



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA**

TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO GEÓLOGO

Tema: Evaluación Geológica de la limonita de balance en el cuerpo mineral LD2 del yacimiento La Delta.

Diplomante: Yasser Martínez Santos.

**Tutores: Dr. León Ortelio Vera Zardiñas
M Sc. Rubén Ruiz Sánchez**

Moa julio de 2009

AGRADECIMIENTOS:

- A mis tutores Rubén Ruiz Sánchez por el coraje con que asumió este trabajo y Ortelio Vera Zardiñas por el conocimiento aportado en este decisivo período. Especialmente a Rubén muchas gracias.
- A mis padres Aramilda Santos Hijuelos y Pablo Martínez Romero por su apoyo y cariño desmedido.
- A mi hermano Frank por su comprensión y sacrificio.
- A mi esposa Yanela por su amor y comprensión.
- A Dalgis por su gran apoyo.
- A mi familia en general pero muy especialmente para Rafaela, Ivania, Ivón, Dailiana, Mardey, Manuel y Rolando.
- A Aliuska, Alen y Leomaris por su sincera amistad.
- A mis amigos Yony, Arnaldo, Yuniór, Leandro, Kamil, Leonardo, Leovanis, Daimé, Arístides y Edelkis.
- A los profesores del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa por el conocimiento aportado.
- A mi sobrino Wilder, gracias por existir.

DEDICATORIA:

- A mis padres Aramilda Santos Hijuelos y Pablo Martínez Romero por su incondicional apoyo y comprensión en todo momento.
- A mi hermano Frank Perdomo Santos por ser el mejor del mundo.

Tus ideas y tus sentimientos crean tu vida.

Todo lo que somos es el resultado de lo que hemos pensado.

Todo lo que la mente del hombre puede concebir lo puede conseguir.

El secreto

ÍNDICE:

INTRODUCCIÓN:	1
CAPÍTULO I. LOCALIZACIÓN, RASGOS FISIAGRÁFICOS Y GEOLÓGICOS DE LA REGIÓN DE ESTUDIO	2
1.1.1. Características Fisiogeográficas	2
1.1.2. Infraestructura	3
1.2 GEOLOGIA REGIONAL	3
1.3 Investigaciones geológicas precedentes:	4
CAPÍTULO II. METODOLOGIA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS	7
2.1. Trabajos topográficos	7
2.2. Itinerarios geológicos	7
2.3. Perforación de pozos	7
2.4. Mineralogía	8
2.5. Hidrogeología	8
2.6. Documentación y muestreo	9
2.7. Análisis de las muestras	9
2.8. Controles y verificación de datos	9
2.9. Evaluación del potencial melífero por litologías en el cuerpo LD2	9
CAPÍTULO III. EVALUACION DE LOS RESULTADOS	11
3.1. INTERPRETACION Y MODELACION GEOLOGICA DEL CUERPO MINERAL LD2	11
3.1.1. Corteza de meteorización	11
3.1.2. Petrología del protolito	12
3.1.3. Evaluación del potencial menífero por litologías en el cuerpo LD2	14
3.1.3.2. Evaluación del potencial menífero de la Litología 1 (OICP)	14
3.1.3.3. Evaluación del potencial menífero de la Litología 2 (OISP)	15
3.1.3.4. Evaluación del potencial menífero de la Litología 3 (OEF)	16
3.1.3.5. Influencia de los diques y espesores de mafitas en el cuerpo mineral	17
3.2. Mineralogía	17
3.3. TECTONICA	19
3.4. HIDROGEOLOGIA	19
3.5. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DE RECURSOS MINERALES	20
3.5.1 Recursos Minerales	20
3.5.2. Calidad del mineral	21

3.5.3. Composición química.....	22
3.6. Resultados de las pruebas de lixiviación.....	23
3.7. RESULTADOS DE LOS CONTROLES DE LABORATORIO.....	27
3.7.1. Control de los trabajos analíticos.....	27
CONCLUSIONES.....	30
RECOMENDACIONES.....	31
BIBLIOGRAFIA.....	32
Anexos	34

RESUMEN:

La evaluación del cuerpo 2 del yacimiento La Delta (LD2) constituye una sistematización de información geológica de gran valor para la explotación de este yacimiento y de otras áreas con características similares. En este trabajo se tuvieron en cuenta una serie de parámetros geólogo – industriales los cuales permitieron evaluar geológicamente los recursos de níquel y cobalto contenidos en la limonita de balance del LD2, la composición química, contenidos de Ni, Co, Fe, SiO₂, Al, Cr, Mg y Mn, velocidad de sedimentación y potencia del cuerpo mineral. Por último se realizó un procesamiento estadístico para evaluar el comportamiento de los parámetros anteriormente mencionados por litologías. Todo esto arrojó como resultado que el cuerpo mineral LD2 del yacimiento La Delta cumple con los parámetros y normas exigidas por la producción, ya que presenta una buena velocidad de sedimentación y los contenidos de Ni son superiores al 1 % como promedio. Aunque los elementos nocivos Mg, Si y Al no son muy bajos, no afectan el buen funcionamiento del proceso de lixiviación.

ABSTRAC:

The evaluation of the body 2 of the location The Delta (LD2) it constitutes a systematizing of geologic information of great value for the exploitation of this location and of other areas with characteristic similar. In this work they were kept in mind a series of parameters geologist - industrial which allowed to evaluate geologically the nickel resources and cobalt contained in the limonite of balance of the LD2, the chemical composition, contents of Neither, Co, Faith, SiO₂, To the, Cr, Mg and Mn, sedimentation speed and power of the mineral body. Lastly he/she was carried out a statistical prosecution to evaluate the behavior of the parameters previously mentioned by liyhologias. All this hurtled as a result that the mineral body LD2 of the location The Delta fulfills the parameters and norms demanded by the production, since it presents a good sedimentation speed and the contents of Neither they are superior to 1% like average. Although the elements noxious magnesium, silica and aluminum are not very low, they don't affect the good operation of the lixiviation process.

INTRODUCCIÓN:

La explotación del níquel en el municipio de Moa ha propiciado la expansión de las exploraciones geológicas hacia otros yacimientos minerales de la región, que habían sido explorados anteriormente en la década de los 80. El yacimiento La Delta constituyó un objeto de investigación en ese periodo, que las técnicas existentes no permitieron su estudio a profundidad.

Con el decursar del tiempo y la aparición de nuevas técnicas que permiten acercarse cada vez más a la realidad de estos yacimientos, dando una visión más completa de los mismos, surge **la necesidad de conocer la calidad de los recursos limoníticos de balance existentes en el cuerpo mineral LD2 del yacimiento La Delta, con vistas a ser explotados mediante el proceso de lixiviación ácida en la planta Moa Nickel S. A., “Comandante Pedro Sotto Alba”.**

Por los motivos antes expuestos se propone la investigación titulada **“Evaluación geológica de la limonita de balance en el cuerpo mineral LD2 del yacimiento La Delta”**, la que tiene como objetivo general **“Evaluar geológicamente las limonitas de balance del cuerpo mineral LD2 del yacimiento La Delta”**, teniendo en cuenta que estos estudios suministran una base para explotación de dicho yacimiento.

Para dar cumplimiento al objetivo planteado se establecen como objetivos específicos **evaluar el comportamiento de los parámetros geólogo-industriales, contenidos de: Ni, Fe, Co, Mg, Al, SiO₂, Mn, Cr, potencia del cuerpo mineral y velocidad de sedimentación. Así como confeccionar un modelo geológico del cuerpo mineral.** Que tiene como objeto de estudio **las limonitas de balance del cuerpo Mineral LD2 del yacimiento La Delta.**

Este trabajo parte de la hipótesis **si se cuenta con la evaluación precisa de los parámetros geólogo industriales exigidos para el proceso de lixiviación ácida en la planta Moa Nickel SA., entonces se podrá realizar una explotación sostenible del cuerpo mineral que permita tomar las decisiones más efectivas sobre la calidad de los recursos de níquel y cobalto que entran al proceso tecnológico.**

Esta evaluación arroja como resultado que **se confirman las potencialidades del depósito en cuanto a su composición química, espesor de la mena LB y los parámetros mineros y tecnológicos exigidos por la planta metalúrgica.**

El aporte científico de esta investigación está dado en el **modelo geológico del cuerpo mineral LD2 del yacimiento La Delta.**

CAPÍTULO I. LOCALIZACIÓN, RASGOS FISIOGRAFICOS Y GEOLÓGICOS DE LA REGIÓN DE ESTUDIO.

1.1 Localización del área de estudio.

El área de estudio se localiza en la hoja topográfica 5277 –IV Moa a escala 1: 50 000, con un área total de 12.48 km². El cual limita al norte con el océano Atlántico, al oeste con los yacimientos Yagrumaje y Camarioca Este, al este con el yacimiento Cantarana y Santa Teresita y al sur con el yacimiento Piloto (Figura 1.1). El objeto de estudio está delimitado por las coordenadas Lambert siguientes:

X: 706800; Y: 211100

X: 709200; Y: 216300

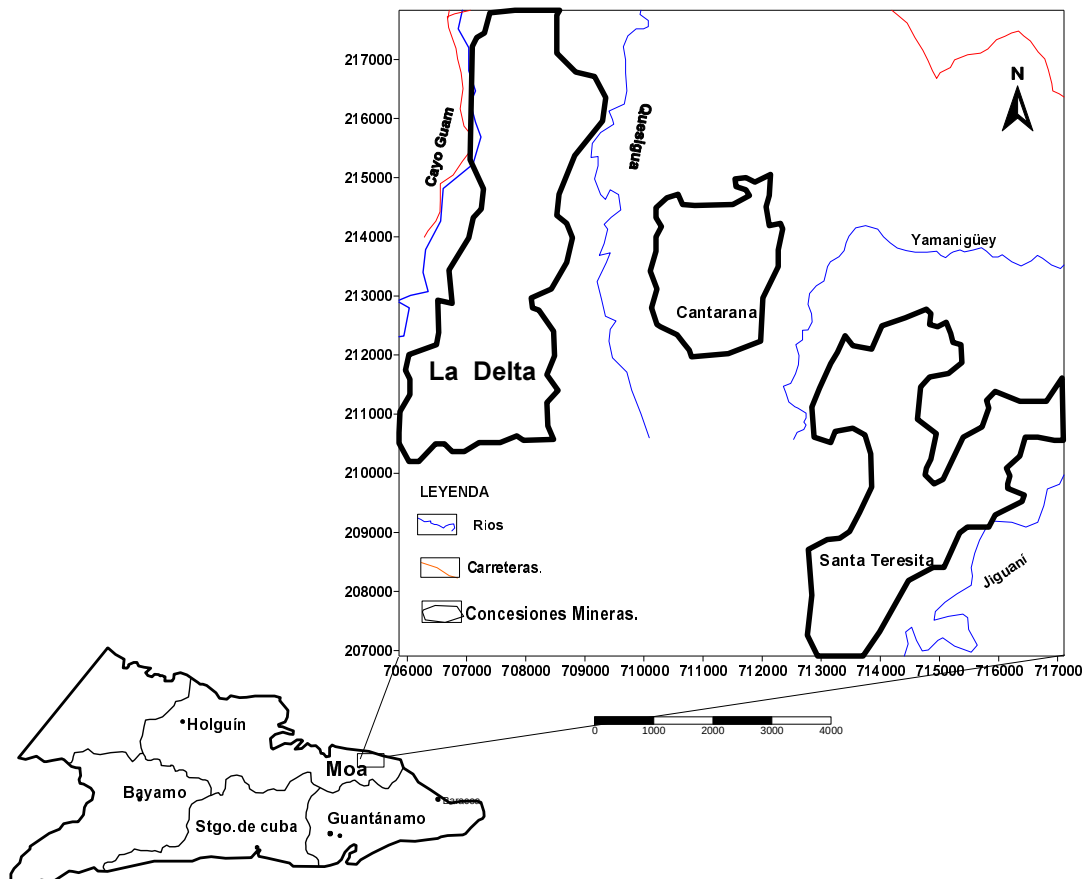


Figura 1.1 Mapa de ubicación geográfica del yacimiento La Delta.

1.1.1. Características Fisiogeográficas.

Ortográficamente el territorio se caracteriza por su alta complejidad, predominando un relieve muy accidentado, de poca transitabilidad y espesa vegetación. Estas características dificultaron los trabajos topográficos, que se desarrollaron en un rango de alturas entre los 70 – 500 m.

El clima de la zona es subtropical húmedo, distinguiéndose de acuerdo a la distribución de las precipitaciones dos periodos, seco y húmedo. La temperatura media anual es de 25⁰ centígrados, siendo los meses más calurosos desde julio hasta

septiembre y los más fríos enero y febrero, el promedio de precipitaciones anuales entre 1800-3000 mm/año siendo los meses más lluviosos noviembre y diciembre y los meses más secos marzo, julio y agosto; la evaporación media anual varía entre los 1880 y 7134 mm.

1.1.2. Infraestructura.

En Moa se encuentran las más importantes industrias metalúrgicas del níquel del país: las fábricas Pedro Soto Alba y Empresa Che Guevara. Donde la extracción del níquel constituye la principal actividad económica de la región y más del 50 % de la población del municipio labora en dichas industrias. Además existen otras entidades tales como: La Empresa Mecánica del Níquel, la Empresa Constructora y Reparadora de Industrias del Níquel (ECRIN) y el Centro de Proyectos del Níquel (CEPRONÍQUEL), todas en apoyo al desarrollo de este renglón económico.

El cromo refractarios constituye otro de los aportes económicos importantes de esta región, clasificado como los mayores de su tipo en el territorio nacional, los cuales se encuentran distribuidos en las cuencas de los ríos Cayo Guam y Yamanigüey respectivamente, donde una parte del mineral extraído se procesa en la planta de beneficio de Cayo Guam. Además existen otras empresas de las cuales depende la economía de la región como son: Empresa geólogo - minera, la EMA y diferentes instalaciones de apoyo social, entre las cuales, entre otras.

1.2 GEOLOGIA REGIONAL

En el macizo Moa-Baracoa afloran las secuencias litológicas pertenecientes al cinturón plegado cubano y las rocas del "neoautóctono" (Iturralde-Vinent, 1996a, 1998; Proenza, 1997; Proenza y otros, 1999a, 2000)

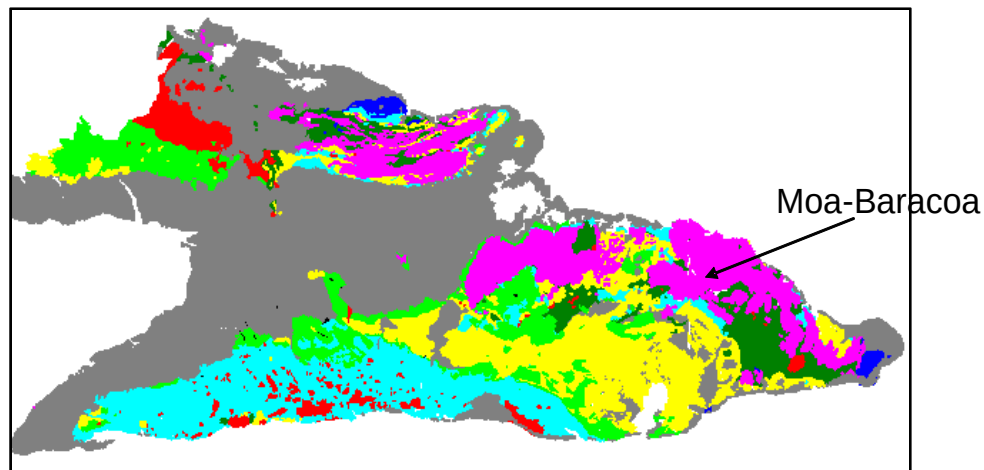
El cinturón plegado está constituido por terrenos oceánicos y continentales deformados y metamorizados de edad pre-Eoceno Medio, que ocupan en la actualidad una posición muy diferente a la original, representando las unidades geológicas que lo integran grandes entidades paleogeográficas que marcaron la evolución del Caribe Noroccidental (Iturralde-Vinent, 1996a, 1998).

En la región de estudio (Figura 1.2) están bien representadas las unidades oceánicas, constituidas por las ofiolitas septentrionales, las rocas del arco de islas volcánicas del Cretácico (Paleoarco), las secuencias de las cuencas de *piggy-back* del Campaniense Tardío-Daniense (1ra generación), el arco de islas volcánico del Paleógeno y las rocas de las cuencas de *piggy-back* del Eoceno Medio-Oligoceno (2da generación).

El complejo ultramáfico desde el punto de vista petrológico se caracteriza por un predominio de harzburgitas, y en menor grado dunitas; también se han descrito dunitas plagioclásicas, wehrlitas, lherzolitas, y piroxenitas (Ríos y Cobiella, 1984; Fonseca y otros, 1985, 1992, Torres, 1987; Andó y otros, 1989; García y Fonseca, 1994; Proenza y otros, 1999a, 1999b). Los cumulos de gabros forman grandes cuerpos con dimensiones entre 1 y 3 Km de ancho, por 10 a 15 Km de longitud. El contacto entre los gabros y el complejo ultramáfico generalmente es tectónico. Los principales tipos petrológicos descritos son: gabros olivínicos, gabronorita, gabros, anortositas y noritas (Ríos y Cobiella, 1984; Fonseca y otros, 1985; Torres,

1987; Proenza, 1997; Proenza y otros, 1999a, 1999b; Rodríguez, R. 2000). En el área de estudio el más común es el gabro bandeado o modalmente transicional, cuyas bandas tienen una foliación concordante con el complejo de tectonitas. Las bandas son de color oscuro algo verdoso con textura masiva o fluidal. Los gabros isotrópicos al parecer no se desarrollan o están muy mal representados. En la región de estudio los gabros afloran siempre asociados a las serpentinitas, apareciendo en forma de bloques en las zonas de Quesigua-Cayo Guam-Mercedita, Centeno-Miraflores y Farallones-Caimanes.

El neoaútóctono (cobertura neógeno- cuaternaria) está constituido por materiales terrígenos carbonatados poco deformados del Eoceno Superior Tardío al Cuaternario que cubren discordantemente las rocas del cinturón plegado. Estos sedimentos se pueden observar fácilmente hacia la zona costera representados fundamentalmente por la formación Jaimanitas. La corteza de intemperismo constituye un cuerpo geológico zonal formado sobre un substrato de rocas consolidadas (basamento o rocas madres) bajo la acción de los factores de meteorización, en los que juegan un papel decisivo el tipo o variedad de roca madre, la pendiente del terreno, las particularidades microclimáticas y el régimen hidrodinámico de la localidad.



Asociaciones Estructuro Formacionales de la región oriental de Cuba

■ Unidad continental	■ Cuencas superpuestas de 1ra generación
■ Ofiolitas	■ Cuencas superpuestas de 2da generación
■ Arco volcánico del Cretácico	■ Intusivos
■ Arco volcánico del Paléogeno	■ Cobertura Neógeno-Cuaternaria

Figura 1.2 Esquema geológico regional.

1.3 Investigaciones geológicas precedentes:

Moa por su valor económico ha sido una de las regiones más investigadas del país desde el punto vista geológico, por ubicarse en ella importantes yacimientos cromíferos y ferroniquelíferos. La mayoría de estos trabajos se han dirigido fundamentalmente a la prospección y exploración de yacimientos minerales.

Las investigaciones en la región se remontan a los trabajos de levantamiento geológico realizados por Adamovich y Chejovich, que constituyeron un paso fundamental en el conocimiento geológico del territorio oriental y esencialmente para las zonas de desarrollo de cortezas de intemperismo ferroniquelíferas. En 1961-1962, estos investigadores, realizaron trabajos de levantamiento geológico a escala 1:50000, el cual abarcó el área del yacimiento La Delta. Como resultado elaboraron un mapa geológico sobre la base de interpretaciones fotogeológicas y marchas de reconocimiento geológico en el cual fueron limitadas las zonas de cortezas de intemperismo.

En 1965 V. Kenarev realiza trabajos de prospección, revisión y exploración en el yacimiento de cromitas Delta II, Narcizo I - II en la región de Moa, con los cuales se estableció el estado actual de los yacimientos y se evaluaron las categorías de reservas.

V.M. Ogarkov en 1967 realiza trabajos de búsqueda para níquel en los yacimientos del macizo Moa - Baracoa, fundamentalmente en la zona del río Moa. En los mismos se calcularon las reservas para níquel.

En el periodo 1972-1976 se realiza el levantamiento geológico de la antigua provincia de oriente a escala 1: 250 000 por la brigada cubano - húngara de la Academia de Ciencias de Cuba, siendo el primer trabajo que generaliza la geología de Cuba oriental. El mapa e informe final de esta investigación constituyó un aporte científico a la geología de Cuba al ser la primera interpretación geológica regional de ese extenso territorio basada en datos de campos, obteniéndose resultados interesantes expresados en los mapas geológicos, tectónicos y de yacimientos minerales, columnas y perfiles regionales así como el desarrollo de variadas hipótesis sobre la evolución geológica de la región.

Paralela a estas investigaciones se desarrollan trabajos fotogeológicos sobre diferentes áreas del territorio por especialistas del Centro de Investigaciones Geológicas, entre los que se encuentran la caracterización de la corteza de intemperismo del sector occidental de las hojas cartográficas de Moa y Palenque desarrollados por V. Teleguin quien realiza una clasificación de las fracturas que afectan al substrato serpentinitico y el levantamiento fotogeológico de Farallones a escala 1: 50 000 desarrollado por R. Pérez donde se realizó un estudio detallado de las distintas formaciones geológicas del área de estudio y su caracterización geomorfológica, así como el conjunto de tareas que la antigua Empresa Geológica de Oriente realiza en la búsqueda y categorización de las reservas lateríticas.

En el periodo 1980-1985 el Departamento de Geomorfología de la propia institución y en colaboración con la Facultad de Geología del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa desarrolló el tema de investigación Análisis Estructural del Macizo Mayarí - Baracoa donde se analiza por primera vez de forma integral para todo el nordeste de Holguín el grado de perspectiva de las cortezas de intemperismo ferroniquelíferas en dependencia de las condiciones geológico - geomorfológicas para lo cual fueron aplicados métodos morfométricos y trabajos de fotointerpretación. La deficiencia fundamental de la investigación consistió en el escaso trabajo de campo realizado para las comprobaciones, utilizándose en sustitución de estas los informes de estudios geológicos realizados en la valoración o categorización de los yacimientos lateríticos.

En 1989 F. Quintas, realizó el estudio estratigráfico del extremo oriental de Cuba donde propone las asociaciones estructuro- formacionales que constituyen ese extenso territorio así como las formaciones que las integran, realizando la reconstrucción paleogeográfica del Cretácico al Paleógeno, intervalo cronológico de mayor complejidad para la geología de la región oriental.

Recientemente en el 2008 fueron realizados trabajos de evaluación de los recursos limoníticos en el yacimiento, estos trabajos constituye la Base sobre la cual fue realizada la investigación.

Independientemente de los trabajos de prospección geológica realizados en proyectos anteriores al año 2008, los materiales cartográficos y valores de coordenadas utilizados para el replanteo y amarre pertenecen a los topográficos realizados por la Empresa Geocuba Oriente Sur en el año 2008.

CAPÍTULO II. METODOLOGIA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

Para llevar a cabo la evaluación del cuerpo mineral LD2 del yacimiento la Delta se utilizaron varios métodos, los cuales se elaboraron de forma concreta durante la realización de los trabajos de campo. Se realizaron trabajos:

1. Topografía.
2. Itinerario Geológico.
3. Perforación de pozos.
4. Mineralogía.
5. Hidrogeología.
6. Documentación y Muestreo.
7. Análisis de las muestras.
8. Controles y Verificación de Datos
9. Evaluación del potencial melífero por litologías en el cuerpo LD2.

Como cada uno de estos métodos asegura el estudio de uno u otro aspecto del cuerpo geológico, las bases teóricas de ellos se complementan mutuamente o hasta cierto punto pueden coincidir.

Estos trabajos fueron realizados por la empresa Geominera Oriente teniendo en cuenta los procedimientos de ejecución para cada método, los cuales se describen a continuación.

2.1. Trabajos topográficos.

Los trabajos topográficos se estuvieron encaminados al desarrollo y confección de la red de exploración geológica 100 x 100, (Anexo 2.1.1). Donde se realizó el replanteo de las labores de exploración en el sector de estudio en 406 pozos y el amarre de los pozos de exploración, en correspondencia con la actualización del plano de datos reales en 276 pozos.

2.2. Itinerarios geológicos.

Los itinerarios geológicos se realizaron según lo planeado los trabajos topográficos. Estos se efectuaron de acuerdo a lo proyectado para los perfiles de perforación y entre ellos. Durante estos trabajos se determinó en cuales puntos podían perforarse de acuerdo a las condiciones de aflorabilidad, pendientes, hidrología, acuífero de la corteza y otros. Además de valorar la extensión y características superficiales de la corteza de interperismo existente.

2.3. Perforación de pozos.

Los pozos fueron perforados con una maquina máquinas UGB-50 sobre la base de camiones GAZ-66. El método de perforación empleado fue el Espiral. De los pozos planificados inicialmente se dejaron de ejecutar 111 pozos, debido a la morfología del terreno (pendientes abruptas), la presencia de arroyos y la mala calidad de los afloramientos. Con los

resultados arrojados por las perforaciones se realizó un procesamiento estadístico el cual esquematiza el comportamiento de los parámetros estadísticos por litologías dentro del cuerpo mineral LD2 del yacimiento La Delta.

2.4. Mineralogía.

El estudio de la mineralogía se realizó a partir de pozos teniendo en cuenta las áreas mineralizadas conocidas y representativas del yacimiento, así como las áreas estériles.

Para la realización de estos trabajos se efectuaron perforaciones Hollow Auger en corteza y Hollow Auger – Integral (hasta 2.0m de basamento) con diámetro de 89mm. Lugo se beneficiaron granulométricamente vía húmeda las muestras, usando tamices de 0.80; 0.30; 0.15; 0.074 y 0.063mm. Seguidamente se realizó el análisis mineralógico óptico y el análisis químico con determinaciones de: Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , Cr_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 , NiO , CoO , CaO , FeO , FeO-Cr , Na_2O , K_2O , PPI, Si Libre, Amorfos de Fe, Ni, Co, Si, Al y Mg. Por último un recálculo químico mineralógico por muestra.

Las litologías presentes en el área de estudio son las siguientes:

Litología 1 ocre inestructural con perdigones (OICP).

Litología 2 ocre inestructural sin perdigones (OISP).

Litología 3 ocre estructural final (OEF).

Litología 4 ocre estructural inicial (OEI).

Litología 5 roca madre lixiviada (RML).

2.5. Hidrogeología.

Estos trabajos tienen como objetivos principales la acumulación de datos necesarios para proyectar el desagüe de las perforaciones mineras. Para el cumplimiento de las tareas hidrogeológicas se realizaron las siguientes labores:

- Observaciones hidrogeológicas del nivel durante la perforación.

Estas consistieron en definir la profundidad de aparición del agua durante la perforación lo que se pudo apreciar en 4 pozos medidos que cortaron agua y 272 resultaron secos.

- Mediciones del nivel 24 h después de perforado el pozo.

Se midieron después de perforados los pozos, como mínimo 24 horas posteriores, en 268 pozos. Resultaron estar obstruidos parcialmente y secos la mayoría de los pozos. Las mediciones fueron planificadas en los pozos ordinarios, en este trabajo no se proyectaron pozos hidrogeológicos.

- Cubeteo manual en pozos ordinarios

Consistieron en extraer cubetas ininterrumpidamente durante determinado tiempo y posteriormente pasar a la recuperación de los niveles del agua, con vista a definir si el agua presente en el pozo era producto al escurrimiento superficial que

podría ocurrir debido a las lluvias o a la presencia de agua subterránea, solamente se pudo realizar en 3 pozos debido a que la mayoría estaban secos, y los que tenían agua, la profundidad era pequeña.

- Itinerario hidrogeológico.

Consistió en realizar recorridos por los perfiles y cañadas con vista a mapear las corrientes de aguas superficiales y manantiales, midiendo sus caudales en los casos en que fuera posible.

2.6. Documentación y muestreo.

Documentación y muestreo de pozos ordinarios.

Se realizó por el manual de procedimientos del níquel 2007 según la instrucción IT-91-01-04.

Las muestras fueron enviadas al laboratorio Elio Trincado Figueredo para la determinación de los elementos químicos. La velocidad de sedimentación se determinó en el laboratorio de Las Camariocas en Moa.

Muestras de lixiviación.

En pozos previamente seleccionados y en los horizontes típicos de mena laterita de balance (LB) se tomaron muestras para los ensayos, siendo analizadas en el Departamento de Tecnología de la Moa Nickel SA.

2.7. Análisis de las muestras.

Para los análisis de las muestras se determinaron los contenidos de Ni, Co, SiO₂, Al₂O₃, MgO, MnO y Cr₂O₃ por ICP (ISCL- 318:00), la determinación volumétrica directa de Fe y el método del dicromato de potasio (ISCL -315:00).

2.8. Controles y verificación de datos.

La verificación de los datos se realizó con trabajos de control de campo, analíticos y de gabinete (procesamiento).

El geólogo tomó periódicamente el 10 % del total de las muestras enviadas al laboratorio "Elio Trincado Figueredo" en Santiago de Cuba para realizarle controles internos y un 5 % para controles externos, los cuales se ejecutaron en un laboratorio de Toronto del Grupo SGS en Canadá.

Toda la documentación gráfica de perforación, documentación y muestreo se entrega al cliente para su revisión, control y conservación.

Los volúmenes físicos proyectados y ejecutados de los trabajos realizados se muestran en la tabla 2.8.1 anexa.

2.9. Evaluación del potencial melífero por litologías en el cuerpo LD2.

Con el objetivo de evaluar desde el punto de vista Geológico el comportamiento de los parámetros estadísticos en el cuerpo mineral LD2 del yacimiento La Delta se realizó un procesamiento que permite conocer como se comportan cada uno de los parámetros estadísticos en dicho yacimiento, para esto fueron procesados un total de 2911 datos de 230 pozos en el cuerpo mineral LD2, los cuales fueron realizados con ayuda de los programas Statgraphis plus 5.1 y Sps. Con el Statgraphis plus 5.1 se realizó el procesamiento estadístico como tal de las bases de datos correspondientes, por ser un programa que se obtienen buenos resultados de este tipo. Luego con el Sps se obtuvieron los histogramas adecuados a cada

procesamiento emanado del Statgraphis plus 5.1, estos histogramas se obtuvieron con el Sps ya que este visualiza mejor el comportamiento de los parámetros estadísticos.

CAPÍTULO III. EVALUACION DE LOS RESULTADOS

3.1. INTERPRETACION Y MODELACION GEOLOGICA DEL CUERPO MINERAL LD2.

3.1.1. Corteza de meteorización.

La corteza de meteorización del yacimiento La Delta se presenta en forma de manto superficial con predominio de los perfiles litológicos lateríticos y laterítico-saprolíticos, relacionados principalmente con la parte mineralizada para Ni y Co de rocas ultramáficas meteorizadas. Los perfiles saprolíticos tienen una difusión limitada en este yacimiento, y se asocian a las mafitas meteorizadas, siendo prácticamente estériles, ya que no acumulan Ni y Co en forma significativa.

Dentro de los límites de los cuerpos minerales presenta un carácter más heterogéneo con frecuentes transiciones entre los perfiles lateríticos y laterítico-saprolíticos. En estos casos, la corteza se ha desarrollado por rocas ultramáficas que son las productoras de minerales portadores de Ni+Co, por lo que estas localidades son las que encierran una importancia industrial.

La posición de los cuerpos minerales en la geomorfología del área del yacimiento se muestra en la figura 3.1.1 conjuntamente con el modelo digital del terreno, donde se puede ver que la mineralización útil industrialmente se asocia a los parteaguas, independientemente de sus altimetrías.

El espesor promedio de la corteza en general es 8.9 m, fluctuando entre 0.5 m y 33.6 m con una variabilidad de 64.89 %; dentro del contorno de los cuerpos minerales, el espesor de la corteza es $\geq$ a 10.1 m, fluctuando entre 1 y 32 m con un coeficiente de variación de 56.62 %.

El grado de difusión areal y de la mineralización (LB de balance) de los tipos principales de perfiles litológicos son los siguientes:

Perfil Litológico	Difusión (%)	Coefficiente de Mineralización (%)
1. Lateríticos inestructurales	6.33	23.21
2. Lateríticos estructurales	24.41	43.06
3. Laterítico-Saprolíticos	63.16	50.98
4. Saprolíticos	5.76	1.96

Por consiguiente, en el yacimiento La Delta el mayor peso en el potencial menífero lo llevan principalmente los perfiles laterítico-saprolíticos, siendo estos además los más difundidos y en menor grado los perfiles lateríticos estructurales, pero con un potencial de mineralización más reducido. Los perfiles lateríticos inestructurales y saprolíticos (sin laterita) presentan el 21.5 % de los pozos no balanceados y/o no-minerales, pero su difusión es subordinada (aproximadamente 25 % del área del yacimiento). El coeficiente global areal de mineralización de la corteza de meteorización del yacimiento La Delta es de 55.71 %, el cual es bajo debido a la amplia propagación de corteza por mafitas que ocupan una importante área (50 % del total), localizadas principalmente la parte central de la concesión.

La génesis de la corteza de meteorización es esencialmente eluvial (in situ), lo que se demuestra por la presencia de los elementos estructurales propios de las ofiolitas en forma meteorizada (diques, etc.).

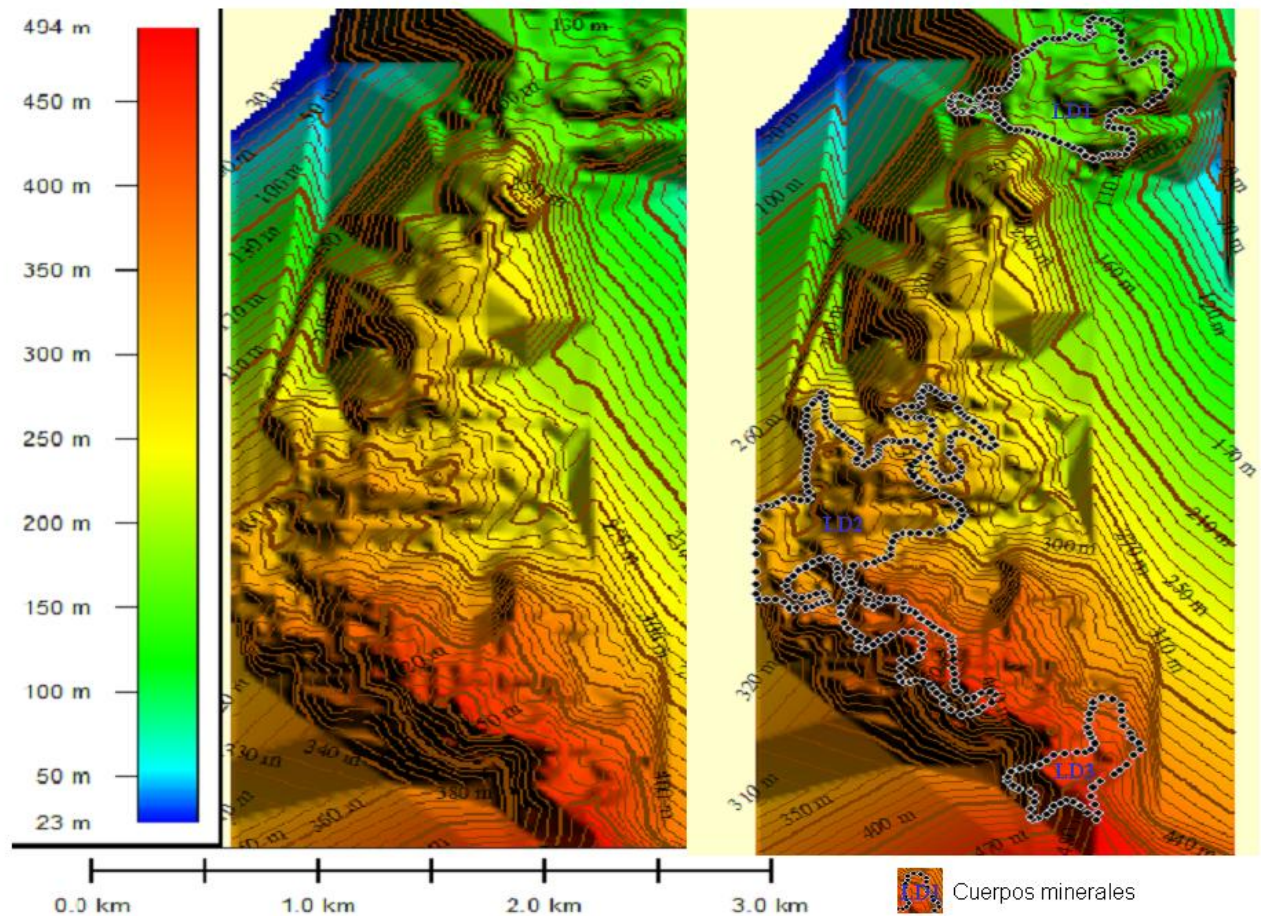


Figura 3.1.1 Modelo digital del yacimiento La Delta con sus cuerpos minerales.

3.1.2. Petrología del protolito.

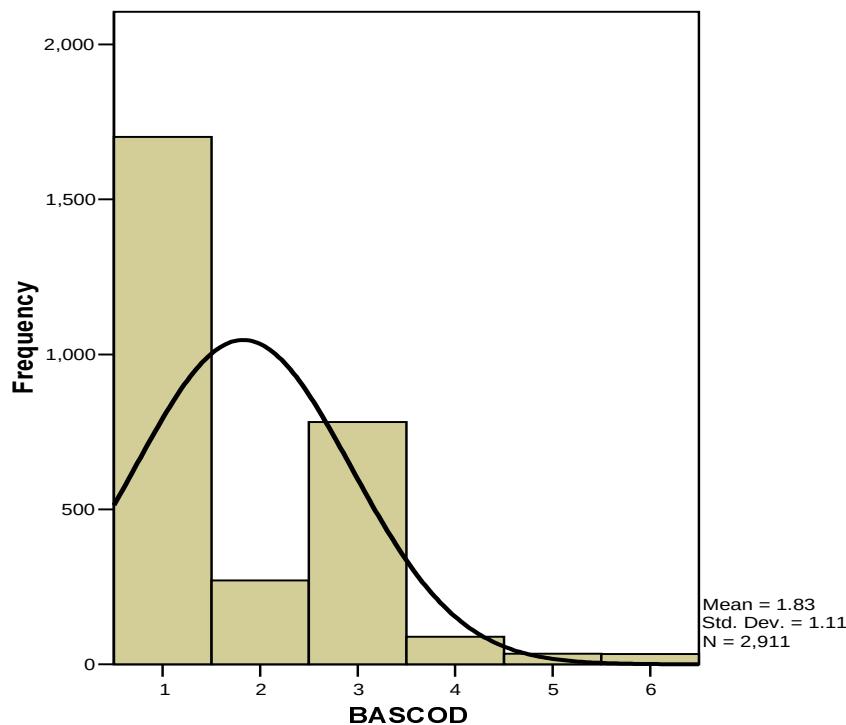
El área del yacimiento La Delta se ubica en niveles más altos del corte ofiolítico de la región, compuesto principalmente por el complejo cumulativo ultramáfico (transicional o de MTZ), que se caracteriza por una significativa propagación de variedades de rocas ofiolíticas: gabroides, peridotitas con plagioclasa, plagioclasitas y otras, situadas principalmente en las partes central y periféricas del yacimiento. Estas rocas máfica ofiolíticas aíslan tres importantes bloques de peridotitas que forman cuerpos subredondeados o alargados, los que a su vez se separan de ellas por fallas tectónicas. Estos núcleos peridotíticos están compuestos principalmente por harzburgitas y subordinadamente por dunita.

La presencia de las mafitas aumenta la heterogeneidad de la corteza de meteorización, afectando también el grado de continuidad del depósito mineral, seccionándolo en tres depósitos o cuerpos minerales, respectivamente LD1, LD2 y LD3

(Figura 3.1.1.). Estas rocas máficas meteorizadas no forman menas de valor industrial y empeoran significativamente la calidad de la materia prima cuando forman intercalaciones dentro de los horizontes de mena útil, o por la contaminación durante la minería.

Al observarse el histograma de frecuencia del protolito (Grafico 3.1.2.1) se concluye que el basamento del cuerpo mineral es esencialmente peridotítico y orden subordinado peridotítico con plagioclasas, lo que confirma la ubicación en el nivel o complejo cumulativo ultramáfico.

Grafico 3.1.2.1. Histograma del protolito de la corteza de intemperismo.



Códigos del protolito sobre la base de su composición química (Según Lavaut, W. 2008)

1 y 2	Peridotitas
3 y 4	Peridotitas Plagioclásicas
5 y 6	Mafitas

3.1.3. Evaluación del potencial menífero por litologías en el cuerpo LD2.

La evaluación del potencial menífero por litologías para la LB se presenta en los resúmenes estadísticos en las tablas No. 3.1.3.2, 3.1.3.3, 3.1.3.4, donde se muestran las características de cada litología en el cuerpo mineral. Sobre la base de los resultados que se presentan en el histograma de frecuencias de las litologías, se observa que los ocreos estructurales finales (litología 3 OEF) es la predominante, la cual representa un 47 % y constituye la litología mayoritaria dentro de la mena Limonita de Balance u horizonte limonítico conformado por las litologías 2 y 3, ambas están distribuidas en un 62 %. En orden secundario no menos importante aparece la serpentinita de balance en el horizonte saprolítico conformada por las litologías 4 y 5, las cuales se distribuyen en un 24 %, con contenidos promedios significativos de Ni. Producto a estas características según el modelo descriptivo de perfiles de intemperismo de Ariosa Iznaga, J.D... et al 2003, el cuerpo clasifica dentro de los perfiles de intemperismo laterítico-saprolítico estructural incompleto (Ver Anexo 3.1.3, Histograma para PERFCOD y Tabla 3.1.3.1), el cual esta en correspondencia con lo observado para todo el yacimiento La Delta. A continuación se presenta la evaluación del potencial menífero de las litologías que forman la limonita de balance.

Tabla 3.1.3.1. Resumen Estadístico para el cuerpo LD2.

Parámetros	Media	Mediana	Desv.Est	Mínimo	Máximo	Cuartiles		Coef.Var
						Inferior	Superior	
Bascod	1.82	1.0	1.1	1.0	6.0	1.0	3.0	60.80
Perfiles	5.61	6.0	0.88	0.0	8.0	6.0	8.0	15.71
PERFCOD	5.61	6.0	0.88	1.0	8.0	6.0	6.0	15.71
Friable	10.87	10	5.57	0.0	28	7.0	14.0	51.28
Litología	3.34	3.0	1.46	1.0	6.0	3.0	4.0	43.70
Fe	33.36	39.5	14.35	1.5	54.4	23.4	44.4	43.03
Ni	1.0	1.0	0.47	0.03	2.82	0.68	1.3	47.08
Co	0.09	0.08	0.07	0.002	0.96	0.03	0.13	85.50

3.1.3.2. Evaluación del potencial menífero de la Litología 1 (OICP).

Constituye el escombro o estéril de la mena limonita de balance y desde el punto de vista del potencial menífero no presenta interés práctico para la explotación, independiente de tener elevados contenidos de Fe (Ver Tabla 3.1.3.2), se excluyen de la mena limonita de balance por el bajo contenido de Ni y Co (Ver tabla 3.1.3.2 y Anexo: 3.1.3.2.(a,b,c). Histogramas de Fe, Ni, Co para OICP) sobre la base del Cut-Off de 1.0 % según la Fabrica Pedro Sotto Alba, se caracteriza por tener una potencia promedio de 2.3 m. Aunque existen 12 pozos aislados con contenidos promedios de Ni

de 1.01 ,distribuidos entre los bloques ubicados al Norte (2866, 2868, 2965, 2966) y Centro del Cuerpo (3065 y 3066), estos se caracterizan por tener baja potencia de 1 m y contenidos de Al_2O_3 de 14%. El coeficiente lineal de mineralización es de 8.29 %. La tabla 3.1.3.2 presenta el resumen estadístico de esta litología en el cuerpo mineral.

Tabla 3.1.3.2. Resumen estadístico de la litología 1 (OICP).

Parámetros	Media	Mediana	Desv.Std	Mínimo	Máximo	Cuartiles		Coef.Var
						Inferior	Superior	
Bascod	2.15	2.0	1.34	1.0	6.0	1.0	3.0	62.51
Espesor	2.30	2.0	1.87	1.0	10.0	7.0	14.0	51.28
Fe	40.28	41.7	6.51	15.4	49.3	38.2	44.4	16.8
Ni	0.62	0.62	0.20	0.18	1.1	0.46	0.79	33.45
Co	0.05	0.048	0.04	0.009	0.21	0.021	0.07	76.01
SiO_2	3.0	2.31	2.17	1.02	17.29	1.84	3.18	72.19
Al_2O_3	15.83	15.01	4.54	8.71	36.57	13.19	17.81	28.69
MgO	1.08	0.87	0.70	0.2	3.8	0.60	1.35	65.08

3.1.3.3. Evaluación del potencial menífero de la Litología 2 (OISP).

Es una de las litologías que conforman la mena de balance, distribuidas en un 7 % en el cuerpo mineral y representan también el 7 % en la mena limonita de balance, esta se caracteriza por tener potencia promedio de 2.05 m y contenido promedio de 0.72 de Ni (Ver tabla 3.1.3.3 y Anexo 3.1.3.3.(a,b,c) Histograma de Fe, Ni, Co). El coeficiente lineal de mineralización es del 27 %, siendo bajo, aquí los mayores contenidos de Ni (1.05 %) se encuentran en la parte Central y Oeste, distribuidos entre los bloques 2965 al 67,3065 al 67,3165 al 66,3266 al 67 y 3365 al 67. Sin embargo se debe tener en cuenta algunos sectores ubicados en la parte central por los altos valores de Al_2O_3 (promedio 23.51 %) que alcanzan máximos de 35 % y de Si del 6 %, relacionados con un basamento de génesis transicional (rocas peridotíticas con plagioclasas), lo cual influye en los bajos contenidos de Ni (0.45 %). El coeficiente lineal de mineralización es del 27 %.

Tabla 3.1.3.3. Resumen estadístico de la litología 2. (OISP)

Parámetros	Media	Mediana	Desv.Std	Mínimo	Máximo	Cuartiles		Coef.Var
						Inferior	Superior	
Bascod	1.96	2.0	1.14	1.0	6.0	1.0	3.0	58.31
Espesor	2.049	2.0	1.22	1.0	8.0	1.0	3.0	59.90
Fe	40.54	42.8	8.94	5.8	51.1	37.1	46.8	22.07
Ni	0.72	0.78	0.29	0.03	1.29	0.53	0.94	41.02
Co	0.07	0.053	0.068	0.004	0.40	0.025	0.09	93.78
SiO ₂	3.58	2.36	4.38	0.46	32.56	1.96	3.63	122.32
Al ₂ O ₃	15.30	13.79	5.90	6.42	35.21	10.22	19.77	38.60
MgO	1.26	0.9	1.20	0.2	8.58	0.6	1.4	95.34

3.1.3.4. Evaluación del potencial menífero de la Litología 3 (OEF).

Es la litología principal dentro de la limonita de balance, esta se distribuye en un 47 % en el cuerpo mineral y representa el 93 % de la mena, caracterizada por una potencia promedio de 7.11 m y contenidos promedios de Ni superiores al 1 % (Ver tabla 3.1.3.4 y Anexo 3.1.3.4.(a,b,c). Histograma para Fe, Ni, Co). El coeficiente lineal de mineralización es del 73.63 % lo que de hecho convierte esta litología en el mayor potencial menífero del cuerpo mineral, y desde el punto de vista práctico para la explotación minera constituye la litología primordial que se debe tener en cuenta por sus significativos valores de Fe, Ni y Co y velocidad de sedimentación de 143 mm/2h. El flanco Oeste (Bloques 3065 y 3165) del cuerpo mineral entre las coordenadas X=706750-706870, Y=212815-213395, se caracteriza por tener altos contenidos de Ni > 1.35 % y potencia mineral promedio de 7m, queda abierto por lo que se recomienda la prolongación de los límites del yacimiento hacia el occidente con el objetivo de delimitar la extensión de la mineralización hasta su acuífamiento en esta parte.

Tabla 3.1.3.4. Resumen estadístico de la litología 3. (OEF)

Parámetros	Media	Mediana	Desv.Est	Mínimo	Máximo	Cuartiles		Coef.Var
						Inferior	Superior	
Bascod	1.72	1.0	1.04	1.0	6.0	1.0	3.0	60.62
Espesor	7.11	6.0	4.23	1.0	27.0	4.0	9.0	59.47
Fe	43.0	43.7	4.84	23.2	54.4	40.7	46.3	11.27
Ni	1.11	1.09	0.34	0.21	2.3	0.88	1.35	31.04
Co	0.13	0.12	0.07	0.009	0.96	0.093	0.16	57.02
SiO ₂	4.30	2.66	3.75	0.89	27.32	2.0	5.42	87.17
Al ₂ O ₃	12.10	11.22	5.00	2.03	39.56	8.43	14.21	41.34
MgO	1.70	1.1	1.64	0.18	11.78	0.7	2.0	96.16

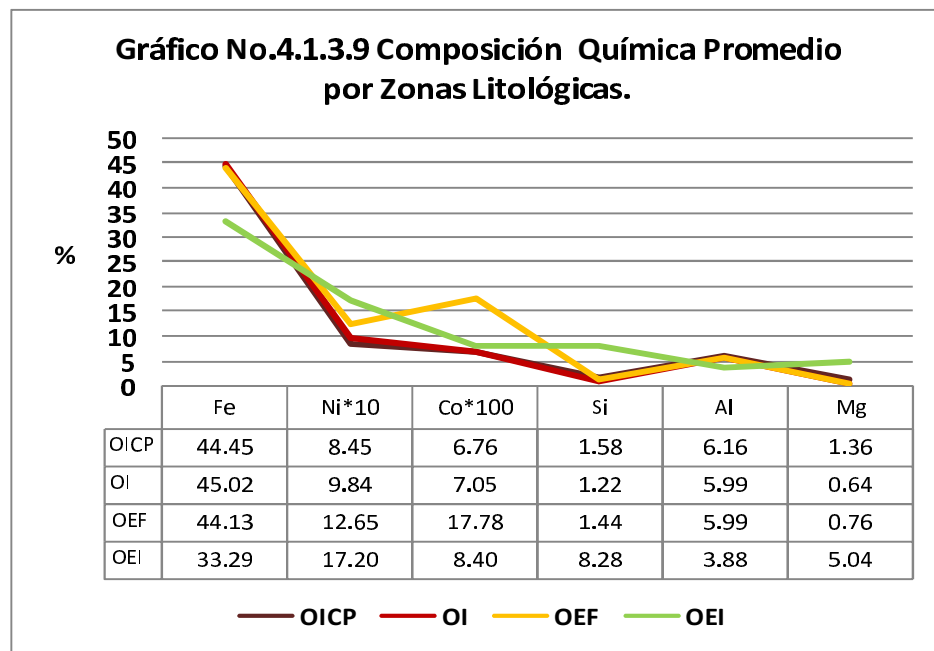
3.1.3.5. Influencia de los diques y espesores de mafitas en el cuerpo mineral.

El cuerpo mineral se caracteriza por una significativa propagación de diques y espesores de mafitas, lo cual disminuyen los contenidos de níquel y la ley mineral, con sus consecuencias para el proceso tecnológico. Estos tienen una composición promedio de 26.12 % de Al₂O₃ y se encuentran por lo general en los primeros 5 metros. (Ver Anexo: gráficos 3.1.3.5. a y b), presentan las características de estos sectores dentro del cuerpo mineral, relacionado con rocas peridotíticas ricas en plagioclasas y gabroides.

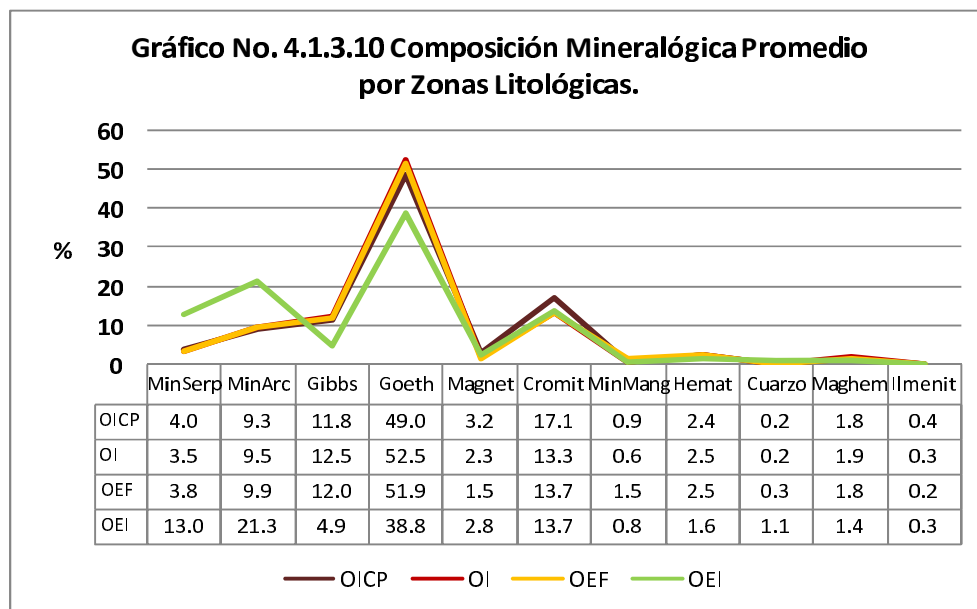
3.2. Mineralogía.

Con el muestreo mineralógico realizado se estableció que la mena más abundante en el yacimiento es la LB que representa el 39 % y se concentra fundamentalmente en la zona de los Ocre Estructurales Finales. La SB constituye el 13 %.

El gráfico No. 4.1.3.9, muestra que los mayores contenidos de Ni se concentran en la zona de los Ocre Estructurales Iniciales. El Co tiene tendencia a acumularse más en los Ocre Estructurales Finales.



La fase mineralógica principal en todos los horizontes litológicos representados (Ver grafico 4.1.3.10) es la Goethita, su concentración es mayor en los Ocre Inestructurales y se acompaña en los horizontes superiores de fases secundarias de Espinelas Cromíferas y Gibbsita. En los Ocre Estructurales Iniciales la fase secundaria es de minerales del grupo de la Arcilla



Como promedio:

El valor más alto para el **Ni** se presenta en los OEI (1.72 %).

El valor más alto para el **Co** se presenta en los OEF (0.178 %).

El valor más alto para el **Fe** se presenta en los OI (45.02 %).

El valor más alto para la **Si** se presentan en OEI (8.28 %).

El valor más alto para el **Al** se presentan en OICP (6.16 %).

El valor más alto para el **Mg** se presentan en OEI (5.04 %).

3.3. TECTONICA.

Las investigaciones anteriores demuestran que los sistemas disyuntivos dividen la zona en bloques elevados y hundidos (Nagy y otros 1977) con diferentes amplitudes de desplazamientos tanto vertical como horizontal, los límites de estos bloques son fallas de segundo orden, con dirección cercana a la meridional y nororiental. (Ver Anexo 3.3.1. Mapa tectónico del Yacimiento La Delta).

Las grandes fallas regionales, en este macizo están asociadas con los contactos entre los cúmulos ultramáficos y los máficos y entre estos últimos y los gabroides. Debido a la presencia de estas fallas es posible observar la regularidad existente entre los complejos inferiores de las ofiolitas.

La parte Norte y Este del yacimiento La Delta se ubica próximo al contacto oriental de las rocas ultramáficas ofiolíticas con los gabros que se acompañan de sistemas de fallas secundarias en dos direcciones: Norte-Sur predominante (Sistema Meridional) y subordinado E-W (Latitudinal) con inclinación al Norte (NE). Estos sistemas de fallas constituyen ramificaciones de 1er orden y pueden provocar en el yacimiento desniveles de profundidad en el corte litológico, producto a los desplazamientos enunciados anteriormente.

3.4. HIDROGEOLOGIA.

En los trabajos realizados en el Sector LD-II, de acuerdo a las observaciones hidrogeológicas durante la perforación, en tres pozos se detectó el agua, oscilando los niveles entre 8 y 12 m; durante las mediciones posteriores a la perforación en 12 pozos se detectó el agua, estando los niveles de 0.85 a 14.8 m, el resto de los pozos que estuvieron secos en la mayoría de los casos, su profundidad fue inferior a la real perforada, producto al derrumbe o destrucción de los mismos. (Ver Tabla No. 3.4.1).

De acuerdo a los resultados obtenidos de las mediciones a los pozos, la complejidad hidrogeológica resultaría simple, pero producto a la cantidad de manantiales detectados durante los itinerarios y sus caudales medidos durante éstos, que oscilaron desde 0.5 hasta 5 l/seg su complejidad sería moderada, cuestión que debe ser aclarada en el próximo estadio, ya

que con una red más densa es factible cortar un número mayor de zonas fracturadas o falladas, que es donde debe encontrarse el agua en este tipo de formación geológica.

Tabla No. 3.4.1. Niveles del agua durante y posterior a la perforación de los pozos.

Sector	No. Pozo	Durante la perforación			Mediciones después de culminados los pozos		
		Fecha	Profundidad del pozo	Nivel del agua	Fecha	Profundidad del pozo	Nivel del agua
LD-II	276789-2	13/3/2008	13.00	Seco	18/3/2008	10.20	9.75
LD-II	286986-2	19/3/2008	5.50	Seco	27/4/2008	3.90	3.25
LD-II	296856-2	18/3/2008	10.00	Seco	22/4/2008	4.00	2.55
LD-II	306583-2	21/3/2008	20.00	Seco	10/4/2008	15.40	14.8
LD-II	326723-2	22/3/2008	14.00	Seco	12/4/2008	11.30	7.8
LD-II	326789-2	9/4/2008	13.00	Seco	12/4/2008	11.70	11.1
LD-II	326659-2	23/3/2008	16.00	12	10/4/2008	11.20	Seco
LD-II	336623-2	6/4/2008	11.00	Seco	10/4/2008	7.30	7.2
LD-II	336729-2	8/4/2008	10.00	8	10/4/2008	7.70	5.2
LD-II	336756-2	8/4/2008	20.00	12	10/4/2008	17.00	Seco
LD-II	336759-2	7/4/2008	4.00	Seco	22/4/2008	3.56	3.06
LD-II	336923-2	9/4/2008	5.00	Seco	22/4/2008	4.30	3.86
LD-II	336959-2	10/4/2008	2.00	Seco	22/4/2008	1.30	0.96
LD-II	326859-2	11/4/2008	2.00	Seco	22/4/2008	1.45	0.85

3.5. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DE RECURSOS MINERALES

3.5.1 Recursos Minerales.

Los resultados de la estimación de los recursos en base a la perforación con un cut-off de Ni de 0.9 %, se exponen en la siguiente tabla:

TABLA. 3.5.1. MINERAL BALANCEADO LB EN EL CUERPO LD2 POR RED 70.7 x 70.7 m (CUT OFF Ni LB $\geq$ 0.9 %)

PE	PM	PE/PM	FRI	PV	Fe	Ni	Co	VS2	TM	VM	VE
3.66	5.88	0.62	13.56	1.13	43.22	1.23	0.139	140.00	4758647.40	4237490.00	2101285.50

Aclaraciones: PE- Potencia Estéril, PM- Potencia Mineral, FRI- Espesor Friable, PV- Peso Volumétrico, VS2- Velocidad de Sedimentación, TM- Toneladas de Mineral, VM- Volumen de Mineral, VE- Volumen de Estéril.

El coeficiente de mineralización global por cuerpos minerales se presenta en la tabla 3.5.1.a, de la cual se pueden inferir que las mayores perspectivas se presentan en el LD2 el cual representa el 52 % de toda el área y tiene un coeficiente de mineralización del 94.78 % avalado por la continuidad geológica, densidad de la red de exploración, forma y calidad de los datos.

Tabla No. 3.5.1.a. AREA Y GRADO DE MINERACION DE LA CORTEZA DE INTEMPERISMO POR CUERPO MINERAL.

Cuerpo Mineral	Área (m ²)	Pozos	% Área	Bloques 300x300	COEFMIN (%)
LD1	432706.90	201	28.43	10	97.51
LD2	790646.00	230	51.95	22	94.78
LD3	298314.30	29	19.6	6	93.10
Total	1521667.20	460	99.98	38	93.45

El cuerpo mineral LD2 agrupan en su conjunto el 50 % (4237490 TM) de los recursos indicados estimados en el año 2008.

3.5.2. Calidad del mineral.

Los minerales que procesa la planta Moa Nickel S.A. forman parte de la mena laterítica LB, la cual por tanto constituye la mena principal de esta industria. La calidad de los minerales se expone fundamentalmente basándose en la composición química y la velocidad de sedimentación.

Como estimadores de la calidad se utilizaron también parámetros utilizados por la planta Pedro Sotro Alba de Moa Nickel S.A., como los siguientes:

Nocivos

Mg- (diseño 0.8 %). Excepcionalmente se procesan minerales hasta con 1.6 %.

Si – (diseño 5%) Excepcionalmente se procesan minerales hasta 7 % de sílice.

Al- 4 %.

Velocidad de Sedimentación (mm/2h)

Excelente: > 140

Buena: 140-130

Regular: 130-120

Mala: < 120

3.5.3. Composición química.

La composición química de los minerales y la velocidad de sedimentación se exponen en la tabla No.3.5.1, siendo los resultados de la variante principal los correspondientes al Cut-off de $Ni \geq 0.9\%$. La distribución areal de los contenidos químicos y parámetros físicos (velocidad de sedimentación, peso volumétrico, espesor mineral) de los cuerpos minerales se expone en los mapas para la mena LB en los Anexos: 3.5.3.2. (Potencia de escombro), No. 3.5.3.3 (Potencia de mena); No. 3.5.3.4 (Fe), No. 3.5.3.5 (Ni), No. 3.5.3.6 (Co), No. 3.5.3.7 (SiO₂), No. 3.5.3.8 (Al), No. 3.5.3.9 (Mg), No. 3.5.3.10 (Cr), 3.5.3.11 (Mn), No. 3.5.3.12 (Velocidad de sedimentación a la 2 horas).

En estos materiales se puede observar que los minerales que componen la mena LB pueden considerarse de aceptable en general, ya que cumplen las exigencias de calidad indicadas más arriba, existiendo un ligero incremento en los contenidos de Mg (+ 0.17) y Al (+1.49), siendo mas notable estos contenidos en el cuerpo LD2 (Mg > 1% y Al > 5%), afectado en gran medida por las rocas gabroides y peridotitos Plagioclásicas que bordean el cuerpo mineral en el N-NE y S-SE del área. Por estas causas se observa una disminución de los contenidos de Fe en esta parte del yacimiento.

La velocidad de sedimentación en la mena LB es excelente, generalmente superior a 140 mm/2h. Los minerales del mayor cuerpo mineral LD2, que contiene el 56 % del tonelaje total del yacimiento total, se caracteriza por una velocidad de sedimentación promedio = 138 mm/2h siendo muy buena cercana al limite superior de 140 mm/2h.

La composición química promedio (en %) de la mena LB, estudiado en esta área por red 70.7x70.7 m, es la siguiente:

PE	PM	FRI	PV	FE	NI	CO	SIO2	AL	MG	CR	MN	VS2
2.76	5.88	13.56	1.13	43.22	1.23	0.139	4.92	5.71	1.15	2.47	0.83	140

Fueron realizadas pruebas de lixiviación a 17 muestras en el yacimiento, los resultados obtenidos se presentan en los gráficos 1, 2, 3 y 4 expuestos a continuación observándose en sus resultados contenidos promedios aceptables de Ni y Co de 1.14 %y 0.11% respectivamente en las muestras estudiadas, reducidos por las muestras LD1,2 y 3 que poseen contenidos inferiores a 1 %.

Los valores promedios de sedimentación de la pulpa lixiviada fueron de 90 mm/h y 349 ml/2h lo que permite afirmar que se trata de un mineral de buenas características de sedimentación y no debe provocar problemas en el proceso de lavado.

En tres muestras LD7, 9 y 15 se presentan en la LB contenidos de Si, Al y Mg por encima de los parámetros que exige la fabrica, no obstante a estos contenidos elevados el extractable de Ni y Co fue superior a 96 % y a la vez superior a los valores promedios de Ni y Co obtenidos bajo una RAM= 0.300 t/l de 95.68 y 94.40 para Ni y Co, por lo que se considera un mineral de buena calidad.

3.6. Resultados de las pruebas de lixiviación.

Para la caracterización del mineral se llevaron a cabo 17 lixivaciones piloto en la autoclave piloto del Dpto. de Tecnología bajo las siguientes condiciones:

Volumen de pulpa - 3 Litros

% sol final esperado - 28 %

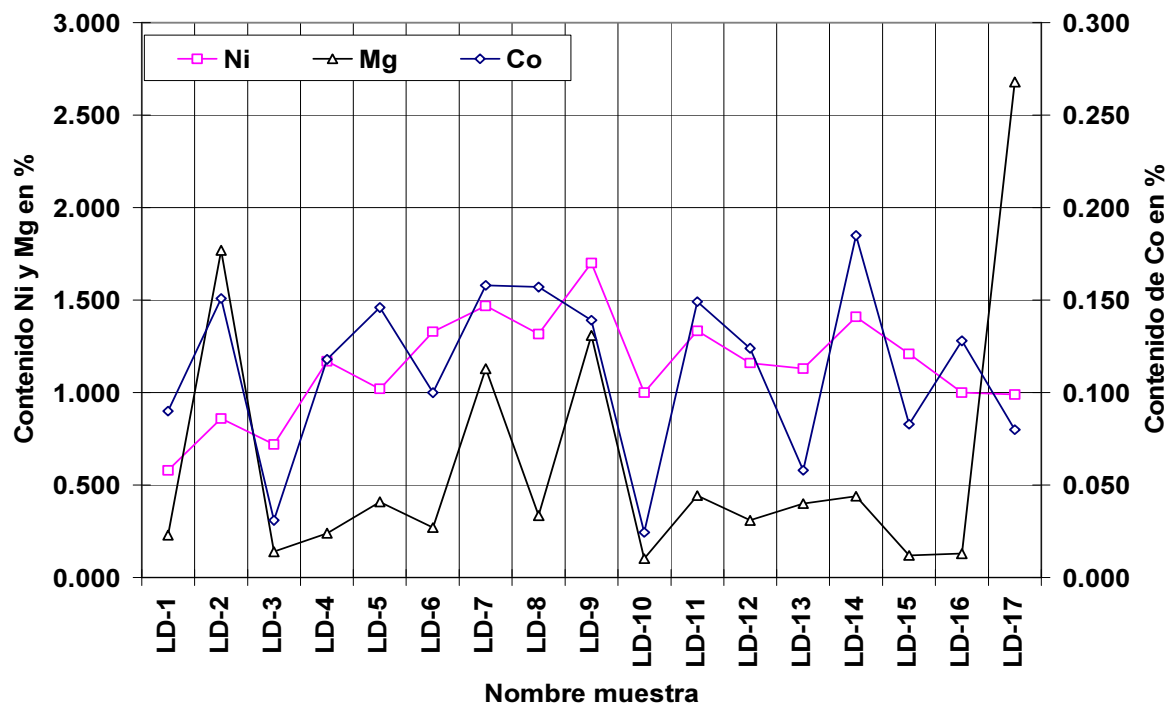
Relación ácido-mineral - 0.300 t/t

Temperatura.- 246 °C

Agitación.- 900 rpm

La pulpa lixiviada obtenida bajo estas condiciones fue utilizada para la determinación de la velocidad de sedimentación en 1 y 2 horas en probetas de 1000 ml. Adicionalmente se tomaron muestras del material sólido tanto crudo como lixiviado, así como del licor lixiviado para análisis químico.

Resultados del contenido de Ni, Co y Mg de 17 muestra de mineral yacimiento La Delta

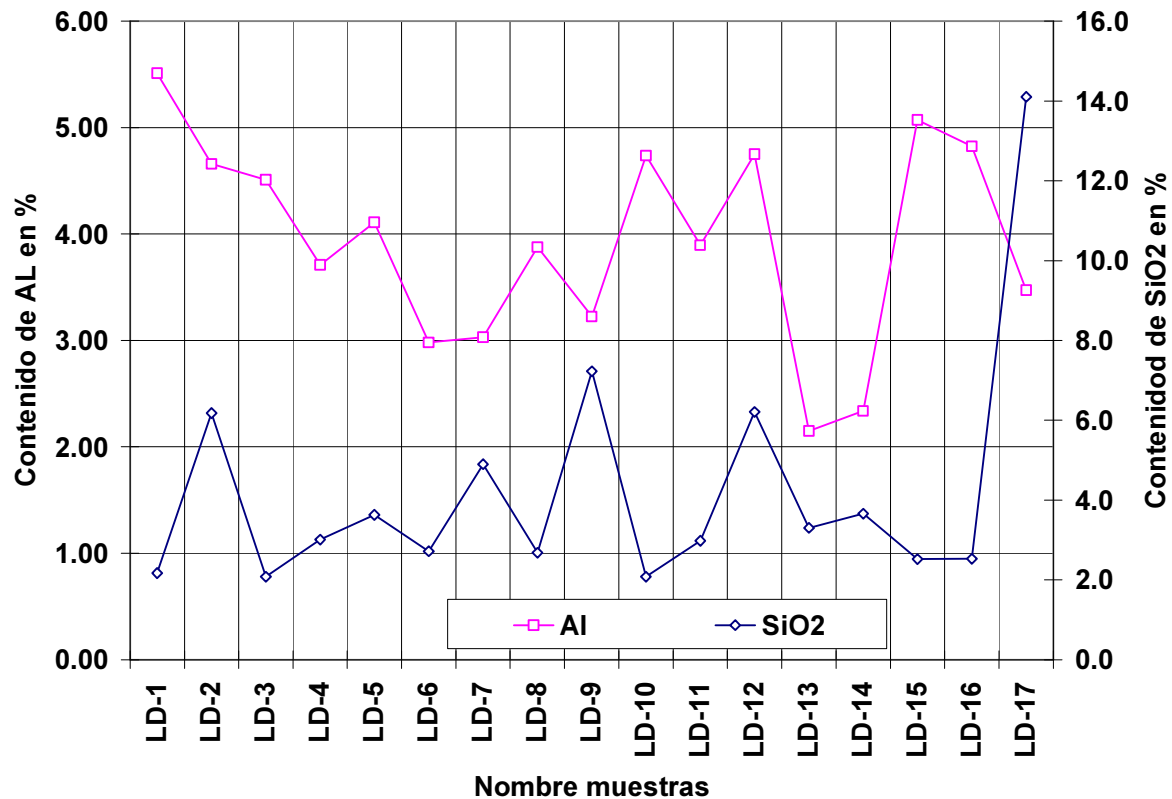


Gráfica N°1

En la Gráfica N°1 se puede observar que se trata de un mineral con contenidos de Ni y Co aceptables, siendo el promedio de dichos metales de 1.14 % y 0.11 % respectivamente (1.25% de Ni+Co).

El contenido promedio de Mg en el mineral fue de 0.62 % con un valor máximo de 2.62 % en una sola muestra (muestra 17). Los contenidos de Al y SiO₂ se muestran a continuación.

Contenido de Al y SiO₂ en 17 muestra de mineral yacimiento La Delta



Gráfica N° 2

En la Gráfica N° 2 se pueden observar los contenidos de los elementos Al y SiO₂ también son bajos con valores promedios de 3.93 % y 4.23 % respectivamente. Solamente la muestra LD-17 mostró un valor de SiO₂ de 14.1 % como valor alterado de este parámetro.

En sentido general este mineral mostró bajo contenido de nocivos alterándose solamente la muestra 17.

En la Gráfica N°3 se pueden observar los resultado de la Extracción de Ni y Co. Los valores promedios de estos parámetros fueron de 95.68 % y 94.40 % respectivamente, por lo que se puede afirmar que es un mineral de buen comportamiento en

la lixiviación del Ni y el Co. Solamente la muestra LD-17 (descrita como de altos nocivos anteriormente) produjo valores bajos en estos parámetros lo cual se explica por los altos contenidos de Mg y SiO₂ (2.62% y 14.1%).

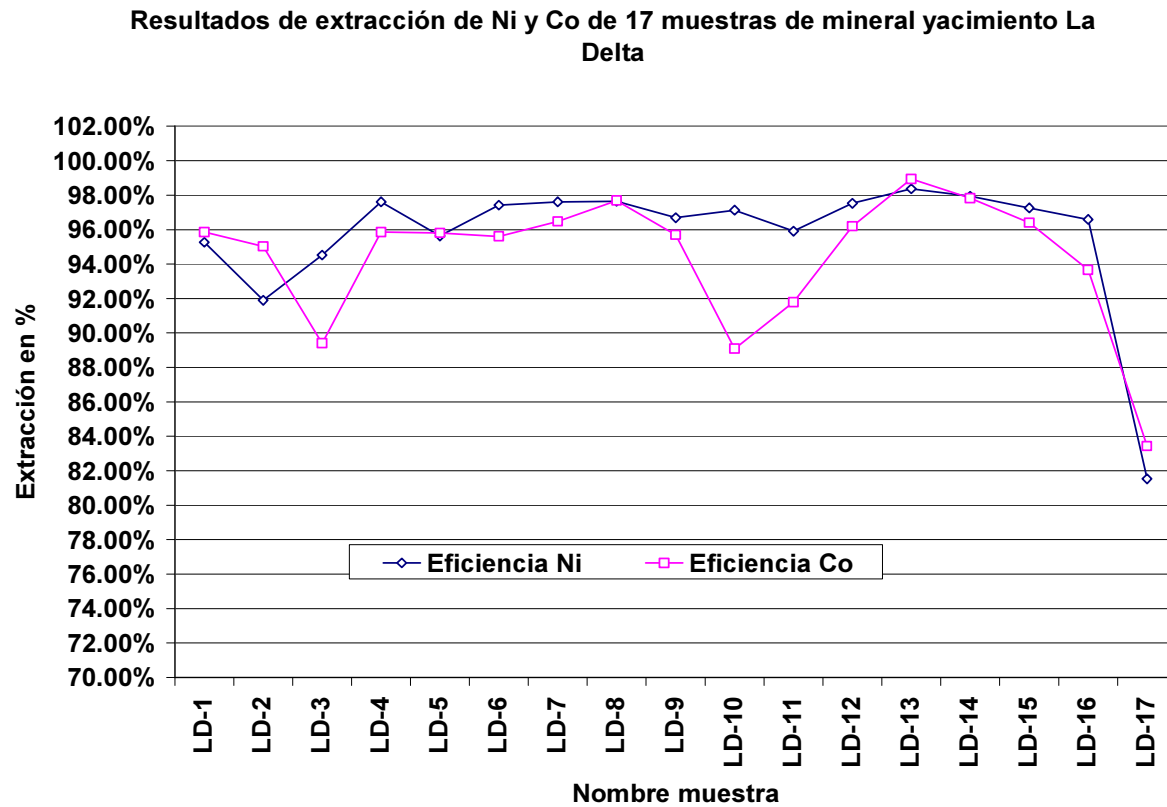


Gráfico N°3

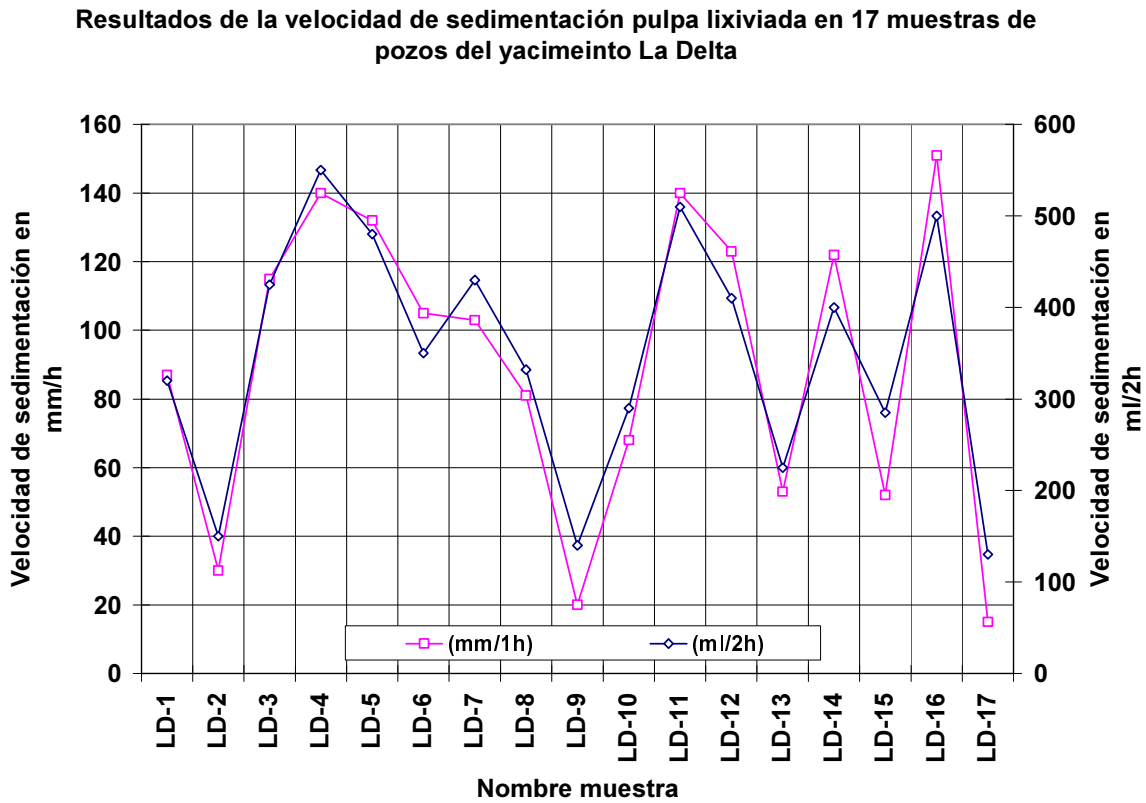


Gráfico N°4

En la Gráfica N°4 se pueden observar los resultados de la velocidad sedimentación de la pulpa lixiviada de las muestras de este yacimiento. Los valores promedios de este parámetro tanto para una hora como para 2 horas fueron elevados (90 mm/h y 349 ml/2h) por lo que se considera un mineral de buena sedimentación de la pulpa lixiviada. Solo 3 muestras (1,9 y 17) estuvieron por debajo de los 40 mm/h.

Las muestras LD-1 y 3 obtienen valores muy bajos del contenido de Ni (menor que 1 %, por lo que consideramos que son muestras de mineral muy cercanas al cut off de los pozos pero no presentan dificultades en la lixiviación ni en la velocidad de sedimentación. Su contenido de Fe es superior a 45 %.

La muestra LD-2 posee un contenido alto de Al (4.76 %) y de Mg (1.76 %) lo cual provoca problemas de sedimentación de la pulpa lixiviada y afecta la extracción de Ni que fue de 91.90%.

La muestra LD-9 posee un contenido alto de Ni y Co ($Ni+Co=1.84$ %). Sin embargo el contenido de SiO_2 es superior a 7 % y el Mg es de 1.31% lo que afecta la velocidad de sedimentación de la pulpa lixiviada (20 mm/h) sin afectar la extracción de Ni que alcanza 96.69 %.

La muestra LD-17 posee un bajo contenido de Fe (32.6 %) indicando que contiene serpentina descompuesta confirmada con el alto contenido de SiO₂ y Mg, 14.10 % y 2.68 % respectivamente. En este caso se afectan la velocidad de sedimentación (15 mm/h) y la extracción (81.52 %).

3.7. RESULTADOS DE LOS CONTROLES DE LABORATORIO.

3.7.1. Control de los trabajos analíticos.

En este reporte se exponen solamente los resultados del control analítico interno, realizado en el propio laboratorio en forma cifrada e independiente por el geólogo.

Los resultados de la precisión del control interno se exponen en las tablas No.6.1.1.1 para los contenidos de Níquel > 1 % (rango del mineral) y 6.1.1.2 para Ni < 1 % (rango del escombros y estéril). Para percibir ausencia de errores casuales de significado práctico ver Anexo, Gráfico 6.1.1.14 al 6.1.1.17. (Error Relativo < Tolerancia Normal. $ER < TN$), por lo que los análisis básicos cumplen las exigencias de la norma ramal obligatoria NR-MG 5-04 para determinaciones analíticas de tercera categoría destinadas a la estimación de recursos minerales.

El por ciento de control logrado es satisfactorio (no inferior a 10 %) para las muestras que representan el mineral (Ni > 1 %), no obstante no se alcanzó igual representatividad en las muestras del escombros y estéril (Ni < 1%) con 2.5 % de control.

Los resultados de la exactitud del control externo se muestran en la tabla No.6.1.1.5 y en los gráficos No.6.1.1.6 al 6.1.1.13 donde se observa la presencia de algunas diferencias sistemáticas (sesgos) entre ambos laboratorios para los elementos químicos Ni, Al₂O₃ y Cr₂O₃ (recalcado con amarillo), el resto de los elementos se encuentra dentro de los rangos de aceptabilidad según la norma NR-MG-5 -04. En el control externo se pudo comprobar un 2 % de rechazo (Ver tabla No. 6.1.1.5), siendo mas significativo en el elemento SiO₂ en la clase ≥ 5 %, estos rechazos son causados debido a errores de datos tales como mezclas de muestras o sustituciones accidentales, tales errores pueden ocurrir en cualquiera de los procesos.

No obstante los aspectos señalados, pueden aceptarse los análisis como válidos ya que cumplen las condiciones para un análisis de 3ra categoría que son los apropiados para los efectos de la prospección geológica y la categorización de los recursos. Además se logró suficiente exactitud en la determinación del Fe, Ni, Co, SiO₂, MgO y MnO en general, con un coeficiente de concordancia entre los análisis básicos y de control de un 95 %. Aunque existen rangos rechazados en el Ni, Co, Al₂O₃, y Cr₂O₃, estos no tienen incidencia práctica para los efectos de los futuros trabajos que se realicen el yacimiento.

RESULTADOS DEL CONTROL INTERNO GEOLOGICO DE LA DELTA. ELIO TRINCADO (EGMO)
Para contenidos de Ni>=1% en las muestras.

Tabla No.6.1.1.1

ELEMENTO	DESDE	HASTA	PB	PC	EA	ER	TN	CMTRA	CMTRAR	CMTRAT	PAC	PACR
Fe	0.00	100.00	42.937	43.410	0.915	2.120	2.358	83	0	625	13.28	0.00
Total								83	0	625	13.28	0.00
Ni	0.00	10.00	1.304	1.322	0.021	1.610	5.000	82	1	625	13.12	1.21
Total								82	1	625	13.12	1.21
Co	0.00	100.00	0.156	0.155	0.005	3.203	5.728	81	2	625	12.96	2.41
Total								81	2	625	12.96	2.41
SiO2	0.00	5.00	2.318	2.377	0.120	5.096	7.731	51	0	371	13.75	0.00
SiO2	5.00	100.00	9.257	9.433	0.369	3.950	4.477	31	1	254	12.21	3.13
Total								82	1	625	13.12	1.21
Al2O3	0.00	10.00	7.801	7.573	0.243	3.166	5.600	39	0	352	11.08	0.00
Al2O3	10.00	100.00	13.184	12.520	0.561	4.365	3.500	44	0	273	16.12	0.00
Total								83	0	625	13.28	0.00
MgO	0.00	1.00	0.713	0.708	0.047	6.580	13.091	33	2	240	13.75	5.71
MgO	1.00	100.00	4.039	4.074	0.181	4.458	6.508	48	0	385	12.47	0.00
Total								81	2	625	12.96	2.41
Cr2O3	0.00	100.00	3.640	3.816	0.334	8.958	3.367	83	0	625	13.28	0.00
Total								83	0	625	13.28	0.00
MnO	0.00	1.00	0.791	0.824	0.030	3.734	5.511	47	1	346	13.58	2.08
MnO	1.00	100.00	1.556	1.617	0.060	3.808	3.331	35	0	279	12.55	0.00
Total								82	1	625	13.12	1.21

SIMBOLOGIA: PB = Promedio del análisis básico (%) PC = Promedio del análisis de control (%) EA = Error absoluto (%) ER = Error relativo (%)
 TN = Tolerancia normada CMTRA = Cantidad de muestras aceptadas CMTRAT = Cantidad total de muestras básicas analizadas
 CMTRAR = Cantidad total de muestras rechazadas PACR= Por ciento de parejas rechazadas por diferencias groseras (MEDIA +3S)
 PAC= Por ciento de control

RESULTADOS DEL CONTROL INTERNO GEOLOGICO DE LA DELTA. ELIO TRINCADO (EGMO)
Para contenidos de Ni<1% en las muestras.

Tabla No.6.1.1.2

ELEMENTO	DESDE	HASTA	PB	PC	EA	ER	TN	CMTRA	CMTRAR	CMTRAT	PAC	PACR
FE	0.0	100.0	42.921	43.394	0.633	1.466	2.373	33	1	1340	2.46	2.94
Total								33	1	1340	2.46	2.94
NI	0.0	100.0	0.781	0.797	0.020	2.593	7.403	33	1	1340	2.46	2.94
Total								33	1	1340	2.46	2.94
CO	0.0	100.0	0.090	0.090	0.004	4.411	8.309	34	0	1340	2.54	0.00
Total								34	0	1340	2.54	0.00
SiO2	0.0	5.0	2.429	2.499	0.152	6.155	7.726	27	0	746	3.62	0.00
Total								27	0	746	2.54	0.00
Al2O3	0.0	100.0	14.351	13.737	0.563	4.007	3.712	34	0	1340	2.54	0.00
Total								34	0	1340	2.54	0.00
MGO	0.0	2.0	0.881	0.899	0.061	6.838	12.103	29	0	1070	2.71	0.00
Total								29	0	1070	2.54	0.00
CR2O3	0.0	100.0	2.842	2.982	0.220	7.544	3.712	33	1	1340	2.46	2.94
Total								33	1	1340	2.46	2.94
MNO	0.0	100.0	0.768	0.785	0.032	4.065	5.697	33	1	1340	2.46	2.94
Total								33	1	1340	2.46	2.94

SIMBOLOGIA: PB = Promedio del análisis básico (%) PC = Promedio del análisis de control (%) EA = Error absoluto (%) ER = Error relativo (%)
 TN = Tolerancia normada CMTRA = Cantidad de muestras aceptadas CMTRAT = Cantidad total de muestras básicas analizadas
 CMTRAR = Cantidad total de muestras rechazadas PACR= Por ciento de parejas rechazadas por diferencias groseras (MEDIA +3S)
 PAC= Por ciento de control

Tabla No. 6.1.1.5**RESULTADOS DEL CONTROL EXTERNO GEOLOGICO DE LA DELTA DEL LABORATORIO SGS. TORONTO (CANADA)**

YAC	ELEM	DESDE	HASTA	PB	PC	EA	ER	S	TCAL	TCRIT	TM	K	CMTRA	CMTRAT	RECHA
La Delta	FE	0.00	39.999999	34.78	35.50	-0.72	-2.08	2.370	1.430	2.080	0.783	1.02	22	77	2.532
La Delta	FE	40.00	100	44.92	44.02	0.90	2.01	2.636	2.537	2.009	0.873	0.98	55		
La Delta	NI	0.00	0.999999	0.68	0.74	-0.06	-8.77	0.151	2.168	2.045	1.141	1.09	30	77	2.532
La Delta	NI	1.00	100	1.29	1.32	-0.03	-2.11	0.179	1.043	2.013	0.422	1.02	47		
La Delta	CO	0.00	0.099999	0.06	0.07	-0.01	-13.10	0.020	2.053	2.052	1.291	1.13	28	77	2.532
La Delta	CO	0.10	100	0.17	0.17	-0.004	-2.52	0.061	0.489	2.011	0.491	1.03	49		
La Delta	SiO2	0.00	1.999999	1.73	1.77	-0.04	-2.28	0.162	1.089	2.093	0.245	1.02	20	75	5.063
La Delta	SiO2	2.00	4.999999	2.81	2.86	-0.05	-1.66	1.374	0.176	2.055	0.244	1.02	27		
La Delta	SiO2	5.00	100	10.53	10.13	0.40	3.82	2.078	1.025	2.052	0.928	0.96	28	77	2.532
La Delta	AL2O3	0.00	9.999999	7.66	8.40	-0.74	-9.71	2.223	1.738	2.055	1.707	1.10	27		
La Delta	AL2O3	10.00	100	15.34	14.51	0.83	5.41	2.347	2.50	2.01	1.604	0.95	50	77	2.532
La Delta	MGO	0.00	0.999999	0.621	0.686	-0.065	-10.46	0.30	1.253	2.037	0.755	1.11	34		
La Delta	MGO	1.00	1000	3.592	3.726	-0.134	-3.74	2.70	0.326	2.018	0.537	1.04	43	77	2.532

PB= Promedio del análisis básico (%) PC= Promedio del análisis de control (%) K=Coeficiente de concordancia EA= Error absoluto (%) ER= Error relativo (%) TM= Tolerancia mayor (aceptable debe ser ≤ 1.0) TMA = Aceptabilidad TCAL= Valor t-Student empírico TCRIT= Valor t-Student tabulado (Tolerancia) S=Desviación estándar de las diferencias básico-control PAC= % de control CMTRA= Cantidad de muestras aceptadas CMTRAT= Cantidad de muestras total analizadas RECHA= Por ciento de parejas rechazadas por diferencias groseras (MEDIA $\pm$ 2S)

CONCLUSIONES.

El área del yacimiento La Delta se ubica en niveles más altos del corte ofiolítico de la región, componiéndose principalmente por el complejo cumulativo ultramáfico (transicional o MTZ), por lo que se caracteriza por una significativa propagación de variedades de rocas ofiolíticas de composición más ácida (gabroides, peridotitas con plagioclasa, plagioclasitas y otras), ubicadas principalmente en las partes central y periféricas del yacimiento, lo que controla la mineralización formando las acumulaciones de minerales (cuerpos) sobre bloques peridotíticos aislados, separados de las mafitas por fallas tectónicas.

1. La litología principal dentro de la limonita de balance es el Ocre Estructural final, esta se distribuye en un 47 % en el cuerpo mineral y representa el 93 % de la mena, caracterizada por una potencia promedio de 7.11 m y contenidos promedios de Ni superiores al 1 %.
2. El coeficiente lineal de mineralización en el OEF es 73.63 % lo que de hecho convierte esta litología en el mayor potencial menífero del cuerpo mineral, y desde el punto de vista práctico para la explotación minera constituye la litología primordial que se debe tener en cuenta por sus significativos valores de Fe, Ni y Co y velocidad de sedimentación de 143 mm/2h.
3. El cuerpo mineral LD2 agrupa en su conjunto el 50 % (4237490 TM) de los recursos indicados estimados en el año 2008.
4. El mayor peso en el potencial menífero lo llevan principalmente los perfiles laterítico-saprolíticos.
5. Es la Goethita la fase mineralógica principal en el Yacimiento.
6. Las condiciones hidrogeológicas del yacimiento son de simple a complejas.
7. Las muestras de mineral estudiadas para lixiviación del yacimiento La Delta mostraron contenidos de Ni y Co aceptables, 1.14% y 0.11% como promedio (1.25% de Ni+Co). Este promedio lo reducen las muestras LD-1,2 y 3 que poseen contenidos de Ni por debajo del 1 %.
8. El contenido de elementos nocivos en estas muestras fue bajo, Mg=0.62%, Al=3.93% y SiO₂=4.23%.
9. Los valores promedios de extracción de Ni y Co obtenidos bajo una RAM=0.300 t/t fueron de 95.68 % y 94.40 % respectivamente por lo que se considera que este es un mineral de buena lixiviación.

RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda completar la exploración geológica del cuerpo mineral LD2 para precisar su extensión occidental hasta el acuífero según su frontera entre las coordenadas X=706750-706870, Y=212815-213395, ajustando los límites de la concesión, ya que la mineralización quedó abierta en esta dirección.
2. Aplicar la evaluación geológica realizada a este yacimiento a otras áreas con características similares.

BIBLIOGRAFIA

1. CSA/ACVM (2003). Standards of Disclosure for Mineral Projects. National Instrument 43-101.
2. Adamovich, A., Chejovich, V. (1962): Estructura geológica y minerales útiles de los macizos montañosos de Moa, provincia de Oriente. Levantamiento geológico 1:50000. Informe Inedito.ONRM.
3. Horton, John (2003). Mineral Resource Estimate for the Weda Nickel Cobalt Project. Malmahera Island, Indonesia. Technical Report.
4. Lavaut Copa, W.; R. Pérez; E. Ivonnet; M. Cadete (2004b). Reporte de Actualización del Modelo Geológico de los Yacimientos Camarioca Norte y Sur.
5. Pérez R, Ortiz M., et al. (1993). Informe de la E.O de Yacimiento Las Camariocas sectores Camarioca Este (IV), Camarioca Norte (V) y Camarioca Sur (VI) para la evaluación de las menas lateríticas ferroniquelíferas cobaltíferas ejecutadas entre los años 1986 – 1990 con cálculo de reserva en el año 1994.
6. Ivanov V. Et al. (1985). Informe de la Exploración Detallada del Yacimiento de menas niquelíferas Las Camariocas realizada durante los años 1976 – 1978 con cálculo de reserva actualizado hasta el 1ro de enero de 1984.
7. Ogarkov, V. M. (1965): Informe sobre los resultados de los trabajos geológicos de Búsqueda de minerales de níquel, realizados en 1965 en el área de Moa-Baracoa. Informe Inédito. ONRM.
8. Nagy, E. 1976. Texto explicativo del mapa geológico de la provincia Oriente a escala 1:250000. Levantamiento geológico confeccionado por la Brigada Cubano-Hungara entre 1972-1976. Informe Inédito del IGP, ACC.
9. Almaguer A. (1993). Estudio de la distribución del Hierro, Níquel y Cobalto en los tamaños de los granos que componen el perfil de las cortezas de intemperismo de las rocas ultramáficas hasta su desarrollo laterítico y su relación con la mineralogía. Publicación Minería y Geología. Vol. 2.
10. Almaguer A. (1995). Cortezas de intemperismo. Algunas características de sus partículas finas. Publicación Minería y Geología. Vol. 12. No. 1/95.
11. Lavaut W. (1998). Tendencias geológicas del intemperismo de las rocas ultramáficas en Cuba Oriental. Publicación Minería y Geología. Vol. 1.
12. Buguelsky Y.Y, Finko V.I., Samotoin N.D., et al. (1989). Minerales arcillosos de las Cortezas de Intemperismo tropicales: Mecanismo de cristalización y génesis. XXVIII sesión del Congreso Geológico Mundial de Washington.
13. Rojas A. (2001). Evidencias a favor de que la Goethita es la principal portadora de Níquel en los horizontes lateríticos de las cortezas ferro niquelíferas. Publicación Minería y Geología. Vol. XVIII, Nos. 3-4, pp. 21-31.

14. Sobol S. I. (1968). Composición mineralógica de lateritas de Moa y su influencia sobre los procesos de lixiviación por ácido sulfúrico en autoclaves. Revisata Tecnológica Vol. 1.
17. Coleman R, 1977 "Ophiolites", springer- verlag, pg ,262, Berlin , New York.
18. CAME 1970. CIG Características de la estructura geológica de la Republica de Cuba. Delegación de la Republica de Cuba al Comité permanente del CAME para Geología.
19. Iturralde.M 1996 Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba printed in Miami USA, 254 pag.
20. Ivanov.V, Shoj.V y otros, 1985. De la exploración detallada del yacimiento de menas níquelíferas Las Camariocas, realizadas durante los años 1976-1978, con cálculo de reservas actualizado hasta el 1er de Enero de 1984. Fondo Geológico E.G.M.O.
21. Mc Pherson D, 1981 Petrología de las rocas ígneas. Editorial Oriente, Santiago de Cuba.
22. Masón, B, 1996. Principios de Geoquímica, 3era Edición. Departamento de Ciencias Minerales. Museo Nacional de Estados Unidos, Washington, D.C. Edición Internacional Wiley, 329 Pag.
23. Proenza J. 1997 Mineralizaciones de cromita en la faja Ofiolítica Mayarí Baracoa Ejemplo del yacimiento Merceditas Memorias para aspirar al grado científico de Doctor en Ciencias Geológicas. Universidad de Barcelona.
24. Proenza J. 2003 Comentarios en el artículo "Lateritas ocrosas mena Níquel de Punta Gorda, Cuba" por Oliveira et.al. Journal of South. American Earth Sciences 16 199-202 pag.
25. Pérez .R, laborde .M et all, 1994. Informe de la exploración Orientativa del yacimiento Las Camariocas (Este, Norte, Sur) para la evaluación de las menas lateríticas- ferroníquelíferas- cobaltíferas, ejecutados entre los años 1986-1990. Fondo Geológico E.G.M.O.
26. Rodríguez, O et all (1985): Informe sobre los resultados de los Trabajos Geológicos de Búsqueda detallada y Evaluativo en los sectores "La Delta, Cupey, Cantarrana, Santa Teresita y Piloto", con el Cálculo de Reservas 1-1-1985. Informe ONRM.
27. Dallas, M. Cox (2008): Independent Geological on the Nickel Laterite Resource at Agatha North Laterite Project Area, September 2008. Aghata Project Agusan del Norte Province Northern Mindanao, Philippines for Mindoro Resources Limited.
28. JORC, 2004. Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves (The JORC Code 2004 Edition).The Joint Ore Reserves Committee of The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australasian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia (JORC).
29. Coleman R.G. (1977). Ophiolites. Springer Verlag. Berlin Heidelberg. New York.
- 30 .Williams H.,Turner F.G, et al. (1983).Petrografía. Introducción al estudio de las rocas en secciones delgadas. Cia Editorial Continental, S.A. de C.V., México.

- 31 Kerr P.F. (1984). Primera edición Cubana. Mineralogía óptica. Editorial Pueblo y Educación. C. Habana.
- 32. 1965 V. Kenarev realiza trabajos de prospección.
- 33. En el período 1972-1976 se realiza el levantamiento geológico de la antigua provincia de oriente a escala 1: 250 000 por la brigada cubano - húngara de la Academia de Ciencias de Cuba.
- 34. 1989 F. Quintas, estudio estratigráfico del extremo oriental de Cuba.

Anexos

2.1.1. Mapa de datos reales (Yacimiento La Delta. Cuerpo 2)

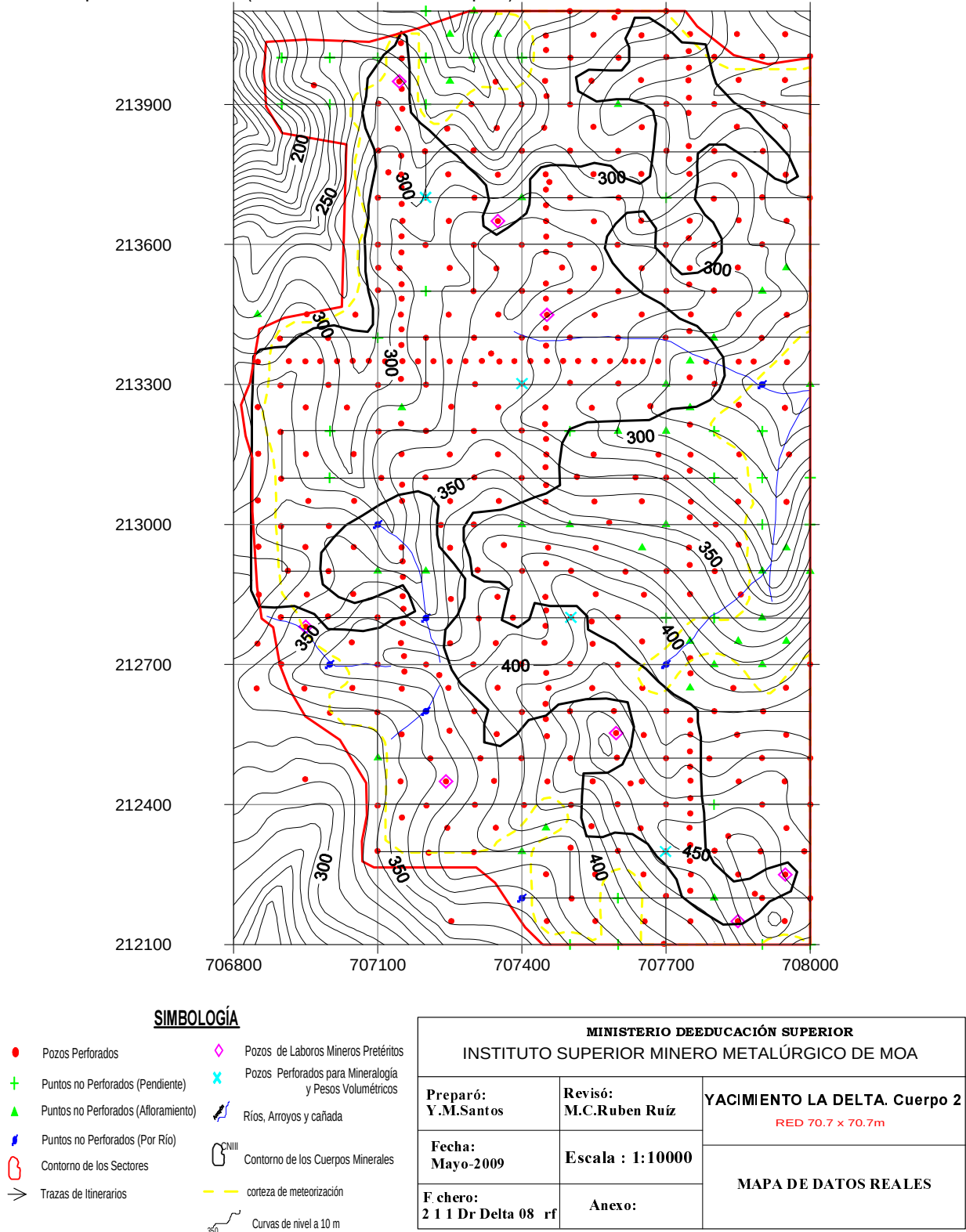


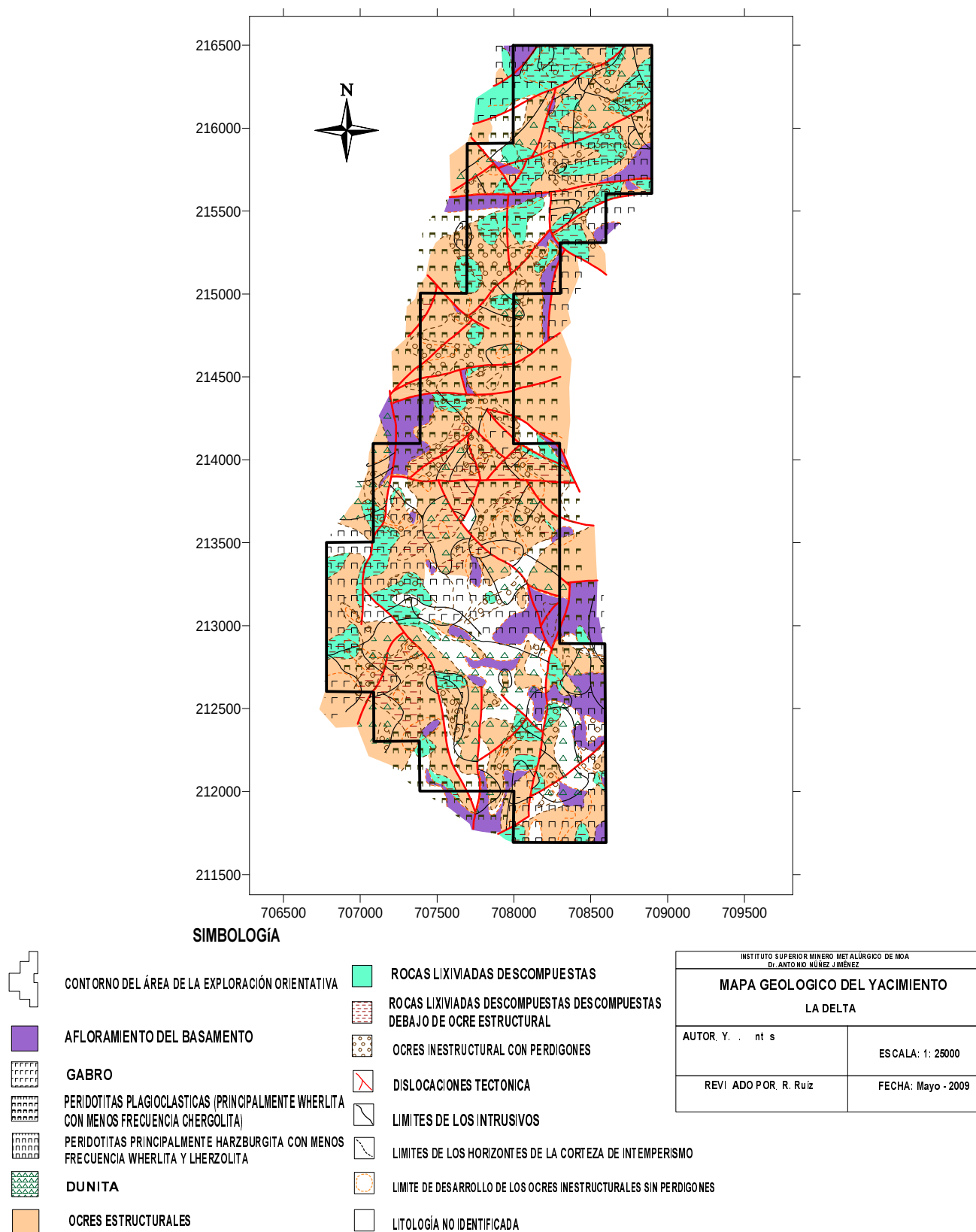
Tabla 2.8.1. Volúmenes por actividades de los trabajos proyectados y ejecutados.

Métodos	Unidad	Volumen		
		Plan	Real	%
Perforación.				
Perforación con el método Espiral	Metros	6400	1963.30	31
Perforación mineralógica con el método Hollow Auger (pozos especiales)	Metros	100	73.00	73
Servicio de Buldózer	Horas	350	341.50	98
Topografía				
Replanteo de pozos	Ptos	500	406	81
Amarre de pozos	Ptos	500	276	55
Geología				
Documentación y muestreo	Mtras	6400	1971	31
Documentación y muestreo mineralógico	Mtras	100	73	73
Itinerario geológico	Km	100	78.30	78
Toma de muestras de sedimentación	Mtras	6000	1733	28
Toma de muestras para Peso Volumétrico	Mtras	100	38	38
Toma de muestras para Petrografía	Mtras	20	7	35
Toma de muestras para lixiviación	Mtras	200	17	9
Toma de muestras para control interno	Mtras	640	156	24
Toma de muestras para control externo	Mtras	320	79	25
Análisis granulométrico 6 clases	Mtras	50	38	76
Análisis mineralógico óptico	Mtras	50	38	76
Recálculo mineralógico de la muestra global	Mtras	300	228	76
Recálculo químico mineralógico por muestras	Mtras	50	38	76
Hidrogeología				
Observaciones hidrogeológicas durante la perforación	Medición	500	276	55
Medición del nivel del agua durante la perforación	Medición	500	268	54
Itinerario hidrogeológico	Km	90	2	2
Medición del caudal	Medición	35	3	8
Laboratorio				
Preparación de muestras	Mtras	6660	2135	32
Análisis químico 8 determinaciones	Mtras	6520	2028	31
Análisis químico 8 determ. Control interno	Mtras	640	156	24
Análisis químico 8 determ. Control Externo	Mtras	320	0	0
Peso Volumétrico	Mtras	100	38	38
Muestra Humedad	Mtras	100	38	38

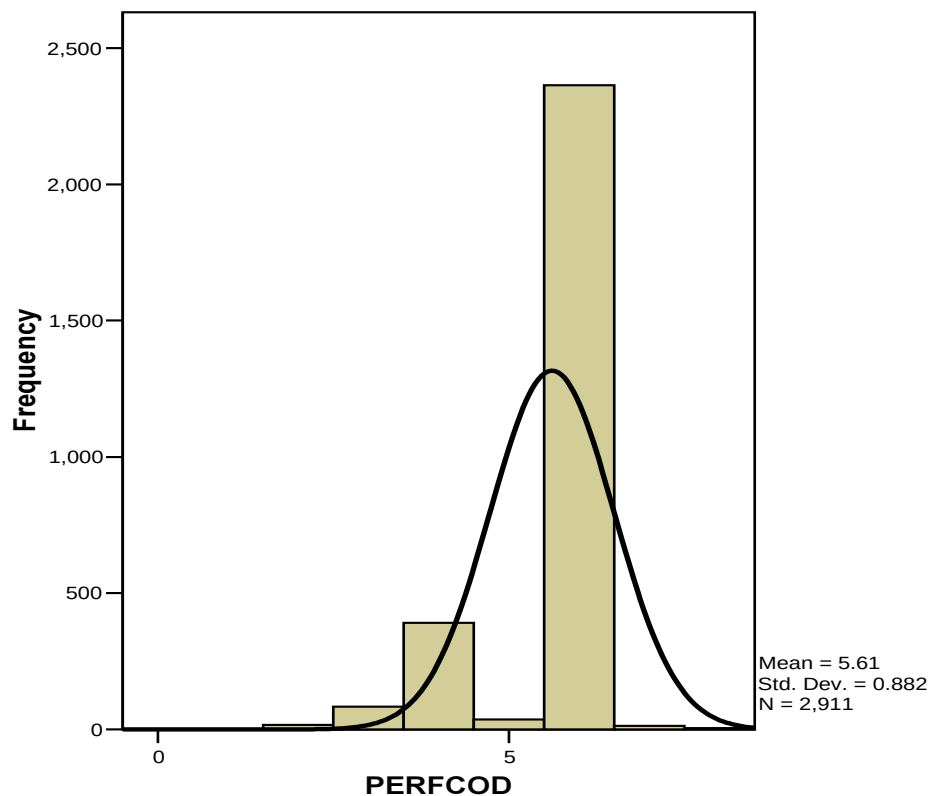
Continuación:

Químismo para mineralogía				
Análisis químico 8 determinaciones/mineralógico	Mtras	300	228	76
Determinación PPI	Mtras	300	228	76
Análisis químico FeO	Mtras	300	228	76
Análisis químico FeO Cr	Mtras	300	228	76
Análisis químico Na y K	Mtras	300	228	76
Determinación de Sílice Libre	Mtras	50	38	76
Determinación de Amorfos Fe, Ni, Co, Si, Al y Mg	Mtras	50	38	76
Análisis Rayos X	Mtras	10	0	0
Químismo para petrografía				
Preparación de secciones delgadas	Mtras	10	0	0
Análisis químico 8 determinaciones/petrografía	Mtras	5	7	140
Análisis químico CaO	Mtras	5	7	140
Análisis químico Na y K	Mtras	5	7	140
Análisis químico TiO ₂	Mtras	5	7	140
Análisis químico P ₂ O ₅	Mtras	5	7	140
Análisis químico PPI	Mtras	5	7	140
Análisis químico FeO	Mtras	5	7	140

3.1.2.2. Mapa geológico del Yacimiento La Delta



3.1.3 Histograma para PERFOD en LD2



Resumen Estadístico para PERFCOD en LD2

Frecuencia = 2911

Media = 5.61457

Mediana = 6.0

Moda = 6.0

Varianza = 0.778537

Desviación típica = 0.882347

Mínimo = 0.0

Máximo = 8.0

Rango = 8.0

Primer cuartil = 6.0

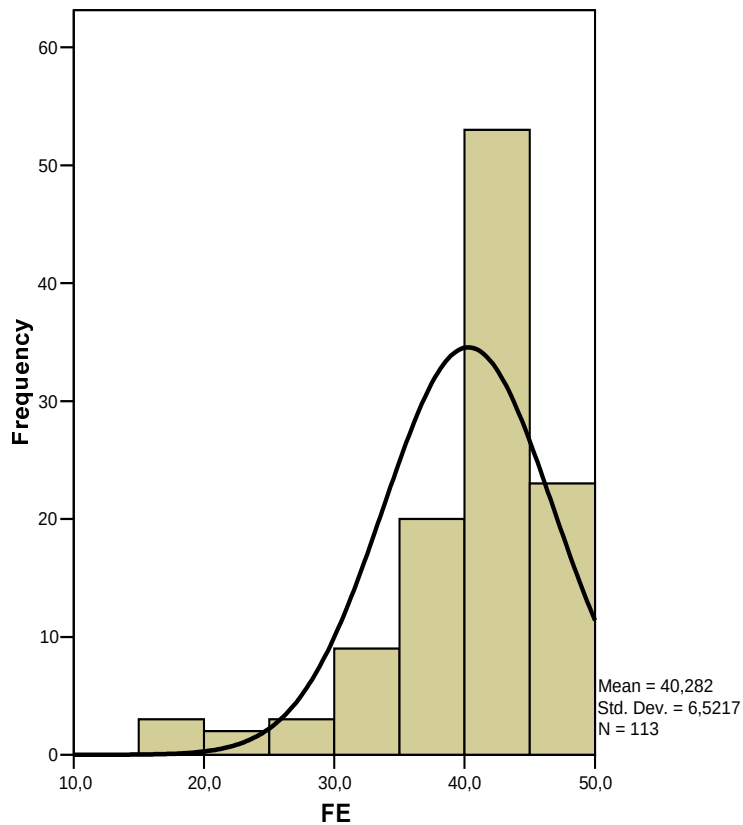
Segundo cuartil = 6.0

Asimetría tipi. = -42.977

Curtosis típificada = 34.1577

Coef. de variación = 15.7153%

3.13.3.2.a. Histograma para Fe en OICP



Resumen Estadístico para FE en OICP

Frecuencia = 113

Media = 40.2823

Mediana = 41.7

Varianza = 42.5324

Desviación típica = 6.52168

Mínimo=5.4

Máximo = 49.3

Rango = 33.9

Primer cuartil = 38.2

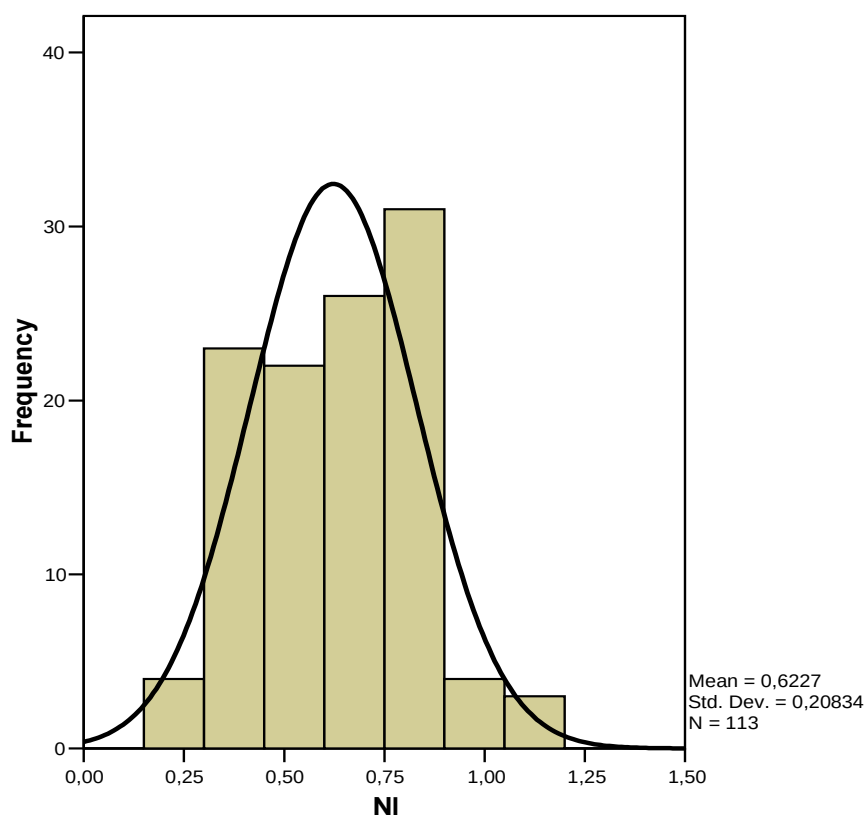
Segundo cuartil = 44.4

Asimetría tipi. = -6.92631

Curtosis típificada = 6.40075

Coef. de variación = 16.1899%

3.1.3.2.b. Histograma para Ni en OICP



Resumen Estadístico para NI en OICP

Frecuencia = 113

Media = 0.622743

Mediana = 0.62

Moda = 0.78

Varianza = 0.0434076

Desviación típica = 0.208345

Mínimo = 0.18

Máximo = 1.1

Rango = 0.92

Primer cuartil = 0.46

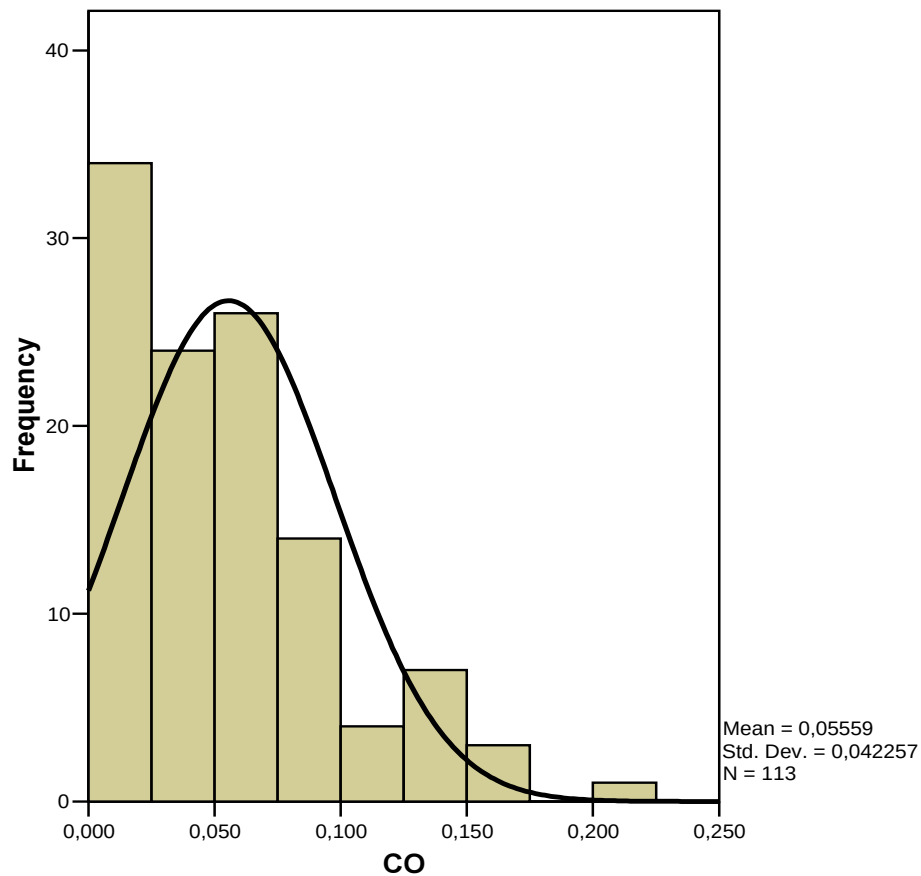
Segundo cuartil = 0.79

Asimetría tipi. = 0.20905

Curtosis típificada = -1.42005

Coef. de variación = 33.456%

3.1.3.2.c. Histograma para Co en OICP



Resumen Estadístico para CO en OICP

Frecuencia = 113

Media = 0.0555929

Mediana = 0.048

Moda = 0.01

Varianza = 0.00178567

Desviación típica = 0.0422572

Mínimo = 0.009

Máximo = 0.214

Rango = 0.205

Primer cuartil = 0.021

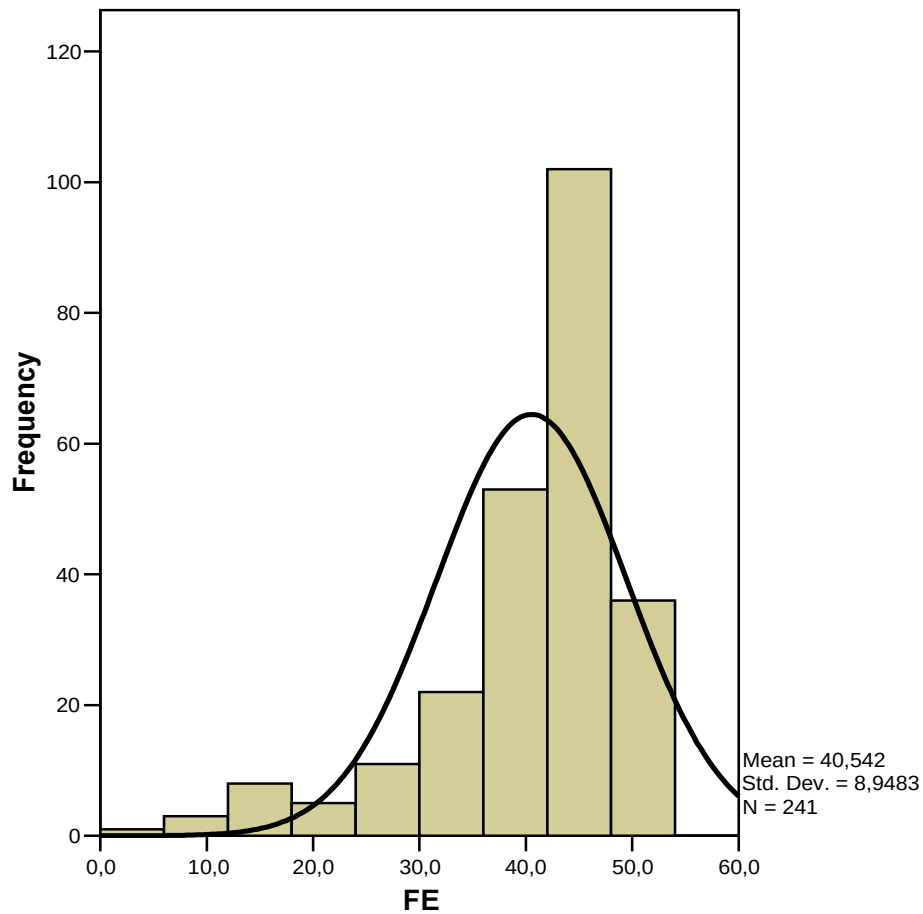
Segundo cuartil = 0.077

Asimetría tip. = 4.89606

Curtosis típificada = 2.39225

Coef.devariación=76.0119%

3.1.3.3.a. Histograma para Fe en OISP



Resumen Estadístico para FE en OISP

Frecuencia = 241

Media = 40.5419

Mediana = 42.8

Moda = 47.3

Varianza = 80.0719

Desviación típica = 8.94829

Mínimo = 5.8

Máximo = 51.1

Rango = 45.3

Primer cuartil = 37.1

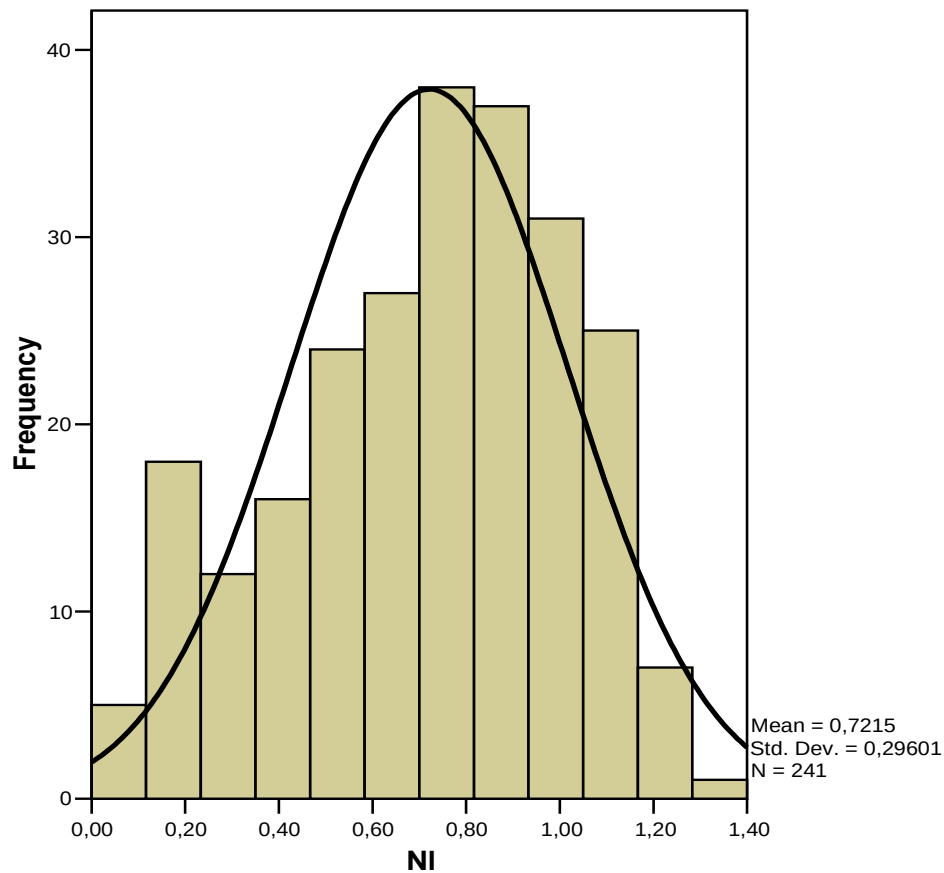
Segundo cuartil = 46.8

Asimetría tipi. = -11.197

Curtosis típificada = 9.94412

Coef. de variación = 22.0717%

3.1.3.3.b. Histograma para Ni en OISP



Resumen Estadístico para NI en OISP

Frecuencia = 241

Media = 0.721494

Mediana = 0.78

Moda = 0.81

Varianza = 0.0876211

Desviación típica = 0.296009

Mínimo = 0.03

Máximo = 1.29

Rango = 1.26

Primer cuartil = 0.53

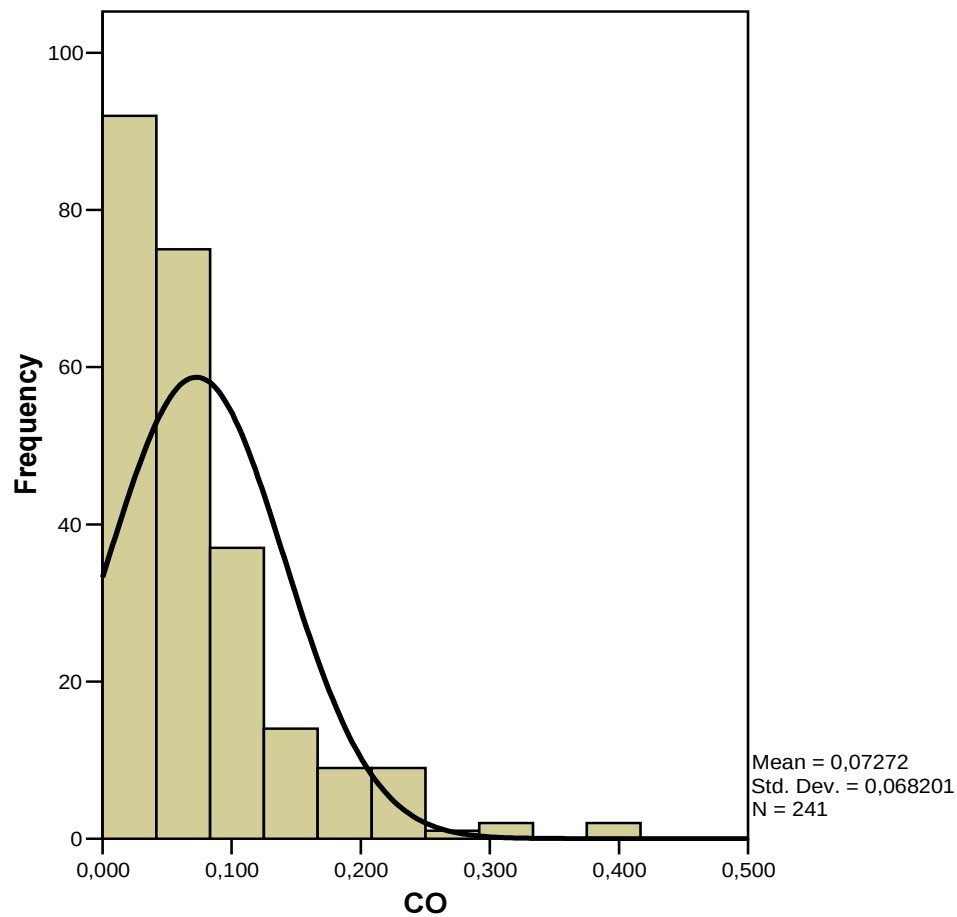
Segundo cuartil = 0.94

Asimetría tipi. = -2.53769

Curtosis tipificada = -2.13632

Coef. de variación = 41.0272%

3.1.3.3.c. Histograma para Co en OISP



Resumen Estadístico para CO en OISP

Frecuencia = 241

Media = 0.072722

Mediana = 0.053

Moda = 0.01

Varianza = 0.00465134

Desviación típica = 0.0682008

Mínimo = 0.004

Máximo = 0.406

Rango = 0.402

Primer cuartil = 0.025

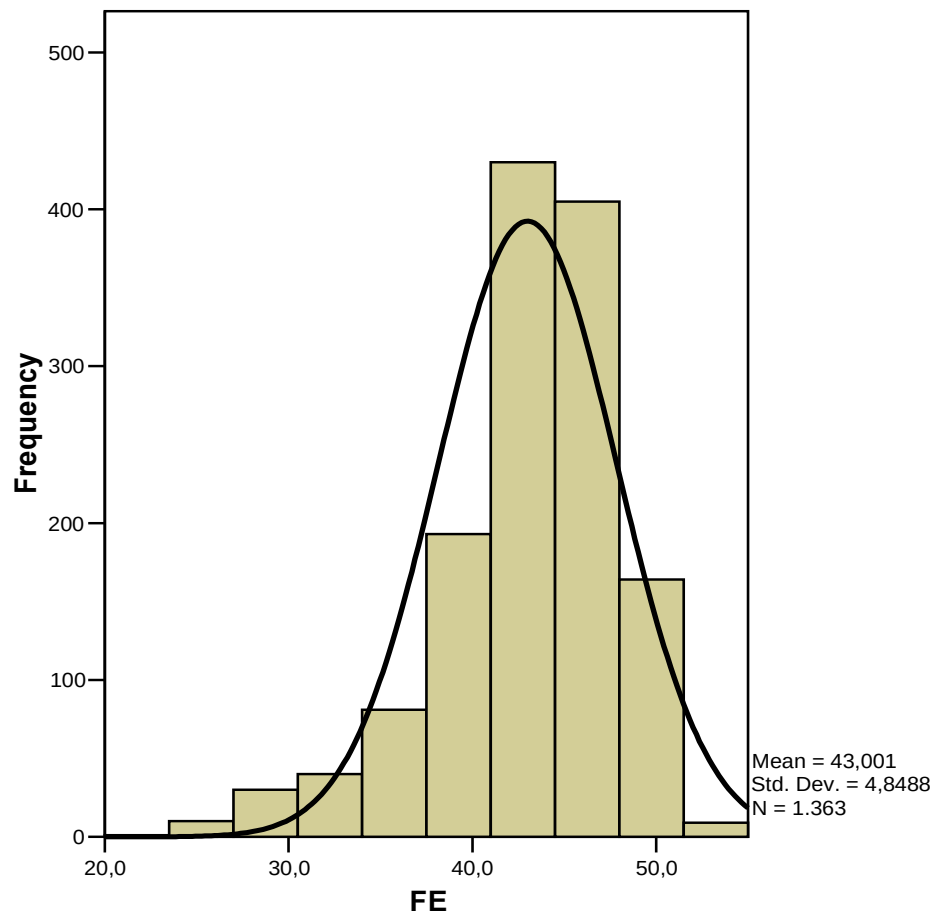
Segundo cuartil = 0.091

Asimetría tipi. = 12.3642

Curtosis típificada = 15.0022

Coef. de variación = 93.7829%

3.1.3.4.a. Histograma para Fe en OEF



Resumen Estadístico para FE en OEF

Frecuencia = 1363

Media = 43.0008

Mediana = 43.7

Moda = 43.0

Varianza = 23.5104

Desviación típica = 4.84876

Mínimo = 23.2

Máximo = 54.4

Rango = 31.2

Primer cuartil = 40.7

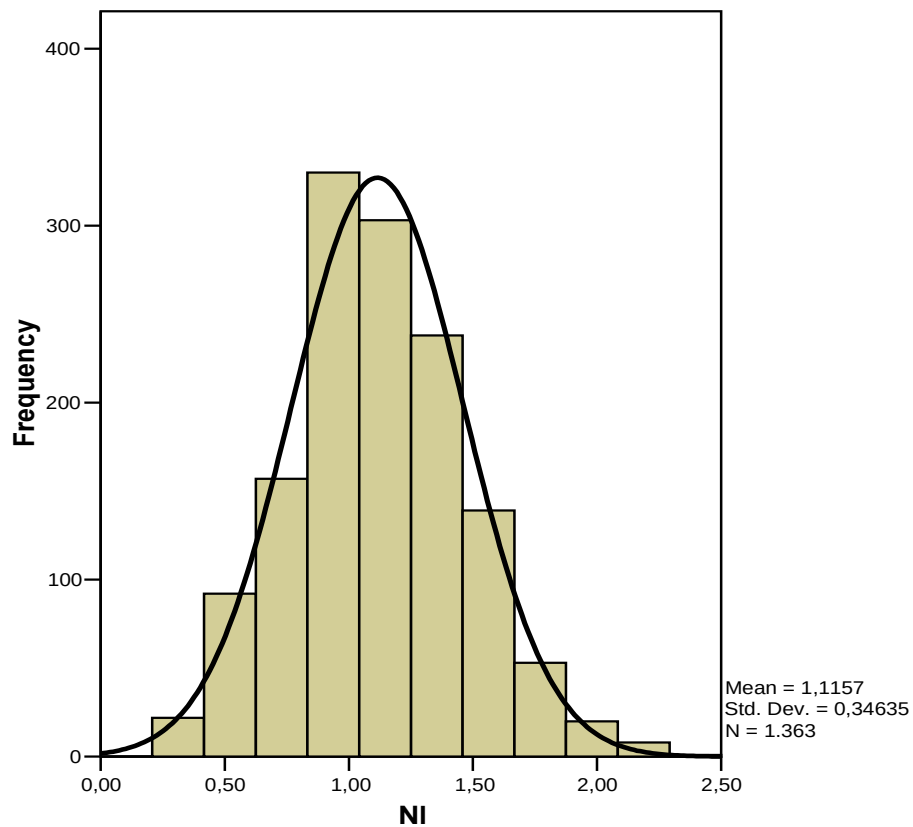
Segundo cuartil = 46.3

Asimetría tipi. = -16.0392

Curtosis típificada = 11.7701

Coef. de variación = 11.276%

3.1.3.4.b. Histograma para Ni en OEF



Resumen Estadístico para NI en OEF

Frecuencia = 1363

Media = 1.11566

Mediana = 1.09

Varianza = 0.119959

Desviación típica = 0.346352

Mínimo = 0.21

Máximo = 2.3

Rango = 2.09

Primer cuartil = 0.88

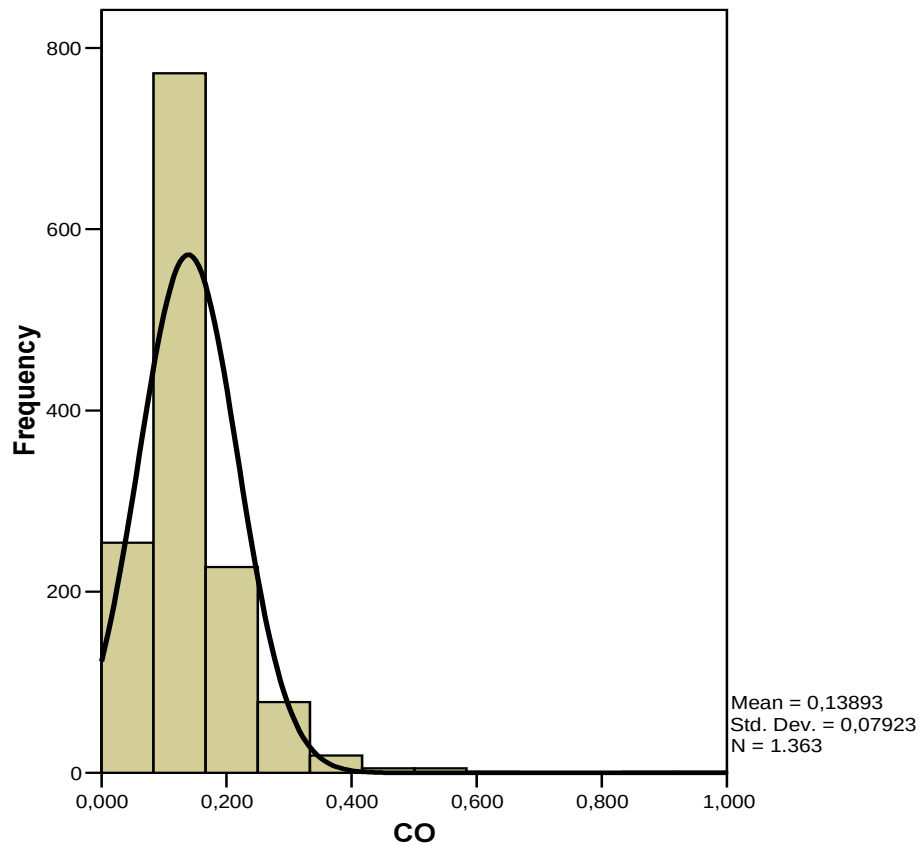
Segundo cuartil = 1.35

Asimetría tip. = 3.86679

Curtosis típificada = 1.44742

Coef. de variación = 31.0444%

3.1.3.4.c. Histograma para Co en OEF



Resumen Estadístico para CO en OEF

Frecuencia = 1363

Media = 0.138933

Mediana = 0.125

Moda = 0.1

Varianza = 0.00627746

Desviación típica = 0.0792304

Mínimo = 0.009

Máximo = 0.96

Rango = 0.951

Primer cuartil = 0.093

Segundo cuartil = 0.166

Asimetría tip. = 39.8054

Curtosis típificada = 123.036

Coef. de variación = 57.0277%

Grafico 3.1.3.5.a Contenidos promedios y distribución de los Diques y espesores de Mafitas en el cuerpo LD2

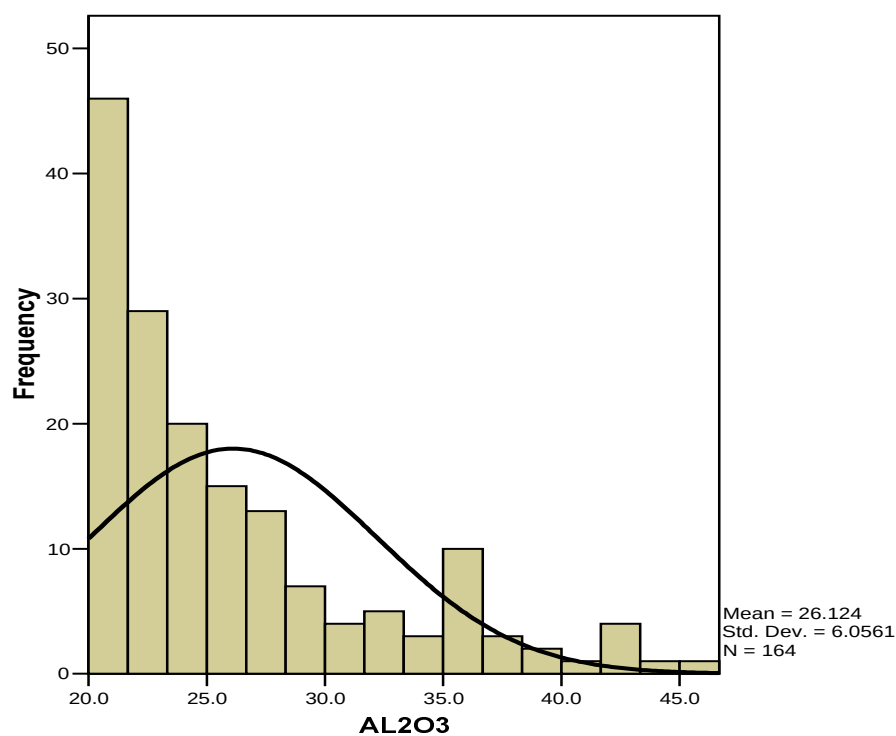
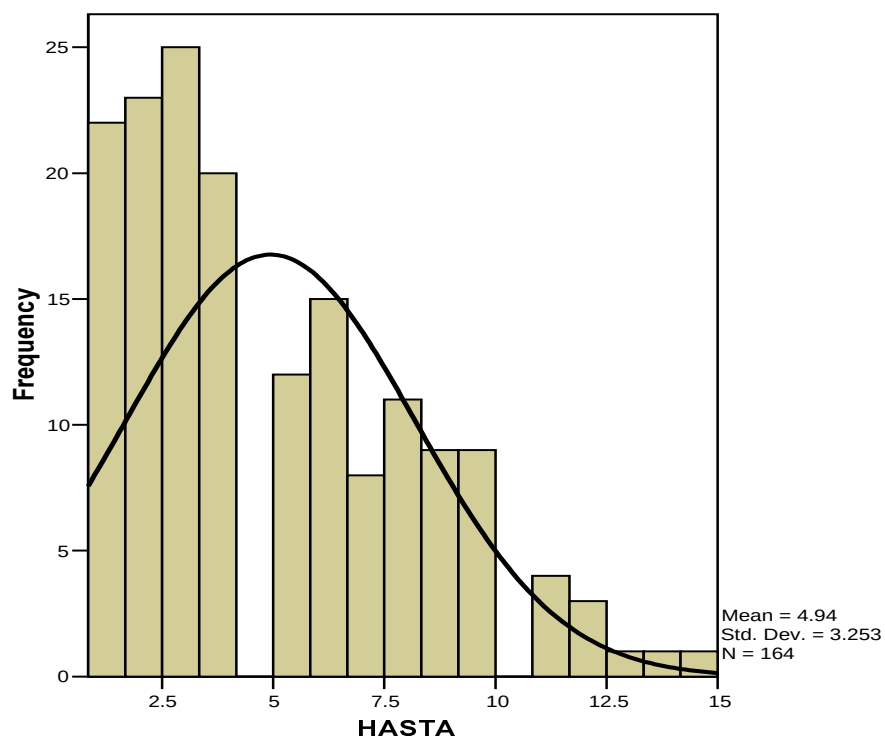
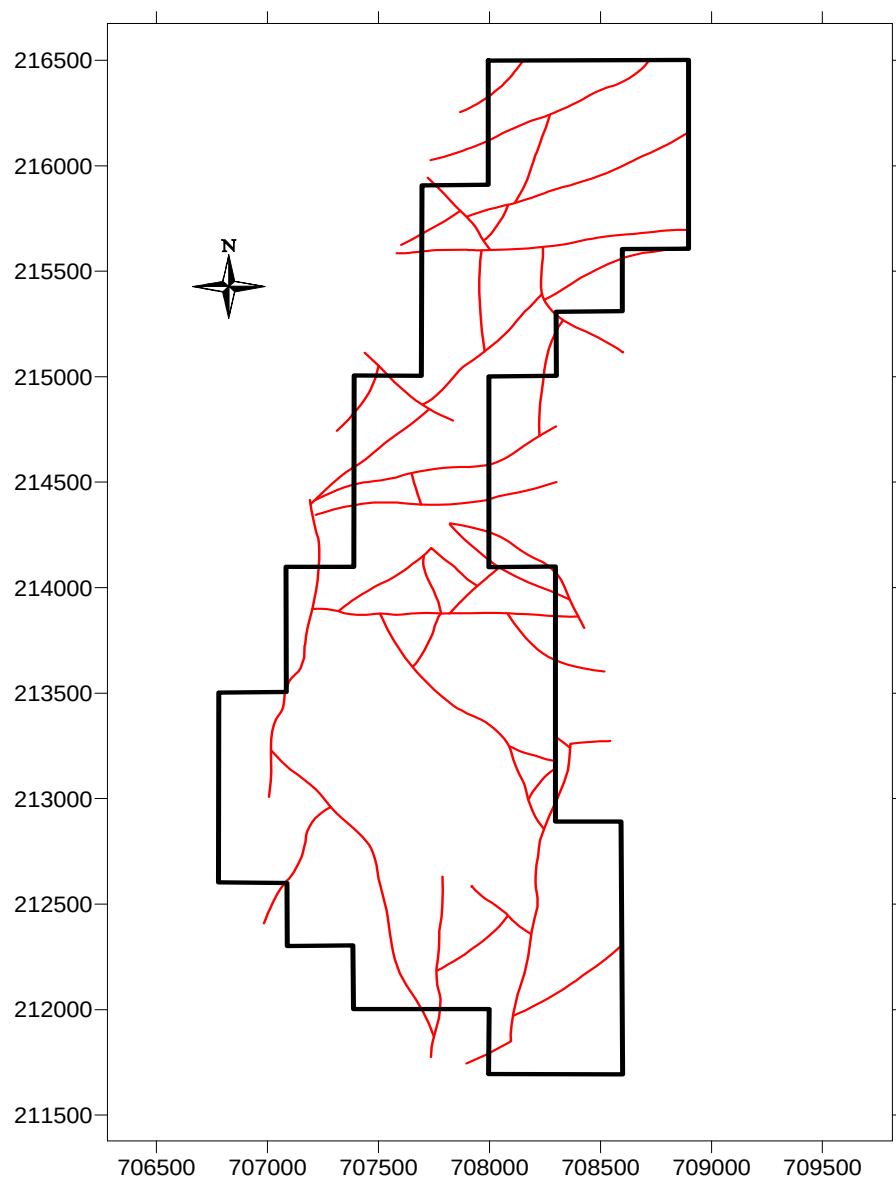


Grafico 3.1.3.5.b. Profundidad promedio donde fueron interceptados los diques y potencias de mafitas.



3.3.1. Mapa tectónico del Yacimiento La Delta

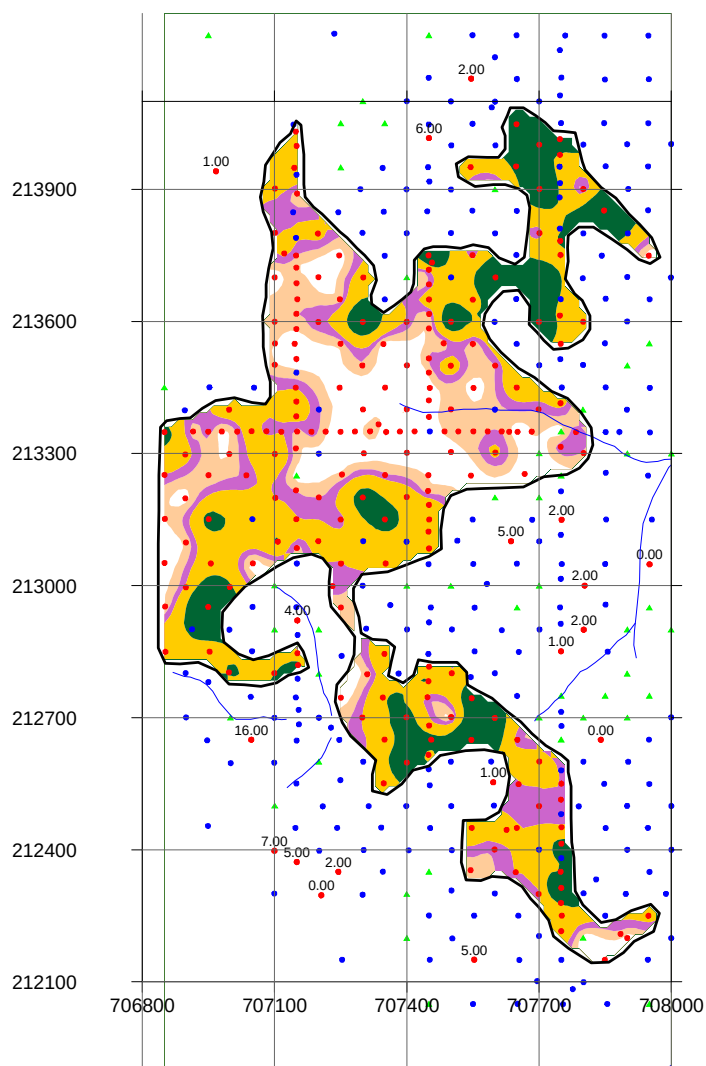
**SIMBOLOGÍA**

 CONTORNO DEL ÁREA DEL YACIMIENTO

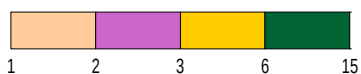
 DISLOCACIONES TECTONICAS

INSTITUTO SUPERIRO MINERO METALURGICO DE MOA	
MAPA TECTÓNICO DEL YACIMIENTO LA DELTA	
Elaborado por: Y.M.Santos	Escala: 1: 30000
Revisado por: R. Ruíz	Fecha: Mayo - 2009

3.5.3.2. Mapa de isolineas de la potencia de escombro en mena LB (Yacimiento La Delta. Cuerpo 2)

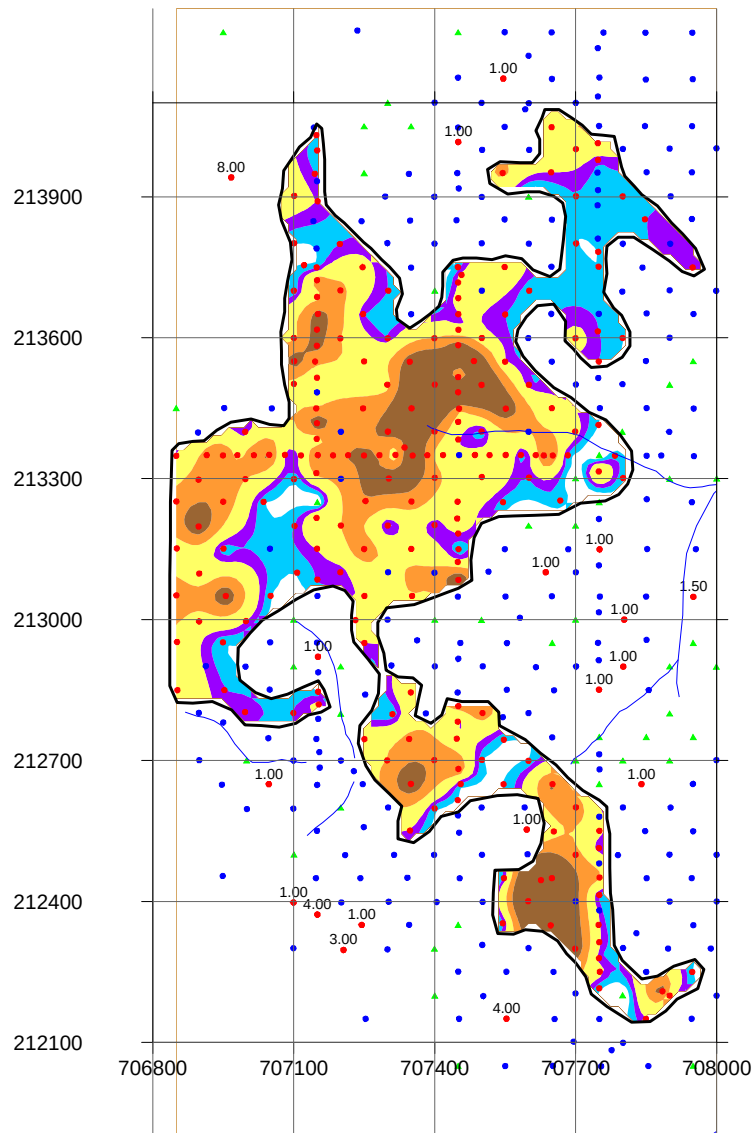
**SIMBOLOGIA**

- Pozos de Balance
- Pozos No Minerales
- ▲ Afloramientos y Pendientes
- Ríos y Arroyos
- Cuerpos Minerales

Potencia de Escombro (m)

MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA		
Preparó: Y.M.Santos	Revisó: M.C.Ruben Ruiz	YACIMIENTO LA DELTA.Cuerpo 2 <i>RED 70.7 x 70.7m</i>
Fecha: Mayo-2009	Escala : 1:12500	
Fichero: DEL08PE.srf	Anexo:	MAPA DE ISOLINEAS DE LA POTENCIA DE ESCOMBRO EN MENA LB

3.5.3.3. Mapa de isolinias de la potencia de mena en mena LB (Yacimiento La Delta. Cuerpo 2)

**SIMBOLOGIA**

- Pozos de Balance
- Pozos No Minerales
- ▲ Afloramientos y Pendientes



Ríos y Arroyos



Cuerpos Minerales

Potencia de Mena (m)

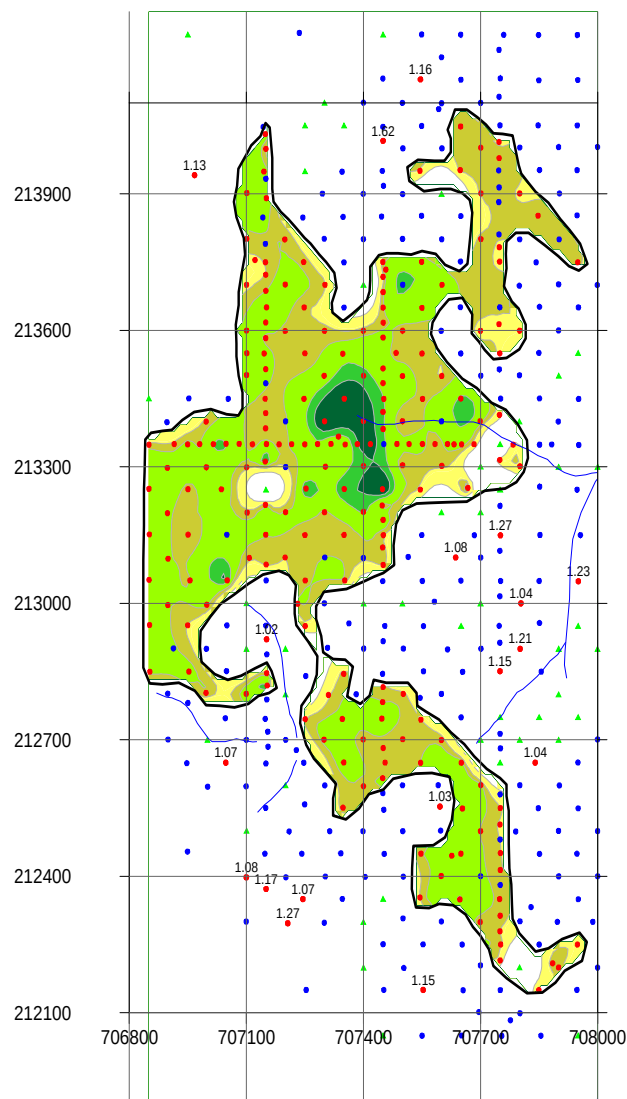


MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR		
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA		
Preparó: Y.M.Santos	Revisó: M.C.Rubén Ruíz	YACIMIENTO LA DELTA. Cuerpo 2 RED 70.7 x 70.7m
Fecha: Mayo-2009	Escala : 1:12500	
Fichero: DEL08PM.srf	Anexo:	MAPA DE ISOLINEAS DE LA POTENCIA DE MENA... EN MENA LB...

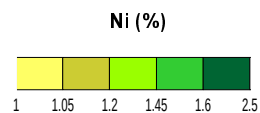
- Pozos de Balance
- Pozos No Minerales
- ▲ Afloramientos y Pendientes
- 🌊 Ríos y Arroyos



3.5.3.5. Mapa de isolineas del contenido de Ni en mena LB (Yacimiento La Delta. Cuerpo 2)

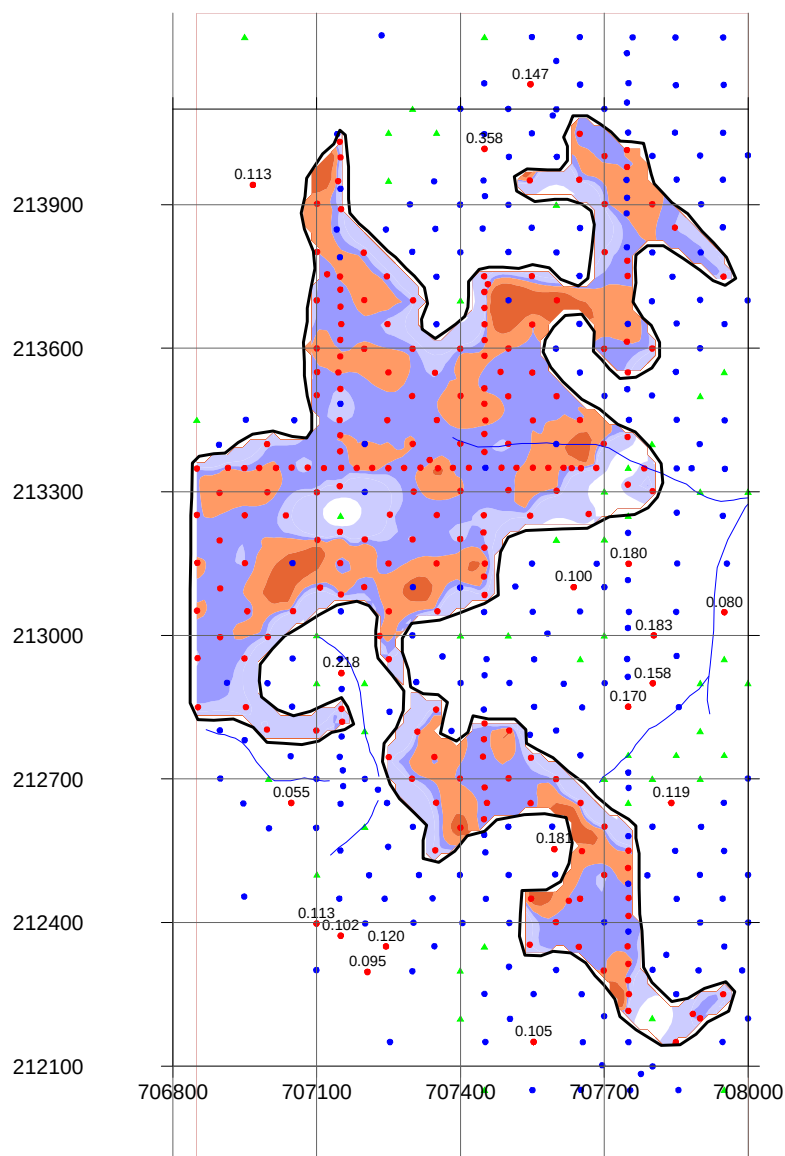
**SIMBOLOGIA**

- Pozos de Balance
- Pozos No Minerales
- ▲ Afloramientos y Pendientes
- ▬ Ríos y Arroyos
- ▭ Cuerpos Minerales

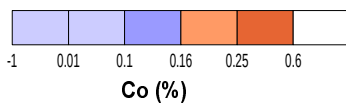


MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR		
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA		
Preparó: Y.M.Santos	Revisó: M.C.Ruben Ruíz	YACIMIENTO LA DELTA.Cuerpo 2 <i>RED 70.7 x 70.7m</i>
Fecha: Mayo-2009	Escala : 1:12500	
Fichero: DEL08NI.srf	Anexo:	MAPA DE ISOLINEAS DEL CONTENIDO DE NI EN MENA LB

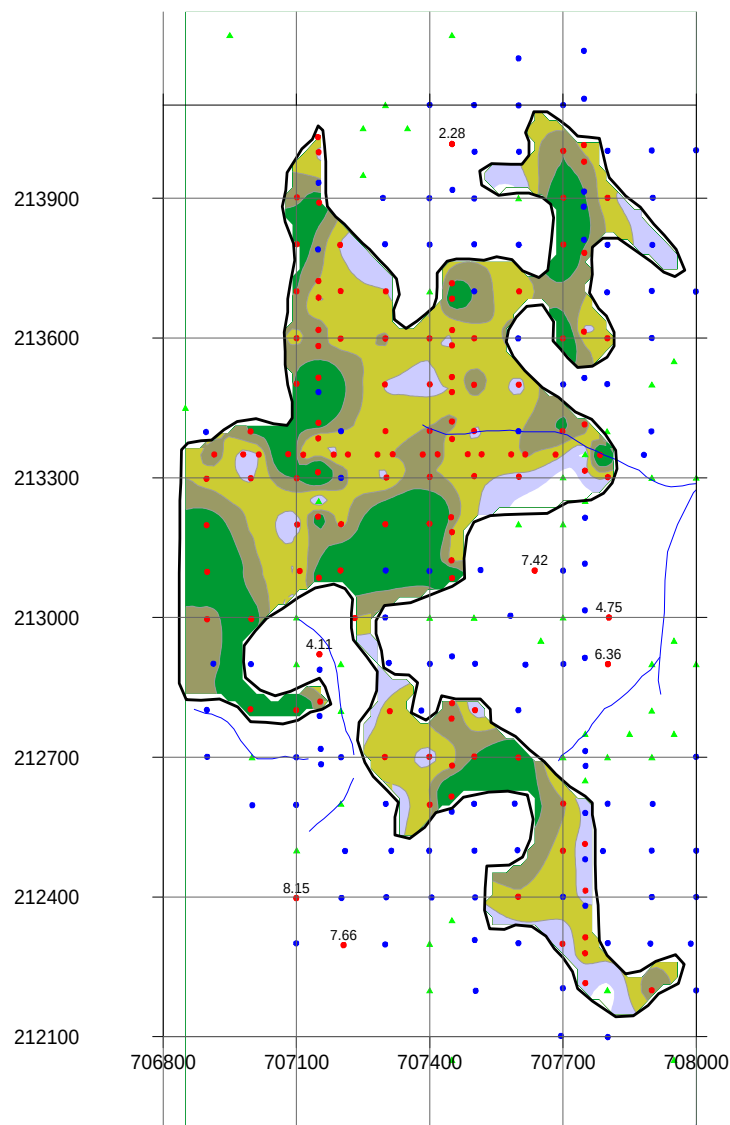
3.5.3.6. Mapa de isolineas del contenido de Co en mena LB (Yacimiento La Delta. Cuerpo 2)

**SIMBOLOGIA**

- Pozos de Balance
- Pozos No Minerales
- ▲ Afloramientos y Pendientes
- ▬ Ríos y Arroyos
- ▭ Cuerpos Minerales



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA		
Preparó: Y.M.Santos	Revisó: M.C.Ruben Ruíz	YACIMIENTO LA DELTA. Cuerpo 2 RED 70.7 x 70.7m
Fecha: Mayo-2009	Escala : 1:12500	
Fichero: DEL08CO.srf	Anexo:	MAPA DE ISOLINEAS DEL CONTENIDO DE CO EN MENA LB

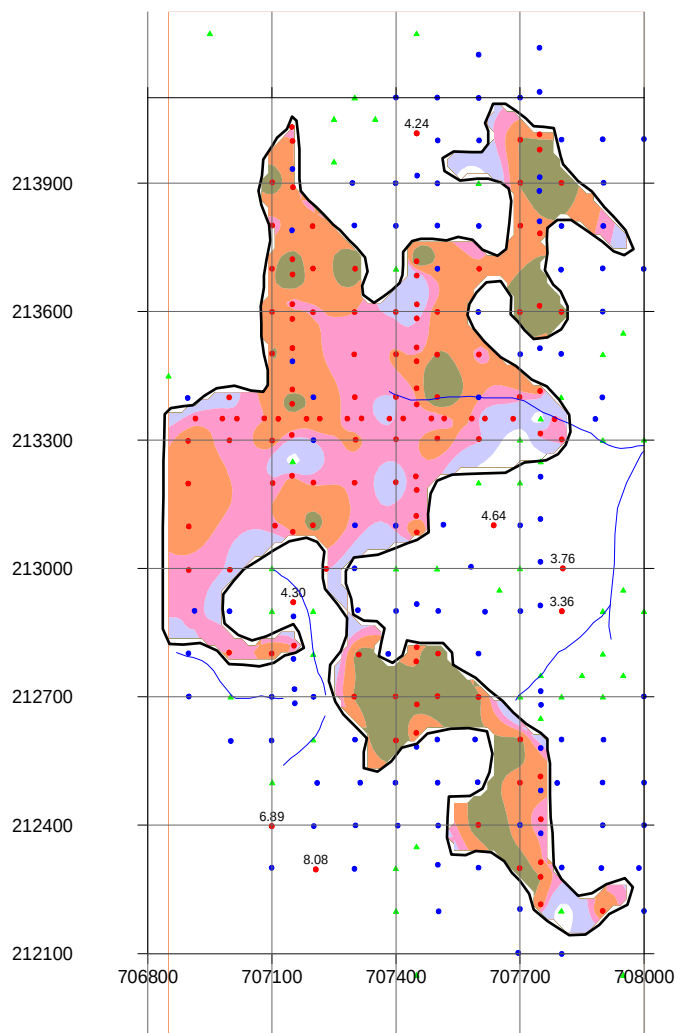
3.5.3.7. Mapa de isolíneas del contenido de SiO₂ en mena LB. (Yacimiento La Delta. Cuerpo 2)**SIMBOLOGIA**

- Pozos de Balance
- Pozos No Minerales
- ▲ Afloramientos y Pendientes
- Ríos y Arroyos
- Cuerpos Minerales

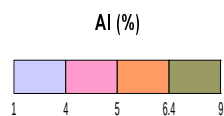
SiO₂ (%)

MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA		
Preparó: Y.M.Santos	Revisó: M.C.Ruben Ruiz	YACIMIENTO LA DELTA.Cuerpo 2 RED 70.7 x 70.7m
Fecha: Mayo-2009	Escala : 1:12500	
Fichero: DEL08SI.srf	Anexo:	MAPA DE ISOLINEAS DEL CONTENIDO DE SiO ₂ EN MENA LB

3.5.3.8. Mapa de isolineas del contenido de AL en mena LB (Yacimiento La Delta. Cuerpo 2)

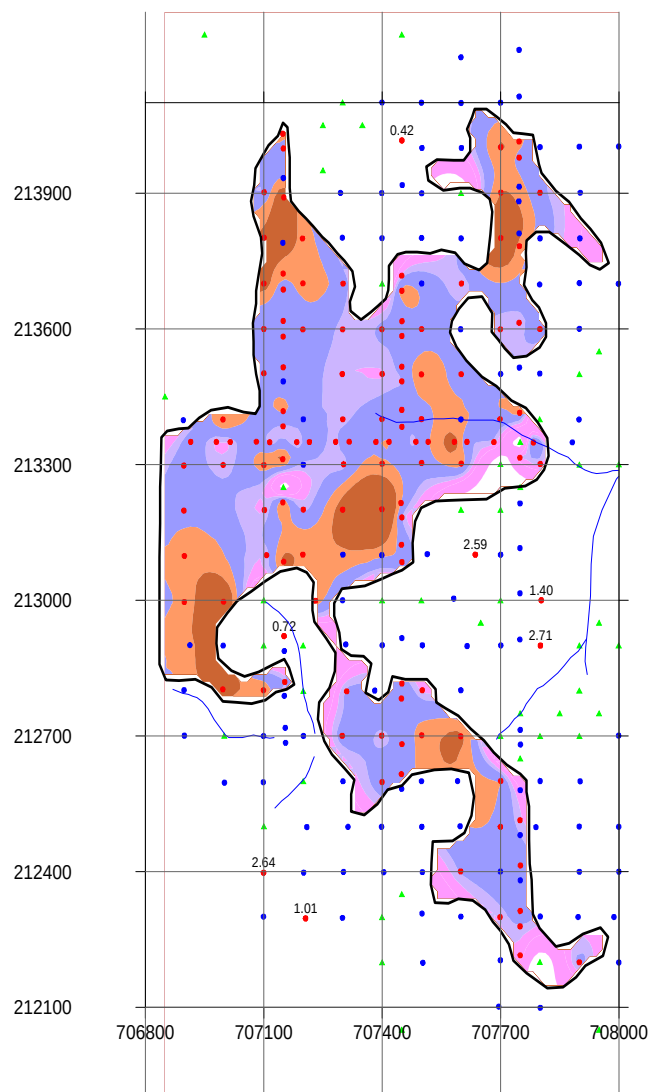
**SIMBOLOGIA**

- Pozos de Balance
- Pozos No Minerales
- ▲ Afloramientos y Pendientes
- ▬ Ríos y Arroyos
- ▭ Cuerpos Minerales



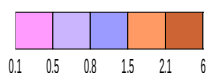
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR		
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA		
Preparó: Y.M.Santos	Revisó: M.C.Ruén Ruíz	YACIMIENTO LA DELTA. Cuerpo 2 RED 70.7 x 70.7m MAPA DE ISOLINEAS DEL CONTENIDO DE AL EN MENA LB
Fecha: Mayo- 2009	Escala : 1:12500	
Fichero: DEL08AL.srf	Anexo:	

3.5.3.9. Mapa de isolineas del contenido de Mg en mena LB (Yacimiento La Delta. Cuerpo 2)

**SIMBOLOGIA**

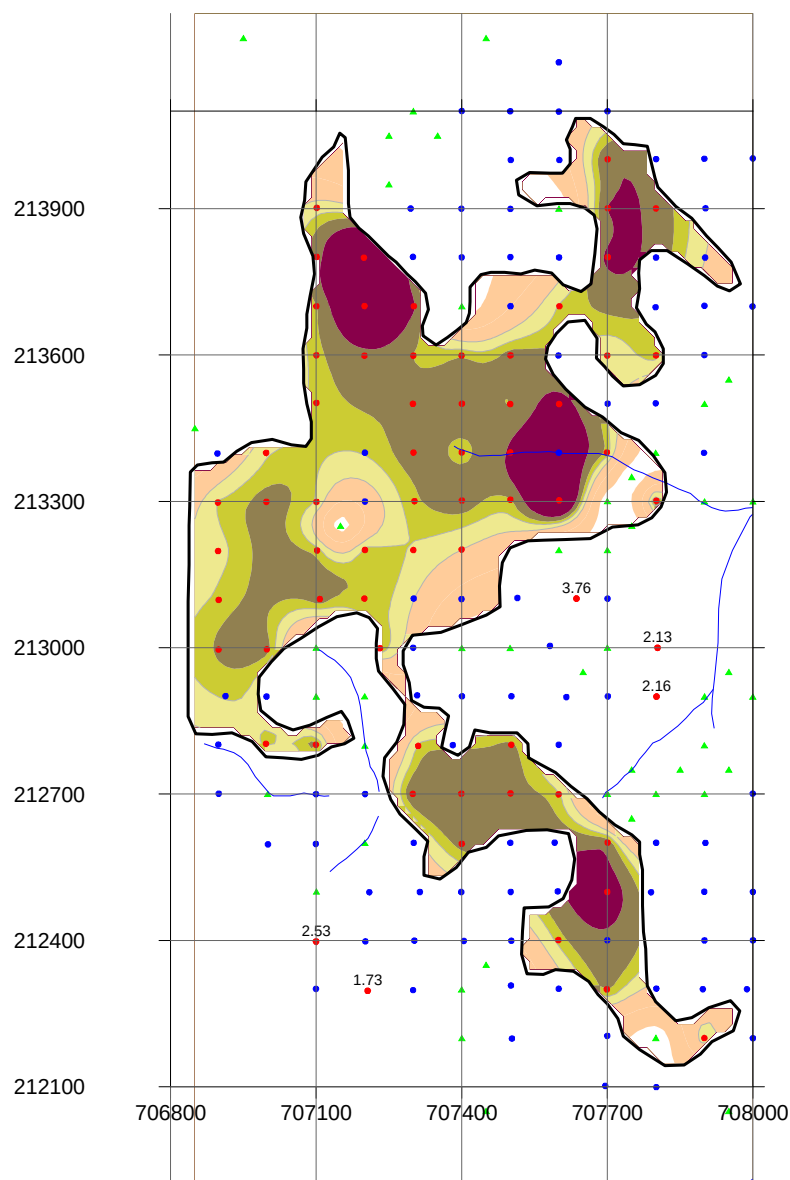
- Pozos de Balance
- Pozos No Minerales
- ▲ Afloramientos y Pendientes
- ▬ Ríos y Arroyos
- ▭ Cuerpos Minerales

Mg (%)

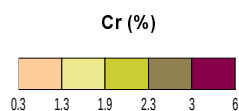


MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR		
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA		
Preparó: Y.M.Santos	Revisó: M. C. Ruben Ruiz	YACIMIENTO LA DELTA. Cuerpo 2 RED 70.7 x 70.7m MAPA DE ISOLINEAS DEL CONTENIDO DE MG EN MENA LB
Fecha: Mayo-2009	Escala : 1:12500	
Fichero: DEL08MG.srf	Anexo:	

3.5.3.10. Mapa de isolas de contenido de Cr en mena LB (Yacimiento La Delta. Cuerpo 2)

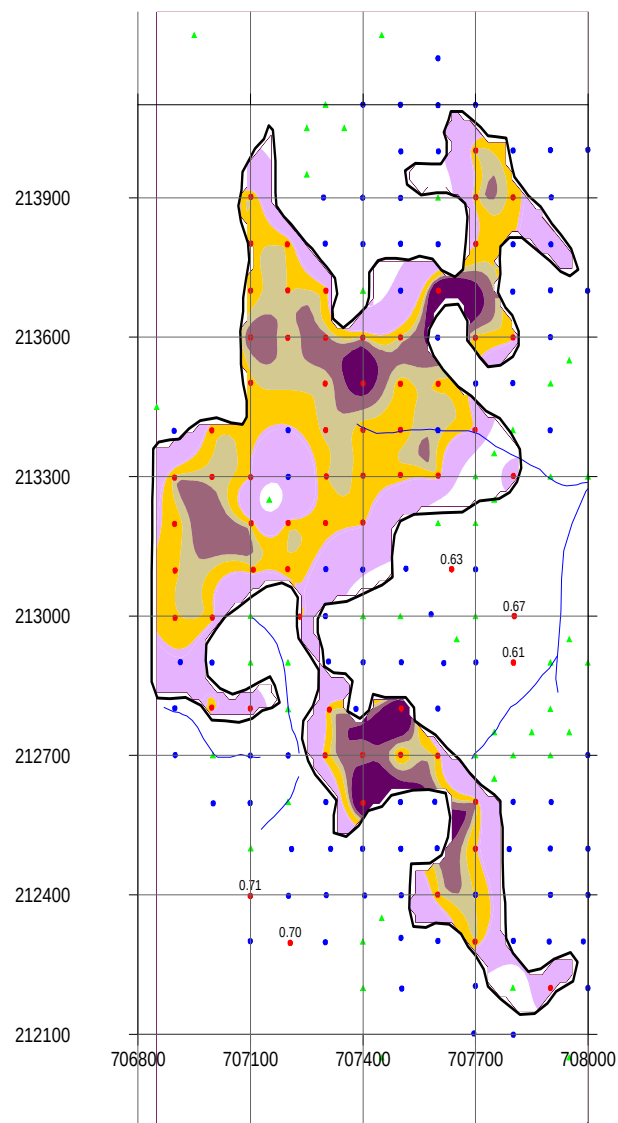
**SIMBOLOGIA**

- Pozos de Balance
- Pozos No Minerales
- ▲ Afloramientos y Pendientes
- Ríos y Arroyos
- Cuerpos Minerales



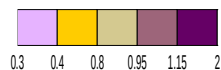
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR		
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA		
Preparó: Y.M.Santos	Revisó: M.C.Ruben Ruíz	YACIMIENTO LA DELTA. Cuerpo 2 RED 70.7 x 70.7m
Fecha: Mayo-2009	Escala : 1:12500	
Fichero: DEL08CR.srf	Anexo:	MAPA DE ISOLINEAS DEL CONTENIDO DE CR EN MENA LB

3.5.3.11. Mapa de isolineas del contenido de Mn en mena LB (Yacimiento La Delta. Cuerpo 2)

**SIMBOLOGIA**

- Pozos de Balance
- Pozos No Minerales
- ▲ Afloramientos y Pendientes
- ▬ Ríos y Arroyos
- ▬ Cuerpos Minerales

Mn (%)



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR		
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA		
Preparó: Y.M.Santos	Revisó: M.C:Ruben Ruíz	YACIMIENTO LA DELTA.Cuerpo 2 <i>RED 70.7 x 70.7m</i>
Fecha: Mayo-2009	Escala : 1:12500	
Fichero: DEL08MN.srf	Anexo:	MAPA DE ISOLINEAS DEL CONTENIDO DE MN EN MENA LB

3.5.3.12. Mapa de isolineas de la velocidad de sedimentación en mena LB. (Yacimiento La Delta. Cuerpo 2)

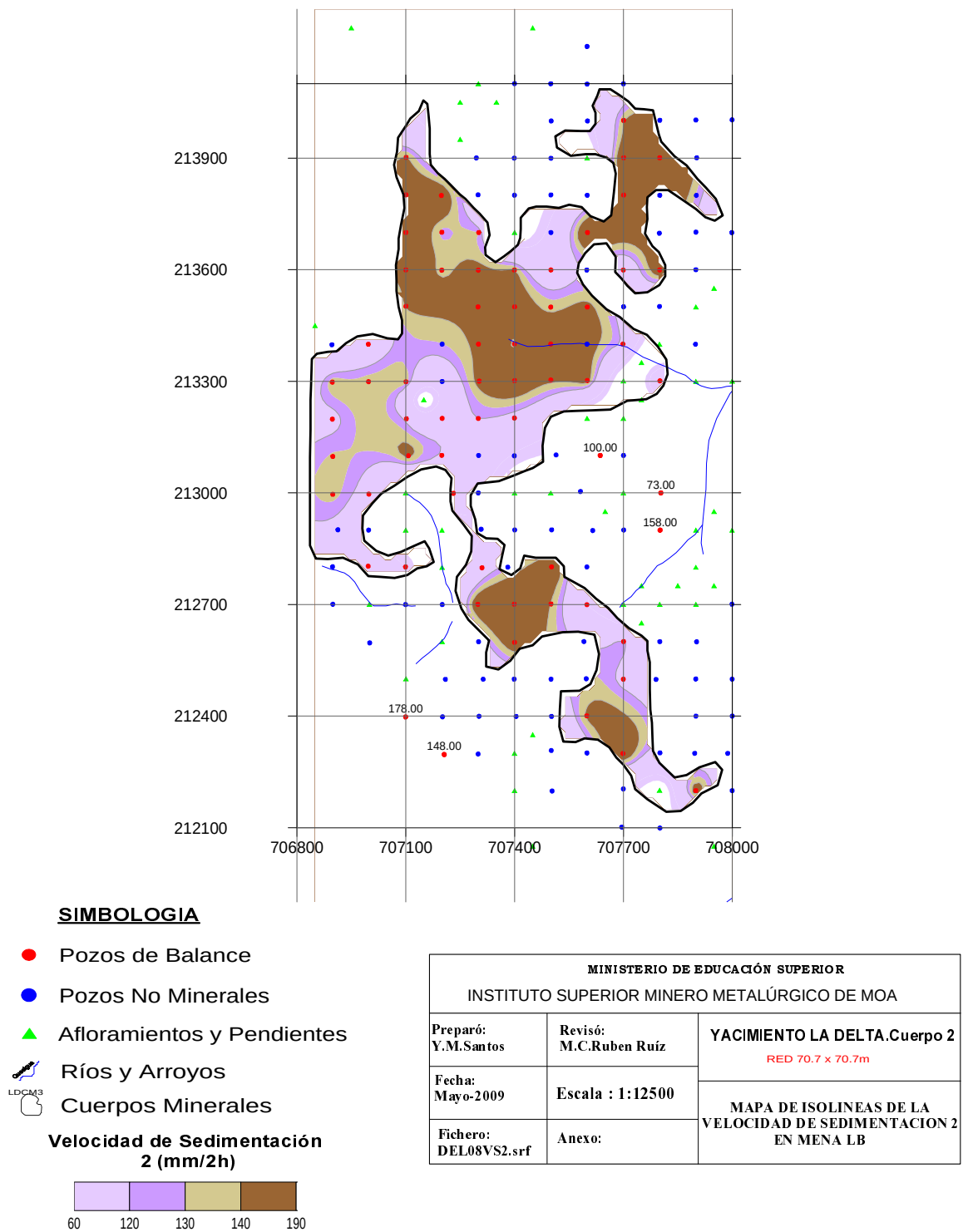


Grafico No. 6.1.1.6

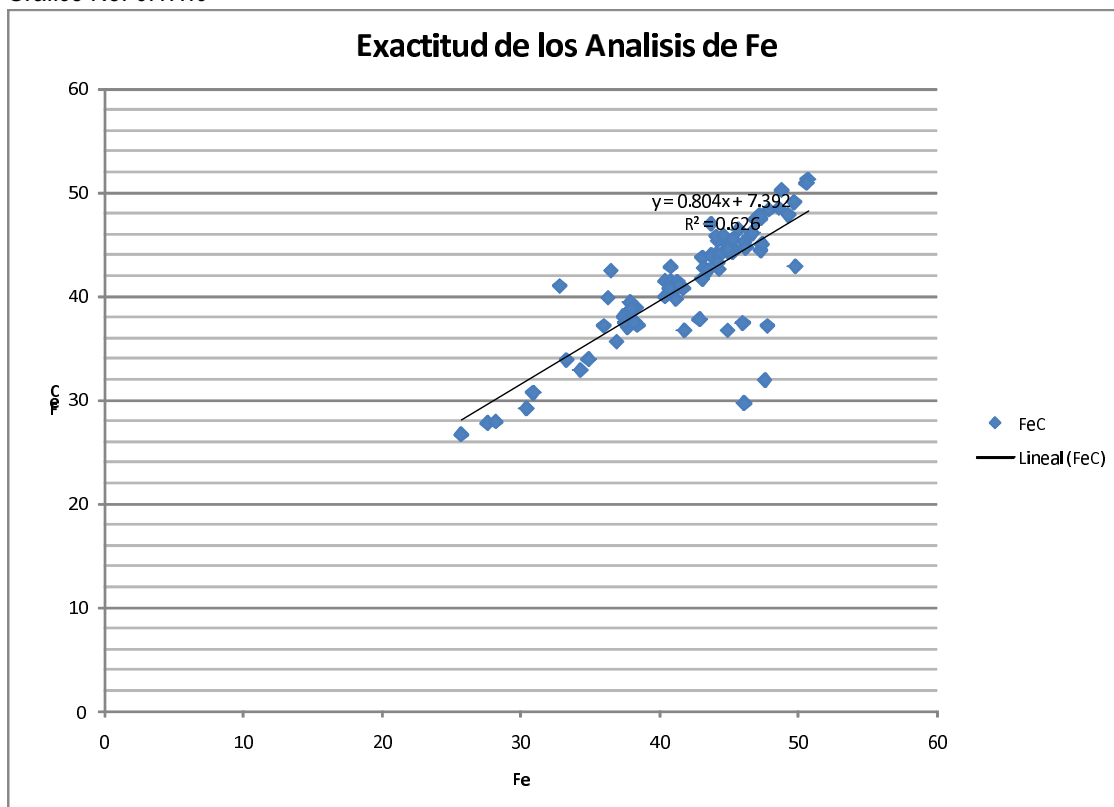


Grafico No. 6.1.1.7

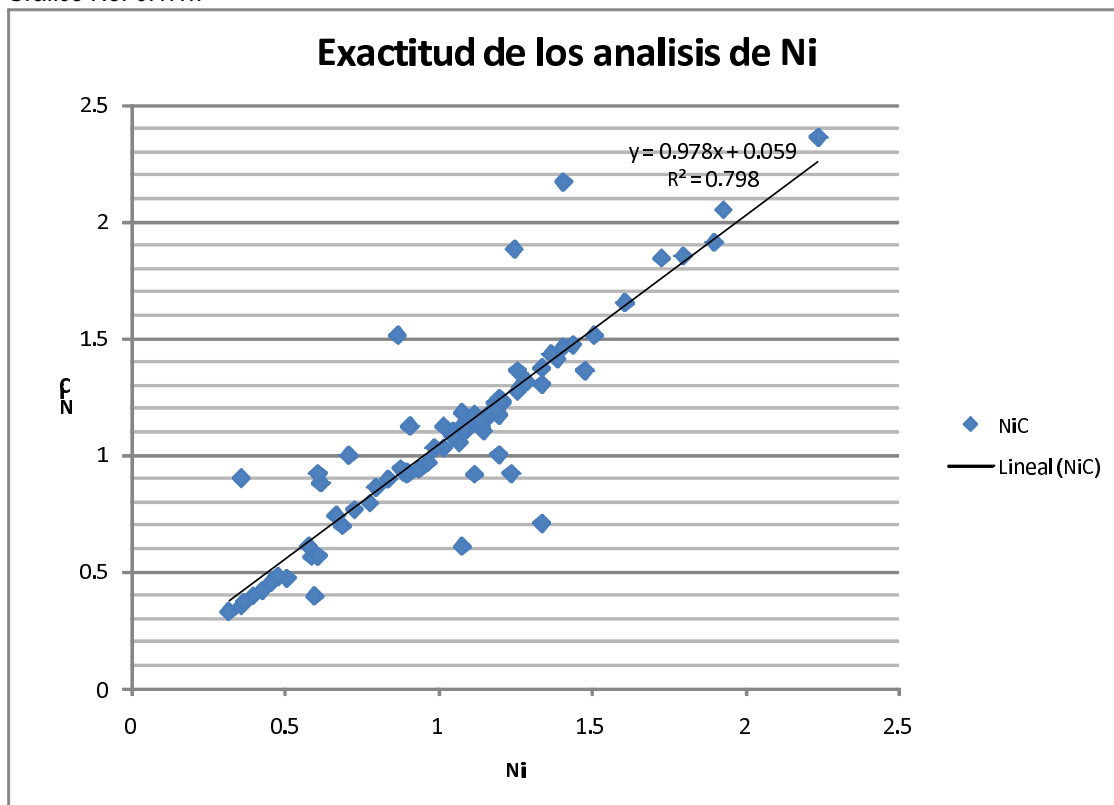


Grafico No. 6.1.1.8

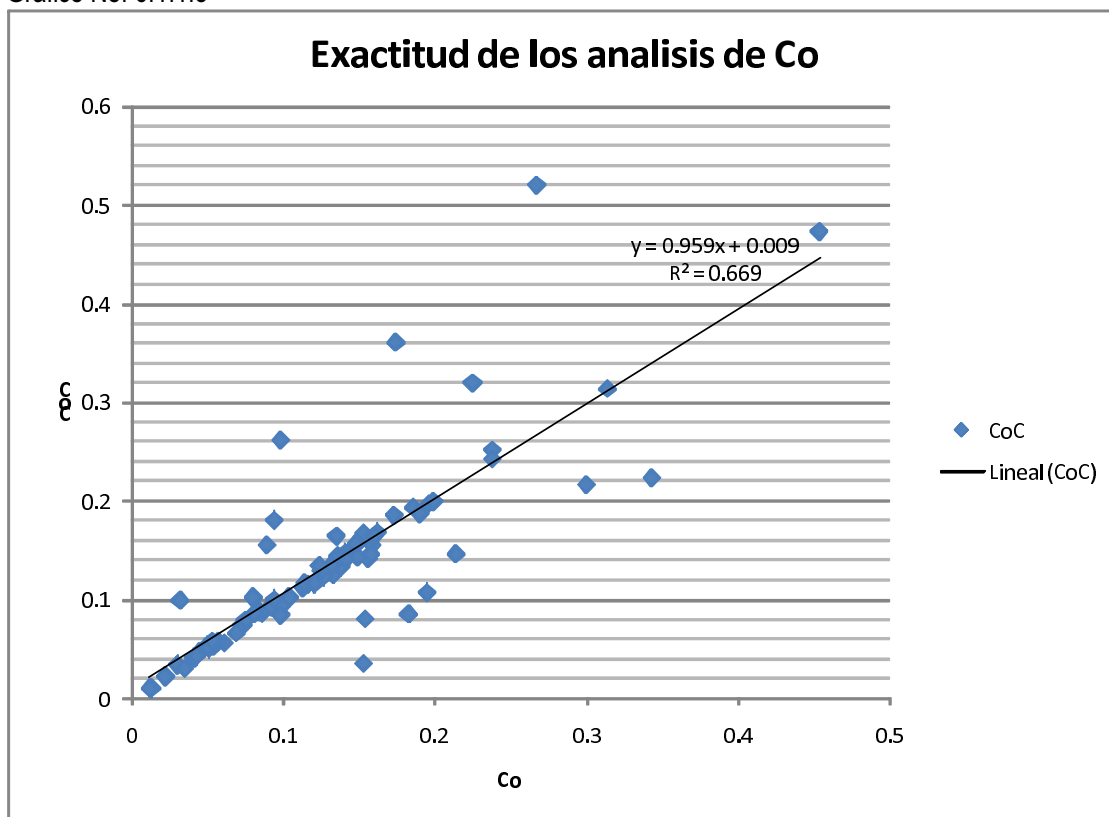


Grafico No. 6.1.1.9

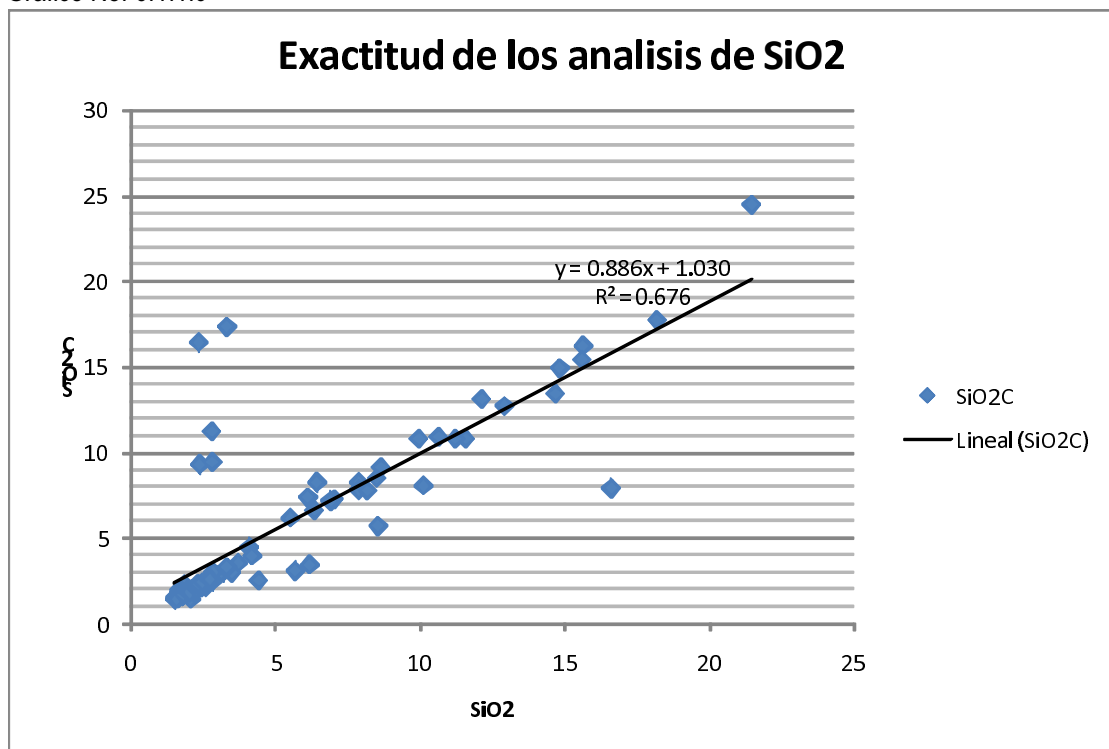


Grafico No. 6.1.1.10

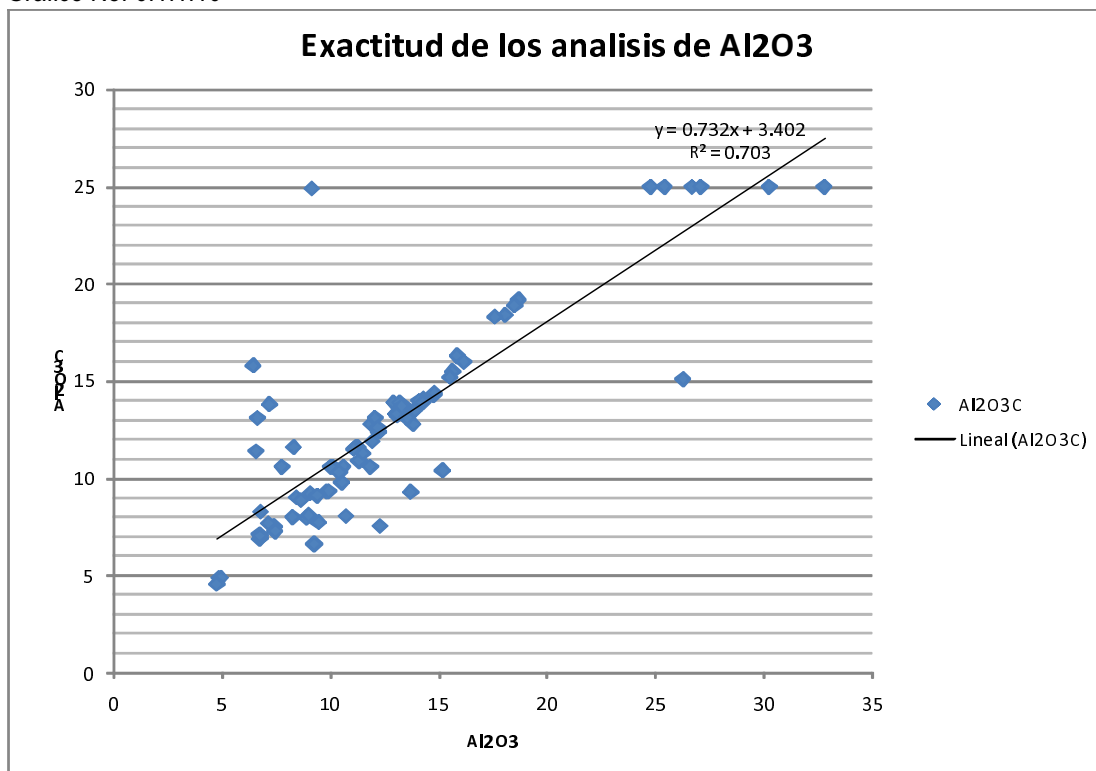


Grafico No. 6.1.1.11

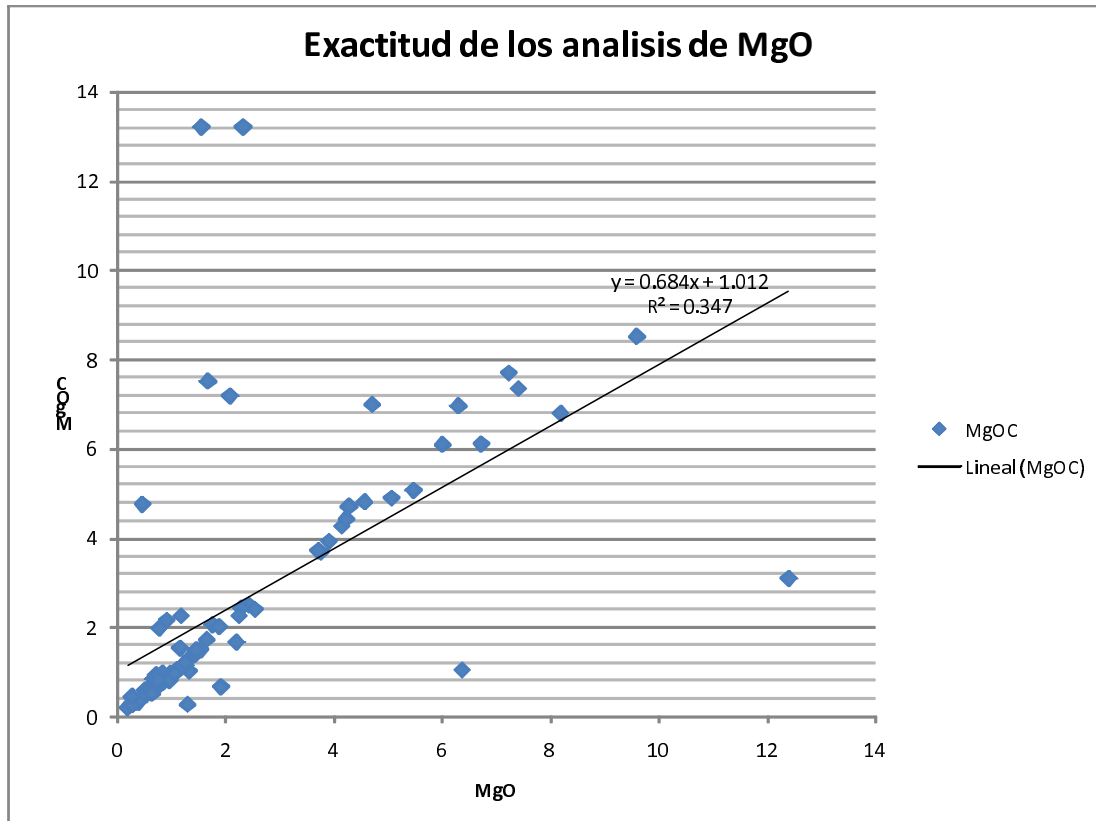


Grafico No. 6.1.1.12

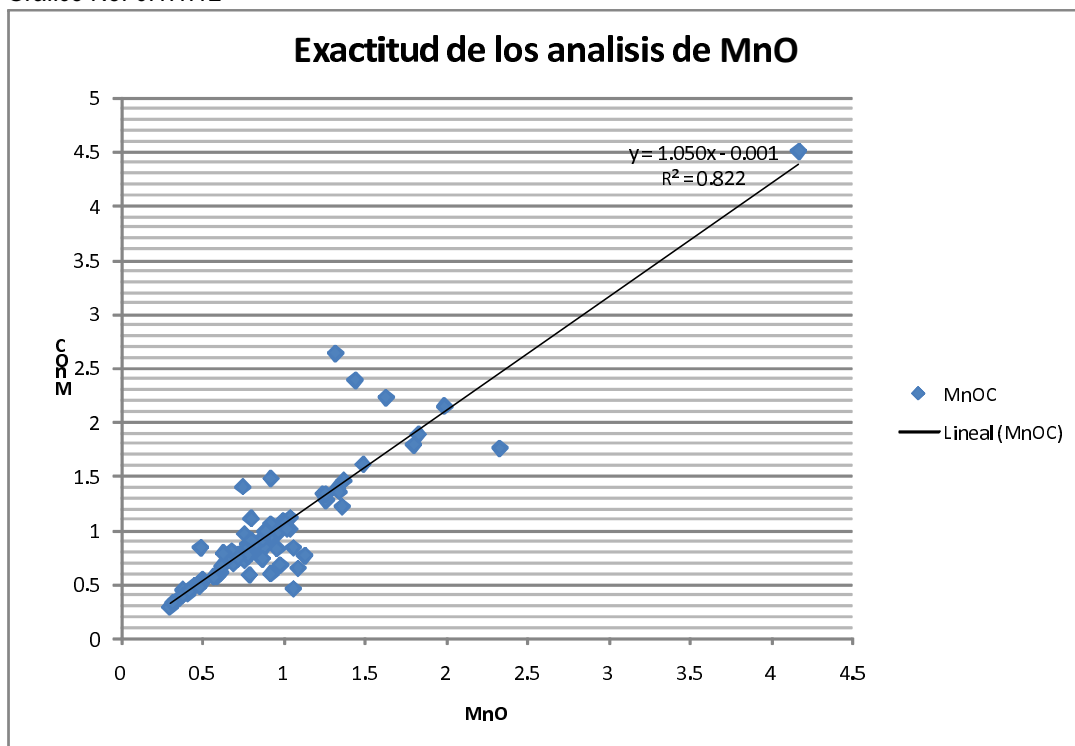
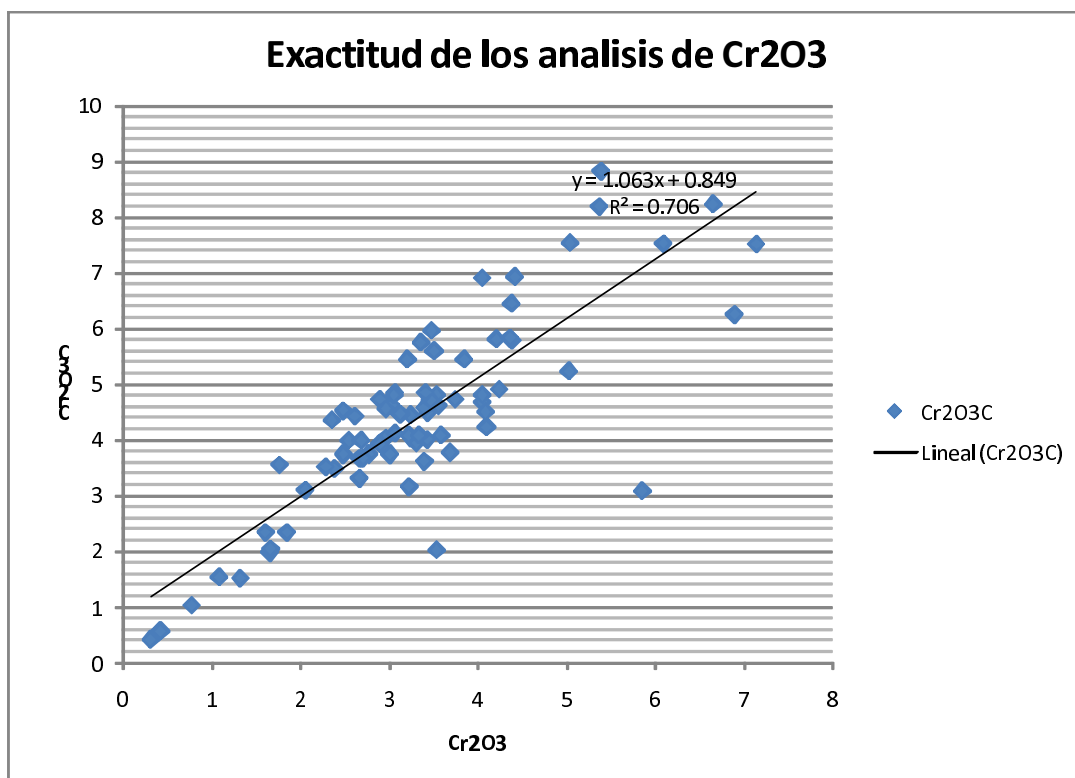


Grafico No. 6.1.1.13



Gráficos 6.1.1.14

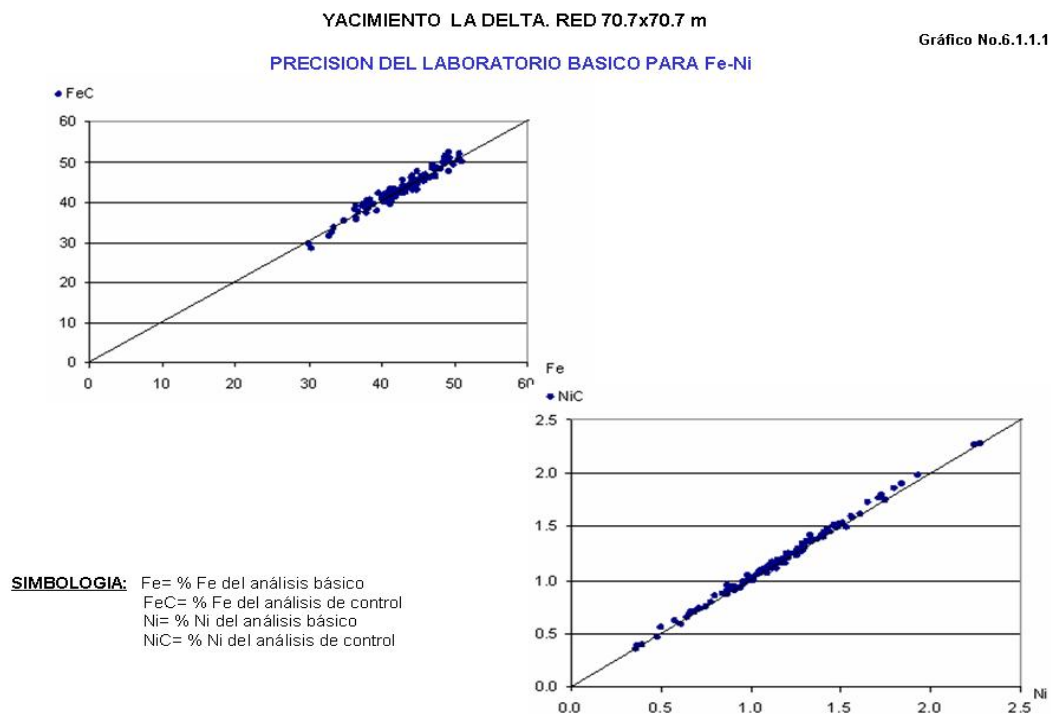


Gráfico 6.1.1.15

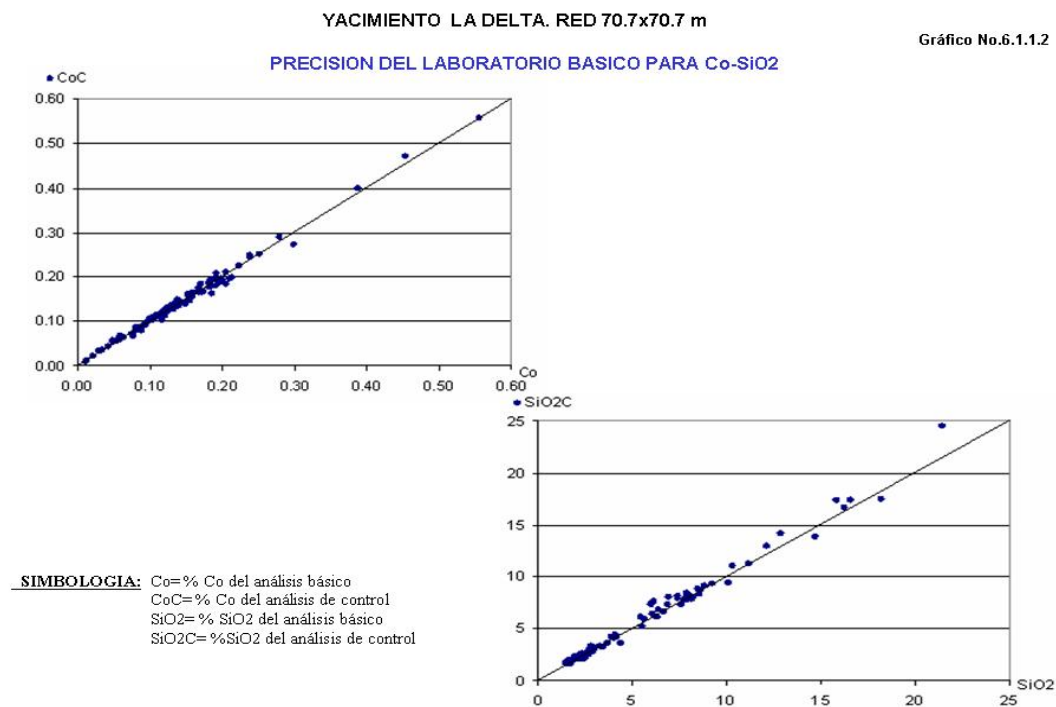


Gráfico 6.1.1.16

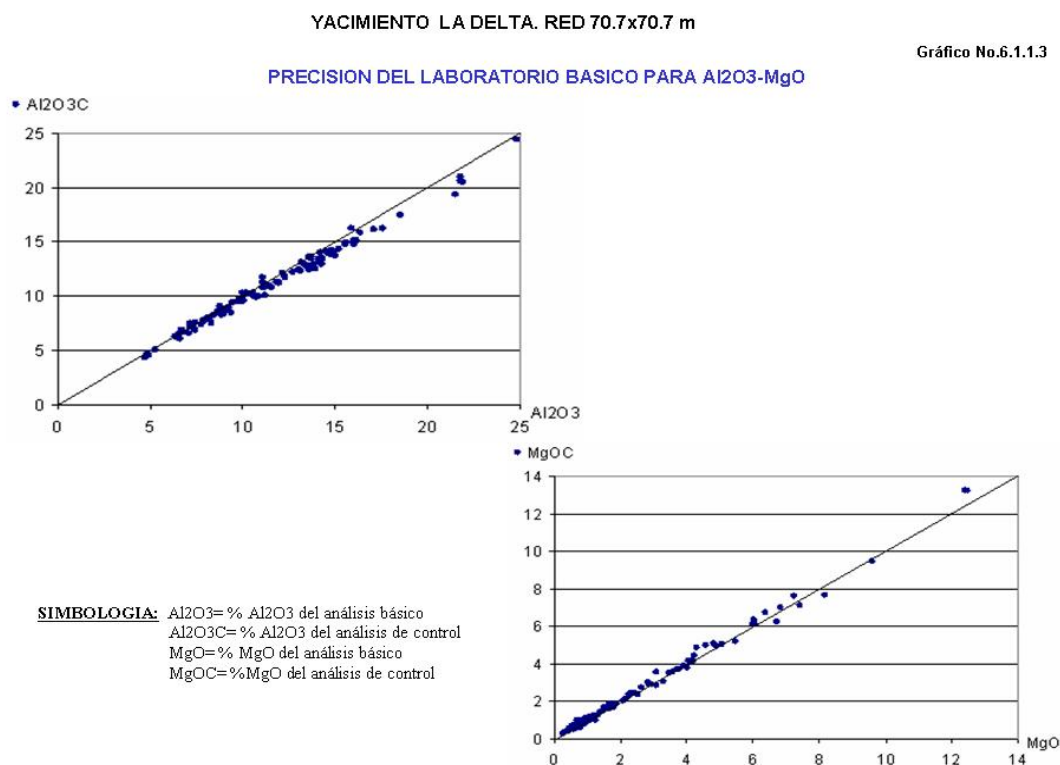


Gráfico 6.1.1.17

