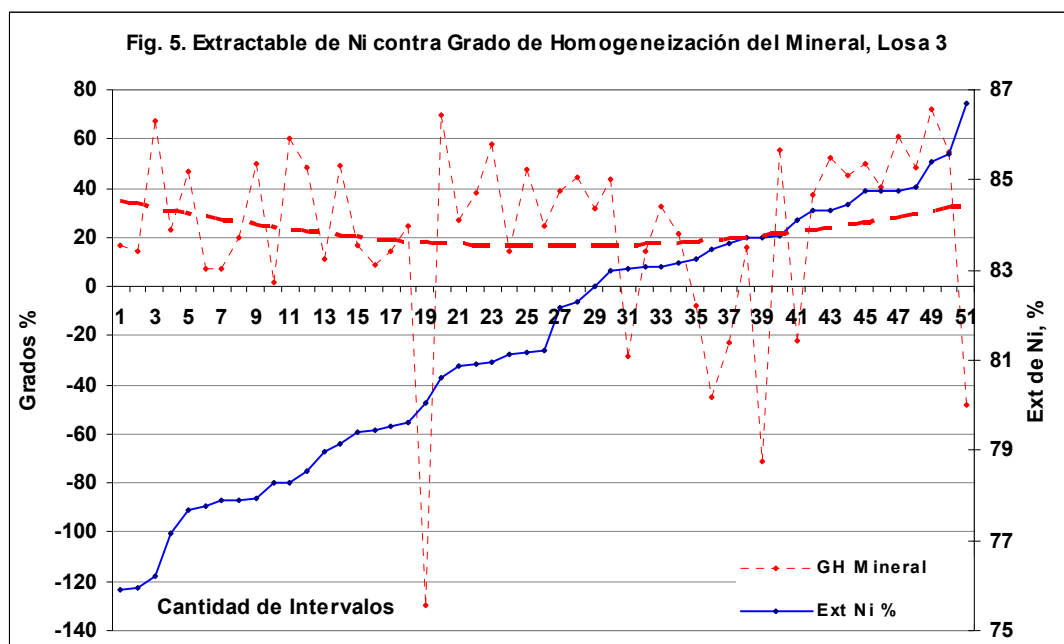


Fig. 4. Extractable de Ni contra Grado de Homogeneización del Fe, Losa 3







Anexo 12. Intervalo de tres días de la muestra SM-2

Tabla 12. Composición química, extractable níquel y grados de homogeneización agrupados en decenas de la

Mina					Hornos						GH, Mina			GH, HR-1		
SM-2					HR-1						GH	GH	GH	GH	GH	GH
Ni	Fe	Co	SiO ₂	MgO	Ni	Fe	Co	SiO ₂	MgO	Ext.	Ni	Fe	Mineral	Ni	Fe	Mineral
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		gr	gr	gr	gr	gr	gr
1,36	4,64	0,08	14,78	9,56	1,23	34,58	0,08	14,22	8,07	75,74	20,4	-16,5	-77,26	74,8	59,0	43,2
1,23	0,80	0,12	9,59	5,74	1,22	37,71	0,11	11,66	5,69	76,48	23,5	41,3	-49,49	66,8	56,7	11,2
1,32	5,03	0,07	13,45	8,30	1,28	35,24	0,07	13,93	7,55	77,09	5,5	-1,2	-87,50	65,8	72,4	13,2
1,34	7,33	0,09	11,81	7,46	1,24	37,60	0,10	11,88	6,10	77,25	-7,5	23,2	-78,33	48,2	49,8	7,2
1,32	6,79	0,09	12,43	7,83	1,24	36,60	0,09	12,43	6,29	77,46	-86,8	17,4	-96,76	56,9	60,1	17,2
1,23	8,53	0,09	11,08	6,42	1,20	35,68	0,08	13,09	6,87	77,58	-2,4	50,7	-16,82	70,2	65,5	54,2
1,30	7,39	0,09	12,64	7,90	1,19	35,65	0,08	13,65	7,41	77,61	10,1	50,3	-24,03	48,6	74,3	38,2
1,12	9,50	0,10	10,66	6,36	1,15	37,30	0,09	11,87	5,90	77,65	39,6	52,9	-29,57	78,6	69,2	43,2
1,16	7,09	0,08	10,92	6,89	1,13	36,55	0,08	11,82	7,19	77,77	-44,7	38,4	-82,03	16,0	46,5	5,2
1,28	6,08	0,09	11,62	7,32	1,21	34,76	0,09	13,49	8,48	77,95	-14,9	33,1	-45,69	34,3	44,7	14,2
1,29	8,04	0,10	11,71	7,17	1,23	35,56	0,10	13,20	6,65	78,02	0,3	41,2	-53,12	62,5	52,8	18,2
1,27	7,56	0,09	11,11	6,94	1,24	36,13	0,08	12,31	6,83	78,14	-2,7	33,3	-52,59	41,5	56,3	24,2
1,24	0,43	0,07	8,20	4,92	1,20	40,95	0,07	9,29	4,25	78,39	-2,7	30,2	-83,35	76,9	49,9	-8,2
1,24	7,57	0,10	11,98	7,14	1,19	36,85	0,10	12,35	6,30	78,76	18,0	40,1	-31,64	73,2	59,2	20,2
1,21	7,97	0,09	12,02	7,46	1,22	35,83	0,09	13,13	6,83	78,87	-1,7	21,2	-69,53	77,2	55,6	-6,2
1,27	7,74	0,10	11,76	7,21	1,22	37,67	0,10	11,78	5,98	79,26	22,8	-5,6	-112,08	69,5	61,6	32,2
1,34	9,14	0,12	10,89	6,10	1,30	37,16	0,11	11,93	5,51	79,61	5,5	31,2	-72,06	84,9	76,1	59,2
1,26	8,62	0,09	10,48	6,26	1,22	36,06	0,08	12,62	7,05	79,78	7,8	49,1	-13,88	76,5	45,8	12,2
1,22	8,38	0,08	10,13	6,07	1,18	37,62	0,07	11,33	5,47	80,26	39,9	49,5	-11,56	77,5	56,4	33,2
1,27	9,98	0,07	8,79	5,20	1,22	39,44	0,07	10,26	4,86	80,44	20,8	49,1	-76,02	76,0	76,0	9,2
1,25	9,86	0,10	8,23	4,94	1,24	40,81	0,10	8,61	3,67	81,00	32,2	62,5	-28,63	68,1	74,9	28,2
1,26	8,70	0,09	10,27	6,36	1,21	37,68	0,09	10,90	6,08	81,05	14,5	45,1	-52,60	75,7	59,5	30,2
1,26	8,73	0,09	10,69	6,44	1,20	38,15	0,09	11,03	6,37	81,05	16,0	56,0	-19,21	81,1	74,7	48,2
1,38	0,36	0,11	9,56	5,07	1,27	38,70	0,11	10,67	4,94	81,08	-28,2	44,4	-29,66	78,5	79,0	58,2
1,21	0,64	0,10	8,15	4,37	1,17	41,86	0,11	8,73	3,80	81,64	-10,4	55,3	-53,52	83,6	70,8	21,2
1,22	9,95	0,09	8,70	4,74	1,17	41,59	0,11	8,61	3,35	82,05	32,8	48,5	-57,23	46,3	73,0	49,2
1,10	0,11	0,11	7,30	4,26	1,13	40,53	0,11	9,03	3,81	82,20	38,8	45,1	-52,92	82,2	81,6	60,2
1,21	9,27	0,09	8,61	4,84	1,20	40,31	0,12	8,53	3,70	82,26	32,7	49,5	-49,17	64,5	76,6	24,2
1,22	1,04	0,09	7,53	4,61	1,20	43,60	0,10	7,80	3,14	82,29	47,7	43,5	-84,48	82,7	81,2	63,2
1,24	9,97	0,09	9,11	5,06	1,21	39,98	0,10	9,85	4,49	82,30	28,6	34,7	-66,09	72,4	44,4	-13,2
1,26	0,92	0,09	8,35	5,02	1,25	42,50	0,10	8,11	3,48	82,36	14,5	56,8	-45,75	50,5	74,7	36,2
1,24	0,09	0,09	8,86	5,26	1,25	41,15	0,10	9,02	4,01	82,61	6,6	49,5	-52,45	75,1	70,5	46,2
1,14	0,29	0,10	8,48	5,22	1,17	42,57	0,12	8,63	3,68	82,67	-11,6	37,5	-109,05	83,1	78,3	39,2
1,28	9,79	0,08	9,16	5,61	1,19	41,61	0,10	8,72	3,90	82,72	-13,4	34,0	-67,80	82,7	75,4	31,2
1,23	0,84	0,09	7,95	4,46	1,16	43,35	0,09	7,84	3,26	83,22	45,7	27,9	-89,49	81,7	85,6	49,2
1,23	0,36	0,08	7,84	4,86	1,25	42,27	0,09	8,10	3,41	83,49	34,4	50,1	-57,32	84,2	80,7	51,2
1,23	9,39	0,09	8,70	5,33	1,21	40,18	0,09	9,54	4,37	83,70	58,5	47,1	-9,78	79,5	62,4	28,2
1,20	0,44	0,09	8,03	4,65	1,16	43,07	0,10	7,45	3,05	83,85	23,5	28,3	-66,41	85,7	79,6	41,2
1,22	0,34	0,09	8,89	5,60	1,19	42,15	0,10	7,65	3,53	83,90	1,4	57,5	-52,82	65,4	68,4	-18,2
1,28	1,63	0,09	7,89	4,94	1,25	43,20	0,10	7,90	3,33	84,28	43,3	56,5	-33,91	82,4	84,2	61,2
1,24	0,76	0,10	8,54	5,09	1,23	42,80	0,11	8,33	3,62	84,32	21,9	45,8	-96,94	71,9	78,1	50,2
1,31	2,29	0,10	6,67	3,57	1,25	43,32	0,11	8,05	3,28	84,32	30,1	46,1	-108,42	81,8	75,4	45,2



1,20	0,10	0,09	8,68	4,35	1,15	42,57	0,11	8,18	3,42	84,43	32,8	60,4	-53,89	59,3	69,9	37,2
1,20	0,10	0,10	8,29	5,03	1,16	44,17	0,11	7,66	3,08	84,55	0,9	45,0	-85,68	83,9	84,3	45,2
1,20	0,11	0,11	10,33	5,94	1,17	41,55	0,11	9,31	4,10	84,90	21,2	30,1	-70,36	60,2	40,5	-52,1
1,26	0,09	0,09	7,52	4,63	1,24	44,88	0,11	7,18	2,75	85,24	47,2	61,1	-21,65	64,5	85,8	50,2
1,20	0,09	0,09	8,98	5,33	1,19	40,90	0,10	9,80	4,40	85,41	11,3	33,0	-113,91	62,7	17,2	-67,2
1,19	0,10	0,09	8,48	4,96	1,16	44,43	0,11	7,55	3,01	85,47	8,6	48,6	-84,84	82,4	84,6	53,2
1,20	0,09	0,09	7,45	4,39	1,22	43,66	0,10	7,73	3,10	85,64	22,2	63,5	-53,01	70,1	85,2	56,2
1,24	0,09	0,09	7,41	4,60	1,25	44,81	0,10	7,14	2,58	85,82	47,1	62,0	-42,76	77,4	85,7	66,2
1,21	0,10	0,10	8,05	4,65	1,20	43,18	0,11	8,25	3,30	86,62	-24,2	32,3	-137,27	52,9	43,0	-33,2

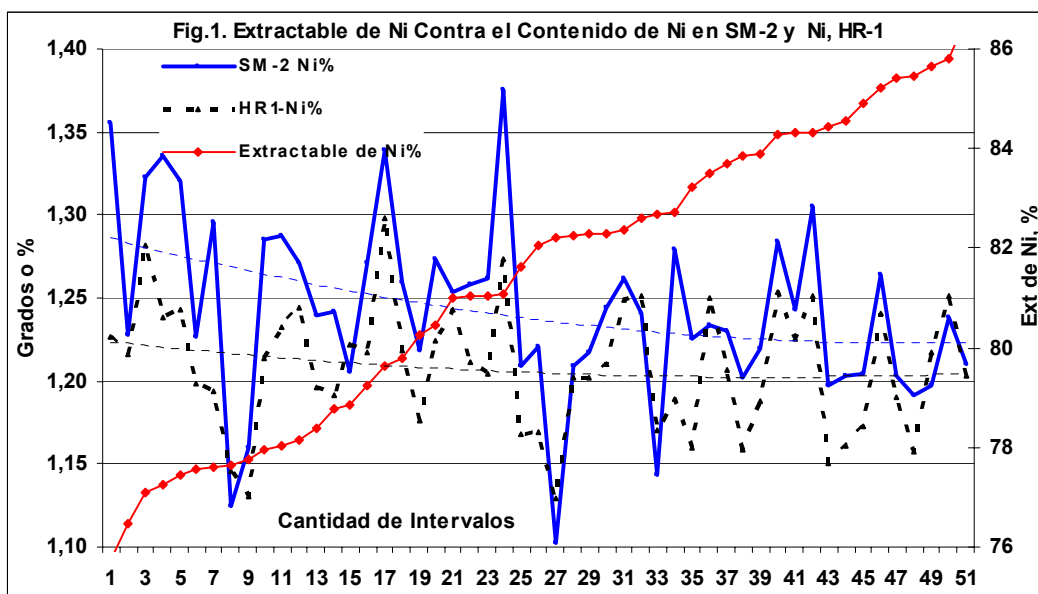




Fig.2. Extactable de Ni Contra el Grado de homogeneización del Mineral SM-2

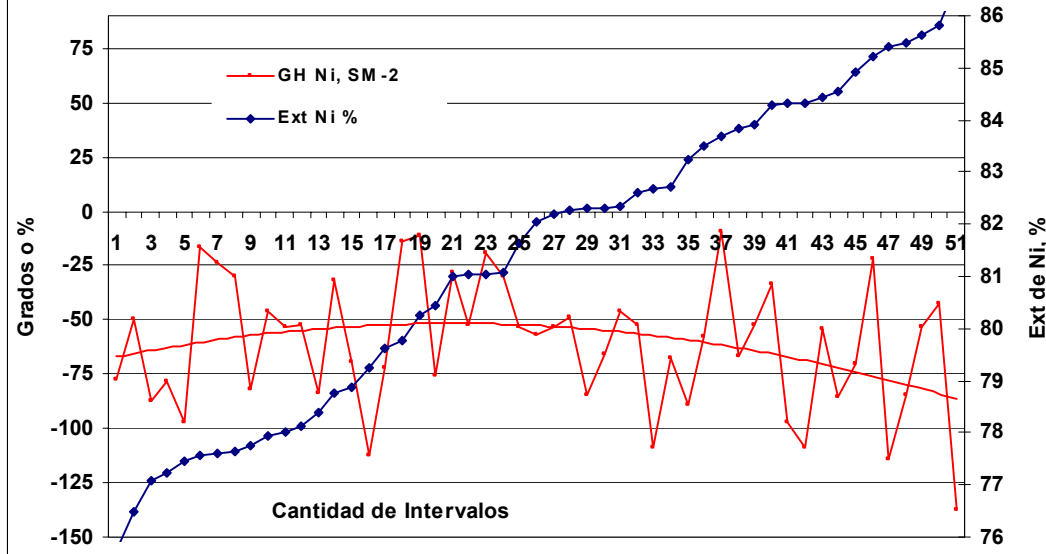
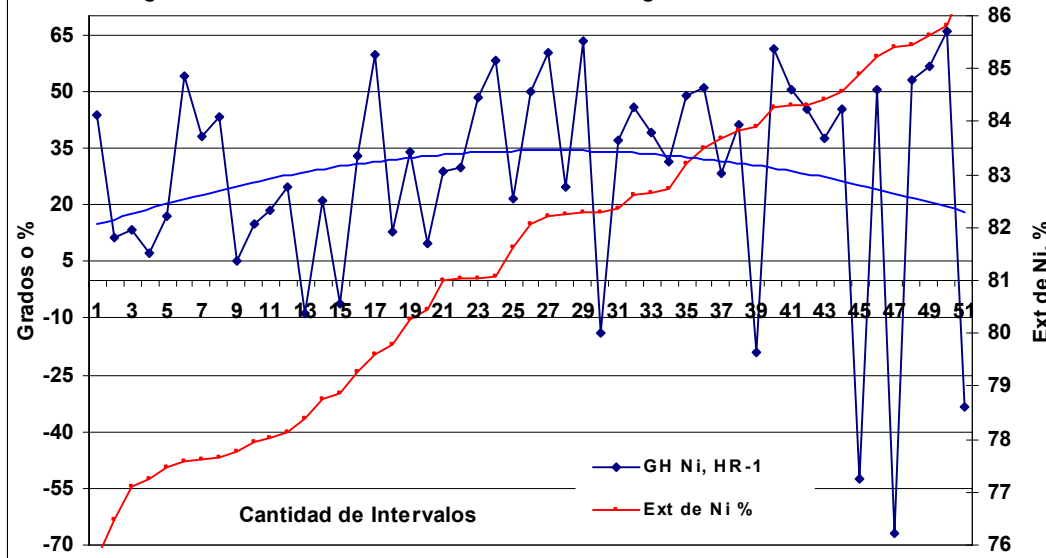


Fig. 3. Extractable de Ni Contra el Grado de Homogeneización del Mineral HR-1





Anexo 13. Todos los intervalos de cada seis turnos

Tabla #13. Composición química, extractable de níquel y grados de homogeneización para la selección de parejas con semejante calidad del mineral.

Fecha	Losas	Ni,	Co	Fe	SiO2	MgO	Ext	Ext	GH	GH	GH
		%	%	%	%	%	%	%	gr	gr	gr
Ago-26	Losa 1	1,15	0,11	41,4	8,8	3,8	82,60	51,9	49,6	74,9	80,0
Ago-26	Losa 3	1,15	0,11	40,8	9,6	4,0	80,60	50,3	67,0	90,5	83,6
Ago-23	Losa 2	1,15	0,11	41,3	8,8	3,9	82,61	52,0	61,8	87,7	82,4
Ago-23	Losa 1	1,16	0,11	40,3	9,6	4,1	81,19	50,8	37,0	70,2	71,6
Ago-26	Losa 3	1,16	0,11	41,2	8,9	3,9	83,17	53,1	22,8	27,8	47,5
Ago-23	Losa 2	1,16	0,11	40,7	9,6	4,1	81,71	51,2	7,4	35,7	43,6
Ago-5	Losa 3	1,17	0,11	43,1	8,4	3,4	84,33	51,4	8,9	80,0	40,6
Ago-5	Losa 2	1,17	0,11	43,2	8,4	3,5	84,22	51,3	6,1	76,9	47,6
Ago-5	Losa 1	1,17	0,11	43,2	8,2	3,5	84,78	51,2	33,9	69,9	65,3
Jun-21	Losa 3	1,17	0,10	44,8	7,8	3,1	84,77	59,1	24,9	77,8	57,2
Jun-21	Losa 3	1,18	0,12	43,8	8,4	3,4	84,09	50,5	7,1	38,8	53,3
Jun-24	Losa 1	1,18	0,10	44,8	7,9	3,4	85,17	59,1	-47,1	40,5	38,9
Jun-9	Losa 3	1,18	0,09	44,1	7,9	3,3	80,87	50,1	47,7	83,6	75,5
Jun-24	Losa 2	1,18	0,12	43,7	8,4	3,4	84,07	52,0	26,5	76,7	57,9
Jun-24	Losa 1	1,18	0,12	43,8	8,4	3,5	84,12	50,5	-0,1	71,6	39,7



Fecha	Losas	Ni, %	Co %	Fe %	SiO2 %	MgO %	Ext %	Ext %	GH gr	GH gr	GH gr
Jun-9	Losa 1	1,18	0,09	44,0	8,0	3,4	81,63	52,3	60,7	62,2	85,3
Ago-8	Losa 1	1,18	0,11	43,1	8,2	3,4	83,35	50,5	59,8	78,0	88,0
Jun-21	Losa 2	1,18	0,10	44,8	7,8	3,2	84,86	58,9	23,7	37,3	52,7
Ago-29	Losa 2	1,18	0,11	42,4	8,6	3,3	82,06	46,1	44,4	83,4	74,8
May-25	Losa 2	1,18	0,09	36,9	13,2	6,8	78,91	53,6	34,1	78,5	57,6
Ago-8	Losa 2	1,18	0,11	43,2	8,0	3,2	83,15	52,9	18,3	89,0	49,6
Jun-9	Losa 3	1,18	0,09	36,9	13,4	7,0	77,92	52,2	46,6	74,7	65,2
Ago-2	Losa 2	1,18	0,11	42,6	8,8	3,7	81,00	54,7	54,8	59,1	76,0
Ago-11	Losa 2	1,18	0,09	44,3	7,9	3,2	81,59	51,4	54,5	66,9	76,3
May-25	Losa 2	1,18	0,11	43,1	7,7	3,3	82,39	49,4	45,9	71,6	72,8
Ago-8	Losa 3	1,18	0,11	43,3	8,0	3,2	83,07	51,2	14,6	81,0	45,3
May-25	Losa 1	1,19	0,09	36,4	13,7	6,7	78,13	52,5	27,6	88,7	56,4
Ago-11	Losa 3	1,19	0,10	43,1	7,7	3,3	83,61	50,7	60,1	60,3	77,2
Ago-2	Losa 1	1,19	0,11	42,5	8,9	3,9	80,77	52,0	44,6	79,6	64,5
Ago-29	Losa 1	1,19	0,11	42,2	8,9	3,5	81,82	44,8	32,8	64,5	70,8
Ago-29	Losa 3	1,19	0,11	42,2	8,7	3,4	82,31	46,5	49,0	69,6	80,7
Ago-11	Losa 2	1,19	0,09	36,5	13,6	7,3	77,19	42,0	19,6	51,7	66,9
May-13	Losa 3	1,19	0,11	42,4	8,9	3,9	83,06	51,6	58,0	81,8	77,5
Ago-2	Losa 1	1,19	0,11	43,4	7,8	3,5	83,57	50,5	27,9	78,1	64,2
May-13	Losa 1	1,19	0,09	36,7	13,7	7,5	77,99	43,9	16,6	61,6	66,4
Jun-12	Losa 2	1,19	0,11	42,3	9,1	3,8	82,05	43,3	23,9	80,3	63,0
Jun-30	Losa 2	1,19	0,11	43,1	8,3	3,5	84,18	59,5	3,0	71,8	54,1
Jun-12	Losa 3	1,20	0,11	43,1	8,3	3,5	84,46	61,6	11,3	48,4	62,4
Jun-12	Losa 1	1,20	0,11	42,8	8,8	3,9	82,97	41,8	31,1	84,1	60,9
Jun-30	Losa 1	1,20	0,11	43,2	8,3	3,6	84,13	61,4	-21,9	74,3	37,8
Jun-30	Losa 3	1,20	0,11	42,9	8,8	3,7	83,26	47,4	17,1	82,4	59,7
Jun-3	Losa 1	1,20	0,08	39,3	10,7	5,1	81,27	53,5	11,2	68,5	57,2
Jun-27	Losa 3	1,20	0,09	36,8	13,3	7,1	77,89	41,9	14,1	72,6	59,6
May-13	Losa 1	1,20	0,12	42,4	9,4	4,4	83,77	56,8	24,0	74,0	58,2
Jun-3	Losa 3	1,20	0,08	39,8	10,4	4,8	81,12	52,4	7,1	63,4	58,6
May-16	Losa 1	1,21	0,10	39,0	11,4	5,8	76,13	44,6	16,2	75,1	61,6
Jun-27	Losa 2	1,21	0,11	42,0	9,6	4,3	84,26	55,4	-0,9	66,4	54,5
Jun-15	Losa 2	1,21	0,09	41,4	10,0	4,6	82,80	47,2	-2,7	49,1	50,5
Jun-27	Losa 3	1,21	0,11	42,2	9,8	4,3	83,73	52,1	19,8	54,1	56,9
May-16	Losa 3	1,21	0,10	38,7	11,5	5,8	77,91	45,5	48,5	72,5	77,4
Abr-1	Losa 1	1,22	0,08	35,8	13,2	8,2	76,38	44,8	29,1	30,7	77,3
May-22	Losa 2	1,22	0,10	38,7	11,5	5,8	77,60	46,8	48,2	65,4	78,9
Jun-15	Losa 1	1,22	0,10	38,8	11,6	5,9	79,16	48,1	62,6	82,9	88,6
May-16	Losa 2	1,22	0,08	39,7	10,6	5,0	80,98	52,2	41,3	73,2	64,0
Jun-3	Losa 1	1,22	0,10	41,3	9,9	4,6	83,05	49,2	40,3	70,8	82,2
May-22	Losa 2	1,22	0,10	38,6	11,6	5,7	78,86	47,7	48,6	81,1	86,5
Jun-18	Losa 2	1,22	0,12	43,8	8,3	3,3	86,19	59,3	9,2	37,0	71,1
Abr-25	Losa 3	1,22	0,09	35,2	14,2	7,0	78,28	54,7	24,4	79,7	59,5
Jun-15	Losa 3	1,22	0,09	41,2	10,0	4,6	83,48	48,6	49,8	75,7	82,8
Jun-18	Losa 3	1,22	0,12	43,9	8,4	3,4	86,71	60,2	1,5	40,8	71,5
Abr-1	Losa 3	1,22	0,08	35,9	13,2	8,0	76,23	43,9	-130,0	62,2	43,5
Abr-16	Losa 3	1,22	0,09	38,8	11,2	6,4	81,17	54,3	14,7	70,9	63,6
May-22	Losa 3	1,22	0,10	38,8	11,6	5,7	79,61	45,9	16,7	72,1	67,2
Abr-22	Losa 3	1,22	0,08	36,0	13,6	7,5	75,93	42,2	27,1	88,4	81,5
Abr-1	Losa 2	1,22	0,08	35,9	13,2	8,1	76,22	46,9	12,9	73,7	68,7
Jul-30	Losa 3	1,22	0,09	40,8	9,6	4,3	83,71	43,9	45,4	85,4	85,5
Abr-16	Losa 2	1,23	0,09	35,3	14,3	7,1	78,26	54,6	31,2	70,7	78,0
Abr-25	Losa 2	1,23	0,10	38,3	11,7	5,5	78,77	52,3	30,4	72,3	65,9
May-10	Losa 1	1,23	0,09	38,6	11,4	6,8	80,43	53,8	28,0	88,0	82,4
Jul27	Losa 2	1,23	0,10	40,8	9,9	4,5	81,23	44,0	51,2	88,5	87,7



Fecha	Losas	Ni,	Co	Fe	SiO2	MgO	Ext	Ext	GH	GH	GH
		%	%	%	%	%	%	%	gr	gr	gr
Jul-30	Losa 2	1,23	0,09	40,9	9,7	4,5	83,47	44,2	52,5	83,7	81,1
May-10	Losa 1	1,23	0,10	38,4	11,6	5,5	78,43	52,5	60,8	86,6	89,5
May-10	Losa 3	1,23	0,10	38,5	11,5	5,3	79,51	52,7	-44,7	73,8	27,7
Jul-6	Losa 3	1,23	0,11	45,1	7,5	2,9	84,76	58,0	-48,5	54,6	37,8
Jul-30	Losa 1	1,23	0,09	40,7	9,7	4,5	83,85	45,6	33,2	55,9	77,2
Abr-25	Losa 1	1,23	0,09	34,9	14,5	7,3	78,32	55,8	16,2	84,3	66,0
Jul-27	Losa 1	1,23	0,10	40,6	10,1	4,6	82,71	45,9	37,3	42,3	75,2
Jul-6	Losa 2	1,23	0,09	39,0	11,1	6,3	81,39	58,6	-51,3	75,0	22,8
Abr-16	Losa 1	1,23	0,12	45,1	7,6	3,1	84,28	58,0	57,9	75,8	87,7
Jul-27	Losa 3	1,23	0,10	40,5	10,1	4,6	83,04	48,0	61,4	87,2	85,8
Abr-4	Losa 1	1,23	0,09	35,6	13,5	8,6	77,42	40,1	54,6	82,0	78,9
Jun-18	Losa 1	1,23	0,12	44,0	8,4	3,4	86,95	59,9	12,9	30,7	47,9
Abr-7	Losa 3	1,24	0,07	40,5	10,4	5,0	79,41	42,0	-21,8	75,5	56,2
Abr-10	Losa 1	1,24	0,09	36,9	12,8	7,2	79,62	54,9	27,6	50,6	65,1
Abr-10	Losa 1	1,24	0,09	38,4	11,2	6,5	80,67	51,1	71,3	89,6	88,7
Abr-10	Losa 3	1,24	0,09	38,4	11,2	6,0	81,22	52,4	-70,9	63,0	41,0
Jun-6	Losa 2	1,24	0,09	38,3	10,9	6,1	81,30	52,2	-39,2	55,4	40,9
Abr-22	Losa 1	1,24	0,08	36,0	14,0	8,1	76,59	42,3	10,2	79,5	80,1
Jul-12	Losa 3	1,24	0,10	44,3	7,9	3,1	85,56	54,5	-8,2	75,6	52,0
Jun-6	Losa 2	1,24	0,07	40,6	10,2	4,8	79,30	41,2	49,6	86,9	84,7
Jul-12	Losa 2	1,24	0,11	44,5	7,8	3,1	85,68	54,6	-28,0	75,2	55,8
Abr-4	Losa 2	1,24	0,09	35,4	13,7	8,6	78,56	43,7	-47,1	63,0	41,4
Jul-6	Losa 2	1,24	0,12	45,0	7,7	3,0	85,40	59,4	-34,0	76,0	39,1
Abr-7	Losa 3	1,24	0,09	36,8	12,9	7,2	79,44	56,2	55,3	81,0	81,6
Abr-4	Losa 3	1,24	0,09	35,4	13,5	8,8	77,18	41,6	50,3	71,1	86,5
Jun-6	Losa 2	1,24	0,09	36,3	13,3	7,4	76,58	42,3	45,7	77,9	70,3
Jul-12	Losa 1	1,24	0,07	40,2	10,5	5,1	78,15	40,3	20,5	84,2	61,3
Abr-22	Losa 1	1,24	0,10	44,4	7,9	3,2	85,66	53,5	50,5	84,2	85,9
Jul-3	Losa 2	1,25	0,09	36,5	12,8	7,1	80,25	58,8	44,9	64,3	87,6
Abr-7	Losa 1	1,25	0,11	43,4	8,5	3,8	83,24	51,0	17,7	71,8	67,7
Ago-20	Losa 1	1,25	0,12	42,0	8,0	3,4	82,54	49,9	16,4	38,7	79,6
Ago-14	Losa 1	1,25	0,10	42,8	7,9	3,6	83,53	47,9	46,9	83,2	76,2
May-31	Losa 1	1,25	0,07	35,8	13,8	7,2	77,56	46,7	48,5	86,6	76,6
Ago-20	Losa 3	1,25	0,12	41,5	7,9	3,4	83,01	50,2	72,5	82,4	91,8
Ago-20	Losa 2	1,26	0,12	41,6	8,1	3,4	82,92	51,3	64,3	77,5	89,3
Ago-14	Losa 3	1,26	0,10	42,5	7,8	3,5	84,77	48,0	54,7	68,6	87,6
Jul-3	Losa 3	1,26	0,09	35,9	13,4	7,5	77,66	39,7	52,7	85,6	85,9
Abr-19	Losa 3	1,26	0,09	38,0	11,1	5,7	80,07	50,0	32,0	53,2	69,5
May-31	Losa 2	1,26	0,11	43,2	8,6	3,7	83,50	50,1	56,5	74,3	86,0
Abr-13	Losa 1	1,26	0,09	36,9	12,4	6,9	78,07	46,0	-19,4	83,5	55,3
Jul-21	Losa 1	1,26	0,11	41,6	9,1	4,1	82,99	47,6	37,1	41,2	58,3
Jul-3	Losa 3	1,26	0,11	43,3	8,4	3,6	83,77	50,8	38,6	70,4	66,4
Jul-18	Losa 3	1,26	0,09	36,8	12,4	6,9	77,77	44,4	48,2	79,8	81,0
Agos-14	Losa 1	1,26	0,10	43,3	8,2	3,6	82,08	45,8	39,6	63,7	76,6
Abr-13	Losa 2	1,26	0,10	42,5	7,9	3,6	83,34	49,3	71,2	89,4	91,3
May-4	Losa 1	1,27	0,10	38,4	11,5	5,5	78,59	47,5	-4,2	59,8	51,6
Abr-19	Losa 1	1,27	0,09	36,0	13,7	7,9	77,26	40,5	20,9	83,1	73,0
May-31	Losa 2	1,27	0,07	36,3	13,5	7,0	77,58	47,7	28,0	43,4	76,8
May-4	Losa 3	1,27	0,10	38,1	11,6	5,7	78,96	47,9	-28,8	72,1	41,0
Jul-9	Losa 1	1,27	0,10	41,6	9,0	3,9	82,32	47,7	68,1	85,3	82,8
Agos-17	Losa 3	1,27	0,11	43,9	8,1	3,3	84,85	51,3	16,1	80,9	62,1
Jul-9	Losa 3	1,27	0,11	45,7	7,2	2,6	85,39	53,1	14,1	89,4	67,9
Jul-24	Losa 1	1,27	0,11	45,4	7,3	2,8	85,92	54,5	46,8	85,0	81,9
Jul-24	Losa 2	1,27	0,10	41,9	8,8	3,7	81,66	47,0	44,3	79,4	71,8
Agos-17	Losa 2	1,27	0,11	44,0	8,1	3,3	83,98	50,2	41,1	82,0	74,7



Fecha	Losas	Ni,	Co	Fe	SiO2	MgO	Ext	Ext	GH	GH	GH
		%	%	%	%	%	%	%	gr	gr	gr
May-7	Losa 1	1,27	0,10	36,9	13,3	6,9	75,60	41,7	-63,4	76,7	20,8
Jul-24	Losa 3	1,27	0,10	41,8	8,8	3,7	80,93	47,2	37,2	65,4	67,6
Jul-15	Losa 3	1,27	0,10	41,7	9,2	4,1	82,16	45,6	32,6	76,3	67,0
Jul-21	Losa 1	1,27	0,11	43,9	8,2	3,4	84,21	49,3	36,4	71,0	64,2
Agos-17	Losa 3	1,27	0,11	43,9	8,0	3,3	84,34	52,0	-22,7	75,1	70,2
Jul-18	Losa 2	1,27	0,10	43,4	8,2	3,5	82,39	46,7	-23,2	69,6	46,5
Abr-19	Losa 2	1,27	0,09	36,3	13,4	7,5	77,55	40,2	33,9	78,3	63,0
May-19	Losa 3	1,27	0,09	37,6	12,5	6,3	78,55	53,1	40,1	83,5	81,5
Jul-18	Losa 3	1,27	0,10	42,9	8,3	3,6	82,65	47,7	38,1	68,4	70,3
Jul-15	Losa 2	1,28	0,10	37,0	13,1	6,6	76,43	43,6	23,3	85,2	81,7
May-4	Losa 2	1,28	0,09	37,4	12,8	6,5	77,96	49,9	38,5	60,1	69,3
May-7	Losa 2	1,28	0,10	38,3	11,6	5,6	79,42	50,2	24,6	83,6	73,6
May-19	Losa 1	1,28	0,11	43,9	8,2	3,5	83,83	50,8	40,7	80,2	78,9
May-28	Losa 3	1,28	0,10	36,9	13,1	6,6	75,92	41,3	43,6	80,7	75,4
Jul-9	Losa 2	1,28	0,08	36,1	14,2	7,9	77,69	38,3	-24,3	78,2	61,9
May-7	Losa 3	1,28	0,08	35,9	14,2	8,0	78,27	38,1	69,6	85,0	81,6
May-28	Losa 2	1,28	0,11	45,6	7,2	2,5	86,22	53,5	37,2	88,1	85,2
Jul-21	Losa 2	1,28	0,10	41,9	9,1	4,0	82,64	46,5	34,3	68,5	69,2
May-28	Losa 1	1,28	0,08	35,7	14,5	8,2	78,33	39,6	-26,8	80,7	32,0
Abr-13	Losa 2	1,28	0,09	36,7	12,8	7,1	78,42	45,9	39,7	86,0	76,8
May-19	Losa 1	1,28	0,09	37,4	12,9	6,7	78,43	51,9	-9,4	46,8	41,5
Jul-15	Losa 2	1,28	0,11	44,1	7,9	3,3	84,72	51,1	59,4	81,6	80,3
May-1	Losa 2	1,29	0,11	39,0	11,1	5,1	80,17	57,5	17,5	34,2	72,6
Abr-28	Losa 3	1,30	0,11	37,8	11,9	5,5	79,13	46,5	21,3	36,9	73,5
May-1	Losa 3	1,30	0,11	39,1	11,1	5,1	80,98	55,5	44,4	45,6	73,6
May-1	Losa 1	1,30	0,11	39,2	11,1	5,3	80,90	54,9	-47,4	72,4	68,9
Abr-28	Losa 1	1,30	0,11	37,9	12,1	5,8	78,98	45,0	42,0	48,0	77,2
Abr-28	Losa 2	1,31	0,11	37,3	12,6	6,0	78,41	46,6	47,8	39,8	73,6



Anexo 14. Parejas de similar composición química en intervalo de tres días.

Tabla #14. Composición química, extractable de níquel y grados de homogeneización de las 20 Parejas de calidad similar con frecuencia de tres días.

Fecha	Losa	Ni	Co	Fe	SiO2	MgO	Dif. Extr	Ext Ni	Ext Co	Dif GH	GH Mineral	GH Ni	GH Fe
		%	%	%	%	%	%	%	%	gr	gr	gr	gr
Ago-23	Losa 3	1,152	0,110	40,84	9,56	4,03	-2,00	80,6	50,3	52,11	69,6	85,0	81,6
Ago-26	Losa 2	1,152	0,110	41,27	8,84	3,86		82,6	52,0		17,5	34,2	72,6
Ago-23	Losa 1	1,155	0,110	40,32	9,64	4,07	-1,99	81,2	50,8	33,27	54,6	82,0	78,9
Ago-26	Losa 3	1,155	0,108	41,16	8,89	3,92		83,2	53,1		21,3	36,9	73,5
Jun-9	Losa 1	1,180	0,087	43,98	8,04	3,43	-1,72	81,6	52,3	7,15	28,0	88,0	82,4
Ago-8	Losa 1	1,180	0,105	43,11	8,17	3,37		83,3	50,5		20,9	83,1	73,0
Ago-11	Losa 3	1,185	0,103	43,06	7,73	3,31	2,84	83,6	50,7	-38,93	-22,7	75,1	70,2
Ago-2	Losa 1	1,187	0,107	42,45	8,90	3,93		80,8	52,0		16,2	84,3	66,0
May-7	Losa 3	1,277	0,098	36,95	13,15	6,59	-1,78	75,9	41,3	7,85	17,1	82,4	59,7
may-28	Losa 2	1,277	0,077	36,05	14,17	7,91		77,7	38,3		9,2	37,0	71,1
Abr-28	Losa 1	1,303	0,110	37,89	12,06	5,76	0,58	79,0	45,0	-21,70	32,8	64,5	70,8
Abr-28	Losa 2	1,305	0,110	37,32	12,56	6,01		78,4	46,6		54,5	66,9	76,3
Coefficiente de correlación de los casos que no cumplen													-0,88
Ago-5	Losa 1	1,168	0,108	43,22	8,15	3,50	0,68	84,8	51,2	49,34	27,6	50,6	65,1
Jun-24	Losa 3	1,175	0,118	43,80	8,38	3,42		84,1	50,5		-21,8	75,5	56,2
Jun-21	Losa 1	1,175	0,100	44,80	7,89	3,36	4,30	85,2	59,1	44,27	71,3	89,6	88,7
Jun-9	Losa 3	1,177	0,087	44,12	7,94	3,28		80,9	50,1		27,1	88,4	81,5
Ago-11	Losa 2	1,183	0,105	43,12	7,74	3,34	-0,68	82,4	49,4	-56,90	-24,3	78,2	61,9
Ago-8	Losa 3	1,183	0,105	43,32	7,98	3,21		83,1	51,2		32,6	76,3	67,0
Ago-29	Losa 1	1,188	0,108	42,18	8,90	3,54	-0,49	81,8	44,8	-2,35	42,0	48,0	77,2
Ago-29	Losa 3	1,188	0,108	42,17	8,72	3,36		82,3	46,5		44,4	45,6	73,6
Jun-3	Losa 3	1,203	0,080	39,75	10,40	4,83	4,99	81,1	52,4	24,07	14,7	70,9	63,6
May-16	Losa 1	1,205	0,102	38,99	11,41	5,77		76,1	44,6		-9,4	46,8	41,5
May-27	Losa 2	1,205	0,112	42,01	9,64	4,30	1,46	84,3	55,4	4,23	-47,1	63,0	41,4
Jun-15	Losa 2	1,207	0,092	41,36	9,97	4,58		82,8	47,2		-51,3	75,0	22,8
Jun-16	Losa 2	1,215	0,100	38,74	11,45	5,75	-1,57	77,6	46,8	-30,25	-2,7	49,1	50,5
May-22	Losa 1	1,215	0,100	38,79	11,61	5,88		79,2	48,1		27,6	88,7	56,4
Abr-16	Losa 3	1,220	0,092	38,82	11,22	6,40	1,56	81,2	54,3	23,23	47,7	83,6	75,5
May-22	Losa 3	1,222	0,102	38,75	11,57	5,72		79,6	45,9		24,4	79,7	59,5
Abr-22	Losa 3	1,222	0,083	35,99	13,60	7,45	-2,33	75,9	42,2	-40,22	14,6	81,0	45,3
Abr-25	Losa 2	1,225	0,087	35,29	14,27	7,10		78,3	54,6		54,8	59,1	76,0
Abr-10	Losa 2	1,225	0,098	38,31	11,69	5,51	-1,66	78,8	52,3	-45,53	3,0	71,8	54,1
Abr-16	Losa 1	1,225	0,092	38,59	11,38	6,77		80,4	53,8		48,5	86,6	76,6
Jul-27	Losa 2	1,227	0,098	40,81	9,85	4,46	-2,25	81,2	44,0	-57,08	-23,2	69,6	46,5
Jul-30	Losa 2	1,227	0,090	40,87	9,73	4,48		83,5	44,2		33,9	78,3	63,0
May-10	Losa 1	1,228	0,102	38,37	11,64	5,51	-1,08	78,4	52,5	-2,89	11,2	68,5	57,2
May-10	Losa 3	1,228	0,102	38,46	11,53	5,34		79,5	52,7		14,1	72,6	59,6
Ago-17	Losa 3	1,272	0,098	41,83	8,84	3,74	-1,23	80,9	47,2	-0,46	38,1	68,4	70,3
Jul-21	Losa 3	1,272	0,103	41,70	9,18	4,08		82,2	45,6		38,6	70,4	66,4
May-19	Losa 3	1,273	0,093	37,55	12,51	6,35	2,12	78,5	53,1	24,60	48,5	72,5	77,4
May-7	Losa 2	1,275	0,098	37,03	13,12	6,62		76,4	43,6		23,9	80,3	63,0



Coefficiente de correlación de los casos que cumplen	0,77
Coefficiente de correlación total	0,34

Anexo 15. Datos de muestreo puntual cada 20 minutos del mineral que entra a la planta de hornos de reducción.

Tabla #1. Caracterización del mineral alimentado a la Losa 1 de los Hornos de reducción.

Losa	Horno	Hora	Ni, %	Co, %	Fe, %	SiO ₂ , %	Mg, %	F.M, %	H ₂ O, %	0.5mm	100mesh	200mesh	325mesh
2 de Noviembre del 2003													
1	1	16:00	1.34	0.116	41.6	7.40	2.03	9.77	3.67	0.27	5.76	8.00	10.84
1	3	16:40											
1	5	17:20	1.42	0.128	42.9	6.76	1.72	8.74	3.41	0.61	6.38	9.03	9.70
1	7	18:00	1.36	0.123	41.6	7.14	1.86	8.21	17.22	0.45	6.28	8.62	9.92
2	10	16:20	1.36	0.127	41.4	7.19	1.85	5.09	3.53	0.38	5.84	8.50	10.19
2	12	17:00	1.32	0.122	41.0	7.38	1.98	8.26	2.64	0.34	6.00	7.73	10.34
2	14	17:40	1.34	0.123	40.9	7.45	2.01	7.42	3.66	0.51	5.87	8.14	10.45
2	16	18:20	1.39	0.125	41.6	7.36	2.05	5.23	3.78	0.57	8.17	8.88	9.95
3	17	16:00	1.34	0.122	40.7	7.69	2.16	9.21	3.21	2.03	6.85	10.46	11.33
3	18	16:20	1.32	0.117	40.7	7.81	2.21	8.13	3.78	0.94	6.83	7.31	11.51
3	19	16:40	1.38	0.127	42.5	6.90	1.79	9.18	2.41	0.90	5.42	8.36	9.842
3	20	17:00	1.36	0.126	42.2	7.00	1.85	9.54	3.35	1.06	6.34	7.76	10.76
3	21	17:20	1.33	0.122	41.2	7.56	2.10	11.20	4.19	0.97	6.02	6.77	10.27
3	22	17:40	1.37	0.121	41.4	7.53	2.09	6.12	3.90	0.68	5.54	8.06	9.94
3	23	18:00	1.35	0.121	41.6	6.88	1.79	9.02	6.13	1.01	6.27	8.40	11.56
3	24	18:20	1.39	0.121	42.0	7.21	2.02	12.56	4.08	0.63	4.99	7.52	8.86

Tabla #2. Niveles de variabilidad del material alimentado a las áreas de la planta de hornos de reducción.

Área	Ni, %	Co, %	Fe, %	SiO ₂ , %	Mg, %	F.M, %	H ₂ O, %	0.5mm	100mesh	200mesh	325mesh
Valores mínimos de las variables por losas y en general para la planta de Hornos											
Losa 1	1.22	0.096	33.6	5.6	1.3	2.3	1.9	0.00	4.03	4.20	6.56
Losa 2	1.17	0.096	37.0	6.5	1.6	5.1	1.3	0.00	3.39	4.29	4.66
Losa 3	1.24	0.093	37.1	5.0	0.9	2.9	1.4	0.00	2.76	4.20	4.77
Planta	1.17	0.093	33.6	5.0	0.9	2.3	1.3	0.00	2.76	4.20	4.66
Media											
Losa 1	1.35	0.111	41.4	8.1	2.3	8.1	4.6	1.04	8.29	9.92	11.78
Losa 2	1.33	0.116	41.0	8.3	2.3	8.7	3.8	0.95	6.47	8.89	10.20
Losa 3	1.34	0.112	41.0	8.1	2.3	9.6	3.8	1.23	7.51	10.34	12.41
Planta	1.34	0.113	41.2	8.2	2.3	8.9	4.0	1.02	7.27	9.60	11.37
Máximo											
Losa 1	1.42	0.128	44.1	16.4	5.5	15.2	17.2	5.10	39.39	37.38	40.98
Losa 2	1.48	0.168	43.8	19.0	3.7	14.0	6.8	3.75	24.47	39.49	38.44
Losa 3	1.51	0.155	45.5	10.8	3.3	31.1	9.7	4.28	33.87	37.83	34.22
Planta	1.51	0.168	45.5	19.0	5.5	31.1	17.2	5.10	39.39	39.49	40.98
Desviación											
Losa 1	0.035	0.005	1.377	1.148	0.456	2.515	1.760	0.581	2.537	2.731	2.512
Losa 2	0.034	0.004	0.871	0.902	0.173	1.581	0.615	0.729	2.341	2.958	3.132
Losa 3	0.026	0.005	0.890	0.521	0.224	3.489	1.084	0.971	3.182	4.791	4.604
Planta	0.041	0.006	1.220	0.967	0.326	2.925	1.319	0.892	2.855	3.805	3.662
Homogeneización											
Losa 1	74.2	55.0	66.7	-41.0	-101.5	-211.8	-283.6	-459.1	-206.1	-175.3	-113.2
Losa 2	74.6	64.6	78.8	-8.1	25.6	-81.4	-60.1	-668.5	-262.0	-232.8	-207.2
Losa 3	80.6	53.3	78.3	36.0	0.3	-264.3	-186.8	-687.6	-323.6	-363.5	-270.9
Planta	69.4	44.4	70.4	-17.9	-43.0	-230.3	-231.8	-774.5	-292.8	-296.4	-222.0
Grado de Homogeneización de la Comp. Quím.					-15	Grado de Homogeneización de la comp. Gran.					-354



Tabla #3. Niveles de homogeneidad por variable en el flujo de material alimentado a las Losas y la Planta de Hornos de Reducción durante los días de estudiados.

Fecha	Ni, °	Co, °	Fe, °	SiO ₂ , °	Mg, °	F.M., °	H ₂ O, °	+0.5mm °	+100mesh °	+200mesh °	+325mesh °
Losa # 1 de los Hornos											
1-Nov	73.6	-12.4	-11.0	-433.9	-597.5	-288.7	10.9	-1291.0	-457.2	-365.2	-551.2
2-Nov	76.8	74.1	83.4	51.4	11.7	-23.0	-908.7	-77.3	66.1	72.6	88.6
3-Nov	73.3	51.8	85.4	12.6	-32.6	-521.1	-233.2	-444.5	-162.3	-24.4	11.5
4-Nov	74.3	15.3	48.3	-69.1	-130.4	-238.4	-307.2	-213.2	-45.4	-156.3	89.2
5-Nov	79.1	79.8	82.6	68.7	77.1	-130.1	41.5	-227.2	23.7	-10.7	-37.2
6-Nov	79.1	79.8	82.6	68.7	77.1	-130.1	41.5	-227.2	23.7	-10.7	-37.2
7-Nov	75.9	94.0	86.7	59.4	62.6	-161.5	24.4	-84.1	-133.3	-277.8	11.2
8-Nov	52.6	64.0	63.1	-19.7	-111.8	-159.4	27.0	-81.3	13.7	-199.3	32.0
Media	73	56	65	-33	-80	-207	-163	-331	-84	-121	-49
Losa # 2 de los Hornos											
1-Nov	40.5	16.4	62.6	-374.6	-22.9	-122.5	-171.7	-459.8	-782.6	-826.0	-781.4
2-Nov	77.9	82.2	92.0	85.0	56.1	-144.0	-52.7	-149.0	-75.5	40.8	79.1
3-Nov	89.8	88.1	81.6	67.6	74.0	-67.1	4.4	-1490.2	-169.0	-214.7	-114.4
4-Nov	81.5	73.8	76.4	33.4	6.7	-86.9	47.2	-755.9	-131.7	-50.0	36.7
5-Nov	62.4	70.0	89.8	84.6	84.2	-49.2	46.3	-974.1	-235.5	-225.9	-89.2
6-Nov	84.3	71.6	67.9	5.0	-18.7	6.5	-39.6	-432.9	-227.8	-12.6	-139.9
7-Nov	86.1	68.4	89.3	85.7	82.8	-86.6	-82.7	-785.6	-39.4	-188.1	-95.1
8-Nov	72.6	58.1	69.8	24.6	-32.9	-117.2	-297.7	-421.6	-207.8	-36.7	-354.4
Media	74	66	79	1	29	-83	-68	-684	-234	-189	-182
Losa # 3 de los Hornos											
1-Nov	75.9	52.5	86.1	55.6	-12.0	-908.7	-49.4	-1190.9	-742.2	-580.1	-421.6
2-Nov	81.9	74.3	83.9	49.3	15.8	-105.0	-177.3	-319.7	-11.4	-36.8	8.9
3-Nov	95.8	61.2	63.0	-46.3	-114.2	-74.1	62.0	-1372.4	-472.6	-806.4	-621.7
4-Nov	79.6	69.3	86.4	72.2	63.0	-204.2	-412.1	-428.3	-85.4	-116.6	-37.6
5-Nov	82.8	87.3	82.3	68.6	62.6	-201.4	-32.8	-439.6	-48.9	7.7	15.7
6-Nov	86.1	70.3	84.9	45.3	27.8	-93.7	-287.5	-827.3	7.8	-64.5	-216.6
7-Nov	92.3	74.0	92.3	89.6	79.4	-90.1	-304.5	-699.4	-253.8	-416.5	-384.5
8-Nov	51.6	-60.1	47.7	-63.0	-162.6	-137.0	-188.4	-305.0	-154.0	-140.6	-157.0
Media	81	54	78	34	-5	-227	-174	-698	-220	-269	-227

Fig. 1. Comportamiento de la homogeneidad de los contenidos de Ni, Fe, SiO₂ y H₂O en el flujo de material alimentado a la losa # 1 de los Hornos de reducción durante los días estudiados.

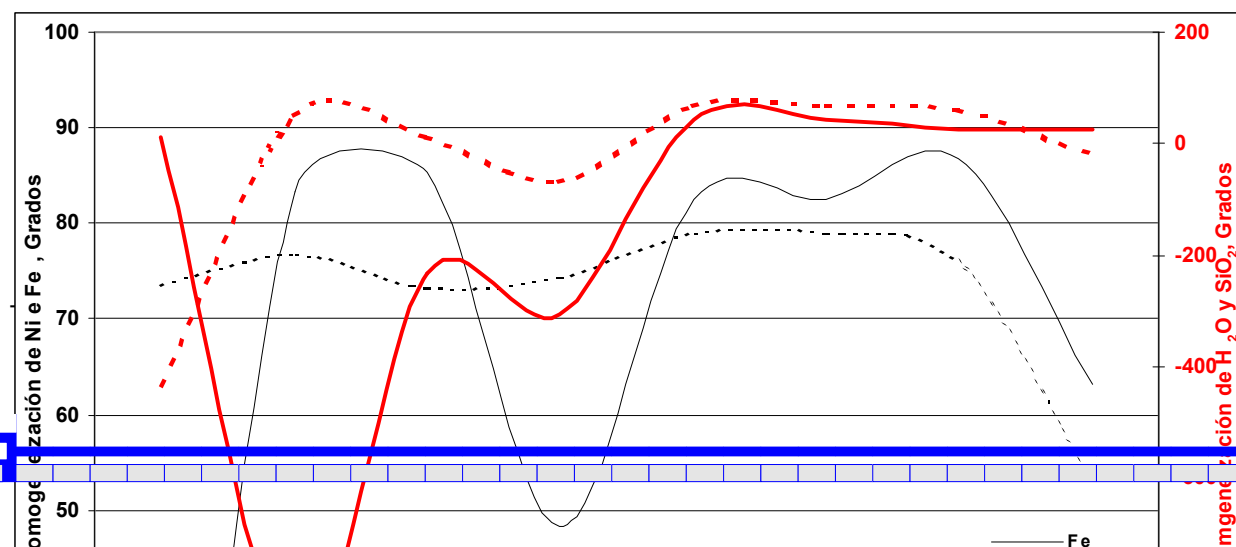




Fig. 2. Comportamiento de la homogeneidad de los contenidos de las fracciones granulométricas mayores de 0.5mm; 100; 200 y 3325mesh en el material alimentado a la losa # 1 de los Hornos de reducción durante los días estudiados.

