

**PREPARACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PLAN SEMANAL DE  
PERFORACIÓN EN LA MINA DE NIQUEL CERRO MATOSO, MONTELIBANO,  
CÓRDOBA**

**ANA CARMELA RINCON MARTINEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGIA  
BUCARAMANGA**

**2014**

**PREPARACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PLAN SEMANAL DE  
PERFORACIÓN EN LA MINA DE NIQUEL CERRO MATOSO, MONTELIBANO,  
CÓRDOBA**

**ANA CARMELA RINCON MARTINEZ**

**Trabajo de grado para optar al título de geólogo**

**Director**

**Ph.D. Luis Enrique. Cruz Guevara**

**Tutor**

**Geólogo Jorge Ariel García**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGIA  
BUCARAMANGA**

**2014**

## DEDICATORIA

*A mi familia, en especial a mis padres porque este triunfo es fruto de su esfuerzo y dedicación y su recompensa a tantos años de motivación y sacrificios.*

*Jose Bagarozza; gracias por tu comprensión y amor; eres la motivación e inspiración que me impulsa.*

*A Nicolás “Colacho” Maestre Martínez y a MACONDO; lugar donde encontré los mejores cómplices con los cuales compartí momentos muy especiales; a ellos los que siempre estuvieron al tanto de todos los detalles y pormenores del presente trabajo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme paciencia, fortaleza para salir adelante y responder a tantos favores.

A mi familia, especialmente a mis tíos por su apoyo incondicional, comprensión, motivación, confianza durante estos años; gracias por cada consejo y por enseñarme el valor de amar lo que se hace.

A la empresa Cerro Matoso S.A., a la Unidad de Exploración y a todo el equipo de trabajo por brindarme la oportunidad de aprender de sus experiencias y conocimientos, siempre dispuestos a colaborar.

A Jorge Ariel García; jefe y tutor por la oportunidad brindada, la enseñanza, toda su colaboración esencial para la realización de éste proyecto, la cual fue determinante para alcanzar las metas a pesar de los obstáculos.

Al profesor Luis E. Cruz Guevara por su confianza y por aportar su profesionalismo para el desarrollo y realización de este trabajo de grado.

A la Universidad Industrial de Santander y a mis profesores, en especial a la escuela de geología por sus enseñanzas y confianza en los momentos difíciles.

## CONTENIDO

	<b>pag.</b>
INTRODUCCIÓN	14
1. OBJETIVOS	16
1.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
2. JUSTIFICACIÓN	17
3. GENERALIDADES DE CERRO MATOSO S.A.	18
3.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	16
3.2 FUNCIONAMIENTO DE LA UNIDAD DE EXPLORACIÓN	20
4. MARCO TEORICO	24
4.1 GEOLOGIA REGIONAL	24
4.1.1 Rocas ultramáficas	24
4.2 UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	26
4.2.1 Formación Porquera (N1p)	26
4.2.2 Formación Sincelejo (N2Q1S)	27
4.2.3 Formación El Cerrito (N1EC)	28
4.3 MARCO TECTÓNICO	29
4.4 PLAN DE PERFORACIÓN	30
4.4.1 Prognosis	31
4.4.2 Plan de QA/QC ( <i>Quality Assurance/Quality Control</i> )	31
4.4.3 Mapas geológicos	32
4.4.4 Bases de datos	33
5. METODOLOGIA	34
5.1 FASE INICIAL	35
5.1.1 Recopilación bibliográfica del área de trabajo	35
5.1.2 Asignación de actividades	35

5.2. FASE DE DESARROLLO DE ACTIVIDADES	35
5.2.1 Preparación de información y análisis de base de datos	35
5.2.2 Elaboración de pronosis y mapas	35
5.2.3 Elaboración del plan semanal de QA/QC	36
5.2.4 Alineamiento geólogos	36
5.3 FASE FINAL	36
5.3.1 Procesamiento de información de campo	36
5.3.2 Entrega de información a la unidad de exploración	36
5.3.3 Elaboración informes finales	36
6. RESULTADOS	37
6.1 PLAN DE PERFORACIÓN	37
6.1.1 Prognosis	37
6.1.2 Plan de QA/QC	38
6.1.3 Mapas geológicos	38
6.1.4 Bases de datos	40
CONCLUSIONES	43
BIBLIOGRAFIA	44
ANEXOS	46

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Tipos de roca encontrados en la mina Cerro Matoso S.A.	37
<b>Tabla 2.</b> Plan QA/QC del punto 3640 de la semana 17	38

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
<b>Figura 1.</b> División de la mina en Pit 1 y 2	19
<b>Figura 2.</b> Principales usos del Ni	20
<b>Figura 3.</b> Ciclo PHVA	21
<b>Figura 4.</b> Seguimiento puntos entregados	23
<b>Figura 5.</b> Perfil generalizado de una laterita	25
<b>Figura 6.</b> Rasgos estructurales de las cuencas de Plaro y San Jorge	30
<b>Figura 7.</b> Metodología para el desarrollo de la práctica empresarial	34
<b>Figura 8.</b> Mapa geológico área Mina Semana 47	39
<b>Figura 9.</b> Vista de equipo X-Met	41

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
<b>Anexo A.</b> Geología regional y Mapa de localización de la mina Cerro Matoso S.A	46
<b>Anexo B.</b> Ilustrativo de prognosis del punto 3640 (semana 17)	47
<b>Anexo C.</b> Esquema de base de datos pozos perforados	48
<b>Anexo D.</b> Esquema de base de datos X-Met/DELTA	49
<b>Anexo E.</b> Esquema de base de datos seguimiento a puntos entregados	50
<b>Anexo F.</b> Esquema de base de datos LITHO	51
<b>Anexo G.</b> Esquema de base de datos seguimiento mineralización	52

## RESUMEN

**TITULO:** PREPARACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PLAN SEMANAL DE PERFORACIÓN EN LA MINA DE NIQUEL CERRO MATOSO, MONTELIBANO, CÓRDOBA.\*

**AUTOR:** ANA CARMELA RINCÓN MARTÍNEZ\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Plan de perforaciones, descripción de ripios, QA/QC.

### DESCRIPCIÓN

En la unidad de exploración de la empresa Cerro Matos S.A. se desarrollan trabajos que están concentrados en explorar y explotar áreas con alta mineralización que proporcionen los recursos necesarios para seguir con el desarrollo de los proyectos dentro de la unidad.

En el marco de la práctica se realizaron actividades enfocadas en apoyar al *planner* de la unidad de exploración dentro de la preparación semanal del plan de perforaciones el cual está enmarcado en el desarrollo de actividades que implican el trabajo de un equipo multidisciplinario; se hace énfasis en la preparación semanal de información entregable a los geólogos de campo y que está ligada a la descripción de ripios y que posteriormente suministra la información con la cual se procede a la actualización y control de bases de datos que son usadas por los diferentes profesionales de la unidad.

A lo largo de la práctica se prepararon 22 entregables para reunión semanal de geólogos de campo, lo que se traduce en el mismo número de reuniones llevadas a cabo con el propósito de contextualizar geológicamente al personal con el entorno en el cual se van a desarrollar las perforaciones y la cual es coordinada por el estudiante en práctica.

Se preparó plan de perforación y sus equivalentes en la tabla de muestras especiales para el plan de QA/QC de un alto número de puntos, de los cuales solo 130 fueron perforados; posteriormente les fue asignado número consecutivo de perforación identificándolos dentro del conteo histórico de pozos perforados por la empresa.

---

\* Trabajo de grado. Modalidad práctica empresarial.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Ph.D. Luis Enrique Cruz Guevara. Tutor: Geólogo Jorge Ariel García.

## **ABSTRACT**

**TITLE:** PREPARATION, MONITORING AND CONTROL PLAN WEEKLY DRILLING IN NICKEL MINE CERRO MATOSO, MONTELIBANO, CORDOBA.\*

**AUTHOR:** ANA CARMELA RINCON MARTINEZ\*\*

**KEYWORDS:** Plan drilling, cuttings description, QA/QC.

## **DESCRIPTION**

In the scanning unit of the Cerro Matos SA company, jobs are concentrated in exploring and exploiting areas of high mineralization provide the necessary resources to continue the development of projects within the unit are developed.

In the practica, some activities were focused on supporting the planner of the scanning unit in the weekly preparation of drilling plan which is framed in the development of activities that involve the work of a multidisciplinary team is made; it emphasizes the weekly preparation of deliverable information to field geologists and is linked to the description of cuttings and subsequently provides the information with which we proceed to update and control databases that are used by different unit professionals.

Throughout practice 22 weekly meeting deliverables for field geologists were prepared , resulting in the same number of meetings held for the purpose of geological context staff with the environment in which they are to develop perforations and which is coordinated by the student in practice.

Drilling plan was prepared and their equivalents in the table of special plan samples for QA / QC of a high number of points, of which only 130 were drilled ; they subsequently was assigned consecutive number of identifying them within the historical drilling wells drilled by counting the company.

---

\* Degree work. Modalidad práctica empresarial.

## INTRODUCCIÓN

La unidad de exploración de la empresa Cerro Matoso S.A. cuenta con la figura de un estudiante en práctica el cual se convierte en apoyo al *planner* de la unidad en la preparación del plan semanal de perforación y en la actualización y control de la información que se produce a lo largo de la ejecución del mismo.

Este trabajo muestra el seguimiento que se hizo, en calidad de estudiante en práctica, a la información suministrada por la unidad, lo cual permitió controlar la información que era dirigida a los geólogos de campo y así direccionar las dificultades que se presentaban a lo largo de las diferentes etapas que lleva el proceso de perforación.

El desarrollo de los planes de perforación de los posibles puntos a perforar requiere una recopilación bibliográfica del área de trabajo, preparación y análisis de bases de datos, elaboración de pronosis y mapas relacionados, elaboración del plan para el control y aseguramiento de la calidad del muestreo (QA/QC) para dichos puntos, la realización de la presentación semanal de alineamiento de geólogos con el fin de contextualizar al personal con el área de trabajo, el procesamiento de la información obtenida en campo y la entrega de la información actualizada y ordenada a la unidad.

Cada una de estas etapas de trabajo se realizó con la ayuda de un profesional de la unidad con el propósito de tener información de primera mano y con ello el control de la misma buscando el manejo de información oportuna sobre el estado del plan; es así que cada una de las bases de datos fue actualizada y puesta en circulación con el propósito de dar a conocer en tiempo real el estado actual de las perforaciones como la toma de decisiones.

El manejo de información se hizo partiendo de los requerimientos de CERRO MATOSO S.A., participando en las diferentes etapas que conllevan a la ejecución del plan de perforación que realiza la unidad.

El trabajo realizado permitió la identificación de falencias y fortalezas a lo largo del proceso, el cual arranca con la preparación del material de apoyo a geólogos de campo y finaliza con la retroalimentación que estos profesionales hacen del proceso en el cual participan.

Este proceso educativo establecido entre la Universidad Industrial de Santander y la empresa Cerro Matoso S.A. se hace bajo un estricto control de manejo de información y conservando un protocolo de confidencialidad, por lo que gran parte de la información que se encuentra reposada en este trabajo es del conocimiento y palabras del autor y por tanto ningún dato que incumpla con lo acordado con la empresa será suministrado.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Dar apoyo en la preparación del plan semanal de perforación, hacer el seguimiento diario del mismo y direccionar las dificultades presentadas a lo largo del proceso.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Elaborar prognosis de pozos como apoyo en la prospección de níquel.
- Realizar el plan de QA/QC dentro de la preparación del plan semanal de perforación de la unidad de exploración.
- Desarrollar cortes y mapas geológicos de apoyo para los geólogos de campo.
- Elaborar entregable para reunión alineamiento semanal de geólogos.
- Realizar el seguimiento y control de bases de datos.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Los trabajos exploratorios que se realizan en la mina de níquel de Cerro Matoso son compilados para posteriores análisis y aportan la información para mantener en ejecución los proyectos a corto y largo plazo que se manejan la unidad; para este trabajo de grado se concentra la atención en la preparación, seguimiento y control de información mediante el análisis de datos geológicos compilados a través de perforaciones y sus respectivas descripción de ripios.

La preparación del plan semanal de perforación consta de varias etapas: conciliación de información, preparación de prognosis y mapas, alineamiento geólogos de campo, seguimiento de las perforaciones, actualización y circulación de bases de datos y retroalimentación a los procesos

Hacer el seguimiento de las descripciones de ripios realizadas por los geólogos de campo es de vital importancia pues son estas el alimento de las bases de datos que sirven para posteriores cálculos a los profesionales que se desempeñan en la unidad.

Una de las fortalezas de este proyecto se centra en el manejo y circulación que se hace tras la revisión de bases de datos pre-existentes las cuales proporcionan a los profesionales de la unidad información necesaria para cálculos que dejan ver el desempeño de la unidad y los avances en la consecución de los objetivos establecidos.

### 3. GENERALIDADES DE CERRO MATOSO S.A.

#### 3.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Cerro Matoso S.A. es un complejo minero metalúrgico que produce ferroníquel, una aleación de hierro y níquel a partir de la reducción carbotérmica de minerales de Níquel.

El área de la concesión minera de la empresa Cerro Matoso S.A. se encuentra localizado en la zona noroccidental de Colombia a unos 114 km de Montería capital del departamento de Córdoba entre las coordenadas latitud de 7°54'N y longitud 75°33'W y cuyo acceso se hace a través de la carretera de 22 km desde la población de Montelíbano<sup>1</sup>.

El sitio donde se desarrolla el trabajo muestra una secuencia geológica que corresponde al perfil de meteorización de un complejo ofiolítico conformado por peridotitas tipo harzburgitas, las cuales se emplazaron durante la orogenia pre-andina; a partir de este momento inicia el proceso de meteorización característico de esta zona del país<sup>2</sup>.

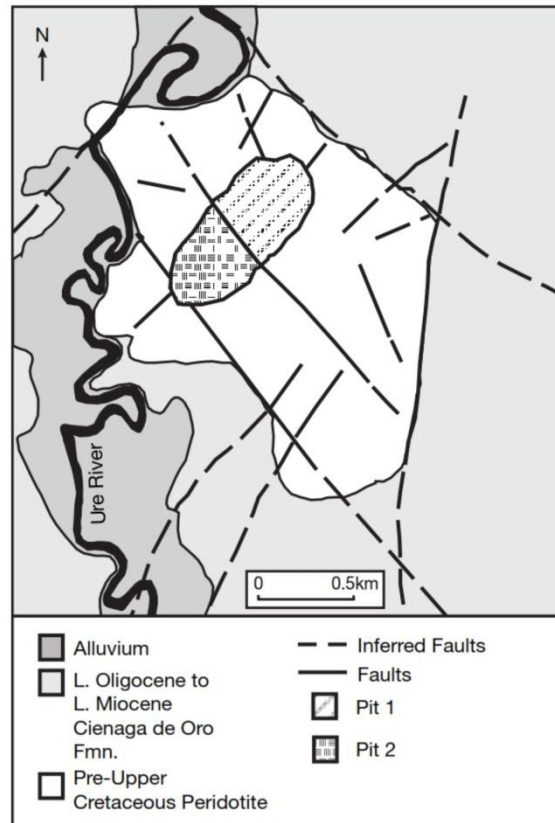
Este depósito de rocas ultramáficas describe una forma de colina alargada de aproximadamente 2500 m de largo y un ancho de 1700 m la cual está dividida en 2 sectores Pit 1 y 2, denominados así por su rendimiento mineral los cuales muestran variabilidad en el perfil de meteorización y están caracterizados por 10 unidades litoestratigráficas que siguieron una clasificación propuesta por los profesionales de la mina en el momento en que se desarrollaron los estudios... Véase Figura 1.

---

<sup>1</sup> Ver Anexo A

<sup>2</sup> DUEÑAS Y DUQUE-CARO, 1981; LOPEZ-RENDON, 1986

**Figura 1.** División de la mina en Pit 1 y 2 propuesto por Gleeson et al. (2004)

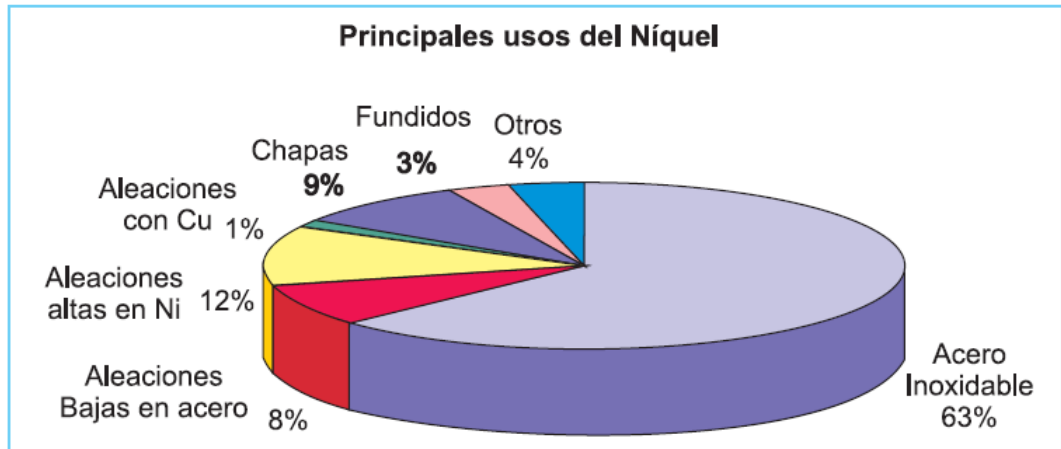


Fuente: GLEESON, S.; HERRINGTON, R.; DURANGO, J.; VELASQUEZ, C. y KOLL, G. The Mineralogy and Geochemistry of the Cerro Matoso S.A. Ni Laterite Deposit, Montelíbano, Colombia. En: *Economic Geology*. [en línea]. Vol. 99 (2004). [consultado 17 mar. 2014]. Disponible en <[www.researchgate.net/publication/247864419\\_The\\_Mineralogy\\_and\\_Geochemistry\\_of\\_the\\_Cerro\\_Matoso\\_S.A.\\_Ni\\_Laterite\\_Deposit\\_Montelibano\\_Colombia](http://www.researchgate.net/publication/247864419_The_Mineralogy_and_Geochemistry_of_the_Cerro_Matoso_S.A._Ni_Laterite_Deposit_Montelibano_Colombia)>

El proceso de minería en Cerro Matoso se realiza a cielo abierto u *open pit*, luego el material es almacenado en pilas según la calidad o %Ni que requiera la empresa, de allí se lleva a la zona de trituración donde se mezcla a fin de obtener un material homogéneo y posteriormente procesarlo en la planta de fundición donde se producen gránulos de Ferróniquel de alta pureza con bajo contenido en

Carbono, por lo que son usados exclusivamente en la producción de acero inoxidable.

**Figura 2.** Principales usos del Ni

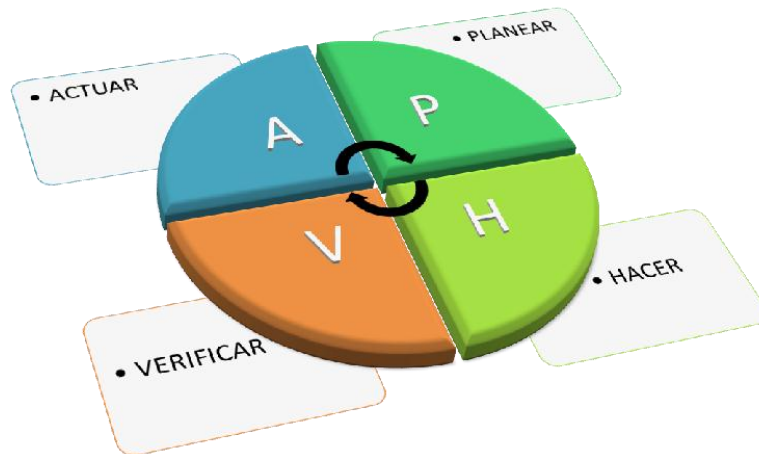


Fuente: COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. El Níquel en Colombia. Bogotá : Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. [en línea]. Primera edición (2009). [consultado 24 ene. 2014]. Disponible en <[http://www.upme.gov.co/Docs/Niquel\\_Colombia.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Niquel_Colombia.pdf)>

### 3.2 FUNCIONAMIENTO DE LA UNIDAD DE EXPLORACIÓN

La unidad de negocios de exploración es una de las dependencias en que se divide la empresa Cerro Matoso S.A., la cual se encarga de buscar recursos minerales siguiendo una estructura organizacional que funciona según el ciclo cuyas fases son planear, hacer, verificar y actuar (Ciclo PHVA); para lo cual distribuye sus tareas en tres grupos de trabajo con alcances bien definidos. Estos grupos de trabajo son Planeación, Ejecución y Mejoramiento.

**Figura 3.** Ciclo PHVA



Fuente: CICLO PHVA. [en línea]. [consultado 11 mar. 2014]. Disponible en <[http://www.veninco.com/images/ciclo\\_phva.png](http://www.veninco.com/images/ciclo_phva.png)>

La División de Planeación se encarga de realizar y programar los planes de trabajo a largo, mediano y corto plazo según los requerimientos corporativos, conocimiento técnico de las áreas, condiciones logísticas, recursos disponibles y requerimientos de ley.

La División de Ejecución se encarga de llevar a cabo todas las actividades exploratorias como lo es la cartografía geológica, los estudios geofísicos y perforaciones entre otros según el plan de trabajo realizado por el grupo de Planeación.

La División de Mejoramiento, revisa permanentemente los resultados y procedimientos empleados, retroalimentando a los otros grupos de trabajo todas las oportunidades de mejoramiento para que estas sean implementadas en el siguiente ciclo operativo.

Parte de las actividades desarrolladas por el grupo de trabajo de planeación de la unidad de Exploración, están consignadas en este plan de proyecto enfocándose

especialmente al apoyo técnico a la planeación para la perforación y en brindar un posterior seguimiento en la parte logística de las actividades planeadas.

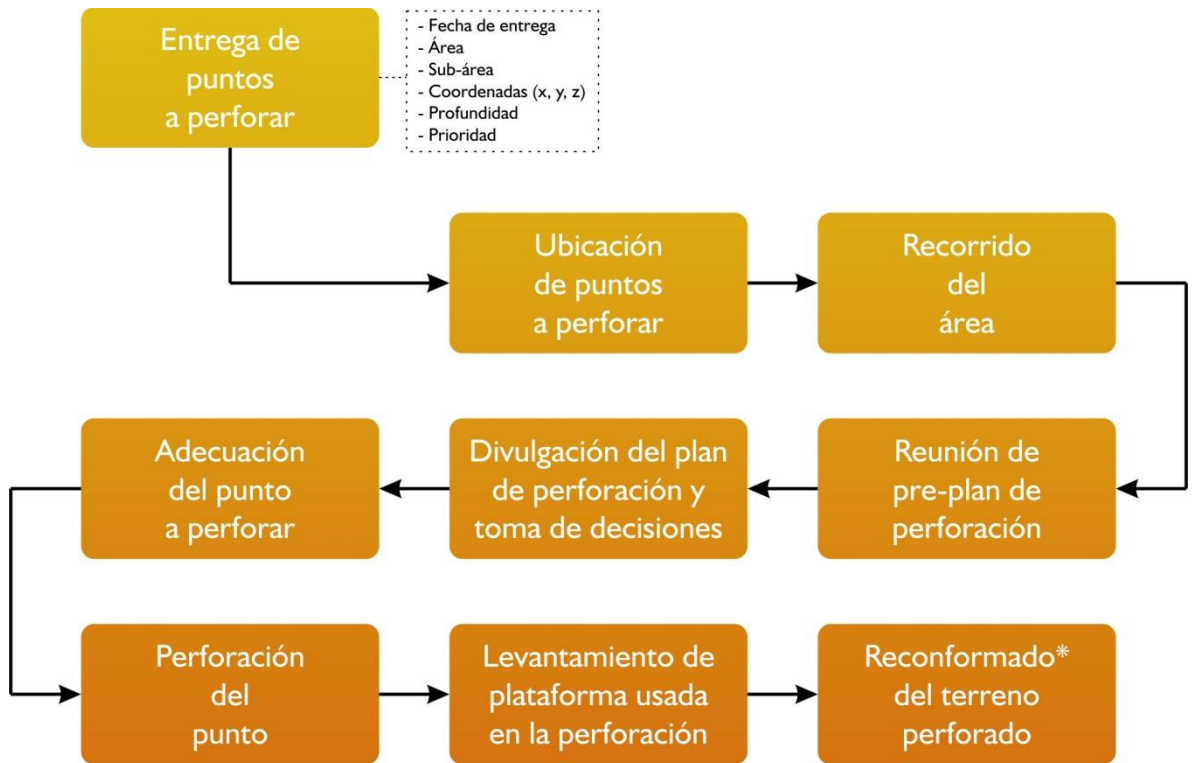
Adicionalmente, la planeación maneja un plan general que cumple de forma ordenada la parte operativa siguiendo las necesidades y requerimientos de la empresa. Teniendo definidos los puntos a perforar, se les hace un control de pre-requisitos buscando que cumplan con las normas de salud, seguridad industrial, medio ambiente, calidad y comunidades (Normas HSEQC), las cuales comprenden el estudio de la seguridad industrial y ambiental para el trabajador, el cual posee sus propias reglas o las bases en las cuales se dan a conocer los derechos que se poseen y las recomendaciones para que se respete la vida y se den menos accidentes dentro de un sector sea el que sea disminuyendo así los riesgos y los costos que estos accidentes pueden causar dentro de la empresa<sup>3</sup>; el control también busca revisar el cumplimiento de normas de topografía en cuestión de control de terrenos, zonas de posible inundación y áreas de derrumbes, inspección de las áreas permitidas a intervención por la empresa así como predios cercanos a ésta, zonas con aporte arqueológico, áreas con otros frentes de trabajo y permisos ambientales entre otros.

Al cumplir todos los anteriores filtros del control de prerequisites, se pasa a definir los puntos a entregar a la división de ejecución siguiendo el procedimiento indicado en la Figura 4.

---

<sup>3</sup> HSEQ. [en línea]. [consultado 11 mar. 2014]. Disponible en <<http://hseqcalidad.blogspot.com/>>

**Figura 4. Seguimiento puntos entregados**



\* Entrega del terreno en condiciones con la mínima afectación ambiental posible.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 GEOLOGIA REGIONAL

**4.1.1 Rocas ultramáficas.** Las rocas ultramáficas en nuestro país se encuentran especialmente al occidente de la sutura de Cauca Romeral la cual se encuentra entre las Placas Nazca y la placa Suramericana; en la Península de la Guajira y en la Serranía del Baudó en el Pacífico colombiano<sup>4</sup>.

El complejo al cual pertenecen las rocas de Cerro Matoso se define como un cuerpo aislado de rocas ultramáficas el cual hace parte del Complejo Ofiolítico Del Cauca<sup>5</sup>.

La roca ultramáfica presente en Cerro Matoso corresponde a una Harzburgita que gracias a la combinación de factores climáticos, geomorfológicos, tectónicos y condiciones temporales dieron lugar a la formación in situ de suelos lateríticos enriquecidos en Níquel. La presencia de Níquel en estas rocas es el resultado de la acción de los procesos supergénicos que actuaron sobre la roca ultramáfica, dando lugar a una concentración residual, la cual se da por la lixiviación de este elemento en un ambiente oxidante con pH ácido y que posteriormente se redeposita al infiltrarse en un ambiente reductor con pH más básico.

Los depósitos lateríticos de Ni y Co, desarrollados a partir de la meteorización de rocas ultramáficas y máficas, representan el 70% de las reservas mundiales de

---

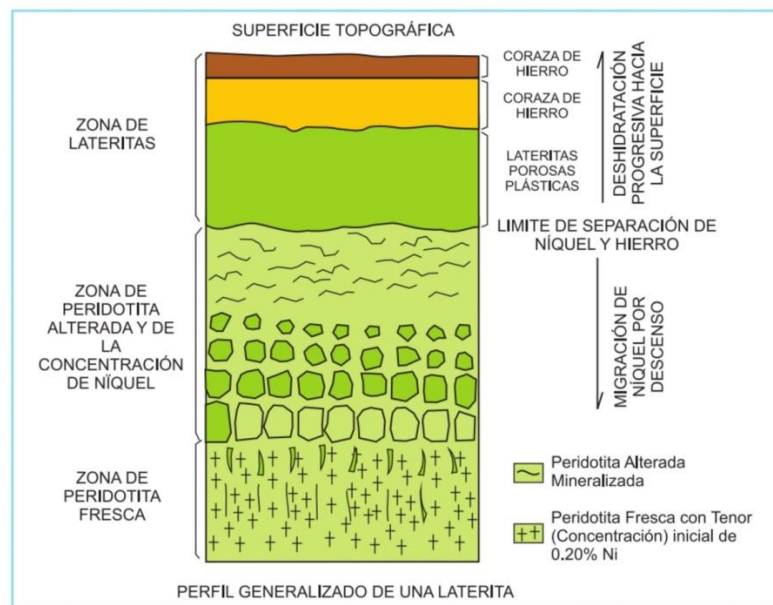
<sup>4</sup> VARGAS, German y RODRIGUEZ, Carlos. Metodología para la prospección de níquel utilizando técnicas de sensores remotos. En : Boletín de Ciencias de la Tierra. [en línea]. Vol. 25 (2008 - 2009). [consultado 10 mar. 2014]. Disponible en <<http://www.docentes.unal.edu.co/gvargasc/docs/GEOLOGIA/articulo%20niquel.pdf>>

<sup>5</sup> HOYOS, Natalia y VELASQUEZ, Carlos. Análisis del origen de la laterización y saprolitización del yacimiento niquelífero de Cerro Matoso, Departamento de Córdoba. Medellín, 1996, 93 p. Trabajo de grado (Geología). Universidad EAFIT. Facultad de Ingenierías. Departamento de Geología.

níquel, y producen actualmente alrededor del 40% del Ni, que consume la industria<sup>6</sup>.

El perfil laterítico está conformado por diferentes estados de alteración de la roca parental que en conjunto podrían agruparse en 3 principales zonas: la más superficial de las zonas se denomina zona de laterita que corresponden a materiales en tonos rojizos con alto contenido de hierro y bajo contenido de magnesio y sílice, la cual puede presentar al tope una capa con alto contenido de magnetita (Coraza de hierro); la zona intermedia corresponde a los saprolitos y peridotita alterada donde los niveles de hierro y magnesio son similares y es donde se encuentran los mayores contenidos de Níquel (roca alterada que aún conserva la textura de la roca madre); y la zona inferior de peridotita fresca es la roca que presenta una concentración de níquel menor a 0.2% y contenido de hierro bajo y magnesio alto<sup>7</sup>.

**Figura 5.** Perfil generalizado de una laterita



Fuente: COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Op. cit., p. 15

<sup>6</sup> GLEESON; HERRINGTON; DURANGO; VELASQUEZ y KOLL, Op. cit.

<sup>7</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Op. cit., p. 14-15

## 4.2 UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS<sup>8</sup>

El área de estudio se encuentra en el sector suroccidental del cinturón de San Jacinto donde la litología más sobresaliente corresponde a una secuencia de sedimentos terciarios, los cuales se anuncian a continuación:

### 4.2.1 Formación Porquera (N1p)

- **Referencia original del nombre.** Según el léxico Estratigráfico (Porta J. De 1974), el nombre Porquera fue usado por primera vez por los geólogos de la International Petroleum (Colombia) Ltda., pero fue introducido en la literatura geológica por Petters (1954); también se refieren a la Formación Porquera Bürgl (1965), Stone (1968) y Dueñas y Duque (1981). La Formación Porquera corresponde a la arenisca de Catalla de Chenevart (1963). De acuerdo con el léxico estratigráfico (Porta J. De 1974), se definió como Formación Porquera debido a que aflora en las cercanías de la población Porquera. La Formación Porquera comprende una sección de arcillolitas y limolitas que en composición son muy similares las de la Formación El Carmen del área de El Carmen–Zambrano pero su edad es diferente: la Formación Porquera es Mioceno inferior alto a medio alto, entre estas dos formaciones existe una disconformidad que parece ser regional por lo que su diferenciación se hace necesaria para evitar malas interpretaciones en cuanto a los eventos deposicionales del área.
- **Litología.** En el área de Planeta Rica consta de shales calcáreos abigarrados color pardo amarillento y grises con concreciones calcáreas y macrofósiles hacia el tope; en el noreste del Cuadrángulo F8, se vuelve más arenáceo. Dueñas y Duque-Caro (1981).
- **Espesor.** El espesor promedio medido es de 193m.

---

<sup>8</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Geología de los cinturones del Sinú, San Jacinto y borde occidental del valle inferior del Magdalena caribe colombiano. Bogotá : Subdirección de Geología Básica, 2004. p. 53, 66, 60.

- **Edad.** La Formación Porquera comprende un rango de edad que va desde el Mioceno temprano alto hasta el Mioceno medio alto en el área de Chalán y un rango de Mioceno medio a Mioceno medio alto en los sectores de Ciénaga de Oro y Planeta Rica.

**4.2.2 Formación Sincelejo (N2Q1S).** Los depósitos de la Formación Sincelejo reposan en forma discordante sobre la formación Ciénaga de Oro. En el área de estudio se encuentra poca evidenciada por estar erodada pero a continuación se menciona como referencia.

- **Referencia original del nombre.** Werenfels (1926), utiliza el término “Sincelejo Sandstone” para describir la parte más superior de su sucesión estratigráfica la cual corresponde a sedimentos poco consolidados que descansan discordantemente sobre la también denominada por Werenfels “Savanna Sandstone”. Kassem et al. (1964) dividen la unidad en Formación Sincelejo inferior y superior para separar un conjunto de dominio arcilloso de otro más arenoso. Arias y Fuquen (1992) utilizan el nombre de Sincelejo en el mismo sentido que Kassem et al. (1964), sin embargo, luego de la revisión cartográfica realizada por el INGEOMINAS en las planchas 44 Sincelejo y 52 Sahagún (Clavijo y Barrera, 1999) el término de Formación Sincelejo se utiliza en sentido más amplio, abarcando al Sincelejo superior e inferior y a la Formación Morroa, este último nombre también introducido por Kassem et al. (1964) y definido formalmente por Cáceres y Porta J. De, en el léxico estratigráfico (Porta J. De 1974).
- **Litología.** Corresponde en general a una potente unidad, constituida por areniscas de grano fino a conglomeráticas, dispuestas en capas cuneiformes con estratificación cruzada y con variaciones locales a facies lodosas. Hacia el tope predominan los conglomerados sobre las areniscas, compuestos principalmente por rocas volcánicas, cuarzo lechoso y chert, matriz-soportados.
- **Espesor.** La Formación Sincelejo alcanza 1550 m en la sección Villa Betty-troncal de occidente.

- **Edad.** Edad Mioceno Superior- Plioceno.

#### 4.2.3 Formación El Cerrito (N1EC)

- **Referencia original del nombre.** Werenfels (1926) asigna este nombre a una serie de sedimentos que afloran en los alrededores de la localidad que lleva el mismo nombre cerca de Sincelejo. Luego son redefinidas en el léxico estratigráfico (Porta J. De 1974). Posteriormente es estudiada por Kassem et al. (1967), Dueñas y Duque (1981) y Clavijo y Barrera (1999). Se definió como Formación El Cerrito, para describir rocas expuestas en el Corregimiento de El Cerrito, al suroccidente de Sincelejo.
- **Litología.** En la cartografía de las Planchas: 44(a) y 52(b), INGEOMINAS, Clavijo et al (1998 a y b) se reporta que la Formación El Cerrito está constituida en general por una sucesión de areniscas bioclásticas calcáreas, color gris verde oliva a oliva grisácea y conglomerados hacia la base, grano decrecientes en la vertical a arenitas de grano fino, limolitas y arcillolitas gris verdosas interestratificadas con concreciones de limolita calcárea. En el sur, en la Plancha 52, contiene capas de biomicritas hacia la base. Por su parte en la cartografía de las planchas 51(a), 61(b) y 71(c), GEOTEC, Cáceres et al. (1999 a, b y c) reportan que dicha formación consta hacia la base de una serie de intercalaciones de lutitas grises y areniscas de color amarillento, grano fino, con fragmentos de Pecten sp., Arca sp., Natica sp. y numerosos restos de Ostrea sp. En la parte media, arcillolitas grises claras, intercaladas con arenitas finas, cemento calcáreo, lumaquélidas y hacia el techo, arcillolitas colores gris y verde, intercaladas con arenitas grano medio a conglomeráticas y algunos niveles de turba.
- **Espesor.** Se ha medido un espesor promedio de 257m para la Formación El Cerrito aunque se estima que su espesor esta alrededor de los 700m.
- **Edad.** Mioceno tardío–Plioceno temprano.

### 4.3 MARCO TECTÓNICO<sup>9</sup>

El área de estudio se encuentra limitado por dos de los principales elementos geotectónicos del occidente colombiano; este terreno denominado cinturón plegado de san Jacinto (CPSJ), el cual se caracteriza por ser una zona transpresiva que genera fallas inversas de escama gruesa con vergencia al oeste y movimiento de rumbo dextral sobre los que se desarrollan pliegues estrechos y alargados que involucran una secuencia sedimentaria depositada desde finales del Cretácico.

Las unidades que conforman el cinturón expone un mosaico litoestratigráfico que muestra los diferentes eventos de sedimentación depositados en la margen de las dos provincias que lo conforman; la provincia oceánica al occidente del país y la provincia continental al oriente, estos dominios se encuentran separados por el sistema de Romeral con dirección N a N 20°E y su cartografía refleja, la formación de fondos de sedimentación separados por umbrales de basamento.

La región oriental coincide con el Valle Inferior del Magdalena es de afinidad continental principalmente rocas graníticas y metamórficas mientras que la región que comprende el cinturón de San Jacinto y Sinú es de tipo ofiolítica y presenta las siguientes características: Acción de esfuerzos compresionales laterales perpendiculares a la plataforma y la ocurrencia de volcanismo y plutonismo, ígneo en el cinturón de san Jacinto y uno sedimentario de lodos en el Sinú.

---

<sup>9</sup> HOYOS y VELASQUEZ, Op. cit., p. 9-12



detallada la programación de trabajo frente a las necesidades de la unidad, basados en datos previamente discutidos por los profesionales de la misma.

En este plan se especifican todos los detalles de las perforaciones a realizar, el número de pozos a perforar, la prioridad de los mismos (orden en la perforación), número de máquinas en uso, total de pozos por máquinas, los metros semanales que se realizarán, las áreas de trabajo en los cuales estarán los frentes de trabajo, los lineamientos a seguir y algunas recomendaciones de carácter geológico.

El plan de perforación contiene secciones detalladas sobre el trabajo a realizar, tales como prognosis de puntos a perforar, planes QA/QC de muestreo de puntos, mapas geológicos de las áreas a perforar, las cuales se exponen a continuación.

**4.4.1 Prognosis** <sup>10</sup>. Conocimiento anticipado de algún suceso. Se usa comúnmente hablando de la previsión meteorológica del tiempo <sup>11</sup>. Es una interpretación geológica de acuerdo a la información que se tiene del área donde se requiere perforar un determinado punto. Se hace basado en datos de puntos cercanos extrapolando la información hacia el punto de interés.

**4.4.2 Plan de QA/QC (Quality Assurance/Quality Control)**. Según la norma ISO 9000:2005 “Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario” el control de calidad es la parte orientada al cumplimiento de los requisitos de calidad y la de aseguramiento es la parte que proporciona confianza en que se cumplirán los requisitos de la calidad. Por tanto el profesional del aseguramiento de calidad, será el encargado de verificar durante el proceso que se estén cumpliendo con las especificaciones técnicas y requisitos del cliente a fin de que el producto final sea de calidad. Así mismo el profesional del control de calidad, realizará la verificación

---

<sup>10</sup> Ver Anexo B

<sup>11</sup> Prognosis [en línea]. [consultado 31 mar. 2014]. Disponible en <<http://www.rae.es/>>

del producto final a fin de comprobar que dicho producto cumpla con los estándares de calidad solicitados por el cliente y las normas técnicas<sup>12</sup>.

Teniendo en cuenta lo anterior, el Plan de QA/QC de la unidad es el programa para el control y aseguramiento de la calidad del muestreo; es un mecanismo de control enfocado en garantizar la calidad del muestreo que hace la unidad de exploración, con el propósito de evaluar si la toma de muestras en campo por parte del personal encargado se está haciendo según los parámetros establecidos por la empresa y así poder verificar posteriormente con los resultados del muestreo que son enviados a laboratorio.

**4.4.3 Mapas geológicos.** Son mapas que se realizan, como ayuda didáctica, para que los geólogos de campo puedan contextualizarse de manera rápida sobre la geología del sector donde se están llevando a cabo las perforaciones. La información mínima que llevan estos mapas es la siguiente:

- Título: área de trabajo
- Coordenadas en latitud y longitud
- Flecha del norte (escala grafica)
- Leyenda
- Topografía
- Mineralizaciones y Fallas
- Ríos y quebradas
- Pozos perforados antiguos
- Pozos perforados en el año financiero vigente
- Pozos perforados en la semana anterior
- Pozos a perforar en la semana vigente (usando la respectiva nomenclatura por máquina)

---

<sup>12</sup> QA/QC (Quality Assurance/Quality Control) [en línea]. [consultado 31 mar. 2014]. Disponible en <<http://www.csigsac.com/joomla16/index.php/12-novedades/43-qa-qc>>

**4.4.4 Bases de datos.** Son una herramienta cuyo propósito es recopilar y organizar información perteneciente a un mismo contexto y que es almacenada sistemáticamente para su posterior uso<sup>13</sup>. Las bases entregadas al estudiante para su manejo, permiten la modificación a través del tiempo así como realizar operaciones de actualización, borrado y edición de datos, como operaciones de consulta; son una serie de archivos de Microsoft Excel en los cuales se compila información geológica que es necesario actualizar y poner en circulación para mantener en ritmo la unidad.

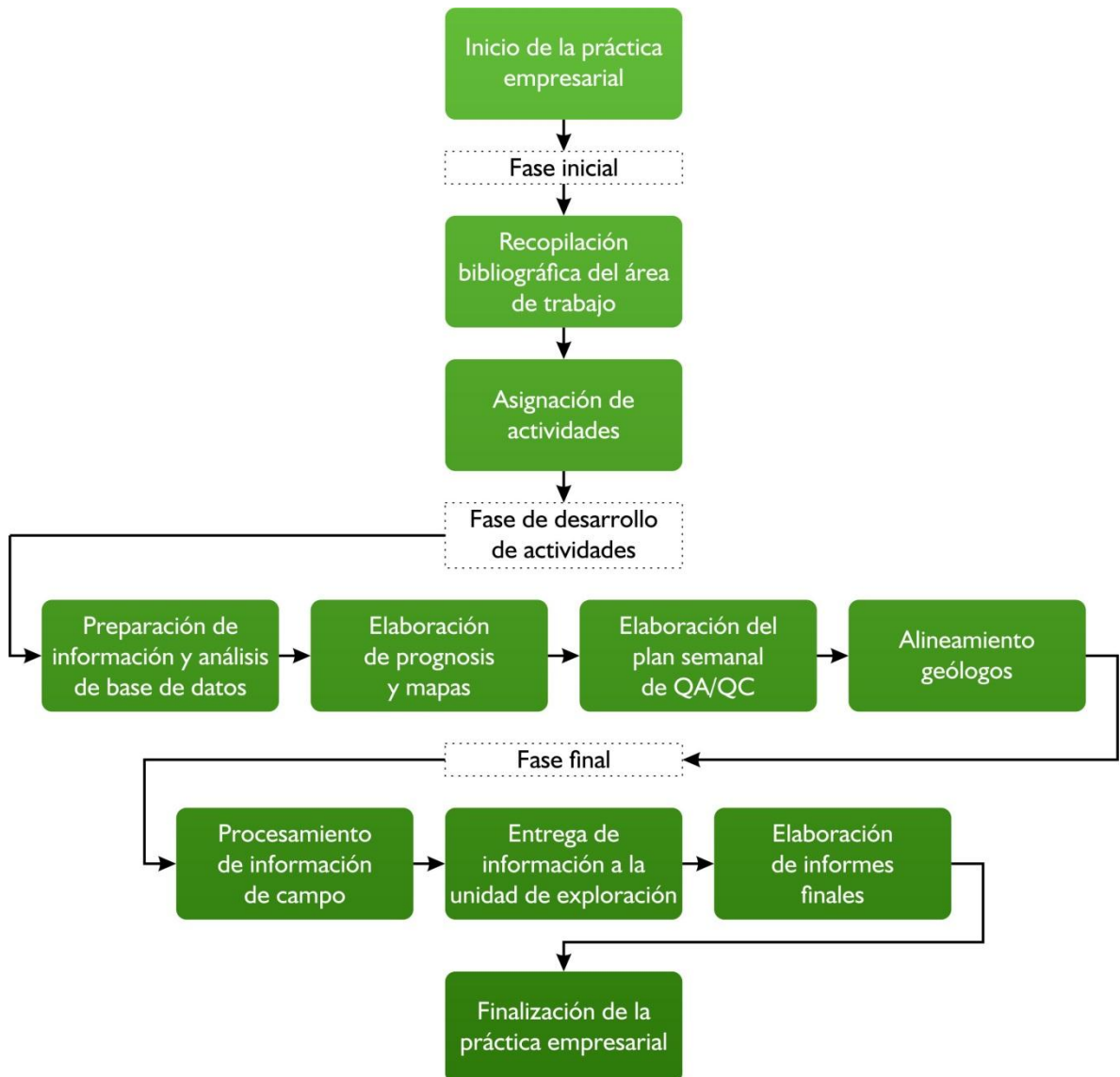
---

<sup>13</sup> Bases de datos [en línea]. [consultado 31 mar. 2014]. Disponible en <[http://es.wikipedia.org/wiki/Base\\_de\\_datos](http://es.wikipedia.org/wiki/Base_de_datos)>

## 5. METODOLOGIA

Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos en el desarrollo de la práctica empresarial, se organizaron una serie de etapas, las cuales son esquematizadas en la Figura 8 y descritas a continuación.

**Figura 7.** Metodología para el desarrollo de la práctica empresarial



## **5.1 FASE INICIAL**

**5.1.1 Recopilación bibliográfica del área de trabajo.** Para el desarrollo del tema de este trabajo fue necesario recopilar información pertinente del área de estudio (artículos científicos, informes, tesis, libros, consulta en bases de datos, entre otros). Esta etapa se desarrolló a lo largo de la práctica hasta la finalización del proyecto.

**5.1.2 Asignación de actividades.** La primera fase del proyecto consistió en la asignación de tareas a realizar y la elaboración de un cronograma de actividades para los 6 meses de la práctica con la empresa.

## **5.2 FASE DE DESARROLLO DE ACTIVIDADES**

**5.2.1 Preparación de información y análisis de base de datos.** El primer paso para el inicio de las tareas por parte del estudiante fue la entrega de las bases de datos (archivo de Microsoft Excel), con las cuales éste debía relacionarse a lo largo de los meses de práctica. Estas bases de datos contienen información específica sobre los pozos que se van a perforar durante la semana en curso, los datos que se editan predominantemente son las coordenadas, el número del consecutivo del pozo, profundidad, tipo de roca, textura, color, estructuras y detallar si presentan o no algún tipo de mineralización y de forma detallada editar las principales litologías presentes en el perfil.

**5.2.2 Elaboración de prognosis y mapas.** Tras tener los puntos definidos se procedía a la realización de prognosis en forma manual o con ayuda de herramientas como *Datamine* (software para modelamiento minero); para los mapas se usó *ArcGis*; estas herramientas nos proporcionan información que posteriormente es entregada a los geólogos de campo con el propósito de facilitar

la interpretación de las áreas a perforar y comprender más el marco geológico donde se encuentren los frentes de trabajo.

**5.2.3 Elaboración del plan semanal de QA/QC.** Tras evaluar los puntos se procedía a preparar el plan de QA/QC que corresponde a una tabla donde se especifican las profundidades a las cuales debían ser insertadas las muestras especiales, la información del tipo de roca y el grado de níquel esperado; de esta forma es posible realizar el seguimiento de QA/QC en cada uno de los pozos planeados.

**5.2.4 Alineamiento geólogos.** Se preparaba una reunión semanal con los geólogos de campo y demás personal de la unidad implicado en el proceso, con el propósito de entregar la información geológica preparada para la semana.

### **5.3 FASE FINAL**

**5.3.1 Procesamiento de información de campo.** Se debía organizar en bases de datos la información geológica de las muestras de ripios recolectadas por los geólogos de campo.

**5.3.2 Entrega de información a la unidad de exploración.** Posterior al procesamiento de información de campo, se debían preparar actualizaciones requeridas por el *planner* y demás profesionales implicados en el proceso con el propósito de informar sobre algunos alcances dentro de la ejecución del plan.

**5.3.3 Elaboración informes finales.** Durante el desarrollo de la práctica se desarrollaron dos informes parciales y un informe final, los cuales recopilan apartes de las actividades realizadas durante el periodo de trabajo; estos informes fueron entregados al tutor.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 PLAN DE PERFORACIÓN

Durante el periodo de desarrollo de la práctica empresarial se trabajaron los planes correspondientes a 23 semanas de exploración y perforación, que a su vez equivalen al estudio de alrededor de 180 puntos planeados de los cuales fueron perforados 130 pozos y se les asignó número consecutivo. Para presentar dichos resultados, se elige aleatoriamente la semana 17 (semana 47 del año financiero FY14 de Cerro Matoso S.A. – 18 al 21 de noviembre de 2013), y a continuación se esquematizan las secciones del plan de perforación de uno de los puntos trabajados en dicha semana. Se omiten los demás puntos y las demás semanas debido al protocolo de confidencialidad firmado para el cumplimiento de la práctica empresarial.

**6.1.1 Prognosis.** Para la semana 17 de trabajo se planearon 13 puntos a perforar. La prognosis de los diferentes puntos recopila la profundidad total del pozo, el grado de níquel esperado y los cambios de litología en las diferentes profundidades. En el Anexo D se expone la prognosis de uno de los puntos a perforar de la semana 17. Los diferentes tipos de roca encontrados en la mina se describen en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Tipos de roca encontrados en la mina Cerro Matoso S.A.

Nomenclatura	Tipo de roca
Bot.	Botaderos
10	Canga
80	Sílice
43	Taquilita
50	Peridotita Saproilitizada
14	Sedimentario
24	Laterita de Alto Fe

30	Saprolito Café
42	Saprolito Verde de Bajo MgO
60	Peridotita
13	Canga Mona
20	Laterita
44	Saprolito Negro
40	Saprolito Verde de Alto MgO

Fuente: Unidad de Exploración de Cerro Matoso S.A.

**6.1.2 Plan de QA/QC (Quality Assurance/Quality Control).** Posterior a la realización de la prognosis se procedía a determinar cada uno de los intervalos en los cuales se planearían la toma de las diferentes muestras especiales teniendo en cuenta los criterios de profundidad y tipo de roca, y así proceder a desarrollar el plan QA/QC; este plan incluye una tabla que presenta la máquina que va a realizar la perforación, el punto a perforar, las coordenadas geográficas del punto, la profundidad del punto, espesor del sedimentario esperado, intervalo donde será introducido la muestra tipo blanco, el intervalo al cual será introducido la muestra duplicado, el grado de níquel esperado en dicho intervalo y la información del tipo de roca. En la Tabla 2 se incluye el plan de QA/QC del punto 3640 tomado como ejemplo de la semana en mención.

**Tabla 2.** Plan QA/QC del punto 3640 de la semana 17

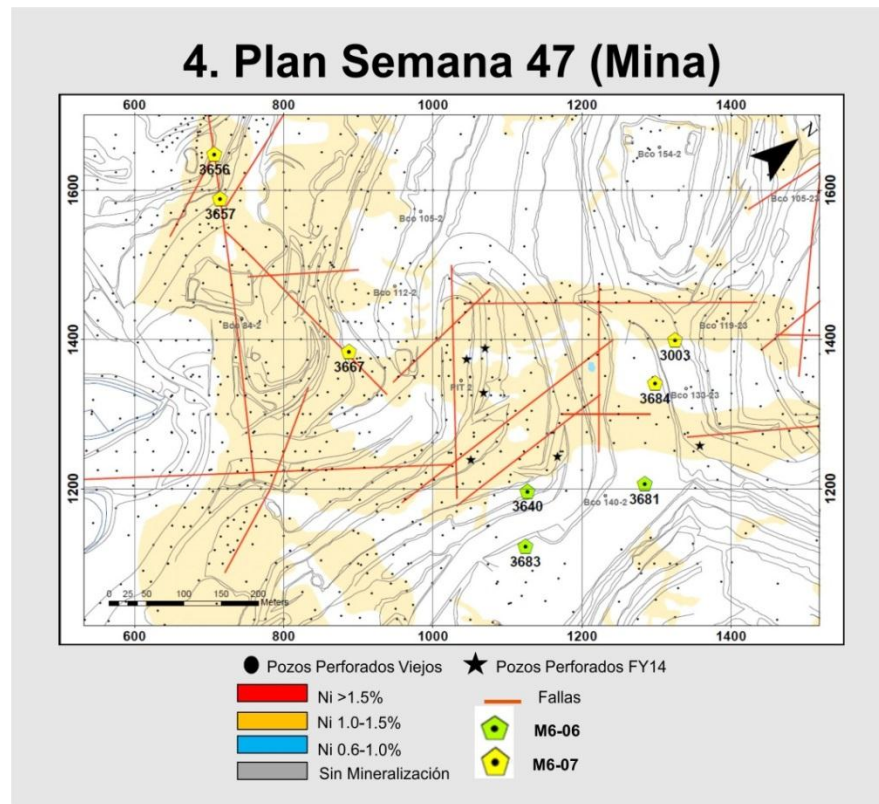
Máquina	Punto Planeado	Coord. (X)	Coord. (Y)	Prof. Plan (M)	Espesor Sed Plan (M)	Blanco	Intervalo Duplicado	Grado De Ni Esperado (%)	Rock Type
M6-06	3640	1132	1194	150	0	128-130	30-32	>1.0	50+60
							80-82	>1.0	40+50+80
							114-116	>1.0	50+60

Fuente: Unidad de Exploración de Cerro Matoso S.A.

**6.1.3 Mapas geológicos.** Estos mapas de apoyo para los geólogos de campo son realizados con antelación a la semana de trabajo usando el software ArcGis, los

cuales recopilan la información geológica principal de la zona de estudio, como lo son fallas, mineralizaciones, la topografía del sector. Cada semana de exploración y perforación incluye la elaboración de aproximadamente cinco mapas, entre los cuales se destacan: 1) *Mapa del estado actual de las máquinas* – incluye información del estado de perforación de las diferentes máquinas al finalizar una semana de trabajo; ayuda a socializar con las demás unidades de la empresa el estado general de perforación. 2) *Pozos perforados semana anterior* – expone la ubicación y mineralización de cada uno de los pozos que fueron perforados en la semana de trabajo anterior. 3) *Plan semana* – indica, por áreas, los puntos a perforar en el transcurso de la semana de trabajo vigente. En la figura 8 se puede identificar un ejemplo de éste último tipo de mapa, teniendo en cuenta la semana tomada como referencia para los resultados.

**Figura 8.** Mapa geológico área Mina Semana 47



Fuente: Unidad de Exploración Cerro Matoso S.A.

**6.1.4 Bases de datos.** La unidad maneja cinco bases de datos, las cuales se alimentan diariamente con la información planeada para la perforación de puntos y luego se actualiza con los datos reales obtenidos en campo; posterior a lo cual se ponen en circulación entre los diferentes profesionales de la unidad. A continuación se expone una breve descripción de cada una de las bases de datos trabajadas.

- *Base de datos pozos perforados*<sup>14</sup>: contiene las características planeadas de los puntos a perforar (BHID plan) y las características obtenidas en campo después de perforados (BHID real).
- *Base de datos X-Met / DELTA*<sup>15</sup>: presenta un seguimiento del tipo de roca y la concentración de hierro y níquel en cada intervalo de profundidad del pozo finalizado y el respectivo equipo de instrumentación usado en campo para la toma de dichos datos. La información suministrada por estos equipos hace parte de los parámetros usados por los geólogos de campo para finalizar la perforación de un determinado pozo. X-Met y DELTA son los instrumentos utilizados para hacer la medición de los datos en mención, de allí que la base de datos lleve su nombre.
- *Base de datos seguimiento a puntos entregados*<sup>16</sup>: resume la información de las diferentes etapas y el avance de las actividades por las que pasa un punto, es decir, desde que es planeado, perforado y reconformado. Este seguimiento a las diferentes fases de perforación es trascendental para el cumplimiento del trabajo programado en los respectivos periodos de tiempo establecidos por la empresa.
- *Base de datos LITHO*<sup>17</sup>: incluye actualización de los números consecutivos de cada pozo, los intervalos de profundidad y los *rock type* encontrados en campo; esto con el propósito de llevar el control y comparar los datos con la información de laboratorio.

---

<sup>14</sup> Ver Anexo C

<sup>15</sup> Ver Anexo D

<sup>16</sup> Ver Anexo E

<sup>17</sup> Ver Anexo F

- *Base de datos seguimiento mineralización*<sup>18</sup>: presenta un control minucioso de las perforaciones en el día a día para toma de decisiones y seguimiento de lineamientos.

**Figura 9.** Vista de equipo X-Met usado para medición del porcentaje de minerales presente en una muestra de roca



Fuente: Unidad de Exploración Cerro Matoso S.A.

La alimentación de las diferentes bases de datos se realiza a partir de un formato diseñado para la descripción de muestras el cual es diligenciado por los geólogos de campo. Se hace de suma importancia la revisión detallada cada una de los ítems diligenciados por los geólogos al realizar su trabajo. El formato contiene los siguientes ítems:

- *Pozo N°*: es el numero consecutivo del pozo con el cual se va a perforar teniendo en cuenta la cantidad de pozos realizados a la fecha
- *Coordenadas y cota*: sirven para la ubicación del pozo, en la mina están designadas por NW y NE puesto que se maneja un sistema de coordenadas diferentes al del Agustín Codazzi.

---

<sup>18</sup> Ver Anexo G

- *Área de trabajo:* sitio o lugar donde se vienen desarrollando las perforaciones, se especifica el área, Pit y posterior a esto el banco en el que se perforo el pozo.
- *Perforadora:* se indica el número de la perforadora que se encuentra perforando el pozo, para la unidad de exploración nos encontramos tres equipos para la ejecución del plan identificadas con los números M6-06, M6-07 y M6-08.
- *Tipo de broca:* se indica el tipo de broca con el cual se realizan las perforaciones, en su gran mayoría tricónica 5 ½ pulgadas de diámetro.
- *Inicio del pozo y fin del pozo:* corresponde a las fechas en que se inician y terminan los trabajos de perforación.
- *Geólogo:* nombre del geólogo que hace la descripción litológica de las muestras.

## CONCLUSIONES

- 1.- La práctica empresarial realizada en la Unidad de Exploración de Cerro Matoso S.A permitió conocer detalladamente los diferentes roles que puede desempeñar un geólogo en todas las actividades relacionadas a la exploración dentro del proceso de explotación de ferroníquel.
- 2.- Dentro de la exploración y perforación de pozos en la mina de Cerro Matoso S.A., el plan semanal de perforación es una herramienta que permite direccionar de forma correcta las actividades planeadas y ejercer un seguimiento y control adecuado a éstas.
- 3.- La prognosis de puntos a perforar, el plan QA/QC y los mapas geológicos son instrumentos fundamentales para la planeación, perforación y seguimiento de puntos, ya que contextualizan, desde diferentes puntos de vista, al geólogo de campo encargado del proceso.
- 4.- El constante y oportuno diligenciamiento y la socialización de las diferentes bases de datos usadas en la Unidad de Exploración de Cerro Matoso S.A., facilita la actualización de los datos de perforación entre los profesionales de esta unidad y permite direccionar acertadamente la toma de decisiones en caso de presentarse no conformidades en el proceso.
- 5.- El trabajo realizado como estudiante en práctica favoreció una permanente actualización, en el tiempo requerido, del seguimiento de los puntos a perforar y pozos perforados. Se logró gestionar, estructurar y exponer, semana a semana, la información necesaria para poner en marcha los planes de perforación.

## BIBLIOGRAFIA

Bases de datos [en línea]. [consultado 31 mar. 2014]. Disponible en <[http://es.wikipedia.org/wiki/Base\\_de\\_datos](http://es.wikipedia.org/wiki/Base_de_datos)>

CICLO PHVA. [en línea]. [consultado 11 mar. 2014]. Disponible en <[http://www.veninco.com/images/ciclo\\_phva.png](http://www.veninco.com/images/ciclo_phva.png)>

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. El Níquel en Colombia. Bogotá : Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. [en línea]. Primera edición (2009). [consultado 24 ene. 2014]. Disponible en <[http://www.upme.gov.co/Docs/Niquel\\_Colombia.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Niquel_Colombia.pdf)>

GLEESON, S.; HERRINGTON, R.; DURANGO, J.; VELASQUEZ, C. y KOLL, G. The Mineralogy and Geochemistry of the Cerro Matoso S.A. Ni Laterite Deposit, Montelíbano, Colombia. En: Economic Geology. [en línea]. Vol. 99 (2004). [consultado 17 mar. 2014]. Disponible en <[www.researchgate.net/publication/247864419\\_The\\_Mineralogy\\_and\\_Geochemistry\\_of\\_the\\_Cerro\\_Matoso\\_S.A.\\_Ni\\_Laterite\\_Deposit\\_Montelibano\\_Colombia](http://www.researchgate.net/publication/247864419_The_Mineralogy_and_Geochemistry_of_the_Cerro_Matoso_S.A._Ni_Laterite_Deposit_Montelibano_Colombia)>

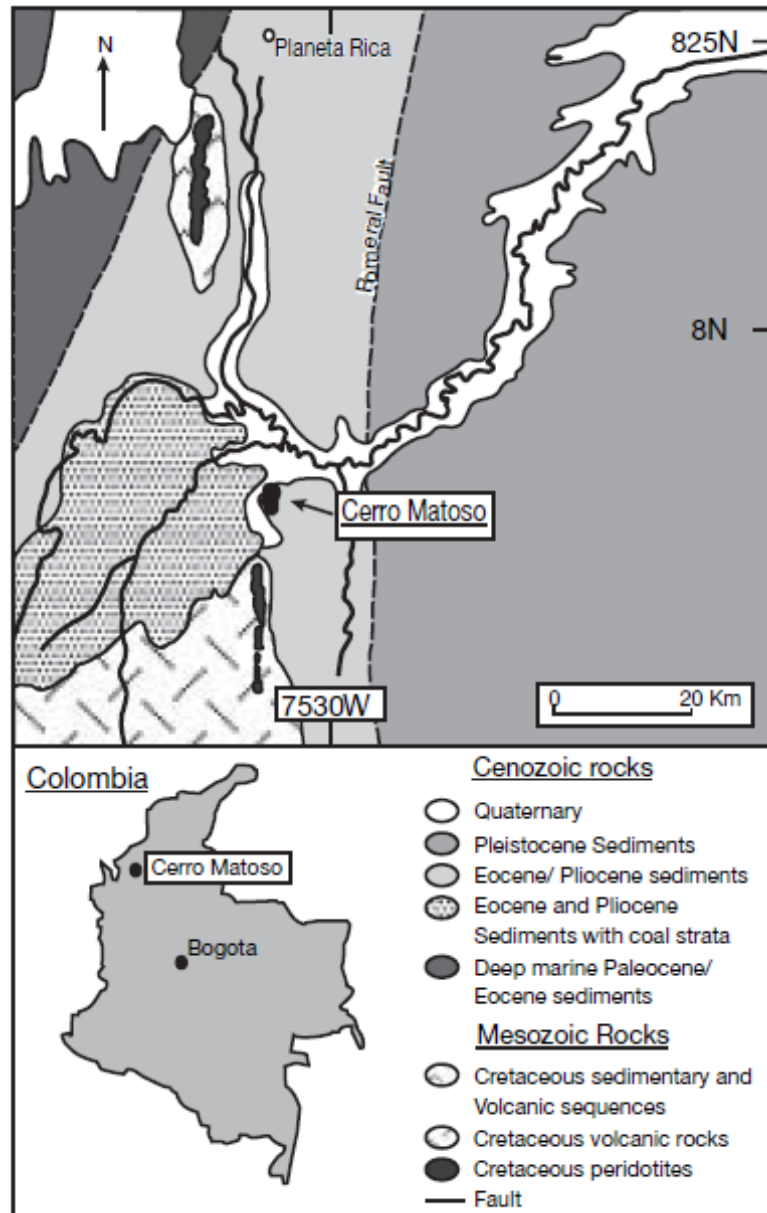
HOYOS, Natalia y VELASQUEZ, Carlos. Análisis del origen de la laterización y saprolitización del yacimiento níquelífero de Cerro Matoso, Departamento de Córdoba. Medellín, 1996. Trabajo de grado (Geología). Universidad EAFIT. Facultad de Ingenierías. Departamento de Geología. 99p.

Prognosis [en línea]. [consultado 31 mar. 2014]. Disponible en <<http://www.rae.es/>>

QA/QC (Quality Assurance/Quality Control) [en línea]. [consultado 31 mar. 2014]. Disponible en <<http://www.csigsac.com/joomla16/index.php/12-novedades/43-qa-qa>>

VARGAS, German y RODRIGUEZ, Carlos. Metodología para la prospección de níquel utilizando técnicas de sensores remotos. En : Boletín de Ciencias de la Tierra. [en línea]. Vol. 25 (2008 - 2009). [consultado 10 mar. 2014]. Disponible en <<http://www.docentes.unal.edu.co/gvargasc/docs/GEOLOGIA/articulo%20niquel.pdf>>

**ANEXO A. GEOLOGIA REGIONAL Y MAPA DE LOCALIZACIÓN DE LA  
MINA CERRO MATOSO S.A.**



Fuente: GLEESON, S.; HERRINGTON, R.; DURANGO, J.; VELASQUEZ, C. y KOLL, G. The Mineralogy and Geochemistry of the Cerro Matoso S.A. Ni Laterite Deposit, Montelíbano, Colombia. En: *Economic Geology*. [en línea]. Vol. 99 (2004). [consultado 17 mar. 2014].

## ANEXO B. ILUSTRATIVO DE PROGNOSIS DEL PUNTO 3640 (Semana 17)

**Tabla B1.** Prognosis del punto 3640 planeado en la semana 17

Profundidad		%Ni	Rock Type	Profundidad		%Ni	Rock Type
From	To			From	To		
0	2	<0.6	60	74	76	>1.0	40+50+80
2	4	<0.6	60	76	78	>1.0	40+50+80
4	6	<0.6	60	78	80	>1.0	40+50+80
6	8	<0.6	60	80	82	>1.0	40+50+80
8	10	<0.6	60	82	84	>1.0	40+50+80
10	12	<0.6	60	84	86	>1.0	40+50+80
12	14	<0.6	60	86	88	>1.0	40+50+80
14	26	<0.6	60	88	90	>1.0	40+50+80
26	28	>1.0	50+60	90	92	>1.0	40+50+80
28	30	>1.0	50+60	92	94	>1.0	40+50+80
30	32	>1.0	50+60	94	96	>1.0	40+50+80
32	34	>1.0	50+60	96	98	>1.0	40+50+80
34	36	>1.0	50+60	98	100	>1.0	40+50+80
36	38	>1.0	50+60	100	102	>1.0	40+50+80
38	40	>1.0	50+60	102	104	>1.0	50+60
40	42	>1.0	50+60	104	106	>1.0	50+60
42	44	>1.0	50+60	106	108	>1.0	50+60
44	46	>1.0	50+60	108	110	>1.0	50+60
46	48	>1.0	50+60	110	112	>1.0	50+60
48	50	>1.0	50+60	112	114	>1.0	50+60
50	52	>1.0	50+60	114	116	>1.0	50+60
52	54	0.6-1.0	50	116	118	>1.0	50+60
54	56	0.6-1.0	50	118	120	>1.0	50+60
56	58	0.6-1.0	50	120	122	>1.0	50+60
58	60	0.6-1.0	50	122	124	>1.0	50+60
60	62	0.6-1.0	50	124	126	<0.6	60
62	64	0.6-1.0	50	126	128	<0.6	60
64	66	0.6-1.0	50	128	130	<0.6	60
66	68	0.6-1.0	50	130	150	<0.6	60
68	70	0.6-1.0	50				
70	72	0.6-1.0	50				
72	74	0.6-1.0	50				

Fuente: Unidad de Exploración Cerro Matoso S.A.

## ANEXO C. ESQUEMA DE BASE DE DATOS POZOS PERFORADOS

**Tabla C1.** Base de datos de pozos perforados del punto 3640 (semana 47)

BHID	PUNTO PLANEADO	COORDENADA PLAN (X)	COORDENADA PLAN (Y)	
7803	3640	1132	1194	

NE COORDENADA FORESCATS	NW COORDENADA FORESCATS	PROFUNDIDAD POZO PLAN (m)	SEMANA PROGRAMADA	
1127	1197	150	47	

ESESOR SEDIMENTARIO PLAN (m)	ESESOR RETRAJADO PLAN (m)	INTER. MUESTRA BLANCO 1	INTERVALO	
0	0	128-130	30-32	

Grado de Ni Esperado (%)	ROCK TYPE	INTERVALO	Grado de Ni Esperado (%)	
>1.0	50+60	80-82	>1.0	

ROCK TYPE	Grado de Ni Esperado (%)	PROFUNDIDAD POZO REAL (m)	EQUIPO QUE PERFORÓ	
40+50+80	>1.0	162	M6-06	

TIPO DE BROCA	UBICACIÓN	GEÓLOGO QUE FINALIZÓ POZO	FECHA DE LA PERFORACIÓN POZO	
			Inicio	Finalización
Triconica 5 1/2 "	126,2	Karelis Oliveros	07/11/2013	20/11/2013

Fuente: Unidad de Exploración Cerro Matoso S.A.

## ANEXO D. ESQUEMA DE BASE DE DATOS X-MET/DELTA

**Tabla D1.** Base de datos X-Met/DELTA del punto 3640 (semana 47)

<b>Punto</b>	3640
<b>BHID</b>	7803
<b>Ubicación</b>	Mina
<b>Equipo</b>	X-Met

From	To	Rock Geo	X-Met Dato 1		X-Met Dato 2		Promedio		Diferencia 1-2	
			Ni	Fe	Ni	Fe	NI	Fe	NI	Fe
110	112	14+43	0,20	4,34	0,26	5,86	0,23	5,10	13%	15%
112	114	14+43+80	0,48	8,14	0,5	6,6	0,49	7,37	2%	10%
114	116	14+43+80	0,19	4,29	0,26	4,34	0,23	4,32	16%	1%
116	118	14	-	-	-	-	-	-	-	-
118	120	14+43	0,41	4,67	0,41	7,92	0,41	6,30	0%	26%
120	122	14+43	0,21	5,38	0,24	5,02	0,23	5,20	7%	3%
122	124	14	-	-	-	-	-	-	-	-
124	126	14+43	0,31	5,87	-	-	0,31	5,87	-	-
126	128	14+43	0,27	4,66	0,36	6,08	0,32	5,37	14%	13%
128	130	14	-	-	-	-	-	-	-	-
130	132	14+43	0,22	5,08	0,19	4,36	0,21	4,72	7%	8%
132	134	14	-	-	-	-	-	-	-	-
134	136	14+43	0,23	4,66	0,21	4,33	0,22	4,50	5%	4%
136	138	14+43+80	0,36	12,43	0,42	6,88	0,39	9,66	8%	29%
138	140	43+14+80	0,67	9,68	0,71	12,15	0,69	10,92	3%	11%
140	142	14	-	-	-	-	-	-	-	-
142	144	14+43+80	0,28	4,38	0,23	4,25	0,26	4,32	10%	2%
144	146	80+43	0,31	5,50	0,41	7,32	0,36	6,41	14%	14%
146	148	80+43	0,36	6,99	0,51	8,32	0,44	7,66	17%	9%
148	150	80+43	0,41	7,15	0,45	8,59	0,43	7,87	5%	9%
150	152	40+50	0,46	6,90	0,49	7,28	0,48	7,09	3%	3%
152	154	40+50	0,45	6,23	0,43	6,5	0,44	6,37	2%	2%
154	156	60	0,32	5,42	0,37	5,85	0,35	5,64	7%	4%
156	158	60	0,31	5,47	0,31	5,42	0,31	5,45	0%	0%
158	160	60	0,31	4,43	0,32	4,97	0,32	4,70	2%	6%
160	162	60	0,30	4,73	0,35	5,44	0,33	5,09	8%	7%

Fuente: Unidad de Exploración Cerro Matoso S.A.

**ANEXO E. ESQUEMA DE BASE DE DATOS SEGUIMIENTO A PUNTOS  
ENTREGADOS**

**Tabla E1.** Base de datos seguimiento a puntos entregados del punto 3640 (semana 47)

<b>Punto planeado</b>	3640	<b>Stand By x Ubicar</b>	
<b>Coordenada planeada NE</b>	1132	<b>Ubicado</b>	21/10/2013
<b>Coordenada planeada NW</b>	1194	<b>Replanteado</b>	28/10/2013
<b>Coordenada forescat NE</b>	1127	<b>X Reubicar</b>	
<b>Coordenada forescat NW</b>	1197	<b>Reubicado</b>	22/10/2013
<b>Profundidad planeada</b>	150	<b>Cancelado x Geol</b>	
<b>Prioridad</b>	1	<b>Stand por adecuar NO</b>	
<b>Fecha de entrega</b>	21/10/2013	<b>Entregado ejecución SI</b>	
<b>Área</b>	Mina	<b>Desmontado</b>	
<b>Sub-área</b>	Pit 2	<b>Talado</b>	
<b>Estado</b>	Levantado	<b>Adecuado</b>	29/10/2013
<b>% Avance</b>	90	<b>Por readecuar</b>	
<b>Metros de grava planeados</b>	NA	<b>Readecuado</b>	30/10/2013
<b>Semana programada</b>	47	<b>Caising instalado</b>	
<b>Alertas para el plan</b>	NA	<b>Perforado</b>	
<b>Responsable</b>	Franklyn (Obras)	<b>Levantado</b>	20/11/2013
<b>Prognosis</b>	SI	<b>Por reconformar</b>	
<b>Máquina</b>	M6-06	<b>Reconformado</b>	

Fuente: Unidad de Exploración Cerro Matoso S.A.

## ANEXO F. ESQUEMA DE BASE DE DATOS LITHO

**Tabla F1.** Base de datos LITHO del punto 3640 (semana 47)

<b>Punto</b>	3640
<b>BHID</b>	7803

From	To	Rock Type	From	To	Rock Type	From	To	Rock Type
0	2	50	58	60	50	116	118	50
2	4	50	60	62	50	118	120	50
4	6	50	62	64	50	120	122	60+50
6	8	50	64	66	50	122	124	60+50
8	10	50	66	68	50	124	126	60+50
10	12	50	68	70	50	126	128	60+50
12	14	50	70	72	50	128	130	60+50
14	16	50+60	72	74	50	130	132	60+50
16	18	50+60	74	76	50	132	134	50
18	20	50	76	78	50	134	136	50
20	22	50	78	80	40	136	138	60
22	24	50+60	80	82	40+50	138	140	60
24	26	50	82	84	40+50	140	142	60+50
26	28	50	84	86	40+50	142	144	60
28	30	50+60	86	88	40+50	144	146	50
30	32	50	88	90	40+50	146	148	60+50
32	34	50	90	92	50	148	150	60
34	36	50	92	94	50	150	152	60+50
36	38	50	94	96	50	152	154	60+50
38	40	50	96	98	50	154	156	60+50
40	42	60+50	98	100	50	156	158	60+50
42	44	50+60	100	102	60+50	158	160	60+50
44	46	50	102	104	60+50	160	162	50+60
46	48	50	104	106	60+50			
48	50	50	106	108	60+50			
50	52	50	108	110	50			
52	54	50	110	112	50			
54	56	50	112	114	50			
56	58	50	114	116	50			

Fuente: Unidad de Exploración Cerro Matoso S.A.

## ANEXO G. ESQUEMA DE BASE DE DATOS SEGUIMIENTO MINERALIZACIÓN

**Tabla G1.** Base de datos seguimiento mineralización del punto 3640 (semana 47)

Punto	3640
BHID	7803

From	To	Prognosis		Campo	
		Ni prom plan	Rock Type plan	Ni prom Real	Rock Type Real
0	2	<0.6	60	<0.4	50
2	4	<0.6	60	<0.4	50
4	6	<0.6	60	<0.4	50
6	8	<0.6	60	<0.4	50
8	10	<0.6	60	<0.4	50
10	12	<0.6	60	<0.4	50
12	14	<0.6	60	<0.4	50
14	16	<0.6	60	<0.4	50+60
16	18	<0.6	60	<0.4	50+60
18	20	<0.6	60	<0.4	50
20	22	<0.6	60	<0.4	50
22	24	<0.6	60	<0.4	50+60
24	26	<0.6	60	<0.4	50
26	28	>1.0	50+60	<0.4	50
28	30	>1.0	50+60	<0.4	50+60
30	32	>1.0	50+60	<0.4	50
32	34	>1.0	50+60	<0.4	50
34	36	>1.0	50+60	<0.4	50+m
36	38	>1.0	50+60	<0.4	50
38	40	>1.0	50+60	<0.4	50
40	42	>1.0	50+60	<0.4	60+50
42	44	>1.0	50+60	<0.4	50+60
44	46	>1.0	50+60	<0.4	50
46	48	>1.0	50+60	<0.4	50
48	50	>1.0	50+60	<0.4	50
50	52	>1.0	50+60	<0.4	50
52	54	0.6-1.0	50	<0.4	50
54	56	0.6-1.0	50	<0.4	50
56	58	0.6-1.0	50	<0.4	50
58	60	0.6-1.0	50	<0.4	50
60	62	0.6-1.0	50	0.4.0.6	50
62	64	0.6-1.0	50	0.4.0.6	50+s
64	66	0.6-1.0	50	<0.4	50+s
66	68	0.6-1.0	50	0.6-1.0	50+ga
68	70	0.6-1.0	50	<0.4	50+s
70	72	0.6-1.0	50	0.4.0.6	50+s

From	To	Prognosis		Campo	
		Ni prom plan	Rock Type plan	Ni prom Real	Rock Type Real
84	86	>1.0	40+50+80	0.6-1.0	40+50+S
86	88	>1.0	40+50+80	0.6-1.0	40+50+S
88	90	>1.0	40+50+80	0.6-1.0	40+50+S
90	92	>1.0	40+50+80	0.4.0.6	50
92	94	>1.0	40+50+80	0.4.0.6	50
94	96	>1.0	40+50+80	<0.4	50
96	98	>1.0	40+50+80	<0.4	50
98	100	>1.0	40+50+80	<0.4	50
100	102	>1.0	40+50+80	<0.4	60+50+S
102	104	>1.0	50+60	<0.4	60+50+S
104	106	>1.0	50+60	<0.4	60+50+S
106	108	>1.0	50+60	<0.4	60+50+S
108	110	>1.0	50+60	<0.4	50
110	112	>1.0	50+60	<0.4	50
112	114	>1.0	50+60	<0.4	50
114	116	>1.0	50+60	<0.4	50
116	118	>1.0	50+60	<0.4	50+S
118	120	>1.0	50+60	<0.4	50+S
120	122	>1.0	50+60	<0.4	60+50+S
122	124	>1.0	50+60	<0.4	60+50+S
124	126	<0.6	60	<0.4	60+50+S
126	128	<0.6	60	<0.4	60+50+S
128	130	<0.6	60	<0.4	60+50+S
130	132	<0.6	60	<0.4	60+50+S
132	134	<0.6	60	0.6-1.0	50+GA+S
134	136	<0.6	60	<0.4	50+S
136	138	<0.6	60	<0.4	60
138	140	<0.6	60	<0.4	60
140	142	<0.6	60	<0.4	60+50
142	144	<0.6	60	<0.4	60
144	146	<0.6	60	<0.4	50+GA
146	148	<0.6	60	<0.4	60+50
148	150	<0.6	60	<0.4	60
150	152			<0.4	60+50+s
152	154			<0.4	60+50+s
154	156			<0.4	60+50+s

72	74	0.6-1.0	50	<0.4	50	156	158			<0.4	60+50+s
74	76	>1.0	40+50+80	<0.4	50	158	160			<0.4	60+50+s
76	78	>1.0	40+50+80	0.6-1.0	50	160	162			<0.4	60+50+s
78	80	>1.0	40+50+80	1.0-1.5	40						
80	82	>1.0	40+50+80	0.4.0.6	40+50+S						
82	84	>1.0	40+50+80	0.4.0.6	40+50+S						

Fuente: Unidad de Exploración Cerro Matoso S.A.