



Universidad de Moa

Dr. Antonio Núñez Jiménez

Facultad Geología/Minas. Departamento de Geología

Tesis en opción al Título de Máster en Geología

**PROCEDIMIENTO PARA LA EXPLOTACIÓN SOSTENIBLE DE LOS
TERRENOS BASE DEL SECADO SOLAR DE LA EMPRESA
“COMANDANTE ERNESTO CHE GUEVARA”**

Autora: Ing. Rosáida Fonseca Aguilar

Moa, 2024



Universidad de Moa

Dr. Antonio Núñez Jiménez

Facultad Geología/Minas. Departamento de Geología

Tesis en opción al Título de Máster en Geología

**PROCEDIMIENTO PARA LA EXPLOTACIÓN SOSTENIBLE DE LOS
TERRENOS BASE DEL SECADO SOLAR DE LA EMPRESA
“COMANDANTE ERNESTO CHE GUEVARA”**

Autora: Ing. Rosalida Fonseca Aguilar

**Tutores: Dr. C. Diosdanis Guerrero Almeida (PT)
Dra. C. María Isabebl García De LA Cruz
Msc. (PA) José Alejandro Carmenate Fernández**

Moa, 2024

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo, **Rosaida Fonseca Aguilar**, autora de este Trabajo de Maestría que tiene como título: elaboración de un Procedimiento para la explotación sostenible de los terrenos base del secado solar de la empresa “Comandante Ernesto Che Guevara”, cuyos tutores son el Dr. C. Diosdanis Guerrero Almeida (PT), Dra. C. María Isabel García De LA Cruz y el Msc. José Alejandro Carmona Fernández (PA), declaramos la propiedad intelectual de este, al servicio de la Universidad de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez. Para que así conste, firmamos la presente a los ____ días del mes de _____ 2024.

PENSAMIENTO

"Plantear nuevas preguntas, nuevas posibilidades, considerar los viejos problemas desde un nuevo ángulo, requiere imaginación creativa y marca un avance real en la ciencia."

Albert Einstein

DEDICATORIA

A mis padres que gracias a sus exigencias, su educación y su dedicación me formé profesionalmente.

A mis dos hijos Adriana y Adrian, que son la razón de mi vida, deseando que sigan siendo personas maravillosas, honestas y que se superen constantemente para su futuro.

A mi esposo Diosdanis que ha sido el motor impulsor para mí, que ha estado presente en todos los momentos de mi vida, apoyándome incondicionalmente con su abnegación, dedicación, perseverancia, tiempo y paciencia para lograr todo lo que me he propuesto en la vida.

A toda mi familia.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi esposo por confiar siempre en mí y estimularme para continuar superándome y a mis dos hijos por apoyarme en todos los momentos de nuestras vidas.

A mi familia por todo el apoyo brindado durante todo mi tiempo de estudios y formación.

Agradezco a mis profesores que, gracias a ellos me formé profesionalmente.

A todos mis compañeros de trabajos que contribuyeron con toda la información que me brindaron.

A mis tutores y a todo el que me brindó información de una forma u otra.

RESUMEN

La tecnología del secado solar utilizada en la minería metálica de Moa, se realiza sobre terrenos base(plazoletas) artificiales al distribuir menas lateríticas en forma de pilas a la intemperie, como alternativa para racionalizar el proceso de lixiviación carbonato amoniacal (CARON), aplicado durante la obtención de níquel más cobalto. En la siguiente investigación se presenta el procedimiento para la explotación sostenible de los terrenos base del secado solar de la empresa “Comandante Ernesto Che Guevara” (ECG), para la construcción y montaje de 9 plazoletas utilizadas durante este método. Se exponen los resultados del diseño e implementación de dicho procedimiento en una zona de 63.1 Ha, perteneciente al yacimiento “Punta Gorda”, concesionado por esta empresa minera. Los resultados obtenidos son de gran utilidad ya que garantizan la selección, diseño, construcción, caracterización geotécnica, certificación, entrega, control y monitoreo de estas construcciones mineras tan necesarias para alcanzar un proceso tecnológico minero-metalúrgico eficiente y eficaz, como parte del sistema de control de la calidad de esta empresa.

Palabras claves: explotación sostenible, procedimiento, secado solar, terrenos base.

ABSTRACT

The solar drying technology used in the metal mining of Moa is carried out on artificial platforms, distributing lateritic ores in the form of piles outdoors, as an alternative to rationalize the ammoniacal carbonate leaching process (CARON), applied during the production of nickel more cobalt. The following research presents the procedure that allows the sustainable exploitation of the base lands provided by the company “Comandante Ernesto Che Guevara” (ECG), for the construction and assembly of 9 small squares used during this method. The results of the design and implementation of said procedure in an area of 63.1 Ha, belonging to the “Punta Gorda” deposit, granted by this mining company, are presented. The results obtained are very useful since they guarantee the selection, design and construction, geotechnical characterization, certification, delivery, control and monitoring of these mining constructions, necessary to achieve an efficient and effective mining-metallurgical technological process; therefore, it constitutes a fundamental tool in the quality control system of this company.

Keywords: base lands, procedure, sustainable exploitation, solar drying.

INDICE

CONTENIDO	PÁGINA
DECLARACIÓN DE AUTORIDAD	3
PENSAMIENTO.....	4
DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTOS	6
RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
INDICE	9
CONTENIDO	9
PÁGINA	9
INTRODUCCION	12
CAPITULO I. MARCO CONCEPTUAL DE LA INVESTIGACION	17
I. 1 Introducción	17
I. 2 Antecedentes y estado actual sobre el tema	17
I. 3 Marco legal de la investigación	21
I. 4 Características generales de la región de estudio	26
I. 4. a Ubicación geográfica	26
I. 4. b Clima	28
I. 4. c Vegetación	28
I. 4. d Relieve	28

I. 4. e Paisaje	29
I. 4. f Características geológica regional	29
I. 4. g Tectónica	32
I. 4. h Hidrología.....	34
I. 4. i Permeabilidad y potencia acuífera	35
I. 4. j Sismicidad	36
I. 5 Elementos generales sobre la explotación minera.....	37
CAPITULO II MATERIALES Y MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN	42
II. 1 Introducción.....	42
II. 2 Etapas de la investigación	42
II. 3 Materiales y métodos aplicados en la investigación	44
II. 4 Diseño del Procedimiento.....	45
CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS ALCANZADOS CON LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO	47
III. 1 Introducción	47
III. 2 Revisión de la información y ubicación del área de los terrenos base	47
III. 3 Caracterización del material estéril empleado para la construcción de los terrenos base	52
III. 4 Construcción del terraplén de prueba y características geotécnicas	54
III. 5 Construcción de los terrenos base.....	55
III. 6 Caracterización geotécnica de los terrenos base.....	58
III. 7 Certificación de los terrenos base	61

III. 8 Entrega de los terrenos base.....	64
III. 9 Explotación sostenible de los terrenos base	65
III. 10 Control y monitoreo	68
III. 11 Principales deficiencias detectadas durante la implementación del Procedimiento	69
III. 12 Propuesta del plan de medidas	71
CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIONES.....	74
BIBLIOGRAFÍA.....	75
ANEXOS.....	85

INTRODUCCION

El proceso de secado solar constituye actualmente uno de los métodos más empleados en la industria extractiva de materiales. La escasez de recursos energéticos, los altos precios de los combustibles y la acelerada degradación del medio ambiente, hacen que este método, por sus múltiples ventajas y perspectivas, sea ampliamente aplicado en diferentes esferas productivas a nivel mundial.

De acuerdo con Retirado, (2012), se trata de un proceso en el cual los materiales se exponen directamente a la radiación solar colocándolos sobre el suelo o en dispositivos específicos. Es uno de los usos más antiguos de la energía solar, siendo el más utilizado en países en vías de desarrollo para el secado de productos agrícolas.

En Cuba, su empleo se reduce a la industria de alimentos, café, madera y en menor medida, a la del níquel. Gran cantidad de materias primas provenientes de este tipo de minería son secadas a través del uso de las radiaciones solares, dadas las ventajas que este método presenta. Su aplicación se justifica por ser nuestro país uno de los mayores productores de níquel, que constituyen reservas entre las cuatro mayores a nivel mundial.

Este proceso permite disminuir los costos de explotación, así como la preservación y reducción de peso o volumen para el transporte del material extraído, pues durante la explotación de estos yacimientos se presentan problemas relacionados con las variables climáticas (abundantes lluvias), geológicas (intensos procesos de meteorización y tectónicos del macizo rocoso), e ingenieriles (suelos con bajo ángulo de fricción y baja cohesión); lo cual influye de manera negativa en las condiciones ambientales de los yacimientos, Almaguer y Guardado, (2003). Otras causas que obligan al uso de este método en Cuba son las características hidrogeológicas de los yacimientos niquelíferos y el uso ineficiente de la tecnología empleada durante la explotación de las menas lateríticas, (Blanco y Llorente, 2004; De Miguel et al., 1998, 2004, Estenoz et al., 2008; Carmenate, 1996).

La tecnología de secado solar de las menas lateríticas en Moa se realiza al disponer la mena en pilas a la intemperie como alternativa para racionalizar el proceso tecnológico de obtención de níquel, carbonato amoniacal (CARON). Se implementa sobre la base de la experiencia práctica, la intuición de los trabajadores e investigadores de la industria y de algunos estudios empírico-teóricos y experimentales realizados en los últimos años por equipos multidisciplinarios.

Retirado, (2007, 2010, 2012, 2018), Estenoz et al, (2003, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009) y otros, realizaron estudios y consultas a informes económicos anuales de las empresas cubanas productoras de níquel y cobalto, en los cuales demostraron que en el secado convencional de las menas lateríticas se emplea alrededor del 20 % de la energía consumida en la industria metalúrgica.

Otros como Fonseca, (2021, 2022) y Regalado (2023), afirman que con la aplicación del secado solar en la explotación de los yacimientos lateríticos concesionados a la empresa estatal socialista “Comandante Ernesto Che Guevara” de Moa (ECG), es posible disminuir la humedad del mineral a alimentar al proceso metalúrgico desde 36 % hasta 31,5 %, existiendo con ello, una disminución del índice de consumo de petróleo de 25,3 kg/t de mineral hasta 20,34 kg/t, así como un aumento de la productividad de los secaderos, molinos y su homogenización, lo que trae consigo a su vez como promedio en el año, un incremento de la producción y la eficiencia metalúrgica del Ni y del Co, de esta fábrica.

Para lograr mejor estabilidad y desempeño de los indicadores tecnológicos, es preciso contar con un grupo de construcciones mineras denominadas terrenos base (plazoletas), constituídos por capas de material estéril sobre las cuales se distribuyen las pilas de mineral laterítico y forman parte del proceso tecnológico auxiliar, los cuales garantizan el funcionamiento del secado solar y racionaliza la tecnología de lixiviación carbonato amoniacal (CARON), aplicada durante la obtención de níquel más cobalto, (ver **Figura 1**).

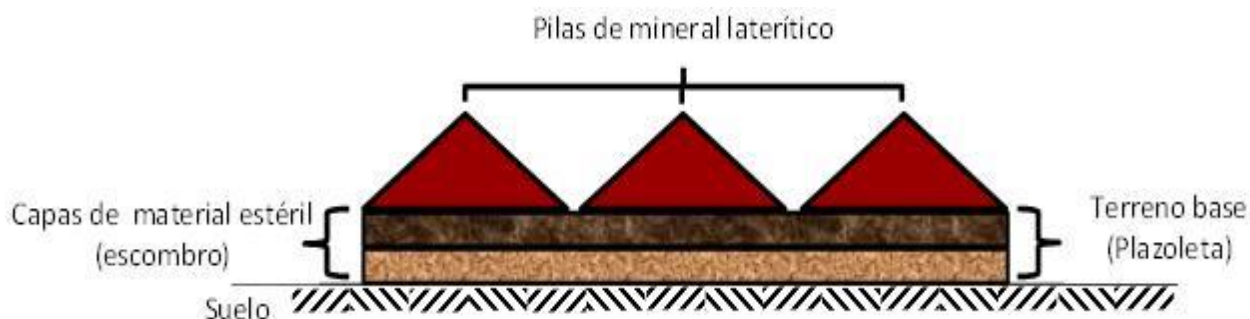


Figura 1. Representación esquemática del terreno base (plazoleta), para el proceso de secado solar, Fonseca, (2024b).

En Cuba y en la minería metálica de Moa en particular, no existe un procedimiento con un enfoque integral, como parte del perfeccionamiento del sistema de gestión y control de la calidad de la ECG, que permita la explotación sostenible de estas construcciones, aún después del eventual cierre de la actividad minera.

Esto obliga a la necesidad de proponer un procedimiento a partir de un análisis multidisciplinario, con el uso de métodos y técnicas científicas que permitan alcanzar mejores resultados de los terrenos base (plazoletas), así como mitigar o eliminar los problemas presentados antes, durante y después de su explotación, entre los cuales se destacan la incorrecta selección de la zona y el escombro, problemas constructivos de las plazoletas, ocurrencia de fenómenos geodinámicos, elevado consumo de portadores energéticos por la humedad del mineral alimentado, incremento de la humedad del mineral almacenado, deterioro de la calidad de caminos mineros de acceso a los depósitos, así como el incremento de la distancia de transportación del mineral extraído desde los frentes hasta los antiguos depósitos.

Todo lo anterior justifica la necesidad de investigaciones como esta, que permiten la explotación sostenible de esas estructuras, así como evaluar su estabilidad, prevenir deslizamientos y colapsos que puedan causar daños materiales y humanos. De ahí que surja el siguiente trabajo para tomar decisiones que garanticen los parámetros de calidad requeridos por el proceso minero-metalúrgico perteneciente a la Unidad Básica de la Mina de la empresa “Ernesto Che Guevara” (UBM-ECG).

Para darle cumplimiento a los objetivos propuestos fue necesario considerar los siguientes elementos metodológicos:

Problema científico: Necesidad de elaborar un procedimiento para la explotación sostenible de los terrenos base (plazoletas) del secado solar de la ECG.

Campo de acción: Terrenos base del secado solar de la ECG.

Objeto: Procedimiento para la explotación sostenible de los terrenos base del secado solar de la ECG.

Hipótesis: Si se realiza un estudio sobre los principales trabajos relacionados con el secado solar, se caracterizan desde el punto de vista geológico y minero, se aplican las normativas de estandarización (ISO), relacionadas con el sistema de gestión de la calidad, es posible elaborar un Procedimiento para la explotación sostenible de los terrenos base del secado solar de la ECG, lo que permitirá alcanzar un proceso minero-metalúrgico eficiente y eficaz.

Objetivo general: Elaborar un procedimiento para la explotación sostenible de los terrenos base (plazoletas), del secado solar de la ECG.

Objetivos específicos:

1. Estudiar los diferentes marcos teóricos conceptuales relacionados con el tema.
2. Caracterizar desde el punto de vista geológico y minero la zona de estudio.
3. Definir los componentes principales del Procedimiento, a partir de la aplicación de normativas de estandarización (ISO), relacionadas con el sistema de gestión de la calidad de la UBM-ECG.
4. Aplicar el Procedimiento propuesto en la zona seleccionada del yacimiento “Punta Gorda”.

Novedad científica: Procedimiento para la explotación sostenible de los terrenos base del secado solar de la ECG.

Publicación y divulgación de los resultados:

1. **Fonseca, Aguilar, R.**, y D., Guerrero, Almeida, (2022). Diseño metodológico para la evaluación de las condiciones Geotécnicas de los terrenos base del sistema del secado solar de la empresa “Ernesto Che Guevara”. X Conferencia Internacional de Aprovechamiento de Recursos Minerales. CINAREM-22. XIV Taller Internacional de Geología y Minería. GEOMIN`22. ISBN: 978-959-16-4770-2. 20-22/Abril/22. Moa. Cuba.
2. Guerrero, Almeida, D., **Fonseca, Aguilar, R.**, García de la Cruz, y J., A., Carmenate, Fernández (2024). Procedimiento para la explotación sostenible de los terrenos base del sistema del secado solar de la empresa “Comandante Ernesto Che Guevara”. GEOMOA 2024. Universidad de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”. 215 Pág.
3. **Fonseca, Aguilar, R.**, Carmenate, Fernández, J., A., Guerrero, Almeida D., y M., I., García de la Cruz, (2024a). Caracterización geotécnica de los terrenos base del secado solar de la empresa “Comandante Ernesto Che Guevara”. V Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. 17- 20/septiembre/2024. Centro de Convenciones Plaza América, de Varadero. Matanzas. 15 Pág.
4. **Fonseca, Aguilar, R.**, Carmenate, Fernández, J., A., Guerrero, Almeida D., y M., I., García de la Cruz, (2024b). Caracterización geotécnica de los terrenos base del secado solar de la empresa “Comandante Ernesto Che Guevara”. Revista INFOMIN Vol.16, del 2024, ISSN: 1992 4194 y URL: www.infomin.co.cu. Registro Nacional de Publicaciones Seriadas. No. 2144. Folio 115. Tomo III.
5. **Fonseca, Aguilar, R.**, y D., Guerrero, Almeida (2024c). Procedimiento para la explotación sostenible de los terrenos base del sistema del secado solar de la empresa “Comandante Ernesto Che Guevara”. Minería y Geología. [ISSN: 193 8012]. 15 Pág. (Artículo en proceso de arbitraje).

CAPITULO I. MARCO CONCEPTUAL DE LA INVESTIGACION

I. 1 Introducción

El siguiente capítulo tiene como objetivos estudiar los diferentes marcos teóricos conceptuales relacionados con los terrenos base, el proceso de secado solar y su importancia para la minería metálica de Moa; así como caracterizar desde el punto de vista geológico y minero la zona de estudio donde se aplicó el procedimiento propuesto. Se destacan además, las particularidades geológicas de la región y la tecnología minera aplicada en los yacimientos concesionados, con énfasis en el yacimiento “Punta Gorda” de Moa donde se localizan dichas construcciones mineras.

I. 2 Antecedentes y estado actual sobre el tema

En la literatura especializada no existen referencias sobre los Procedimientos a seguir para explotar de manera sostenible los terrenos base del secado solar pertenecientes a la ECG de Moa. Sin embargo, existe gran diversidad de trabajos asociados a la propuesta de procedimientos de procesos industriales de diferentes empresas cubanas como los de Aguirre (2023), Fonseca (2005, 2021, 2022), García (2008, 2018), Reynaldo y Guardado, (2017), razón por la cual dicho análisis fue centrado solamente en los diversos conceptos, enfoques e investigaciones relacionadas con el tema de secado solar.

Los primeros trabajos relacionados con la tecnología del secado solar datan de la primera década del siglo XX. A partir de esa fecha, se han publicado diversas investigaciones que buscan el perfeccionamiento de este proceso. A nivel internacional, ha tenido amplia difusión en menas lateríticas de Brasil, Filipinas, Francia y Australia en la homogenización del material y en la reducción de su contenido de humedad, Retirado, (2012).

En nuestro país el secado solar ha tenido amplia difusión en industrias como la alimenticia, cafetalera, maderera y niquelífera, donde fue implementado en las

empresas “Comandante René Ramos Latour” (actualmente cerrada) y aplicado desde el 2017 en la “Comandante Ernesto Che Guevara” para el secado de menas lateríticas en pilas (con secciones transversales triangulares) para lograr un mejor aprovechamiento de la superficie horizontal disponible y facilitar el drenaje del agua en caso de abundantes precipitaciones.

Estas pilas son espaciadas para realizar la remoción del material durante el secado y para posibilitar su evacuación y transportación una vez concluido el proceso. En la actualidad existen 6 plazoletas en funcionamiento, de las 9 que originalmente se consideraron en el proyecto, además de dos que se encuentran en fase de terminación y entrega (2 y 9). De igual modo, las 2 y 3 se unieron por su cercanía al camino principal, constituyendo la número 2, Regalado, (2023).

Muchos de estos diseños son resultado de proyectos e investigaciones multidisciplinarias ejecutadas en las empresas, que están relacionadas con el perfeccionamiento, manejo de los procesos tecnológicos y mineralógicos que influyen en la eficiencia y homogenización durante el secado (Estenoz et al., 2007, 2008), haciendo énfasis en la disminución de la humedad y considerando las diferentes variables climatológicas que intervienen en el secado natural (Retirado et al., 2007, 2008; Retirado, 2010).

Entre estas investigaciones se destacan las desarrolladas por Estenoz, (2001); Estenoz et al., (2005, 2007 y 2009) y Serrano, (2009) pues se abordan la explotación sostenible de los depósitos mineros de esta empresa ECG, los factores que influyen en la calidad del mineral abastecido, así como las alternativas tecnológicas para el monitoreo minero de la calidad a todos los flujos de menas unitarios y principales del laboreo minero.

Estos trabajos permiten el diseño, construcción, organización e implementación de la tecnología de formación, evacuación y control de las operaciones con lotes, sectores y pilas en los depósitos mineros. Su aplicación permite, elevar la compensación y homogenización de las menas lateríticas.

Más adelante se realizaron diversos estudios empírico-teóricos por especialistas de la propia empresa minera, con menas lateríticas en los yacimientos de Moa y Pinares de Mayarí, los cuales evidencian que con el secado natural solo es posible evaporar la humedad ligada mecánicamente al material debido a los bajos regímenes de temperatura que se generan y establecen que la humedad del mineral varía en función de las variables climatológicas.

La propuesta de Estenoz (2009), relacionada con el desarrollo de un Sistema Integral de Explotación Minera (SIEM) constituye un paso de avance teórico para la explotación de las lateritas de Moa. Dicha propuesta posee grupo de ventajas pero a la vez deficiencias que pueden ser mitigadas mediante la inserción de modificaciones derivadas de la modelación, simulación y optimización del proceso de secado natural de las lateritas.

El autor presupone para la implementación del SIEM, la construcción o adaptación de instalaciones industriales que generan altos costos de inversión inicial, y donde la tecnología de secado natural constituye una etapa intermedia, sin embargo no llega a proponer el Procedimiento específico para su explotación sostenible.

Las investigaciones desarrolladas por Retirado, (2007-2009, 2012, 2016-2018), relacionadas con la modelación matemática, el contenido de humedad del material y los factores que influyen en el proceso de secado solar del mineral laterítico a la intemperie, permitieron particularizar las condiciones específicas del proceso investigado.

En esos trabajos se presentan modelos matemáticos de los flujos de calor que en este inciden; la distribución de temperatura y humedad que experimenta el material; la velocidad de secado; el área de exposición, así como el volumen de las pilas de minerales con diferentes geometrías de su sección transversal en las condiciones de explotación minera.

Aunque el autor propone un grupo de acciones científico-técnicas para perfeccionar la tecnología de secado natural empleada y expone los beneficios económicos e impactos ambientales asociados al proceso de secado natural de las menas lateríticas, no tiene en consideración la caracterización geotécnica de los terrenos base del secado solar de la ECG, así como su posible utilización futura.

Los trabajos realizados por Fonseca y Guerrero (2022, 2024), son de gran importancia pues sirvieron de base para caracterizar el proceso, así como determinar los principales indicadores geotécnicos de los terrenos base del sistema del secado solar de la ECG.

La investigación realizada por Regalado, (2023), estuvo enfocada en la validación de un nuevo procedimiento para la conformación y manejo de las menas níquelíferas en los terrenos base (Plazoletas), para alcanzar una mejor mezcla en el proceso de secado solar empleado en la ECG. En ese trabajo, la autora propone un conjunto de acciones para perfeccionar esta tecnología, disminuyendo el tiempo de remoción y estableciendo un Procedimiento para el manejo de las menas, de manera rápida y eficiente en los terrenos base (plazoletas), en correspondencia con las condiciones reales operacionales.

Su investigación es de gran utilidad, pues brinda además una caracterización de las menas níquelíferas de los yacimientos Yagrumaje Sur, Camarioca Este y Punta Gorda utilizadas en este proceso, especialmente de humedad y calidad del mineral útil alimentado a las plantas de secaderos y hornos de reducción. Sin embargo, en la misma no se tienen en consideración la influencia de los indicadores geomecánicos del terreno donde se ubican los terrenos base, del proceso de secado solar.

Desde la Universidad de Moa, “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, y el departamento de Geología se han realizado otras investigaciones y proyectos multidisciplinarios entre los que se destacan los de Carmenate (1996); Legrá (1999, 2017, 2018); Almager (2001, 2003, 2005); Guardado y Almaguer, (2001, 2003, 2005); Cruz y Díaz (2002); Martínez et. al., (2003); Rojas, Orozco y Vera, (2001, 2005); Tomás et. al, (2020), (2022).

Esas investigaciones permitieron conocer la cartografía relacionada con los peligros y riesgos geológicos en el territorio de Moa y en el área del yacimiento “Punta Gorda”, su caracterización ingeniero geológica, dominios geológicos, composición geoquímica y mineralógica, distribución, modelación, comportamiento de las propiedades físico mecánicas y estimación en 3D de la masa volumétrica de los mismos, sobre la base de investigaciones geotécnicas, los cuales resultaron de gran interés para la presente investigación, pues proporcionan datos valiosos sobre el tema.

I. 3 Marco legal de la investigación

Para el desarrollo de la presente investigación se considera el basamento jurídico vigente en Cuba, relacionado con el tema, donde se destacan los principales postulados:

- Constitución de la República de Cuba, que establece lo siguiente:

Artículo 11: el Estado ejerce soberanía y jurisdicción; a) sobre todo el territorio nacional, integrado por la Isla de Cuba, la Isla de la Juventud, las demás islas y cayos adyacentes, las aguas interiores y el mar territorial en la extensión que fija la ley, el espacio aéreo que sobre estos se extiende y el espectro radioeléctrico; b) sobre el medio ambiente y los recursos naturales del país;

Artículo 13. El Estado tiene como fines esenciales los siguientes: e) promover un desarrollo sostenible que asegure la prosperidad individual y colectiva, y obtener mayores niveles de equidad y justicia social, así como preservar y multiplicar los logros alcanzados por la Revolución;

Artículo 75: Todas las personas tienen derecho a disfrutar de un medio ambiente sano y equilibrado. El Estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país. Este artículo reconoce la estrecha vinculación del ser humano con el desarrollo sostenible de la economía y la sociedad para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras.

Artículo 90: El ejercicio de los derechos y libertades previstos en esta Constitución implican responsabilidades. Son deberes de los ciudadanos cubanos, además de los otros establecidos en esta Constitución y las leyes: j) proteger los recursos naturales, la flora y la fauna y velar por la conservación de un medio ambiente sano;

- Sistema de normas internacionales ISO (International Standardization Organization); organización que se encarga de la creación de normas de fabricación, comercio y comunicación. La obtención de una certificación ISO en alguna de sus normas, garantiza que la empresa o profesional que la posea sigue las normas o estándares para asegurar la calidad, seguridad y eficiencia de sus servicios o productos. Entre las más utilizadas por la empresa tenemos:

Norma ISO 9001. Sistemas de Gestión de Calidad: Se trata de una norma que incide en el enfoque de las empresas hacia el cliente para ofrecer unos productos y servicios de mayor calidad. Un sistema de gestión de calidad ISO 9001 ayuda a las empresas a controlar de forma continuada la calidad en todos sus procesos. Es la norma que más certificaciones tiene emitidas, siendo muy valorada en el entorno del mercado actual,

Norma ISO 14001: Sistemas de Gestión de Medio Ambiente: Esta norma permite que una empresa controle las actividades, productos y servicios que pueden ocasionar un impacto negativo sobre el medio ambiente. Esta norma está basada en la “causa y efecto”, es decir, cada acción que realiza la empresa debe tener un impacto mínimo en el medio ambiente. La gestión medio ambiental de esta norma está estrechamente relacionada con los sistemas de gestión de calidad que permiten conseguir una mejora continua.

- Implementación en Cuba de la Tarea Vida, Agenda 2030, Objetivos y Metas de Desarrollo Sostenible (ODS):

Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.

Metas: 9.5 Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo, entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando considerablemente, de aquí a 2030, el número de personas que trabajan en investigación y desarrollo por millón de habitantes y los gastos de los sectores público y privado en investigación y desarrollo.

9. b Apoyar el desarrollo de tecnologías, la investigación y la innovación nacionales en los países en desarrollo, incluso garantizando un entorno normativo propicio a la diversificación industrial y la adición de valor a los productos básicos, entre otras cosas.

Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. Metas: 12. 2 Lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales. 12. 8 Asegurar que las personas de todo el mundo tengan la información y los conocimientos pertinentes para el desarrollo sostenible y los estilos de vida en armonía con la naturaleza. 12. a Ayudar a los países en desarrollo a fortalecer su capacidad científica y tecnológica para avanzar hacia modalidades de consumo y producción más sostenibles.

- Ley No. 76 de Minas promulgada en 1994, constituye el instrumento jurídico más importante, en cuanto a la gestión de los recursos minerales y especifica en su Capítulo VIII, sección segunda plantea “sobre las obligaciones generales de los concesionarios” que: Artículo 41. Todos los concesionarios están obligados a:

c) Preservar adecuadamente el medio ambiente y las condiciones ecológicas del área objeto de la concesión, elaborando estudios de impacto ambiental y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar dicho impacto derivado de sus actividades, tanto en dicha área, como en las áreas y ecosistemas vinculados a aquellos que son afectados.

n) Realizar investigaciones técnico-Productivas, e introducir innovaciones tecnológicas relacionadas con el objeto de su concesión, para mejorar la eficiencia económica y el aprovechamiento de los recursos minerales.

- Decreto-Ley 7/2020 “Del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación tiene como objeto establecer las bases para el diseño y el funcionamiento del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación, en lo adelante el Sistema, entendido como los actores sociales que se relacionan con la actividad de ciencia, tecnología e innovación, sus interacciones, la base jurídico-metodológica correspondiente y se reconoce su expresión en los niveles nacional, sectorial y territorial; sus componentes fundamentales, principios, objetivos y organización:

Artículo 2. El Sistema se orienta a: a) Incrementar el aporte de la ciencia, la tecnología y la innovación, al desarrollo económico, social y medioambiental, mediante la integración entre sus componentes y los requerimientos de la sociedad;

Artículo 3. Las actividades de ciencia, tecnología e innovación son aquellas actividades sistemáticas que están estrechamente relacionadas con la producción, difusión y utilización del nuevo conocimiento en los diferentes campos de la ciencia y la tecnología con impacto en la economía y la sociedad, comprendiendo las de investigación y desarrollo (I+D), la innovación, los servicios científicos y tecnológicos, las producciones especializadas, las actividades de interface y la transferencia de tecnología.

- Ley 81 de Medio Ambiente promulgada el 11 de julio de 1997, que refleja el reconocido esfuerzo del estado, respecto a la protección del medio ambiente:

Artículo 28: inciso e) queda establecido que la minería se encuentra dentro de las actividades sujetas al proceso de evaluación de impacto ambiental. El proceso de evaluación de impacto ambiental en las actividades de la minería requerirá en casi todos los casos de un estudio de impacto ambiental, para proceder con el otorgamiento de la licencia ambiental.

Artículo 57: inciso b) impulsar y promover la investigación científica y la innovación tecnológica, que permitan el conocimiento y desarrollo de nuevos sistemas, métodos, equipos, procesos, tecnologías y dispositivos para la protección del medio ambiente,

así como la adecuada evaluación de procesos de transferencia tecnológica y el inciso d) hace referencia a la aplicación de mejoras tecnológicas que permitan prevenir, evaluar, controlar y revertir el deterioro ambiental.

- Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución actualizados en el VIII Congreso del Partido Comunista de Cuba:

Lineamiento 24. El proceso de panificación debe garantizar en la producción de bienes y servicios: alcanzar mayores niveles de productividad y eficiencia en todos los sectores de la economía a partir de elevar el impacto de la ciencia, la tecnología y la innovación en el desarrollo económico y social, así como de la adopción de nuevos patrones de utilización de los factores productivos, modelos gerenciales y de organización de la producción.

Lineamiento 98. Situar en primer plano el papel de la ciencia, la tecnología y la innovación en todas las instancias, con una visión que asegure lograr a corto y mediano plazos los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social.

- Entre las Normas Cubanas que más se relacionan con este trabajo se encuentran las NC 59 y 63: 2000 sobre la clasificación geotécnica de los suelos; NC 158: 2002 relacionada con el terraplén de prueba, así como la NC 753: 2010. Carreteras — vías rurales — clasificación funcional. A continuación se explican alguna de ellas:

- NC 158: 2002. Geotecnia. Terraplén de prueba. ICS: 93.020 1. Esta norma establece el Procedimiento para determinar el régimen óptimo de trabajo del equipo de compactación en los suelos procedentes de una zona de préstamo o similar, para las condiciones de una obra dada, determinando el espesor de capa y el número de pasadas más eficiente del compactador utilizado, teniendo en cuenta los elementos que favorecen la organización y el uso tecnológico de los equipos utilizados.

- NC 753: 2010. Carreteras — vías rurales — clasificación funcional. Esta Norma Cubana establece la clasificación de las vías en sistemas funcionales, siendo indispensable su uso en la actualización del Esquema Vial Nacional y en los análisis territoriales vinculados con los trabajos de planeamiento vial. Puede ser utilizada por el inversionista para delimitar y priorizar las obras en los programas viales. La misma constituye en los estudios de propuesta, tareas de inversión y tarea de proyecto, fuentes de consultas obligatorias, pues permiten a la población en general, conocer el grado de importancia de los viales, siendo una de las formas, el uso que puede tener en los atlas, automapas, y códigos de las carreteras.

I. 4 Características generales de la región de estudio

I. 4. a Ubicación geográfica

El municipio de Moa se encuentra ubicado en el extremo oriental de la provincia de Holguín; limitado al Norte por el océano Atlántico, al Sur con el municipio Yateras, al Este con el municipio Baracoa y al Oeste con los municipios Sagua de Tánamo y Frank País.

En este municipio se encuentran los yacimientos lateríticos de Moa, explotados principalmente por las empresas “Comandante Ernesto Che Guevara” y “Pedro Soto Alba” Moa Nickel S. A. Los terrenos base (plazoletas mineras) para el secado solar pertenecen a la primera de las dos empresas antes mencionadas.

Las mismas están emplazadas en el área de la Unidad Básica Minera de esta entidad, en las coordenadas geográfica latitud $20^{\circ} 37' 41.6''$ y longitud $74^{\circ} 52' 55.7''$ limitando al Norte con la fábrica minero - metalúrgica, al Sur con el yacimiento Punta Gorda, al Oeste con la zona de la mina de la empresa “Comandante Pedro Soto Alba”, y al Este con el yacimiento Yagrumaje Norte, perteneciendo toda el área a la concesión minera del yacimiento Punta Gorda, (ver **Figura 2**).



Figura 2. Ubicación geográfica de la zona de estudio, Fonseca (2024b).

I. 4. b Clima

Es tropical con abundantes precipitaciones, estrechamente relacionadas con el relieve montañoso que se desarrolla en la región y la dirección de los vientos alisios provenientes del océano Atlántico cargados de humedad, con una distribución estacional irregular de las precipitaciones, determinada por una significativa disminución de las mismas dentro del período lluvioso. Presenta dos máximos; uno principal en octubre-noviembre y otro secundario en mayo-junio, de igual manera, presenta dos mínimos; uno en febrero-marzo y otro en julio-agosto, Almaguer (2005).

La cantidad de días al año con lluvias mayor que 1 mm es superior a 100, el promedio anual de precipitaciones alcanza los 2 000 mm y la evaporación se acerca a los 1 600 mm. La combinación de la máxima evaporación con el mínimo de precipitaciones en el verano y el mínimo de evaporación con el máximo de precipitaciones en el invierno producen un resecamiento intenso en el verano y un exceso de humedad en el invierno.

I. 4. c Vegetación

La vegetación se caracteriza por la existencia de bosques de *Pinus cubensis* en las cortezas lateríticas y donde hay menores potencias de las mismas, matorrales espinosos típicos de las rocas ultramáficas serpentinizadas (charrasco). Sobre los gabros y depósitos aluviales, aparecen algunas palmeras, cocoteros y árboles frutales. Las zonas bajas litorales, están cubiertas por una vegetación costera típica entre la que se destaca los mangles, afectados en la actualidad por la construcción de presas de colas de las fábricas ECG y Las Camariocas (esta última en fase constructiva), Retirado (2012).

I. 4. d Relieve

La región se encuentra enclavada en el grupo orográfico Sagua- Moa-Baracoa, lo cual hace que el relieve sea predominantemente montañoso, principalmente hacia el sur, donde es más accidentado en la Sierra de Moa con dirección submeridional.

Hacia el norte el relieve se hace más suave con cotas que oscilan entre 40 y 50 m como máximo, disminuyendo gradualmente hacia la costa.

Se caracteriza por ser moderado con inclinación hacia el norte y rangos de pendientes variables. El área es rica en reservas de aguas subterráneas, que han afectado la minería a cielo abierto desde el inicio de su explotación. Se observan paisajes intemperizados y erosionados, donde predominan las montañas y valles pronunciadamente inclinados. Se aprecian llanuras erosivas y erosivo-acumulativas las que hacia el sur transicionan a submontañas ligeramente disecionadas con divisorias de configuración arborescente, Almaguer (2005).

I. 4. e Paisaje

El paisaje se caracteriza por la combinación de la costa con las montañas boscosas, que ofrecen un panorama paradisíaco en su estado natural, contrastando con las áreas donde se están realizando los trabajos mineros con una superficie irregular de color marrón. La vegetación se caracteriza por la existencia de bosques de *Pinus cubensis* en las cortezas lateríticas y donde hay menores potencias de las mismas, matorrales espinosos típicos de las rocas ultramáficas serpentinizadas (charrasco). Sobre los gabros y depósitos aluviales, pueden aparecer algunas palmeras, cocoteros y árboles frutales.

I. 4. f Características geológica regional

La geología de la región se caracteriza por una gran complejidad, condicionada por la variedad litológica presente y los distintos eventos tectónicos ocurridos en el tiempo geológico. El macizo Moa-Baracoa está localizado en el extremo oriental de la faja Mayarí-Baracoa, ocupando un área aproximada de 1 500 km², presentando un gran desarrollo de los complejos ultramáficos, de gabros y vulcanógeno - sedimentario, mientras que el complejo de diques de diabasas está muy mal representado, Almaguer (2005).

El mismo se ubica en la AEF del Arco Volcánico y de la antigua Corteza Oceánica y aparecen en él los depósitos Cuaternarios. Las características de los mismos están representadas por:

Rocas ultrabásicas serpentinizadas (K2). Aparecen representadas hacia la parte sur del yacimiento, ocupando los valles del arroyo Los Lirios y el río Yagrumaje. Estas rocas se presentan muy serpentinizadas, y están representadas fundamentalmente por harzburgitas serpentinizadas. Se le atribuye una edad Cretácico Medio (K2).

Corteza laterítica ferroniquelífera (N1). Aparece representada hacia la parte Centro-suroeste del yacimiento. Es una corteza madura, con un desarrollo completo del perfil laterítico. Yace inmediatamente por encima de las rocas madres representadas por las harzburgitas serpentinizadas. Su formación tiene relación con la transgresión marina. Su edad posible es Mioceno (N1). El contacto estratigráfico de estos materiales sedimentarios con la corteza de intemperismo original es discordante.

Laterita sedimentaria (N2). Aparece representada en toda la parte Centro-nordeste del yacimiento. Es un material que proviene de la corteza laterítica ferroniquelífera, al ser sometida a los movimientos tectónicos y a la erosión. Se desarrolla un perfil de intemperismo que puede ser muy variable: incompleto, complejo o reducido, lo que está en dependencia de la intensidad del proceso de intemperismo. Su contacto con la corteza de edad más vieja es discordante. Su edad posible es Plioceno (N2).

Laterita sedimentaria (Q1). Solamente aparece en la parte norte del yacimiento, en dirección centro-este. Es un material proveniente del anterior, que producto al intemperismo, la tectónica y a la erosión es arrastrado y acumulado. El material que forma el perfil laterítico, aunque tiene las mismas características de la corteza original, está más desordenado que en el caso anterior, lo que hace posible que estas zonas se caracterizan por presentar perfiles reducidos, complejos y muy complejos. Todo esto en dependencia también del grado de madurez de la corteza de intemperismo. Su formación está relacionada con el nuevo levantamiento de la zona, el cual se mantiene en la actualidad.

Cada secuencia estratigráfica sedimentaria del yacimiento, cubre discordantemente a las secuencias subyacentes y constituyen una cobertura prácticamente continua, de génesis continental y marina.

Depósitos detríticos aluviales (Q2). Aparece en los valles de los ríos Moa y Yagrumage y los arroyos Los Lirios y La Vaca, solo en las partes periféricas del yacimiento. La masa fundamental de mineralización, se asocia a las serpentinitas apohazburgitas y las harzburgitas serpentinizadas, mientras que las rocas del complejo cumulativo se desarrollan en el sector este y noreste determinando áreas no mineralizadas para Fe, Ni, y Co. El sector central es el lugar donde se concentraba la mayor mineralización y se encuentra agotado; por lo que los recursos remanentes se concentran en los sectores este, noroeste y el flanco norte, todos de alta complejidad minera y tecnológica.

En el yacimiento Punta Gorda se encuentran tres grandes conjuntos litológicos: el basamento, la corteza de meteorización laterítica y las lateritas redepositadas. En el área donde se encuentran los terrenos base(plazoletas mineras) se desarrolla la corteza de meteorización que constituye el suelo predominante en la misma, pudiendo quedar otros horizontes del perfil pues se trata de un área ya minada, (ver **Figura 3**).

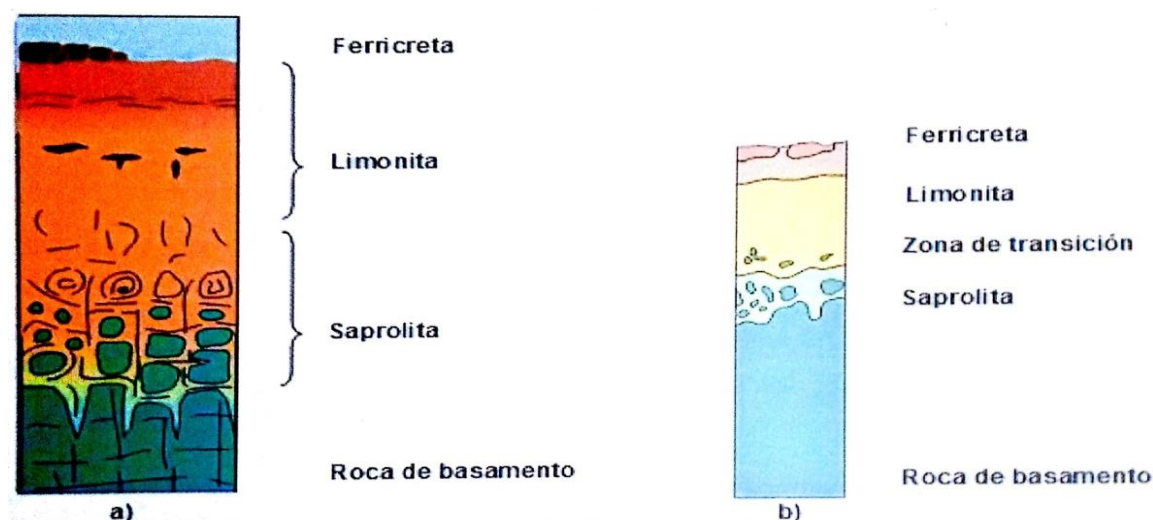


Figura 3. Perfil laterítico de la región de Moa, Aguilera et al, (2015).

La materia prima de mineral útil en el yacimiento la constituyen la laterita niquelífera de balance (LB), serpentinita blanda niquelífera de balance (SB) y la mena (SD) que también ha sido incluida como materia prima útil, las cuales presentan características propias en el corte.

Las menas (LB) se presentan en algunas ocasiones desde los mismos ocre inestructurales con concreciones ferruginosas hasta los ocre estructurales. En cambio las menas SB en su mayoría subsisten en el horizonte de la serpentinita lixiviada.

El complejo de rocas ultrabásicas aflora en toda la porción central y meridional del área y está constituido predominantemente por harzburgitas y subordinadamente dunitas, lherzolitas y piroxenitas. Estas rocas se caracterizan por presentar un grado de serpentización variable, predominando el criterio de procesos dinamo-metamórficos durante la elevación y emplazamiento de las grandes masas peridotíticas a la superficie en presencia de agua. Las rocas de este complejo tienen color verde oscuro o gris verdoso y un alto agrietamiento.

Sobre estas rocas se forman relieves muy variados en dependencia del nivel hipsométrico que ocupan y por tanto, del grado de conservación de la corteza de meteorización.

I. 4. g Tectónica

El área del yacimiento Punta Gorda se encuentra limitado por dos grandes fallas regionales que pasan por los valles de los ríos Moa y Cayo Guam. Por su parte, el área que corresponde al sector central se encuentra bajo la influencia de una falla de primer orden que es el río Moa, a partir de ella se desarrollan en el yacimiento toda una serie de fracturas de segundo orden, entre los que se destacan los arroyos “Los Lirios”, “La Vaca” y el río “Yagrumaje” ; a partir de las cuales, y en forma de plumajes, se presentan una serie de pequeñas fracturas a todo lo largo y ancho del área del yacimiento. Estas fracturas tienen carácter preliminar, ya que en caso contrario hubieran afectado seriamente el cuerpo mineral presente en el yacimiento, en cuestión.

Los desplazamientos de las rocas por dichas fracturas tuvieron por consecuencia el desarrollo de una red densa de dislocaciones tectónicas menores en forma de plumaje, que fragmentan toda el área del yacimiento en numerosos bloques cuyas dimensiones oscilan de 100 - 500 m. El sistema de fallas más antiguo se origina durante el cese de la subducción e inicio del proceso compresivo de sur a norte del arco volcánico cretácico y que culminó con la colisión entre el arco insular y la margen pasiva de la Plataforma de Bahamas, Vera (2001).

Bajo estas condiciones compresivas ocurre el emplazamiento del complejo ofiolítico, a través de un proceso de acreción, por lo cual las fallas de este sistema, se relacionan con los límites internos del complejo y de este con las secuencias más antiguas.

Estas fallas no constituyen límites principales de los bloques tectónicos activos en que se divide el territorio actual y aparecen frecuentemente cortadas y dislocadas y enmascaradas por las dislocaciones más jóvenes así como por las potentes cortezas de meteorización desarrolladas sobre el complejo ofiolítico.

El segundo sistema cronológico está constituido por fallas de dos direcciones: noreste y norte-noroeste siendo las más abundantes y de mayor extensión, constituyendo los límites principales de los bloques morfotectónicos. Su origen se considera asociado a los procesos de colisión y obducción del arco volcánico cretácico sobre el margen de Bahamas, existiendo una transición de las condiciones compresivas iniciales, en expansivas durante el reajuste o relajamiento dinámico, por lo que el comportamiento final de estas estructuras es de carácter normal.

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 juega un papel decisivo el tipo o variedad de roca madre, la pendiente del terreno, las particularidades climáticas y el régimen hidrodinámico de la localidad. Según la composición zonal se establecen tres grandes familias de perfiles de intemperismo que se subdividen en ocho subtipos, Ariosa (2002),

I. 4. h Hidrología

La red hidrográfica de la región de estudio se caracteriza por la presencia de numerosos ríos y arroyos permanentes, entre los que se encuentran los ríos Moa, con sus afluentes río Los Lirios, Cabaña, Cayo Guam, Quesigua, Yagrumaje, Arroyo Aserrío y el arroyo La Vaca que afecta la parte central del yacimiento. En esta zona están ampliamente distribuidas las aguas subterráneas, las que se encuentran relacionadas en la parte superficial agrietada del macizo ultrabásico serpentizado, Almaguer (2005).

La red es densa y dendrítica, alimentada principalmente por las precipitaciones atmosféricas, que desembocan las arterias principales en el Océano Atlántico, formando deltas cubiertos de sedimentos palustres y vegetación típica de manglar. El drenaje es moderado con predominio de redes dendríticas exceptuando los cauces primarios del río Cabaña cerca de la zona de intersección con el río Moa, donde aparecen redes enrejadas.

Desde el punto de vista hidrogeológico el área donde se encuentra el yacimiento Punta Gorda está caracterizado por dos zonas, la primera comprende los bloques del flanco norte, donde parte de las reservas se encuentran inundadas. La segunda zona comprende el resto del yacimiento donde prácticamente las lateritas no contienen agua, con excepción de sectores locales que en períodos de seca quedan sin agua o con potencias acuíferas pequeñas casi siempre inferiores a los 2 m.

Las aguas subterráneas del yacimiento Punta Gorda siguen la morfología del terreno, con flujos predominantes hacia el norte en la mayor parte del área hacia los principales cursos de aguas superficiales. El gradiente térmico varía entre 0.03 ° y 31.7°. Las aguas subterráneas están en las serpentinitas lixiviadas y serpentinitas agrietadas y su profundidad afloramiento oscila en el yacimiento entre 0 y 27,4 m, en dependencia del relieve del terreno, de la profundidad de yacencia de estas rocas y espesor de las lateritas; siendo el ascenso del agua lento, hasta estabilizarse el nivel a distintas alturas de su cota de aparición, De Miguel et. a. (1998).

El escurrimiento superficial y subterráneo en la zona es eficiente, lo que indica la existencia de condiciones favorables para el mismo; unido a las características físico mecánicas de los suelos y a las intensas precipitaciones que ocurren en la zona provoca fuertes erosiones hídricas, laminar y en cárcavas, De Miguel et. a. (1998).

I. 4. i Permeabilidad y potencia acuífera

Al realizar un análisis de los estudios anteriores, en la zona se aprecian diferentes secuencias litológicas que se comportan de diversas maneras Almaguer (2005). A continuación se describen las más representativas de este yacimiento:

Lateritas: la permeabilidad en estas secuencias está entre 0.006 y 0.21 m/días, con valores más altos en los horizontes de ocre inestructurales con perdigones y los más bajos a los ocre estructurales.

Serpentinitas: bajo este concepto se consideran a todas las ultramafitas serpentinizadas, serpentinitas e incluso pequeños cuerpos de gabro y/o diabasas presentes en el yacimiento de forma subordinada, incluyendo además las rocas lixiviadas. La permeabilidad en estas secuencias está entre 0.004 y 0.430 m/días, aunque en zonas de intensa trituración, se pueden encontrar valores anómalos mayores de 2.00 m/días.

Los valores de la potencia acuífera se manifiestan entre 0 y 27.6 m. Los más bajos corresponden a los drenes naturales y a la zona explotada. Los valores más altos corresponden a las áreas más elevadas del yacimiento.

En la zona del yacimiento Punta Gorda por los trabajos realizados anteriormente se conoce que el agrietamiento intenso y la acuosidad relacionada con estos se presentan a una profundidad de 20 – 30 m y que la zona más agrietada e inundada por lo general tiene una potencia de 2 – 5 m, Almaguer (2005).

I. 4. j Sismicidad

De acuerdo con Aguilera et. al., (2015); la región de estudio se encuentra dentro de una de las cinco zonas sísmicas cubanas de gran actividad. El área objeto de estudio está al Este del nudo formado por la unión de tres importantes zonas sismo-génicas (ZS), que en orden de potencialidad sísmica son: la ZS Sabana, ZS Purial y la ZS Santiago - Moa.

Además de los eventos sísmicos generados en estas ZS, la zona de estudio puede ser afectada por terremotos que tengan su epicentro en las ZS Cauto – Nipe, Cauto – Norte, Baconao, Palenque y Guaso, fundamentalmente. Aunque más alejadas, las ZS Española Norte (en la isla homónima) y especialmente Oriente 1, también tienen enorme influencia sobre el área, (ver **Figura 4**).

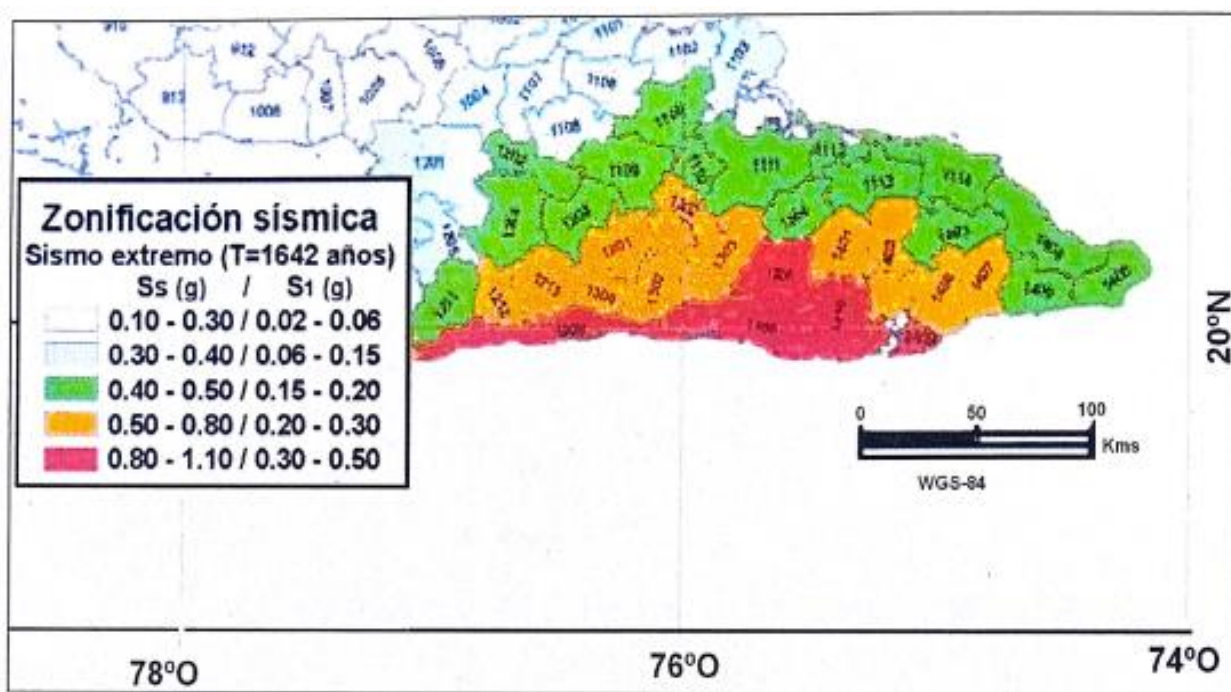


Figura 4. Mapa de zonificación sísmica de la parte oriental de Cuba, (NC 46: 2013, adaptado de Aguilera et al., 2015).

Aunque no existen reportes históricos de la ocurrencia de un terremoto fuerte con epicentro en esta localidad; esto no niega la posibilidad de su ocurrencia en épocas anteriores, ya que puede deberse a la ausencia de una infraestructura socioeconómica y cultural que permitiera el archivo de esos datos.

Entre los sismos más recientes y fuertes, reportados próximos al área se destacan el ocurrido el 20 de marzo de 1992 a 15 km. de la costa Este de la ciudad de Moa con una magnitud de 4, 3 grados en la escala de Richter e intensidad de VI Grados MSK. Constituye el primer terremoto de estas características que se registra en la cercanía de dicha ciudad.

El 2 de marzo de 1994 ($M_s = 5, 6$), se produjo otro al Norte de la República Dominicana, luego el 28 de diciembre de 1998 se registró un fuerte temblor ($M_s = 5, 5$) ubicado a 55 Km al NE de la localidad de Moa, que generó intensidades de hasta VI Grados MSK. El 5 de julio de 1999 ocurrió otro sismo ($M_s = 3, 2$) a 17 Km. al SW de la ciudad de Moa, a una profundidad de 15 Km. que produjo intensidad de V grados en la escala MSK en la ciudad de Moa y Sagua de Tánamo.

Entre la serie de diciembre de 1998 y julio de 1999 se registraron 1 777 sismos, de ellos 37 perceptibles por la población de Moa. Esto demuestra la presencia de un proceso tectónico significativo relacionado con la dinámica de la corteza y el basamento en los primeros 30 Km. de profundidad, siendo esta serie de terremotos más enérgica ocurrida en Cuba después de la serie de terremotos de Cabo Cruz en 1992.

I. 5 Elementos generales sobre la explotación minera

La UBM-ECG está destinada fundamentalmente a suministrar la materia prima mineral a la fábrica metalúrgica que cuenta con un esquema tecnológico basado en la lixiviación carbonato amoniacal del mineral reducido o proceso CARON. Inició sus operaciones en 1985, con la explotación de los minerales del yacimiento “Punta Gorda” y producciones anuales hasta el año 1996 entre 1,5 a 2,3 millones de toneladas.

A partir del año 1997 hasta la fecha se incrementó a 3,0 a 3,8 millones de toneladas de mineral minado. Para dar cumplimiento a su objeto social el modo de explotación aplicado es el clásico a cielo abierto con la utilización de medios mecánicos. El sistema de explotación empleado es con arranque y carga directamente al transporte automotor, en uno y/o varios escalones, mediante la combinación de retroexcavadoras andantes o de esteras y camiones.

El desarrollo de la minería inicia su apertura en frentes continuos a través de bancos múltiples paralelos y por la horizontal, con la utilización de retroexcavadoras hidráulicas y camiones que pueden ser articulados o rígidos tanto para la minería como para el destape.

La similitud de los ángulos de inclinación del cuerpo mineral y de la superficie del terreno natural posibilita la apertura y ejecución de la minería por cualquier horizonte o por varios a la vez, y el desarrollo del mismo puede ser de arriba hacia abajo o de abajo hacia arriba. La altura de los bancos fue diseñada a partir de diferentes análisis realizados de varios perfiles de los yacimientos, así como de los parámetros fundamentales del equipamiento. Entre las actividades que aparecen en dicho modo se mencionan las siguientes:

a) Desarrollo geológico: su objetivo es la evaluación de los recursos minerales, con la finalidad de utilizarlos como materia prima ya sea a corto, mediano o largo plazo. En esta etapa se determinan los parámetros fundamentales de las menas del yacimiento, que servirán de base para la planificación de la extracción y su procesamiento industrial. Estos trabajos se realizan por contratos a las empresas de la Unión Geólogo Minera, categorizadas para los servicios geológicos.

b) Preparación minera: constituyen el conjunto de trabajos mineros a realizar para que la extracción y el transporte se ejecuten con calidad y eficiencia. En esta etapa se incluyen:

- **Desbroce:** consiste en la eliminación de la vegetación y la modelación del terreno para que puedan entrar al área los equipos para el destape, se ejecuta con buldócer marca Komatsu modelo D85E. Esta fase es de gran importancia tanto para los trabajos de destape, como para la preservación del medio ambiente.
- **Destape:** consiste en el arranque, carga y acarreo del horizonte superior (escombro) del cuerpo mineral, que por su bajo contenido de níquel y cobalto no resulta económico enviarlo al proceso. Para realizar el mismo pueden ser utilizados una serie de equipos, que su elección está determinada por las exigencias de calidad del trabajo, potencia de la capa de escombro, relieve, distancia de transportación, etc. Actualmente los equipos más usados para el arranque-carga en estos yacimientos son las retroexcavadoras hidráulicas con capacidad volumétrica de 4 m^3 y camiones articulados de 40 t.
- **Construcción de los caminos mineros:** Garantiza el transporte del mineral hasta la fábrica, depósitos o el punto de recepción de mineral. Estos se clasifican en principales o secundarios de acuerdo para el uso a que estén destinados. Los caminos principales tienen una vida relativamente larga, transportan la masa mineral desde los frentes mineros a los puntos de recepción, sirven a varios frentes de minería. Los caminos secundarios sólo sirven a uno o dos frentes mineros.
- **Extracción, transporte del mineral y escomboreo:** Es la actividad fundamental de la mina, por lo cual todos los trabajos mineros están encaminados a que esta se realice exitosamente, pero a la vez está subordinada a las exigencias del proceso industrial y a las condiciones naturales del yacimiento, por lo que se precisa de depósitos de homogenización que equilibren las fluctuaciones en los volúmenes y la calidad del mineral procedente de los frentes de minería.

Actualmente se trabaja en la conformación de los mismos; el arranque (extracción) y carga se hacen con excavadoras marca Dragalinas de 3 y 5 m^3 de capacidad, retroexcavadoras de 4 m^3 y el transporte con camiones articulados de 40 t. En los depósitos además de estos equipos se utilizan camiones rígidos y articulados entre 40 y 60 t y cargadores frontales de $4,4 \text{ m}^3$.

En esta etapa, se aplica la explotación por bancos de 3,0 m de profundidad con retroexcavadoras hidráulicas; tanto para el destape como para la extracción del mineral. En este proceso se inicia la extracción o destape desde la parte más alta del área, extrayendo rebanadas horizontales de 3 m de espesor en toda el área planificada correspondiente a ese nivel. Este sistema es aplicable en todo el yacimiento exceptuando las áreas inundadas o con potencia de mineral o escombros inferior a la altura del cubo en posición de arranque.

El área de extracción y transporte de mineral, perteneciente a la Unidad Básica Minera (UBM), tiene como objetivo garantizar la extracción y abastecimiento del mineral bruto desde los frentes mineros a los depósitos de la mina, al área de recepción y trituración del mismo, permitiendo la continuidad del proceso obtención de níquel. El punto de recepción y trituración, es controlada por la planta de Secaderos.

Por haber una similitud entre los ángulos de inclinación del cuerpo mineral y el de la superficie del terreno natural, la apertura y ejecución de la minería puede ser iniciada y realizada por cualquier horizonte o por varios a la vez y desarrollarlos lo mismo de arriba hacia abajo que de abajo hacia arriba.

Tanto el escombros como la extracción se realizan mediante el desarrollo de bancos múltiples y la exposición de varios frentes a la vez, donde los frentes de excavación se desplazan de Norte a Sur (o viceversa), mientras que los bancos se desplazan generalmente de Oeste a Este, y el frente de explotación de arriba hacia abajo.

La carga de los camiones se realiza en el nivel inferior a 90° con respecto al punto de extracción, en períodos de lluvia y durante la apertura de un nuevo frente se puede realizar a nivel de plataforma. La apertura de nuevos bancos y frentes de minería se efectúa a través de trincheras longitudinales interiores, posteriormente son ampliadas paulatinamente hasta quedar creado o expuesto un nuevo frente, (ver **Figura 5**).



Figura 5. Sistema de extracción y transporte del mineral laterítico, Fonseca (2024b).

Esto indica que como resultado de la práctica minera siempre debe resultar solo un borde de trabajo, donde el ángulo de inclinación del terreno natural es menor o igual al ángulo del borde de trabajo. La coincidencia de la inclinación entre el terreno natural y el cuerpo mineral, permite además la ejecución de piscinas de sedimentación sin correr el riesgo de deslizamientos de taludes y construir accesos hasta ellas sin dificultades.

Con este mismo sistema de explotación, el control topográfico de la minería desempeña un papel importante para asegurar la calidad del mineral, ya que se requiere la ubicación espacial precisa de cada bloque primario. Otra diferencia sustancial con el sistema tradicional consiste en la no ejecución de caminos secundarios para el desplazamiento de un banco a otro, se utilizan accesos temporales que desaparecen con el avance de la minería.

- **Protección al medio ambiente:** En el desarrollo de los trabajos de explotación minera en el área del yacimiento “Punta Gorda” se ha determinado los principales problemas relacionados con los procesos erosivos principalmente en los caminos mineros y taludes permanentes. En la actualidad, las tareas de rehabilitación de las zonas minadas de la UBM-ECG, se llevan a cabo por la empresa “Rehabilitación de Zonas Minadas”.

CAPITULO II MATERIALES Y MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

II. 1 Introducción

El presente capítulo tiene como objetivos realizar el diseño metodológico de la investigación y definir los componentes principales del procedimiento para la explotación sostenible de los terrenos base del secado solar, a partir de la aplicación de normativas de estandarización (ISO), relacionadas con el sistema de gestión de la calidad de la UBM-ECG.

II. 2 Etapas de la investigación

La investigación se divide en tres etapas relacionadas con la revisión bibliográfica, diseño metodológico y validación de los resultados (ver **Figura 7**). Durante la revisión bibliográfica se realizó el estudio de la problemática actual en Cuba y otras partes del mundo, donde se toma como punto de partida el tratamiento dado al uso del método de secado solar, así como se consideran las principales teorías que se han escrito sobre los estudios geotécnicos y las principales leyes relacionadas con el tema.

Durante la etapa de elaboración del procedimiento se tuvieron en consideración los resultados obtenidos por la UBM-ECG desde el 2018 hasta el 2022 en el proceso tecnológico del secado solar, para lo cual fue necesario realizar trabajos de campo, visitas al yacimiento “Punta Gorda”, las cuales permitieron su caracterización geológica y ejecutar mediciones en las áreas de los terrenos base (plazoletas). De igual manera se llevaron a cabo entrevistas a dirigentes, funcionarios, ingenieros, trabajadores y personal que labora en la empresa; universidad y centros de investigación que permitieron diseñar una metodología para elaborar el procedimiento. En la última etapa se obtuvo su aplicación, teniendo en cuenta sus indicadores y el sistema de gestión empresarial. Aquí fue necesaria visitar a las plazoletas, tomar decisiones y realizar la evaluación visual de las condiciones naturales del terreno, de acuerdo con las normas nacionales e internacionales.

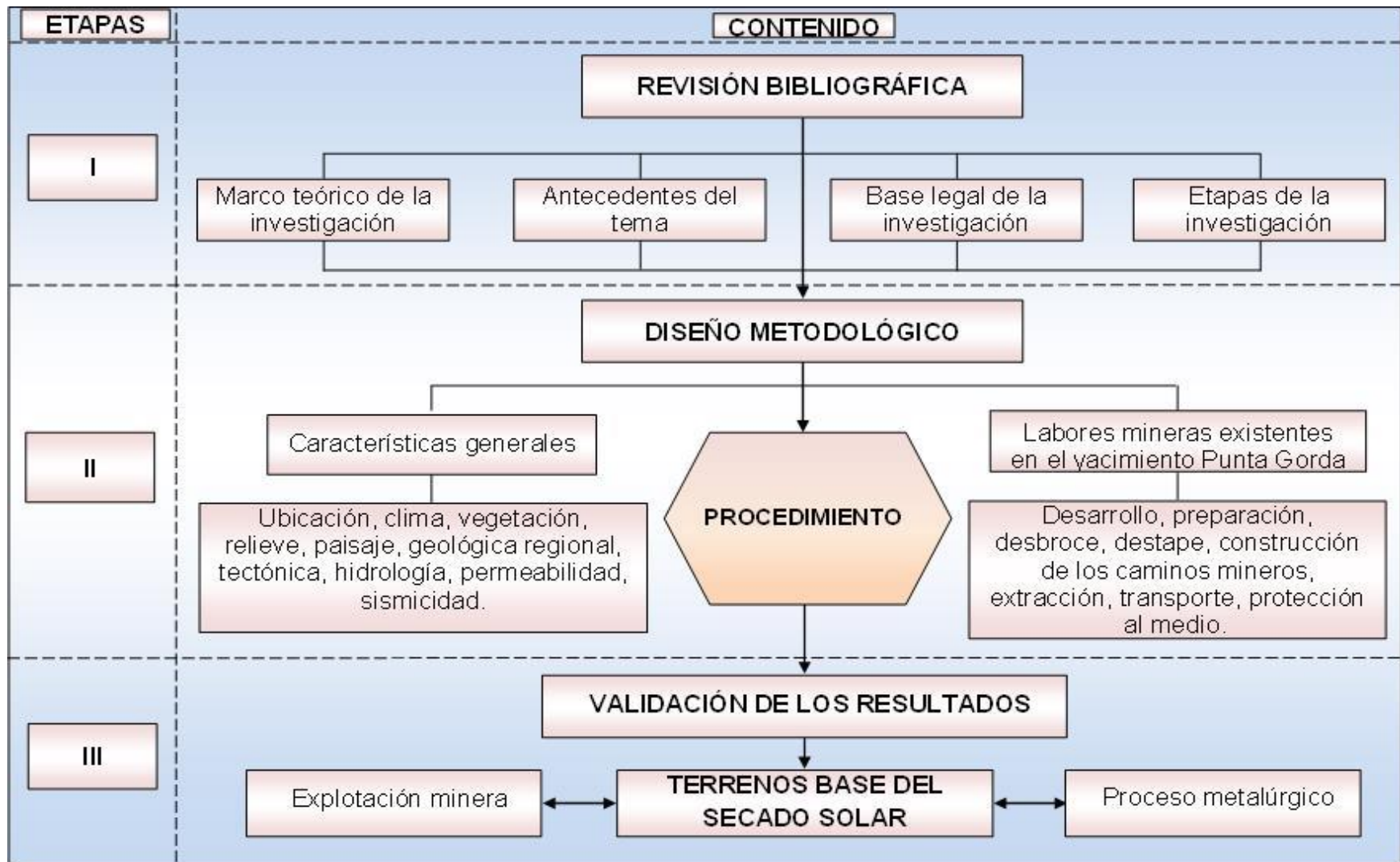


Figura 7. Flujoograma de la investigación.

II. 3 Materiales y métodos aplicados en la investigación

Para darle cumplimiento a los objetivos propuestos, fue necesario aplicar métodos teóricos (análisis – síntesis, histórico, inductivo, sistémico, lógico, y deductivo) y empíricos (compilación de la información, consultas, observación y medición). Entre los del primer grupo se destacan los de análisis – síntesis e histórico, los cuales se utilizaron para definir el problema de la investigación en sus partes esenciales, así como sintetizar e incorporar los aportes del conocimiento científico, conformar el estado del arte y revisión de la bibliografía estudiada.

El método inductivo se aplicó para determinar la inferencia de lo general a lo particular del proceso de secado del mineral laterítico. El sistémico sirvió para determinar el basamento teórico que sustenta el Procedimiento propuesto, a partir de lo cual se realizó el estudio de la teoría general de los sistemas que responde en mayor grado a los requerimientos establecidos. El método histórico – lógico permitió conocer el desarrollo y evolución de las publicaciones que describen el origen y funcionamiento del proceso de secado solar de la ECG. El método deductivo se asumió para la realización de razonamientos lógicos, acerca de la aplicación de la tecnología de secado solar objeto de estudio, lo cual sirvió para la formulación y verificación de la hipótesis de la investigación.

Entre los métodos empíricos que se utilizaron se encuentra la compilación de la información a partir del análisis bibliográfico para reunir y sistematizar datos mediante la revisión de fuentes bibliográficas, orales, digitales o de otro tipo.

Fue aplicado durante el estudio de la legislación ambiental, las normas vigentes en el país, lectura de literatura especializada, consultas de archivos, guías metodológicas, análisis de los elementos del proyecto, estudio de los componentes ambientales pertenecientes a las áreas de los trabajos, conformación de los datos del campo, así como para confección del informe final de la investigación. El uso de la observación y medición, fue necesario para caracterizar desde el punto de vista geotécnico los terrenos base del secado solar en el área de estudio.

Se aplicaron además, técnicas como las entrevistas para la búsqueda de la información y determinación de las causas que originaron la necesidad del diseño del Procedimiento propuesto. Durante visitas a la UBM-ECG, se contactaron a trabajadores y dirigentes para familiarizarse con el tema objeto de estudio. De igual modo se trabajaron métodos experimentales durante la implementación de Procedimientos que permitieron la toma de muestras, su análisis y comprobación de los resultados obtenidos en el terreno como parte de estudios geotécnicos. El estudio de caso sirvió para caracterizar el proceso tecnológico de secado solar, y sus particularidades.

II. 4 Diseño del Procedimiento

De acuerdo con la literatura consultada, hasta la fecha no existe una metodología establecida para elaborar un Procedimiento que garantice la explotación sostenible de los terrenos base del secado solar. Por tal motivo, para definir sus componentes principales (etapas, pasos, duración, etc.), se tuvieron en cuenta las normativas de estandarización ISO 9001-2015, relacionadas con el sistema de gestión de la calidad de la UBM-ECG. Por tratarse de un proceso tan complejo como es la explotación sostenible de los recursos naturales no renovables, y una vez estudiados los recursos, procesos y fenómenos que inciden en el correcto funcionamiento de las plazoletas, su diseño posee un carácter sistémico, resultado de la revisión del estado actual del tema, así como posible aplicación y monitoreo, desde las etapas iniciales del proyecto, hasta el cierre final de las operaciones mineras.

Para la identificación de cada etapa, pasos a seguir y componentes del mismo, se consideraron las interrogantes: dónde, cómo, cuándo y para qué se explotarán los terrenos base. Este procedimiento inicia con la revisión de la información existente sobre el área de ubicación de los terrenos base, caracterización del material estéril a utilizar, construcción y caracterización geotécnica del terraplén de prueba, análisis e interpretación de datos obtenidos y elaboración de infome, construcción, certificación, entrega y explotación sostenible de las plazoletas, y culmina con el control y monitoreo que lleva el proyecto, como elemento indispensable para alcanzar un proceso tecnológico minero metalúrgico eficiente y eficaz (ver **Figura 8**).

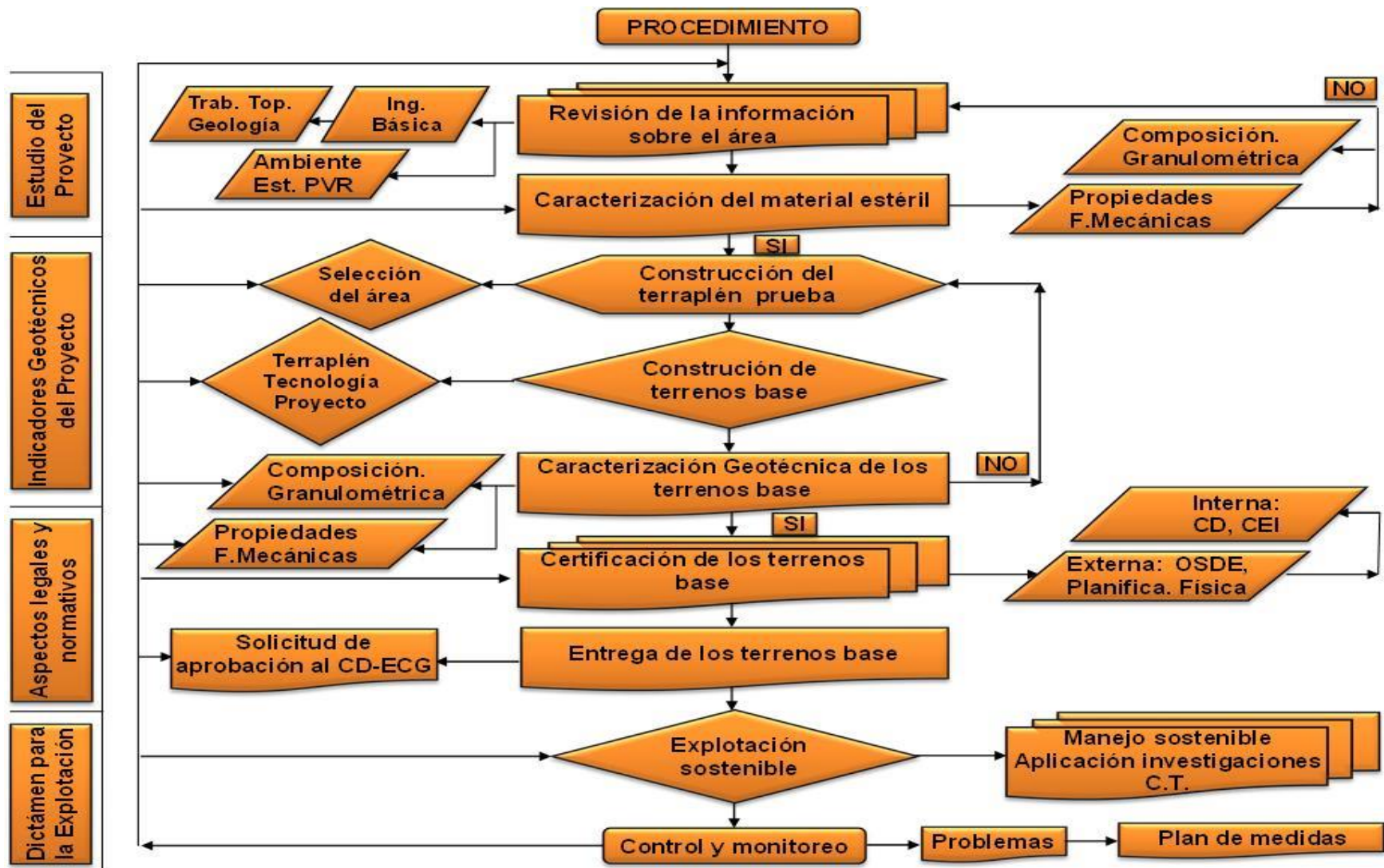


Figura 8. Procedimiento para la explotación sostenible de los terrenos base del secado solar de la empresa “Comandante Ernesto Che Guevara”.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS ALCANZADOS CON LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO

III. 1 Introducción

En el siguiente capítulo se presentan los resultados de la aplicación del procedimiento propuesto para la explotación sostenible de los terrenos base del secado solar en la parte seleccionada del yacimiento “Punta Gorda” de la ECG, con lo cual se pudo comprobar la hipótesis formulada de investigación.

La información está basada en los datos obtenidos desde 2018 hasta el 2022; durante la implementación de las principales etapas del procedimiento (revisión de la información y ubicación del área de los terrenos base, caracterización del material estéril empleado, construcción del terraplén de prueba y características geotécnicas, construcción de los terrenos base, certificación, entrega, explotación sostenible, control y monitoreo).

Dada la variedad de las características de cada una de ellas y la complejidad del proceso de secado solar, se identificaron además, los problemas existentes, razón por la cual se propone un conjunto de medidas como posibles soluciones y marco orientador para la explotación de las plazoletas mineras y no como una receta única o un modelo rígido a aplicar. Esto permite contar con una información adecuada para la toma de decisiones y darle seguimiento a las mismas, en aras de alcanzar la explotación sostenible de estas construcciones mineras.

A continuación se describen los resultados alcanzados en cada etapa:

III. 2 Revisión de la información y ubicación del área de los terrenos base

En esta etapa para determinar el área de ubicación de los terrenos base o plazoletas se revisaron los proyectos de ingeniería de detalle, informes geológicos y mineros, donde aparecen las características del relieve, la cercanía a los frentes de extracción, la composición mineralógica, entre otros factores.

Las plazoletas solares son ubicadas dentro del área de la concesión minera del yacimiento Punta Gorda autorizada por la Oficina Nacional de Recursos Minerales.

Las áreas seleccionadas para el depósito del secado solar están comprendidas fundamentalmente en los Bloques R, Q y P, con los cuadrantes R51-53, Q52-54, y P52-55, además se completarán, de ser necesario, en los bloques S51-53, O53-55, N-53-54.

El área para la ubicación de los terrenos base (9 plazoletas) se encuentra alrededor de los depósitos actuales de mineral y alcanza unas 63,1 Ha, cuyas coordenadas planas de los vértices de cada una de ellas, así como localización en el yacimiento Punta Gorda, se muestran en la **Tabla 1** y **Figura 9**.

Tabla 1. Coordenadas planas de los vértices de las plazoletas del secado solar.

Vértice	Coordenadas		Vértice	Coordenadas	
	X	Y		X	Y
1.	703945,71	219774,91	10.	702980,20	220815,40
2.	703953,00	219908,00	11.	703080,14	220543,02
3.	703554,00	220472,00	12.	703060,28	220415,32
4.	703546,60	220646,76	13.	702940,04	220286,28
5.	703476,89	220680,73	14.	702978,36	220057,19
6.	703405,49	220686,59	15.	703075,75	219857,47
7.	703324,31	220960,53	16.	703469,76	219931,71
8.	703279,09	220979,29	17.	703770,06	219977,18
9.	702984,48	220932,23	18.	703944,80	219774,49

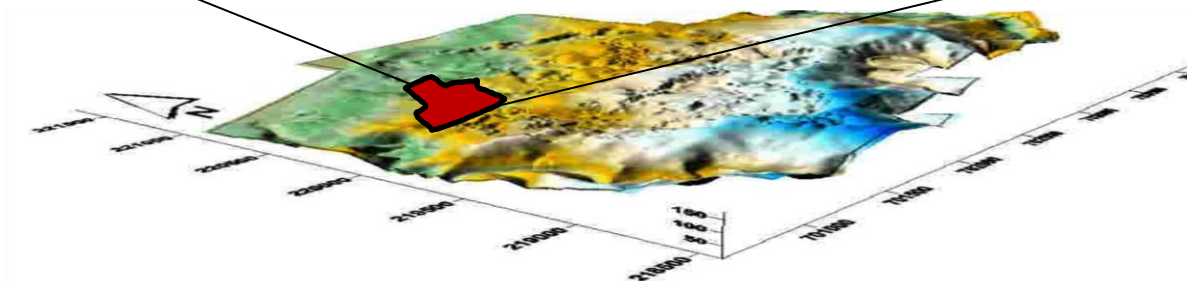
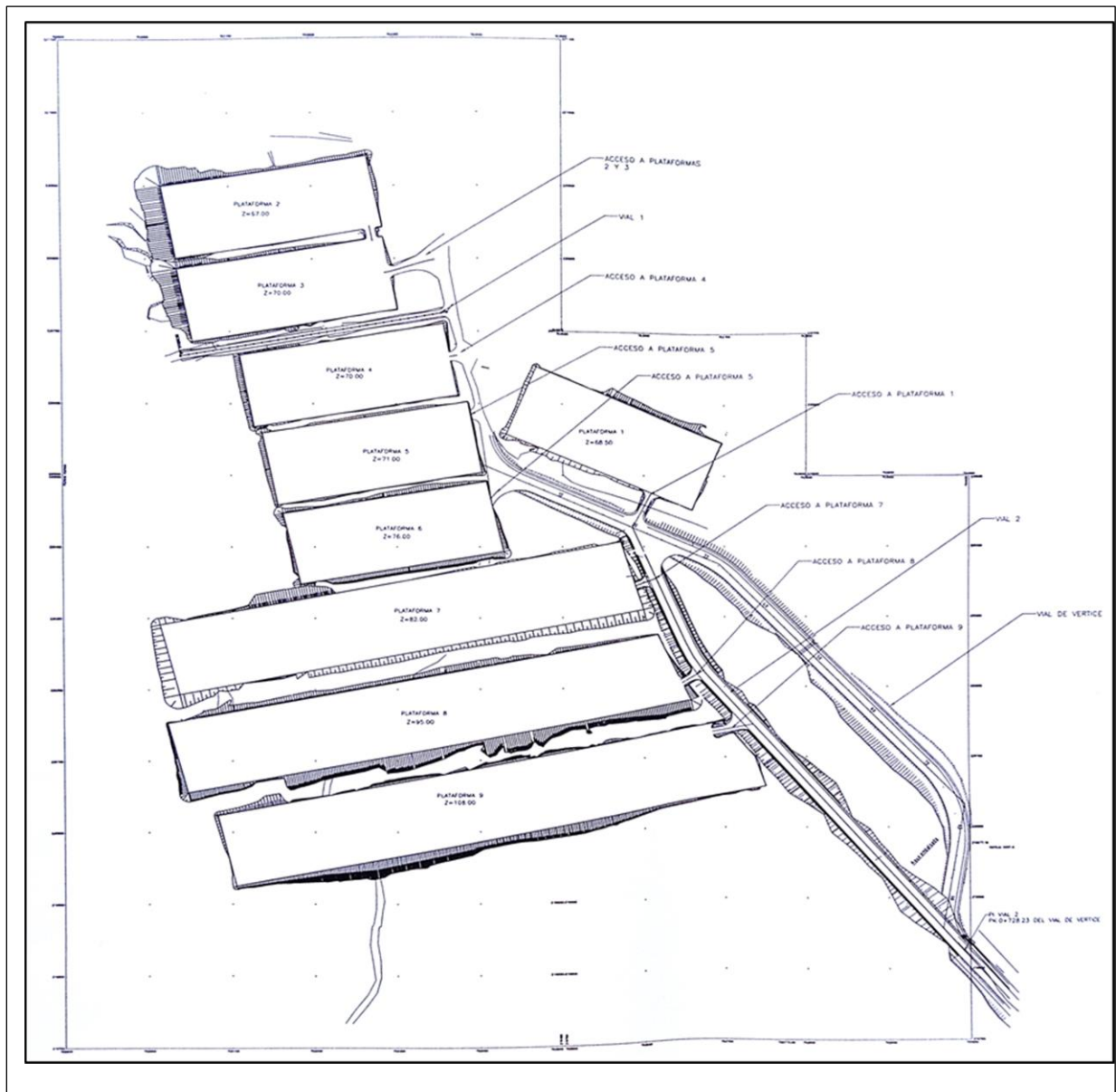


Figura 8. Localización del área de ubicación de los terrenos base (plataformas).

El yacimiento abarca un área aproximada de 7.452 km². El mismo se encuentra actualmente prácticamente agotado, quedando mineral fundamentalmente en el sector Este llamado también zona de alto escombro, una franja en la parte Central, Oeste y Norte, las cuales se caracterizan por su gran complejidad geológica, producto a la presencia de perfiles complejos, áreas inundadas por las aguas subterráneas, alta potencia de escombro, presencia de gabro, baja calidad de los elementos útiles, etc.

Una vez identificadas las coordenadas de cada plazoleta y como parte de esta etapa, para la ubicación de cada una de ellas, la zona se dividió tres áreas (1, 2 y 3 respectivamente), de acuerdo con las características del relieve, cercanía a la explotación e instalaciones mineras, ríos, afluentes, entre otros parámetros.

En el área # 1 se ubicó la plazoleta 1. La misma es de poca extensión y está altamente impactada por la actividad minera. Se encuentra bordeada al Norte por el río Yagrumaje, por lo que fue necesario ejecutar obras de drenaje que impiden que los escurrimientos superficiales de las plazoletas, contaminen sus aguas.

Al Sur limita con el camino principal a Yagrumaje Norte, al Este con relictos de un bosque de pinos y Oeste actualmente en esa área hay un depósito de mineral y una caseta de muestreo, (ver **Figura 9**).



Figura 9. Vista panorámica del área # 1, Fonseca (2024b).

En el área # 2 se ubicaron las plazoletas 2 y 3 donde se aprecia un relieve variado y complejo como consecuencia de las labores de explotación, encauzamiento de las corrientes de aguas superficiales, depósito de residuos sólidos (rocas), así como áreas rehabilitadas con casuarina. Su ubicación comienza cerca del punto de alimentación a la Fábrica (0-1). Colinda al Norte con la planta metalúrgica, al Sur con un área rehabilitada, al Este con la caseta del jefe de turno y una bomba de abastecimiento de combustible y al Oeste con vías principales de acceso, (ver **Figura 10**).



Figura 10. Punto inicial de ubicación de las plataformas del área # 2, Fonseca (2024b).

En el área # 3 se ubicaron las plazoletas 4, 5, 6, 7, 8 y 9, donde predomina un relieve muy variado formado por áreas minadas, rehabilitadas y la formación de escombreras, (ver **Figura 11**).



Figura 11. Vista panorámica del área # 3, Fonseca (2024b).

III. 3 Caracterización del material estéril empleado para la construcción de los terrenos base

Una vez definida el área de cada plazoleta, en esta etapa se determinaron las propiedades morfológicas y funcionales de los escombros, con el objetivo de conocer su grado de resistencia y fiabilidad para el rehincho de las plazoletas. El material empleado en su construcción fue estéril procedente del escombreo y de otros terrenos bases que se construirán más adelante, los cuales constituyen material de préstamo.

Otros materiales utilizados fueron los escombros procedente de los frentes de extracción de las labores de destape, de la cantera de préstamo y de la excavación de los taludes de las mismas plazoletas. De acuerdo con su composición granulométrica, este material se clasifica como suelo de tipo laterítico residual, producto al intenso intemperismo que han sufrido las litologías ultrabásicas existentes en la zona.

A partir de los resultados del laboratorio obtenidos por el estudio geotécnico de la ECG y según la NC- 59:2000, estos suelos se clasifican como areno arcilloso limoso con gravas (SC – SM), y de acuerdo con la NC- 63- 2000 se clasifican como limo plástico gravoso con arena.

Las rocas estériles están constituidas por las del basamento de la corteza de intemperismo, que poseen bajos contenidos de óxido de níquel (Ni 0,9%) aunque puede darse el caso de que algunas muestras tengan contenidos altos de este componente. Este material fue muestreado y enviado al laboratorio de la Empresa Nacional de investigaciones Aplicadas (ENIA), para su clasificación geotécnica, así como para determinar las características de compactación del mismo.

A continuación se ofrecen ejemplos de estas propiedades según el número de plazoleta estudiada en la siguiente **Tabla 2, y Figuras 12 y 13.**

Tabla 2. Principales propiedades físicas del material estéril empleado para la construcción de las Plazoletas.

Granulometría	U/M	Valor	Peso específico de los suelos (KN/m ³)	Plasticidad (%)		
Grava	%	33. 2	35.5	L.L	L.P	I.P
Arena	%	29. 4		50.00%	41.57%	8. 43%
Limo, arcilla	%	37. 4				

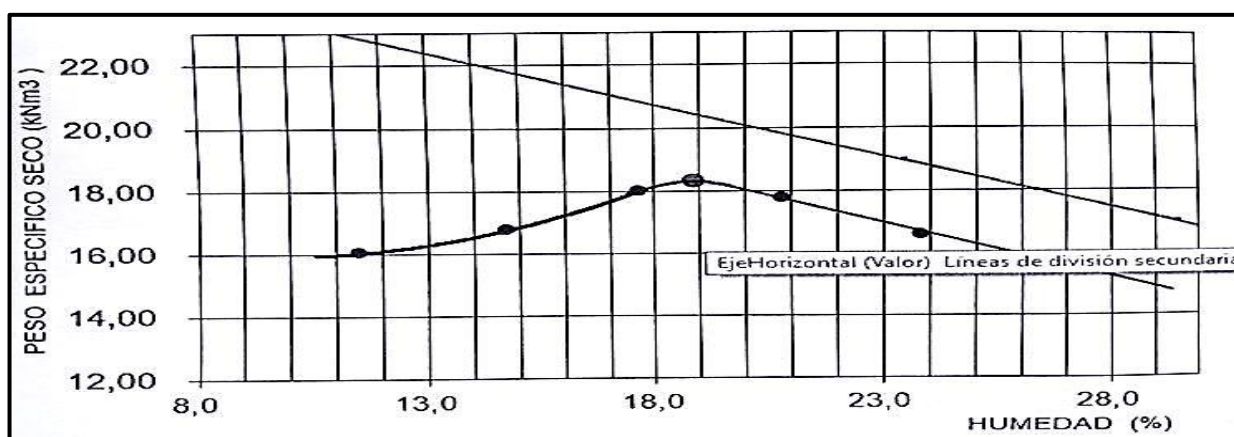


Figura 12. Resultados de la determinación del peso específico versus humedad del material.

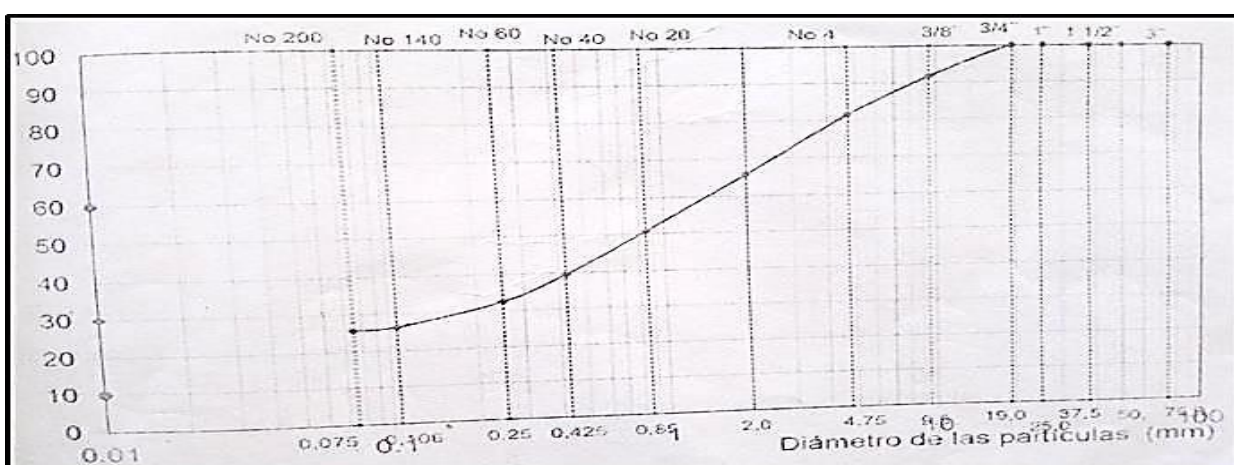


Figura13. Resultados de la determinación de la granulometría del material.

III. 4 Construcción del terraplén de prueba y características geotécnicas

Esta etapa constituye una de las operaciones de movimiento de tierra que se realiza como parte de la investigación geotécnica del suelo, con la finalidad de conocer sus parámetros de compactación más eficientes.

La ejecución de la misma estuvo integrada por los siguientes trabajos: limpieza del área de localización del terraplén, carga, acarreo y riego del material estéril en la zona de trabajo, determinación del espesor de la capa, delimitación de las líneas a compactar, chequeo de las frecuencias de pases (entre 4-8) y velocidad del compactador, (ver **Figura 14**).



Figura 14. Construcción del terraplén de prueba.

Entre los equipos mineros que para esta construcción se encuentran: una retroexcavadora, dos buldócer 250-350 HP, un cargador frontal de 4.5-6 m³, tres camiones Volvo, una motoniveladora y un camión cisterna (pipa de agua), los cuales cuentan con la disponibilidad técnica según especificidades del fabricante y procedimiento establecido para la adquisición y explotación de los equipos mineros en la ECG, García (2018). La determinación de las características geotécnicas de este material fue realizada por la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA), cuyas pruebas constituyeron los ensayos tradicionales para la determinación de las densidades tanto húmedas (f), como secas ($dm_{\max}$), así como el % de compactación.

El método utilizado fue el ensayo tradicional para la obtención de la densidad máxima, (ver **Tabla 3**).

Tabla 3. Características geotécnicas del terraplén de prueba.

Ensayos “in situ”				Comp.(%)
$\gamma^f(\text{kn/m}^3)$	W(%)	$\gamma^d(\text{kn/m}^3)$	Numero de pases	
18.4	20.4	15.3	4	95.4
19.8	26.6	15.6	6	97.3
19.9	21	16.4	8	100

III. 5 Construcción de los terrenos base

La implementación de la tecnología de secado solar requiere de la preparación de las bases de las plazoletas, de la construcción de los viales de acceso y de la creación de las condiciones apropiadas para el drenaje. Esta etapa se inició con el levantamiento topográfico del área y el uso del topador de estera (Komatsu), escarificando el área para iniciar los trabajos de terraplén.

En el Proyecto el material estéril fue trasladado sobre camión tipo Volvo, desde el área de préstamo hacia la plazoleta, realizando con el Bulldozer el acarreo del material depositado por capas de 30 cm de espesor.

Luego, el material es compactado para lograr capas resistentes, con exigencia máxima de calidad (8 pases). Secuidamente se realizó el riego de agua sobre las capas ya conformadas. Para acceder a las plazoletas, se construyeron caminos mineros (viales) de acuerdo con sus especificaciones técnicas, (ver **Tabla 4**).

Tabla 4. Principales parámetros técnicos para la construcción de caminos.

NO.	PARÁMETROS PRINCIPALES
1.	Ancho total del camino: En relleno 20.0 m, a media ladera 18.0 m, con corte a ambos lados 16.0 m.
2.	Pendiente longitudinal máxima: 12.0 %. Proyectado solamente cuando no haya opción de disminuirla.
3.	Radio mínimo de curvatura: 90.0 m.
4.	Bombeo: 2.0 %.
5.	Super elevación: 2.0 % en curvas con radios mayores de 100 m y 3.0 % en curvas con radios menores de 100 m.
6.	Cunetas en forma de V. Ancho superior de la cunetas: 1.5 m.
7.	Capa de rodamiento: material serpentínítico.
8.	Espesor de la capa de rodamiento (compactada): 40.0 cm.
9.	Talud en corte 1:1, talud en relleno 2:1.
10.	Con compactación adecuada. 98 % del ensayo Proctor Modificado en capas menores de 15 cm.
11.	Construir berma de protección en zonas de rellenos de 1 m de altura.

Las características técnicas de estos caminos, así como de las plazoletas, cumplen con los parámetros para garantizar la seguridad en las diferentes operaciones. El jefe de brigada garantiza el cumplimiento de las mismas y los choferes y operadores tienen el derecho de exigir que existan todas las condiciones seguras para la operación, de lo contrario se debe informar y esperar que se preparen las condiciones óptimas para el trabajo, (ver **Figura 15** y **Anexos 1 y 2**).

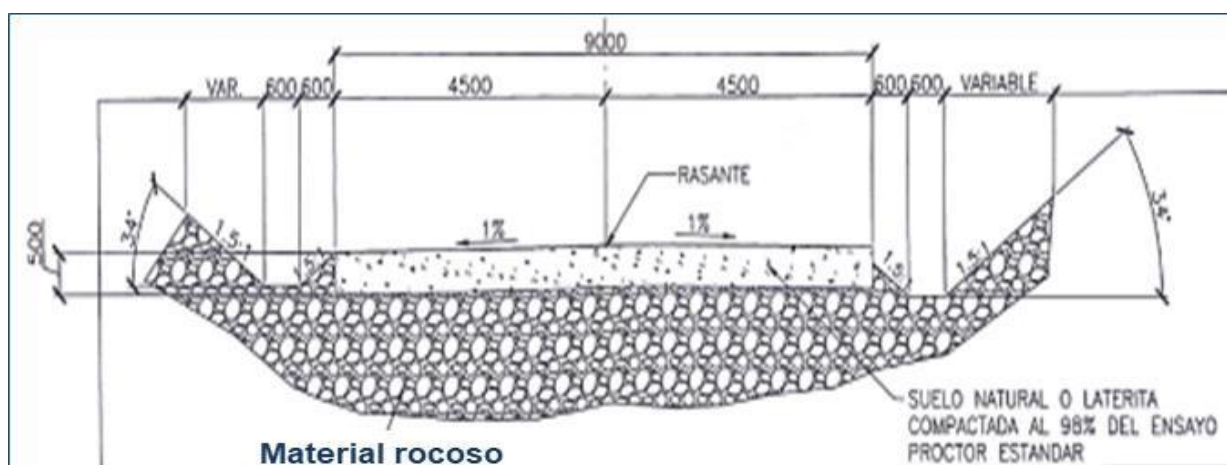


Figura 15. Perfil transversal de los viales de la plazoleta.

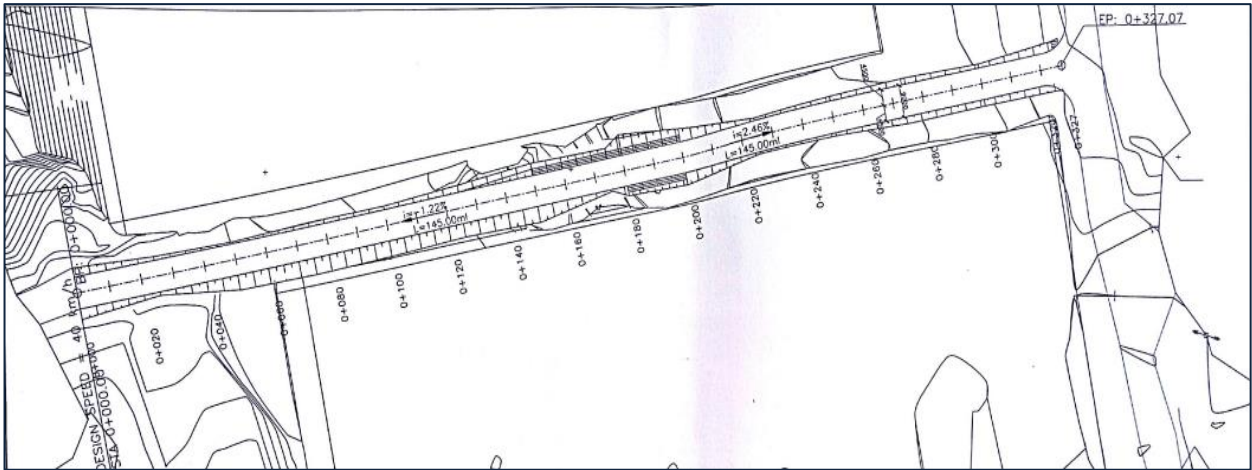


Figura 16. Levantamiento topográfico de los viales de la plazaleta.

Esta etapa culminó con la nivelación del terraplén, certificado del cierre de combustible, levantamiento topográfico de cierre de topografía y el diseño de los modelos digitales del terreno, (ver **Figuras 17 y 18**).



Figura 17. Construcción de las plazaletas, Fonseca (2024b).

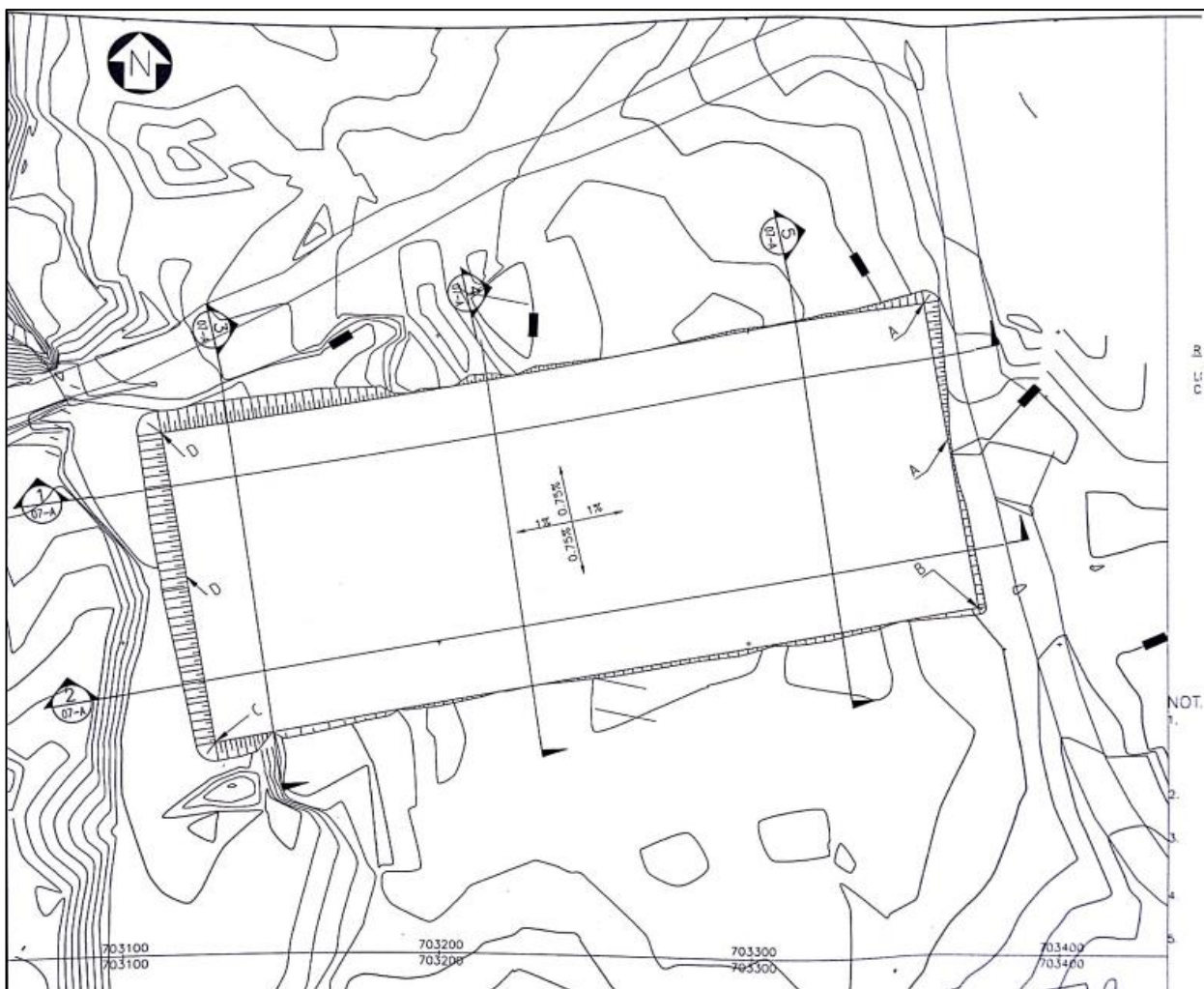


Figura 18. Plano topográfico de la Plazoleta.

III. 6 Caracterización geotécnica de los terrenos base

Por la importancia que tiene llevar el control sistemático del comportamiento mecánico estructura de los terrenos base, esta etapa se realiza simultáneamente con la anterior. Durante la construcción de cada capa, se realizaron mediciones para determinar su comportamiento geotécnico a través de un muestreo aleatorio simple, adaptado a las condiciones concretas de cada plazoleta estudiada, de acuerdo con sus características y composición mineralógica. El proceso de medición se realizó en cada plazoleta en construcción, en las que se tomaron muestras del suelo por capas, para realizar los ensayos de compactación, calidad de los materiales y trabajos topográficos, entre otros.

La aplicación del método de ensayo sirvió para la identificación de las características de compactación del suelo en el laboratorio, con el que se comprobó el cumplimiento de las Normas nacionales e internacionales establecidas.

Estos trabajos fueron realizados con ayuda de la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA) y el Centro de Desarrollo de Investigaciones del Níquel (CEDINIQ), donde de conjunto con sus especialistas se aplicaron diversos métodos tales como el de multipunto de ensayo. El método multipunto de ensayo se utilizó para la determinación de los límites líquido, plástico e índice de plasticidad de los suelos, (ver **Tablas 5 y 6**).

Tabla 5. Determinación del límite líquido.

NÚMERO DE GOLPES	14	19	24	29	33
Masa húmeda más recipiente (g)	41	45	50	51	59
Masa seca más recipiente (g)	20.20	29.40	20.54	29.54	29.58
Masa del recipiente (g)	20.03	20.32	20.19	26.46	26.09
% de Humedad	17.13	18.41	18.09	19.00	19.30
% de Humedad promedio	43.00	42.08	42.24	41.48	40.74
Límite Líquido (LL)	41.50 %				

Tabla 6. Determinación del límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP).

RECIPIENTE NÚMERO	1	2
Masa húmeda más recipiente (g)	20.76	30.08
Masa seca más recipiente (g)	27.28	27.58
Masa del recipiente (g)	18.45	18.76
% de Humedad	28.09	28.34
% de Humedad promedio	28.22	
Límite Plástico (LP) %	28.22	
Índice de Plasticidad (IP) %	13.28	

Más adelante con este mismo método se realizó la determinación del peso específico del suelo y la humedad, con lo que se pudo comprobar la calidad de las plazoletas, (ver Tablas 7) y Figura 19).

Tabla 7. Determinación del peso específico de los suelos.

Partículas menores que el Tamíz No 10 (2,00 mm) ☒	Partículas menores que el Tamíz No 4 (4,75 mm)	
EMP BALANZA (g)	0,01	
PICNÓMETRO No:	29	22
TEMPERATURA (T) °C	25.2	25.2
DENSIDAD DEL AGUA (γ_w)	0.99700	0.99700
CONSTANTE (K)	0.99879	0.99879
PESAFILTRO No.	58	14
MASA SECA + MASA DEL PESAFILTRO (W_{sp}) (g)	65.10	62.35
MASA DEL PESAFILTRO (W_p) (g)	22.43	23.22
MASA SECA (W_s) (g)	42.67	39.13
MASA DEL PICNÓMETRO CON AGUA (W_{psw}) (g)	368.57	371.01
PESO ESPECÍFICO DEL SUELO QUE PASA	3.55	3.54
PESO ESPECÍFICO PROMEDIO (γ_s^2)	3.54	

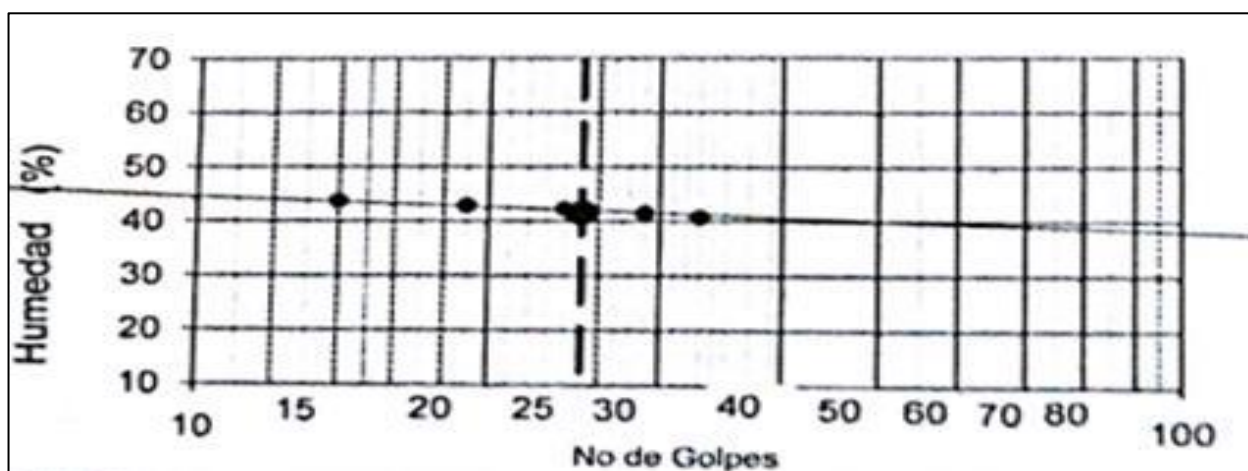


Figura 19. Determinación de la humedad.

Las propiedades físicas incluyeron además, la determinación cuantitativa de la distribución de los tamaños de las partículas en los suelos mediante el tamizado del material, (ver **Anexo 3**).

III. 7 Certificación de los terrenos base

Para la certificación de los terrenos base o plazoletas se creó una Comisión a nivel de la ECG por Resolución de nombramiento, con la participación de profesionales de diferentes especialidades. El trabajo de esta Comisión estuvo orientado a verificar el cumplimiento y legalidad de la documentación referente a la ejecución, contabilización y control de los trabajos constructivos y otros, que se realizaron durante todo el proceso inversionista en funcionamiento.

Los resultados del análisis realizado por la Comisión de certificación evidencian que el objeto constructivo (terreno base) con alta parcial puede ser explotado de forma independiente y por tanto se certifica como activo fijo tangible de la UBM ECG. En estos documentos se notifica el valor monetario de dicha plazoleta, aprobado en Consejo de Dirección de la ECG. En este caso, las inversiones realizadas tienen un valor que oscila entre **500 000,00 - 1 230 000,00 CUP.**

Seguidamente, se realizó la revisión del expediente perteneciente a la inversión (plazoleta), por los organismos rectores, la OSDE (CubaNíquel) para obtener los dictámenes correspondientes donde se explica que esta cumple con los aspectos establecidos en el Decreto Ley 327, los cuales aprobaron el alta parcial a la contabilidad y el certificado de habitable – utilizable que emite la Dirección Provincial de Planificación Física (IPF), (ver **Figuras 20 y 21**, así como los **Anexos 4 y 5**).

OFICINA DEL DIRECTOR GENERAL
CERTIFICACIÓN

Mediante el presente yo, Elaine I. Moreno Borjas, Sustituta Secretaria del Consejo de Dirección de la Empresa del Níquel "Comandante Ernesto Che Guevara", certifico, que por **acuerdo No.118** adoptado en el Consejo de Dirección Extraordinario de esta entidad, realizado con fecha **22 de mayo de 2019**, el que consta en el **Acta No. 11**, se acordó:

Acuerdo No.118:

Ratificar la aprobación del acuerdo No. 46 del CEI correspondiente al Acta No.7 de fecha 06/05/2019 referido a: Aprobar el alta parcial en la contabilidad del Objeto de Obra 767 Plataforma No.4 del Proyecto Secado Solar, debido a que el expediente del inversionista cuenta con todos los documentos que respalda el saldo de la contabilidad. El alta se solicita por un valor de 569,078.44 pesos, de ellos 393,401.95 CUP y 175,676.49 CUC. Teniendo en cuenta las Normas de Valoración que expresan: los Activos Fijos Tangibles se valoran al precio de adquisición, o a su costo real de elaboración o de producción o, en su caso, por un valor equivalente cuando se reciban bienes de uso sin contraprestación monetaria. El precio de adquisición incluye el precio neto pagado por los bienes, representado por el monto de efectivo entregado o su equivalente, más todos los gastos necesarios para colocarlos en el lugar y condiciones de uso, tales como fletes, seguros, derechos y gastos de importación y gastos de instalación, hasta su puesta en marcha, o momento de su alta.

Fecha: 22/05/2019

Resp: Director General

Y para que así conste, extendo y firmo la presente a los 28 días del mes de mayo del año 2019.

Elaine I. Moreno Borjas
Sustituta Secretaria CD



Figura 20. Certificado de alta parcial de contabilidad los terrenos base.

DIRECCIÓN PROVINCIAL DE PLANIFICACIÓN FÍSICA
Provincia: Holguín Municipio: Moa

**CERTIFICADO DE
HABITABLE – UTILIZABLE**
CH: /20 CU: 014/2019



Persona Natural: Persona Jurídica: X
Se expide el presente certificado a: Empresa del Nickel Ernesto Ché Guevara con domicilio legal en:
Carretera Moa-Baracoa km 5½ Yagrumaje, Punta Gorda Entre y CI:
conforme al expediente código: 517/14 de fecha: 17/06/2015 iniciado para la ejecución de: "Plataforma
No.4" del Proyecto Secado Solar Aprobada por el certificado: MI 287/17 en la dirección: al sur de la
Planta Comandante Ernesto Ché Guevara Correspondiente a la licencia: 048/17 y amparado por el
documento titular

A tenor de lo preceptuado en la Legislación vigente, se certifica que se ha comprobado, en inspección in situ,
que dicha obra ha sido terminada y se ajusta a la documentación aprobada.
Este certificado ampara las acciones que se describen:

**Plazoleta # 4 ejecutada en el área indicada, fue nivelada, compactada y perfiladas sus dimensiones de
100 x 250 m, posee su norma de seguridad y sus zanjas de desagüe.**

Tipo del inmueble: Cantidad de Plantas: Año de Const.
Distribución:

Descripción de elementos comunes de la construcción:
Cisterna Motobomba Acometida eléctrica: Accesos Otros
 (cuales) Oleoducto CDE Moa
Aclaraciones

Características de la construcción:
Muros Estructura: Entrepiso:
Cubierta: Piso: Carpintería
Área Útil: m², Área ocupada: m², de ella: Área de otras construcciones:
 m², Área Libre m², Área Total: m², Terreno adicional: m²
Precio legal calculado: \$ mmp
Naturaleza del inmueble: Urbana: Rural
Consideraciones: (se incluyen las medidas y linderos)

Descripción de áreas exteriores (no descritas con anterioridad)

Dado en Holguín, a los 9 días del mes de agosto del año 2019
En 2 ejemplares.

Proy: Celso Hidalgo Molina
Técnico

Ing: Orlando García González
Director

Ing: Lisbeth Peralta Bruzón
Jefa de Departamento



Fecha de entrega: 18/10/19 Recibido: Wipon Calzada de la Cruz

Figura 21. Certificado de habitable-utilizable de los terrenos base.

III. 8 Entrega de los terrenos base

En esta etapa se entregó la documentación al inversionista, el acta de entrega final de la obra por parte del constructor, donde se certificaron los m² que ocupa la plazoleta, según Proyecto Ejecutivo (EAPS, 2018-2022). Además, en esta entrega se anexaron el levantamiento topográfico con niveles de terminación, informe de la ENIA con resultados de ensayos de suelo de compactación y fotos de la plazoleta en las diferentes etapas de ejecución. Luego, fue solicitado por parte del inversionista al Consejo de Dirección de la ECG, Comité Económico Contratación Inversiones, Comité Económico Inversiones, el Acuerdo de utilizar la plazoleta para el llenado del mineral (explotación), y una vez aprobado este Procedimiento, fue entregada al concesionario, (ver Figuras 22 y 23, así como los Anexos 6 y 7).

			ACTA DE ENTREGA FINAL DE OBRA			Código: FM-AT-00-06 Fecha: 20/3/2019 No. Edición: 00 Consecutivo:		
Fecha de Entrega Final			PROYECTO			Fecha Acta		
26	3	19	Secado Solar, Plataforma 4			20	3	19
Nombre del Cliente: Fábrica de Níquel Ernesto Che Guevara								
Nombre de la Empresa Contratista: DINVAI Inversiones S.A.								
DATOS DE LA OBRA								
Objeto del Contrato: EL CONTRATISTA realizará la organización, ejecución, control y supervisión de los trabajos correspondientes a la ejecución de las Plataformas (Movimiento de Tierra), Viales Interiores, Los drenajes y la Nave de Monitoreo del Proyecto Secado Solar, de la Empresa Productora de Níquel y Cobalto, "Comandante Ernesto Che Guevara", acorde con las Especificaciones Técnicas y el Plan de Calidad y con las mayores prácticas de la construcción.								
No. de Contrato:			Monto del Contrato:			Fecha del Contrato:		
2 2017			\$ 2 500 000.0			25 8 2017		
Ubicación : La Plataforma 4 para el Secado Solar se ubica el punto A en las coordenadas X= 703 358.19 y Y= 220 710.34. Los niveles en la coordenada Z se mantienen en +70.0 según el plano de proyecto ejecutivo. En la Nota 108 del día 5/03/18 del libro de Obra se define el camión en las pendientes de las Plataformas, por el Projectista.								
Comentarios: La Plataforma 4 tiene un Área de 26213.0 m ² , se construyó según Proyecto excepto las pendientes. Se anexan a esta acta los siguientes documentos: 1- Levantamiento Topográfico con Niveles de terminación Plataforma 4. 2- Informe de la ENIA con resultados de Ensayos de Compactación de la plataforma 4. 3- Fotos de la Plataforma en las diferentes etapas de ejecución.								
NOMBRES Y APELLIDOS		PARTES		FIRMA:		FECHA		
Yorleydis Correa Clape		INVERSIONISTA ECG				29/03/19.		
Rosaida Fonseca Aguilar		INVERSIONISTA ECG				27/03/19.		
Dania Gonzalez Palau		CONSTRUCTOR DINVAI S.A.				20/03/19.		
Fredy Luejes Anidos		CONSTRUCTOR DINVAI S.A.				20/03/19.		
Karel Petti Quiroga		EXPLOTADOR MINA ECG				20/03/19.		
Aliomar Perez Sanchez		EXPLOTADOR MINA ECG				10/4/19		

Figura 22. Acta de entrega final de la obra.

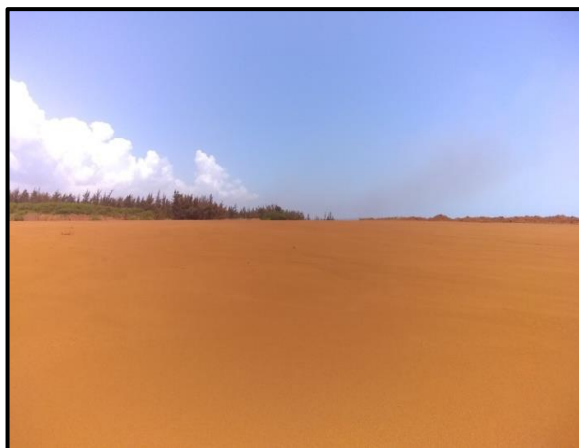


Figura 23. Plazoleta terminada, lista para el uso del secado solar de las lateritas, Fonseca (2024b).

III. 9 Explotación sostenible de los terrenos base

En esta etapa se solicitó al Consejo de Dirección de la empresa, implementar las investigaciones de autores como Guerrero (2003), Estenóz, (2009), Retirado, (2012, 2016, 2017), Fonseca y Guerrero (2022) y Regalado, (2023), Guerrero et al., (2024), mucho de los cuales proponen la modelación matemática del proceso de secado natural de las menas lateríticas, el uso sostenible de la tecnología del manejo, remonte, remoción del secado solar y eólico, con los equipos mineros altamente productivo, según Proyecto, lograndose de este modo, todas las ventajas y beneficios propuestos, (ver **Figuras 24**, así como los **Anexos 8 y 9**).

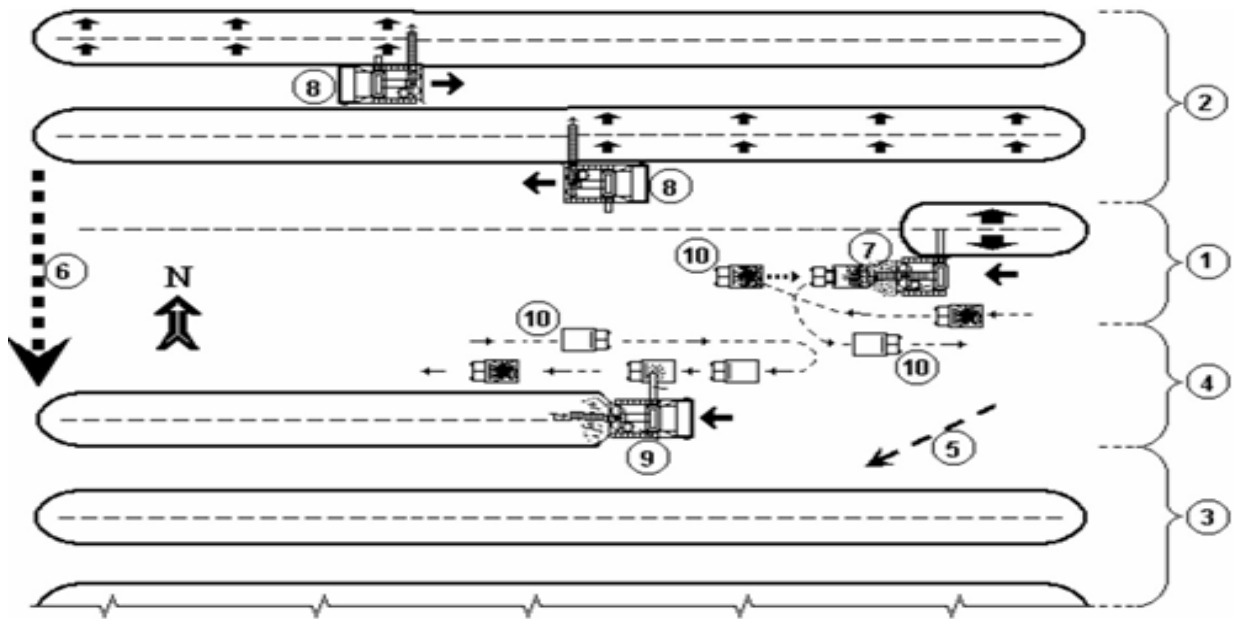


Figura 24. Esquema general de las operaciones en depósitos de secado solar de minerales lateríticos. Etapa de formación de pilas (1); Proceso de remoción durante el secado solar (2); Pilas en reserva (3); Pilas en evacuación (4); Dirección media de los vientos predominantes (5); Dirección de avance del frente de operaciones (6); Equipos en apilado, remoción y evacuación (7, 8 y 9); Camiones (10); Estenoz 2009).

Con el alta parcial de las plazoletas terminadas, se comenzó a depositar mineral en ellas, las que se caracterizaron según la calidad de los elementos fundamentales (Ni, Co, Fe, Fe₂O y Si₂O). Este mineral fue depositado en hileras para conformar las pilas cumpliendo con el esquema de almacenamiento previsto en el proyecto según participación de los yacimientos, para implementar la tecnología del remonte y la remoción el proyecto contempla el uso de las Excavadoras Frente Palas, o Retroexcavadora y Cargadores, lo que trajo como resultados la disminución de la humedad en dichos depósitos, (ver **Figuras 25 y 26**).

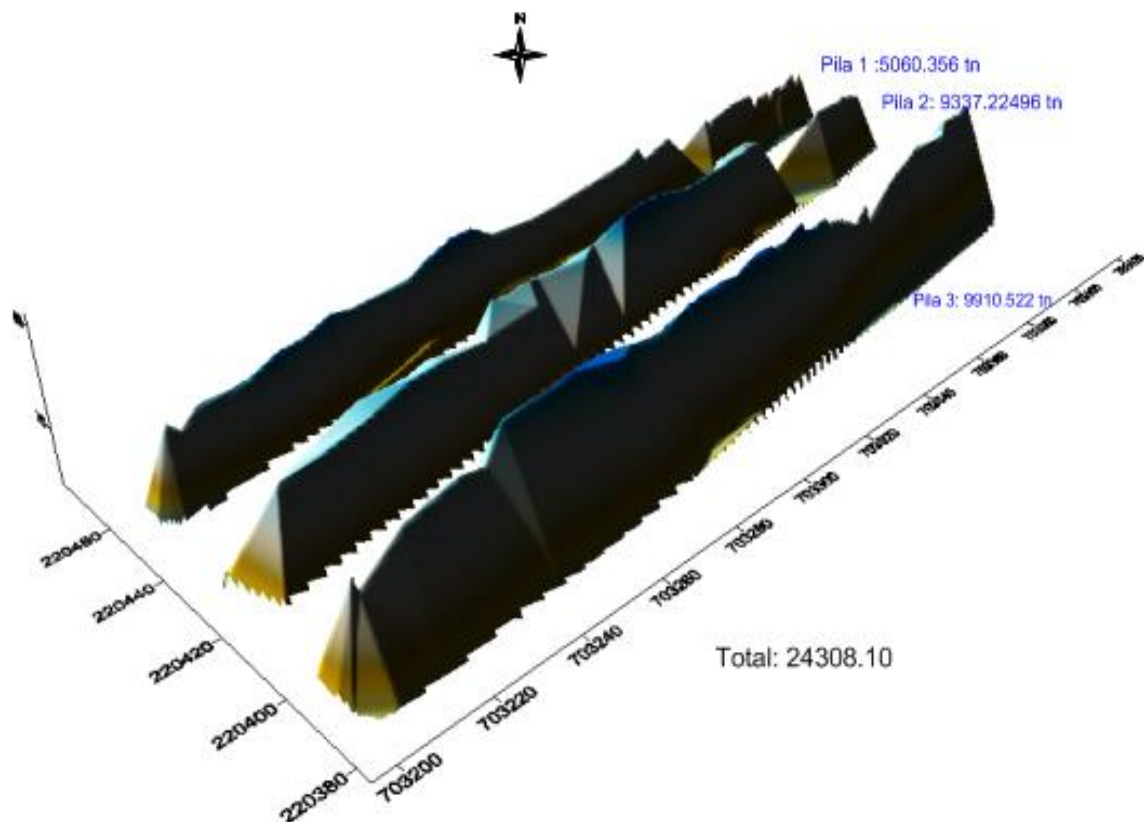


Figura 25: Pilas conformada después de la remoción, Regalado, (2023).



Figura 26. Operaciones en los depósitos (plazoletas) de secado solar, Fonseca (2024b).

III. 10 Control y monitoreo

Durante la explotación de los terrenos base se controló que la humedad de entrada promedio en las plazoletas no supere el 37,95% y después de remontarlo y aplicarle la remoción bajó a 33,00%, lo que representa un 4,95 % de reducción con relación a la de entrada, lo que representa un ahorro de fuel oil en secaderos, por las operaciones en las plazoletas terminadas, de 5.627,0 toneladas, en el año 2021 de 7.428,0 toneladas, en el año 2022 de 8.778,0 toneladas y ya a partir del año 2023, estabilizado el proceso, de 11 164,0 toneladas anuales.

Con respecto al ahorro de electricidad en secaderos y molinos esto representa un ahorro de 6.534,8 MWh/año en el año 2020, de 7.824,4 MWh/año en el 2021, 8.663,7 MWh/año en el 2022 y a partir del año 2023, 9.062,4 MWh/año. Se evidencia un incremento de la eficiencia metalúrgica de la fábrica que se produce con la homogenización del mineral, lo que conlleva a un incremento de la producción de Ni + Co de 72,6 t en el año 2020, 109,2 t en el año 2021, 130,4 t en el año 2022 y a partir del año 2023 de 167,2 t de Ni+Co como promedio, CEPRONIQUEL, (2016). Los resultados obtenidos relacionados con la humedad del mineral de entrada y salida según plazoleta, se expresan en los **Anexos 10, 11, 12 y 13**.

De igual modo, teniendo en cuenta la sostenibilidad de este proceso, se propuso el uso de las construcciones mineras destinadas al secado solar, para otros fines, una vez culminada la función para lo cual fueron construídas, así como agotadas las reservas de mineral laterítico de los yacimientos concesionados.

Para ello es preciso la realización de estudios que permitan, la rehabilitación de estos terrenos base, la construcción de otras instalaciones mineras necesarias para la explotación de otros yacimientos, así como la recuperación de estas áreas convertidas en pasivos mineros ambientales. Este paso está relacionado con la realización del mantenimiento y monitoreo físico de las actividades declaradas durante la ejecución de los pasos previstos; evaluación por las autoridades competentes del desempeño de la construcción y el cumplimiento de los compromisos del Proyecto.

El control y monitoreo no representa la última fase del Procedimiento propuesto, pues se realizó desde el inicio de las operaciones de la inversión. Una vez trasladado a la fábrica, se realizaron los trabajos de mantenimiento de la Plazoleta, a partir de un levantamiento topográfico, con la finalidad de mantener la cota final según Proyecto. En esta etapa se incluyeron además otras actividades de acarreo y rehincho de material estéril en algunas zonas que lo necesitaron y por último se perfiló toda el área de la plazoleta, para evitar acumulaciones de agua, lo que posibilita el inicio de los trabajos de llenado de mineral para un nuevo proceso de secado.

En este paso se retomaron las acciones anteriores y verificar qué se ha hecho hasta el momento. Una revisión periódica de cada una de ellas, fue necesaria ya que la minería se encuentra en constante cambio y evolución en tiempo y espacio. De esta manera, el Procedimiento propuesto para la explotación sostenible de los terrenos base de secado solar, permitió certificar la calidad que reúne el proceso de secado solar, dentro de la entidad geólogo y minera.

III. 11 Principales deficiencias detectadas durante la implementación del Procedimiento

Para valorar lo realizado hasta el momento, a través del trabajo en grupo con la colaboración de especialistas de la empresa y de otras entidades mineras y académicas del territorio, así como la literatura consultada de autores como Retirado et al., (2017), se identificaron las principales deficiencias, logros, obstáculos encontrados, efectividad del Procedimiento, perspectivas futuras, presencia de capacidad organizativa necesaria para su implementación; nuevos retos, acciones y estrategias a llevar a cabo por los responsables de su implementación.

Entre las principales deficiencias detectadas durante la aplicación del Procedimiento se detectaron las siguientes:

- Desconocimiento del personal, de las principales etapas del Procedimiento para la explotación sostenible de los terrenos base de secado solar de menas lateríticas.

- Falta de suministros e insumos, principalmente de combustible para la ejecución de las obras y etapas del proyecto.
- Morosidad durante la ejecución de acciones, acuerdos y entrega tardía de información necesaria, por parte de miembros responsables de los proyectos.
- Incremento del consumo de combustible y de energía eléctrica como resultado de la adherencia y recirculación de gran cantidad (3-5 %) del material trasegado en los sistemas de transporte automotor y por bandas.
- Deterioro de las condiciones de los caminos mineros, especialmente durante las épocas de lluvia, lo cual dificultó el acceso a las plazoletas de secado solar.
- Elevada humedad del material extraído en los frentes mineros, que obliga al aumento elevado de consumo específico de petróleo (27-34 l/t) de lateritas suministradas al proceso de secado convencional.
- Afectaciones a los componentes ambientales del medio ambiente por la tecnología minera empleada.
- Posible ocurrencia de riesgos geológicos como resultado de desprendimientos o deslizamientos del material de escombros.
- Cambios geomorfológicos del paisaje como resultado de las modificaciones realizadas al relieve.
- Incremento de riesgos laborales como resultado de un mal funcionamiento de los equipos durante su maniobrabilidad, problemas constructivos de las plazoletas y ocurrencia de fenómenos geodinámicos.
- Incorrecta selección de la zona de emplazamiento de los terrenos base y el material a utilizar.
- Incremento de la distancia de transportación del mineral extraído desde los frentes hasta los antiguos depósitos; los que impiden alcanzar mejores resultados en el proceso de secado solar de las menas lateríticas.

III. 12 Propuesta del plan de medidas

Una vez realizada la propuesta del procedimiento es preciso que los directivos, responsables, trabajadores, así como aquellos relacionados con el proceso de secado solar de las menas lateríticas, que de una u otra forma intervienen en su implementación, llevara a cabo las siguientes medidas:

- Incorporación al sistema de superación y capacitación de la UBM-ECG, actividades relacionadas con estudio e implementación del Procedimiento propuesto y los temas relacionados con la explotación sostenible de los recursos naturales.
- Velar por el estricto cumplimiento de las normas de diseño planteadas en la etapa de construcción.
- Designar a empresas contratistas especializadas para las labores de construcción las cuales se encargarán de la retirada y disposición final de los desechos generados durante el desarrollo de sus actividades. Estas empresas contarán con los permisos para la transportación y disposición de los desechos.
- Desarrollar auditorías de control sistemático, para garantizar la implementación efectiva del Procedimiento propuesto.
- Facilitar a directivos y trabajadores directamente vinculados al proceso de secado solar, tomar medidas inmediatas frente a la ocurrencia de imprevistos o fenómenos, antes, durante y después de la implementación del Procedimiento.
- Aplicar las investigaciones ya realizadas y aprobadas por otras instituciones y especialistas, relacionadas con el perfeccionamiento de la tecnología del proceso de secado solar de las lateritas.
- Exigir el correcto uso de los medios de protección individuales y colectivos, así como el adiestramiento de los trabajadores en las normas de seguridad.
- Establecer y velar por el cumplimiento de procedimientos de trabajo durante la etapa de construcción de los terrenos base, que garanticen la seguridad y protección al trabajador, previendo el uso de todos los medios de protección personal necesarios.
- Autorizar la entrada y permanencia en las instalaciones, áreas y puestos de trabajo solo para los trabajadores que laboran en ellas y las personas que realizan supervisión

o inspección, o trabajadores de otras áreas que estén autorizados por su jefe inmediato.

- Entregar a la entidad que ejecuta el trabajo el Plan de emergencia y de liquidación de averías referente al lugar donde ejecutan su actividad, para que sea estudiado, conocido y cumplido.
- Solicitar los permisos de seguridad para los trabajos peligrosos que se hayan identificado durante el proceso de gestión de riesgos.
- La berma de seguridad debe tener no menos de tres cuartas (3/4) partes de la altura de la llanta más grande de los vehículos que circulan por los caminos mineros.

CONCLUSIONES

- Con el estudio de las principales investigaciones publicadas en Cuba y otras partes del mundo relacionadas con el proceso de secado solar de las menas lateríticas, se comprobó que no existen referentes de procedimientos establecidos para la explotación sostenible de los terrenos base de la Unidad Básica de la Mina (UBM) de la empresa “Comandante Ernesto Che Guevara” (ECG) que garantizan dicho proceso.
- Con la caracterización geológica y minera de la región de estudio se pudo comprobar que la zona seleccionada para la construcción de los terrenos base de secado solar, no posee peligros de ocurrencia de fenómenos geodinámicos, por lo que existen condiciones seguras para la ubicación de las 9 plazoletas en una zona ya minada, próxima al punto de alimentación a la Fábrica (0-1).
- La definición de los componentes principales del procedimiento propuesto (selección, diseño, construcción, caracterización, certificación, entrega, explotación, control y monitoreo de estas construcciones mineras), permitió proyectar la explotación sostenible de los 9 terrenos base (plazoletas) destinados por ECG, los cuales constituyen Activos Fijos Tangibles de la UBM, abarcan un área de **63.1 Ha** y poseen un valor entre **500 000,00 - 1 230 000,00 CUP**.
- Durante su implementación, se identificaron los principales problemas presentados antes, durante y después de su explotación; así como se propuso un conjunto de medidas que permiten alcanzar mejores resultados en el proceso de secado solar de las menas lateríticas de Moa.

RECOMENDACIONES

- Implementar el Procedimiento propuesto para la explotación sostenible de los terrenos base del secado solar, en futuros proyectos de la UBM-ECG y en otras empresas mineras del país, donde sea posible el uso de este proceso tecnológico.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, Franco, I., H., Ferrera, Toujague, M. Martínez, Mayo, R., Ramírez, Reyes, R., Bauta, Rubalcaba y J., A., Carmenate. (2015). Estudio de riesgos para situaciones de desastres al Proyecto Secado Solar del mineral Empresa Productora de Níquel y Cobalto "Comandante Ernesto Che Guevara". GEOCUBA, Oriente Sur. Agencia de Estudios Ambientales. Santiago de Cuba, Cuba, 82 páginas.
- Aguirre, Hernández, A., (2023). Procedimiento para la implementación del uso de las energías renovables y gestión eficiente del agua en los servicios técnicos de las Empresas de Investigaciones y Proyectos del Sector Hidráulico en Cuba. Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Gestión de la Calidad y Ambiental. Universidad de La Habana. Cátedra de Calidad, Metrología y Normalización. La Habana. Cuba, 109 Pág.
- Almaguer Carmenates Y., (2001). Análisis de estabilidad de taludes a partir de la evaluación geomecánica del macizo rocoso. Tesis de Maestría. Departamento de Geología. ISMMM. Moa. Holguín. Cuba. 110 p.
- Almaguer Carmenates Y., (2005). Evaluación de la susceptibilidad del terreno a la rotura por desarrollo de deslizamientos en el yacimiento Punta Gorda. Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias Geológicas. ISMMM. Moa. Holguín. Cuba. 134 páginas.
- Almaguer Carmenates Y., Guardado R., (2003). Análisis de estabilidad de taludes a partir de la evaluación geomecánica del macizo rocoso serpentizado de la región de Moa". CD Congreso Geología y Minería. ISBN 959-7117-11-8.
- Almaguer Carmenates Y., Guardado R., (2005). Caracterización geotécnica del perfil de meteorización de rocas ultrabásicas serpentizadas en el territorio de Moa, Cuba. Geología y Minería, XX (1 y 2).
- Ariosa, J., (2002). Modelos de yacimientos de lateritas de Fe-Ni-Co asociados a las

Ofiolitas del macizo Mayari-Baracoa de Cuba oriental. Tesis Doctoral. ISMMM. 138 h.

Blanco J. L. y Llorente E., (2004). Investigación ingeniero-geológica e hidrogeológica de la Base Minera Punta Gorda”. Archivos de la Subdirección de Minas, Empresa Ernesto Che Guevara. Moa. Holguín. Cuba.

Carmenate J. A., (1996). Evaluación de las condiciones ingeniero-geológicas para la zonificación de los fenómenos geológicos en áreas urbanas y suburbanas de la ciudad de Moa. Tesis de maestría. Departamento de Geología, ISMM. 108 p.

Centro de Proyectos del Níquel (CEPRONIQUEL), (2016). Estudio de factibilidad de Secado Solar. Archivo de inversiones. 25 páginas. Empresa Ernesto Che Guevara. Moa. Holguín. Cuba.

Cruz Orosa, I. y J. A. Díaz González, (2002). Determinación de los dominios geológicos del yacimiento Moa Oriental. Departamento de Geología, ISMM, Moa, Cuba. Trabajo de Diploma. 90 páginas.

CUBA. Constitución de la República de Cuba, (CRC), (2019). Gaceta Oficial de la República. La Habana, Cuba.

De Miguel, C., (2004). Informe hidrogeológico conclusivo sobre: Investigación ingeniero-geológica e hidrogeológica de la Base Minera Punta Gorda. Archivos de la subdirección de Minas, Empresa Ernesto Che Guevara. Moa. Holguín. Cuba.

De Miguel C., Guardado R., Riverón B., Blanco J., Rodríguez A., Batista J., Almaguer Y., Pérez R., (1998). Proyecto de investigaciones hidrogeológicas e hidrogeológicas del yacimiento Punta Gorda. Departamento de Geología.

Empresa “Comandante Ernesto Che Guevara” (ECG), (2023). Sistema de gestión de la calidad. Moa. Holguín. Cuba. 55 páginas.

Estenoz, S. (2001). Desarrollo sostenible en la minería a través del aprovechamiento integral de los yacimientos lateríticos. Tecnología Química, 21(3): 54-60.

- Estenoz, S. (2009). Sistema integral de explotación minera para desarrollo sostenible de recursos naturales y su procesamiento tecnológico. Casos de estudio. En: III Congreso Cubano de Minería. La Habana. Cuba.
- Estenoz, S. y M. Espinosa, (2003). Procedimiento y equipo para secado solar de materiales a la intemperie. OCPI. Fecha de solicitud: 2003. Cuba, patente de invención No. 175. - TESIS DOCTORAL: BIBLIOGRAFÍA - - 106 - 80.
- Estenoz, S.; Alderí, A.; Batista, N. y Donatién, A., (2005). Resultados en la industria minera del secado solar y la homogeneización de minerales en pilas a la intemperie. En: Convención Internacional de Energía y Medio Ambiente (CIEMA). Santiago de Cuba.
- Estenoz, S.; Pérez, N. y Ramírez, I., (2006). Secado solar y homogeneización de minerales a la intemperie en la industria cubana del níquel. En: VII Taller Internacional CUBASOLAR. Villa Clara.
- Estenoz, S.; A. Mejías; A. Donatién; A., Adherí, (2007). Evaluación de las tecnologías de explotación de depósitos mineros para mezclas, beneficio, homogeneización y secado solar en la mina de la empresa Ernesto Che Guevara. Informe Técnico. 46 p.
- Estenoz, S.; A. Mejías; A. Donatién; A. Adherí; A. Díaz; A. Cutiño; F. Bove; M. L., (2008). Uso racional de los recursos con la explotación de los depósitos de secado solar y estabilización de la calidad en la empresa Comandante Ernesto Che Guevara. En: Convención Internacional de Ingeniería en Cuba. Cienfuegos.
- Expediente de alta de Proyecto secado solar (EAPS). Centro de costo 408255. Objeto de obra 767, (Plazoleta 4), (2018-2019). Documento de archivo. Empresa "Comandante Ernerto Che Guevara". Departamento de inversiones. Moa. Holguín. Cuba. 450 páginas.
- Expediente de alta de Proyecto secado solar (EPS). Centro de costo 408255. Objeto de obra 751, (Plazoleta 1), (2018). Documento de archivo. Empresa "Comandante Ernerto Che Guevara". Departamento de inversiones. Moa. Holguín. Cuba. 320 páginas.
- Expediente de alta de Proyecto secado solar (EAPS). Centro de costo 408255. Objeto de obra 768, (Plazoleta 7), (2018). Documento de archivo. Empresa "Comandante

- Ernerto Che Guevara". Departamento de inversiones. Moa. Holguín. Cuba. 450 páginas.
- Fonseca, Aguilar, R., (2005). Procedimiento para el movimiento de tierra en obras mineras. Empresa "Construcción y Reparación de la Industria del Níquel (ECRIN)". Moa. Holguín. 25 Páginas.
- Fonseca, Aguilar, R., (2021). Estudio de factibilidad técnico económico del Proyecto Secado Solar. Empresa "Ernesto Che Guevara". Ministerio de Economía y Planificación, (MEP). La Habana julio, 66 páginas.
- Fonseca, Aguilar, R., y D., Guerrero, Almeida, (2022). Diseño metodológico para la evaluación de las condiciones Geotécnicas de los terrenos base del sistema del secado solar de la empresa "Ernesto Che Guevara". X Conferencia Internacional de Aprovechamiento de Recursos Minerales. CINAREM-22. XIV Taller Internacional de Geología y Minería. GEOMIN`22. ISBN: 978-959-16-4770-2. 20-22/Abril/22. Moa. Cuba.
- Fonseca, Aguilar, R., Carmenate, Fernández, J., A., Guerrero, Almeida D., y M., I., García de la Cruz, (2024a). Caracterización geotécnica de los terrenos base del secado solar de la empresa "Comandante Ernesto Che Guevara". V Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. 17- 20/septiembre/2024. Centro de Convenciones Plaza América, de Varadero. Matanzas. 15 Pág. (Artículo aprobado para su presentación y publicación).
- Fonseca, Aguilar, R., Carmenate, Fernández, J., A., Guerrero, Almeida D., y M., I., García de la Cruz, (2024b). Caracterización geotécnica de los terrenos base del secado solar de la empresa "Comandante Ernesto CHE Guevara". Revista INFOMIN Vol.16, del 2024, ISSN: 1992 4194 y URL: www.infomin.co.cu. Registro Nacional de Publicaciones Seriadas. No. 2144. Folio 115. Tomo III.
- Fonseca, Aguilar, R., y D., Guerrero, Almeida (2024). Procedimiento para la explotación sostenible de los terrenos base del sistema del secado solar de la empresa "Comandante Ernesto Che Guevara". Minería y Geología. [ISSN: 193 8012]. 15 Pág. (Artículo en proceso de arbitraje).

- García, M. I. (2008). Perfeccionamiento del procedimiento de adquisición y explotación de los equipos mineros en la empresa Comandante Ernesto Che Guevara. [Tesis Maestría]. 98p. ISMM. Cuba.
- García, M. I. (2018). Procedimiento de remplazo de equipos mineros en la empresa Comandante Ernesto Che Guevara. [Tesis Doctoral]. 100p. UMoA. Cuba.
- Guerrero Almeida D., (2003). Sistema de indicadores mineros para la explotación sostenible de los yacimientos minerales. Tesis presentada en opción al título de Doctor en Ciencias Técnicas. Facultad de Geología y Minería del ISMM. Centro de Información Científico Técnica, 257 p.
- Guerrero, Almeida D., Y., Valdéz, Meriño, A. Cuesta, Recio, R., R., S., Almenares, Reyes, R., Urgelléz, Cardoza, J., Mestre, Lamorú y W., Calzadilla, Reyes. (2024). Fortalecimiento de capacidades para la gestión del conocimiento y el desarrollo local sostenible en comunidades mineras, (GECOMIN). Proyecto de Desarrollo Local (PDI), UMoA. Holguín. Cuba.
- Guerrero, Almeida, D., Fonseca, Aguilar, R., García de la Cruz, y J., A., Carmentate, Fernández (2024). Procedimiento para la explotación sostenible de los terrenos base del sistema del secado solar de la empresa “Comandante Ernesto Che Guevara”. GEOMOA 2024. Universidad de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”. 215 Pág.
- Guardado R., Almaguer, Y., Hernández, Y., Tamayo, J. R. y Pea Guy., (2001). Estabilidad de taludes en suelos lateríticos del yacimiento Punta Gorda aplicando criterios de rotura. GEOBRASIL (ISSN 1519-5708). 12-24 p.
- Guardado R. y Almaguer Y., (2003). Evaluación de riesgos por deslizamiento en el yacimiento Punta Gorda, Moa, Holguín. Revista Minería y Geología. XVIII (1): 1-12 p. 2001. Guardado R., Almaguer Y., “Rocas y suelos como indicadores ingeniero geológicos y ambientales de estabilidad y sostenibilidad de taludes y laderas”. CD Congreso de Geología Minería. ISBN 959-7117-11-8.
- ISO 1401 (2015). Sistema de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. Secretaría central de ISO. Tercera Edición. Ginebra. Suiza. 48 pág.
- Legrá-Lobaina, A. A (1999): “Metodología para el pronóstico, planificación y control de la minería en yacimientos lateríticos”. Tesis de Doctorado. Departamento de

- matemática, ISMM, Moa, 100 pàg.
- Legrá-Lobaina, A. A. 2017: Modelos de malla basados en estimadores (A,U,Θ) HOLOS, 33(4): 88-110.
- Legrá-Lobaina, A. A. 2018: Evaluación del error en estimaciones (A,U,Θ) HOLOS, 34(3): 1-23.
- Ley No. 81, (1997). Ley del Medio Ambiente. La Habana. Cuba.
- Ley 76, (1995). Ley de Minas. La Habana. Cuba.
- UBM. Manual de operaciones Unidad Básica minera. Código: 048-MOP, (2018). Ministerio de Energía y Minas. Grupo Empresarial Cubaníquel. Empresa Comandante Ernesto Che Guevara. Moa. Holguín. Cuba.
- Martínez, Vargas, A.; A., Legrá, Lobaina; N., Ferrera, Alba y L., F. Mena, Matos, (2003). Modelo digital del relieve original del yacimiento Punta Gorda. Minería y Geología, ISSN 0258 5979, No. 3-4, pág. 103-119.
- NC 59: 2000, (2000). Geotécnia. Clasificación geotécnica de los suelos. Oficina Nacional de Normalización. La Habana. Cuba. 26 pág.
- NC 63: 2000, (2000). Geotécnia. Clasificación geotécnica de los suelos. Oficina Nacional de Normalización. La Habana. Cuba. 14 pág.
- NC 158: 2002, (2002). Geotecnia. Terraplen de prueba. ICS: 93.020 1. Edición, marzo 2002. 13 pág.
- NC 753: 2010, (2010). Carreteras — vías rurales — clasificación funcional. ICS: 91.020; 93.080 1. Edición, marzo 2010. 12 páginas.
- NC ISO 9001 (2015). Sistema de gestión de la calidad. Requisitos. Oficina Nacional de Normalización. La Habana. Cuba. 46 pág.
- Partido Comunista de Cuba (PCC), (2017). Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030. La Habana: Editora Política. La Habana. República de Cuba.
- Partido Comunista de Cuba (PCC), (2021). VIII Congreso del Partido Comunista de Cuba. Documentos aprobados por el Comité Central del PCC. Abril de 2021. La Habana. República de Cuba.
- Regalado, Urquía, Y., (2023). Perfeccionamiento de la conformación y manejo de las plazoletas de secado solar de la Empresa “Comandante Ernesto Che Guevara”. Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Geólogo. Universidad de Moa.

61 páginas.

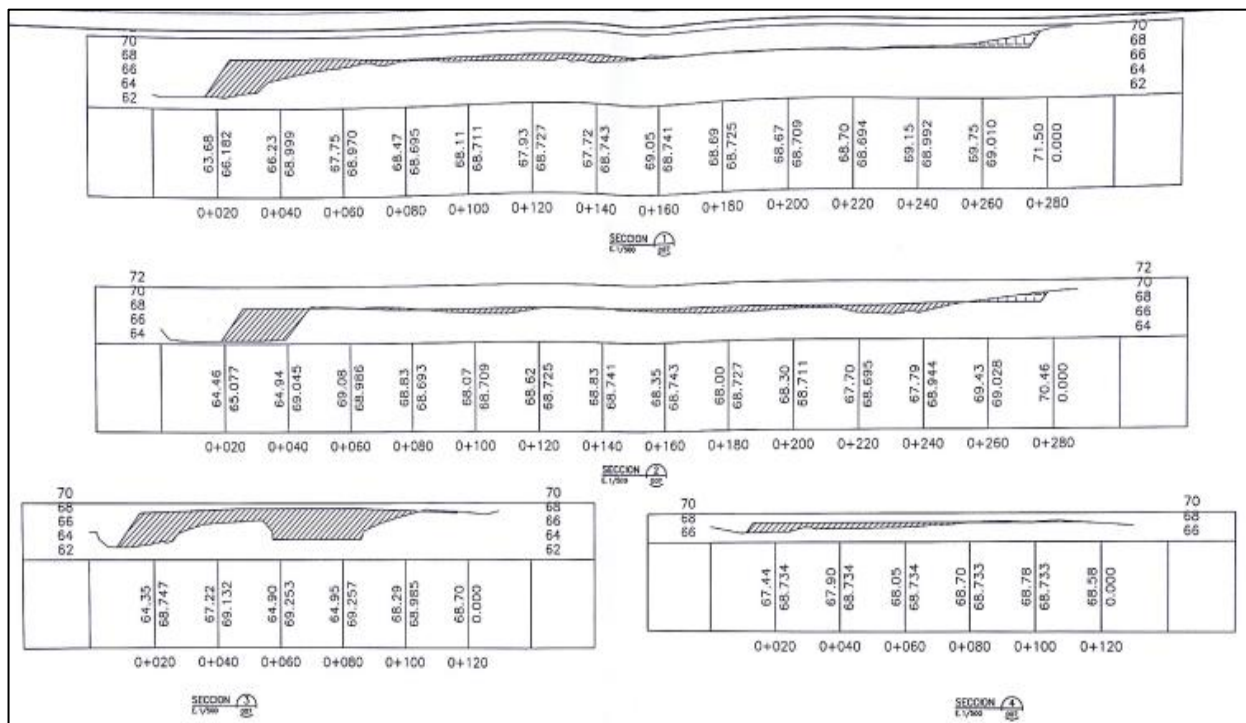
- Retirado, Mediaceja, Y., (2007). Comportamiento de la humedad durante el secado solar del mineral laterítico. Tesis de Maestría. ISMMM. 71 h.
- Retirado, Mediaceja, Y., (2010). Estudio experimental del proceso de secado solar de las menas lateríticas empleadas en la industria del níquel en Moa. En: Forum tecnológico especial de energía. Moa. 2010, ISBN: 978-959-16-1216-8.
- Retirado, Mediaceja, Y., (2012): Modelación matemática del proceso de secado natural de las menas lateríticas. Tesis Doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa. 183 h.
- Retirado Mediaceja, Y., (2018). Perfeccionamiento de la tecnología de secado natural de la mena laterítica. Minería y Geología (Vol.34, Número 2). ISMMM. Moa. Cuba
- Retirado Mediaceja, Y.; Legrá A.; Gilbert A.; Salazar E.; Salazar, J. y Mendoza, M., (2016). Influencia de la inclinación de las pilas en el secado natural de la mena laterítica. Minería y Geología, 32(3): 113-127. Consultado: 3 agosto 2017. Disponible en: www.ismm.edu.cu/revistamg.
- Retirado, Mediaceja, Y., Laurencio-Alfonso, H., L., Fabián, Salazar-Corrales, M., León-Segovia, M. Á., León-Segovia, M. A., Falconí-Borja, M., A. y Vega-Peñafie, J., P., (2017). Perfeccionamiento de la tecnología de secado natural de la mena laterítica. Minería y Geología: 199 -213. 31/10/17. Disponible en: www.ismm.edu.cu/revistamg.
- Retirado Mediaceja, Y.; Legrá Lobaina, A. A., (2011). Modelación matemática del área de exposición y del volumen de las pilas de menas lateríticas expuestas a secado solar natural. Minería y Geología (Vol. 27, Número 2). ISMMM. Moa. Holguín.
- Retirado, Mediaceja, Y.; A. Legrá., (2011). Modelación matemática del área de exposición y del volumen de las pilas de menas lateríticas expuestas a secado solar natural. Minería y Geología, 27(2): 84 - 108. Consultado: 18 de enero de 2012. Disponible en: www.ismm.edu.cu/revistamg.
- Retirado, Mediaceja, Y.; E. Góngora; E. Torres; N. Hernández, (2008). Cinética del secado solar del mineral laterítico empleado en la industria del níquel en Moa. En: 5to Taller Internacional de Energía y Medio Ambiente. Cienfuegos. ISBN: 978-959-257-186-0.

- Retirado, Mediaceja, Y.; E. Góngora; E. Torres; N. Hernández, (2009). Comportamiento de la adherencia en menas lateríticas sometidas a secado solar natural. *Minería y Geología*, 25(1): 1 - 11. Consultado: 20 de diciembre de 2010. Disponible en: www.ismm.edu.cu/revistamg.
- Retirado, Mediaceja, Y.; Legrá, A.; Laurencio, H.; Gilbert, A.; Zalazar, C.; Osorio, L. y Gresesqui, E., (2017). Aplicación informática basada en modelos matemáticos del secado natural de la mena laterítica. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 11(2): 102-116. Consultado: 3 agosto 2017. Disponible en: <https://rcci.uci.cu/?journal=rcci>.
- Reynaldo, Argüelles, C., L., R., M., Guardado, Lacaba, (2017). Procedimiento para la valoración económica y ambiental en la actividad minera de níquel. 10 páginas. Consultado en: <https://revistaccuba.sld.cu>
- Rojas, A., (2001). Evidencias a favor de que la goethita es la principal portadora de níquel en los horizontes lateríticos de las cortezas ferroniquelíferas. *Revista Minería y Geología*. 21- 31. Vol. 18. No. 3-4.
- Rojas, A.; Orozco G. y O. Vera., (2005). Caracterización mineralógica y geoquímica de las fases minerales de Mn portadoras de Co en perfiles lateríticos del yacimiento Punta Gorda. En: 1ra Convención Cubana de Ciencias de la Tierra. La Habana. Cuba.
- Serrano, J., (2009). Operación racional del almacén central de minerales de la empresa “René Ramos Latour de Nicaro”. En: 3ra Convención cubana de ciencias de la Tierra. La Habana. Cuba.
- Tomás, António, J., A., Arístides, Legrá, Lobaina, R., G., Polanco, Almanza, (2020). Modelación 3D de la masa volumétrica en yacimientos lateríticos mediante estimadores (A,U,θ). *Minería y Geología* / ISSN 1993 8012. v.36 n.3 / julio-septiembre / 2020 / p. 300-315.
- Tomás, António, J., A., (2022). Estimación 3D de la masa volumétrica en yacimientos lateríticos mediante estimadores (A,U,θ). Tesis doctoral. Universidad de Moa. 124 pág.
- Unidad Básica Minera (UBM.), (2021). Comentario al BNRR – 2019 de las concesiones de la base minera de la ECEG, según su estado al 01.01.2021. ECG, Moa, Cuba.

- Unidad Básica Minera (UBM.), (2017). Procedimiento para el muestreo y monitoreo de los minerales en los depósitos solares y los flujos mineros. Código: 118-PO-11. 09/2017. ECG, Moa, Cuba.
- Unidad Básica Minera (UBM.), (2017). Procedimiento para los trabajos en las plazoletas mineras. Código: 118-PO-12. 03/2017. ECG, Moa, Cuba.
- Unidad Básica Minera (UBM.), (2021). Reportes técnicos mensuales correspondientes a los meses de mayo y junio de 2021. ECG, Moa, Cuba.
- Vera-Sardiñas, L. O., (2001). Procedimiento para la determinación de las redes racionales de exploración de los yacimientos lateríticos de níquel y cobalto en la región de Moa. Tesis doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Holguín, Cuba.

ANEXOS

Anexo 1. Perfiles de los viales de las plazoletas.



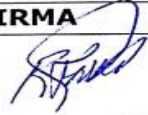
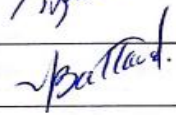
Anexo 2. Vista panorámica de la Plazoleta 4.



Anexo 3. Resultados de los ensayos para la determinación de las características geotécnicas de las plazoletas.

Replanteo topográfico		Parámetros de control			Densidad "in situ"			%
#	Estac.	w	d	f	w	f	d	comp
%			(Kn/m ³)	(Kn/m ³)	(Kn/m ³)	(Kn/m ³)	(Kn/m ³)	
1.	0+20	18.9	18.33	21.79	18	22.10	18.7	100
2.	0+40	18.9	18.33	21.79	17.9	21.60	18.32	99.95
3.	0+60	18.9	18.33	21.79	17	20.90	17.90	97.60
4.	0+80	18.9	18.33	21.79	17.20	21.55	18.39	100
5.	0+100	18.9	18.33	21.79	18.10	20.99	17.80	97.00
6.	0+120	18.9	18.33	21.79	19.00	22.50	18.90	100
7.	0+140	18.9	18.33	21.79	18.95	21.80	18.33	100
8.	0+160	18.9	18.33	21.79	18.80	21.73	18.30	99.80
9.	0+180	18.9	18.33	21.79	19.4	22.00	18.40	100
10.	0+200	18.9	18.33	21.79	18.1	21.50	18.20	99.30
11.	0+220	18.9	18.33	21.79	17.99	22.30	18.90	100
12.	0+240	18.9	18.33	21.79	17.97	21.20	17.90	98.00
13.	0+260	18.9	18.33	21.79	17.85	21.35	18.10	98.80
14.	0+280	18.9	18.33	21.79	18.60	22.70	19.10	100
15.	0+300	18.9	18.33	21.79	17.99	21.10	17.90	97.60
16.	0+320	18.9	18.33	21.79	18.60	21.75	18.30	100
17.	0+340	18.9	18.33	21.79	19.50	21.60	18.10	98.60
18.	0+360	18.9	18.33	21.79	18.80	21.85	18.40	100
19.	0+20	18.9	18.33	21.79	18.21	21.13	17.90	97.50

Anexo 4. Documento necesario para el inicio de la explotación de los terrenos base.

Productora de Níquel y Cobalto "Comandante Ernesto Che Guevara"		NECG
Carretera Moa Baracoa Km. 5½, Yagrumaje, Punta Gorda, Moa, Holguín, Cuba. CP. 83300 Telf.: 60 8012 Fax. 60 2240 e-mail: acuza@ecg.moa.minem.cu		
DICTAMEN DE REVISIÓN DE LA PREPARACIÓN PARA EL INICIO DE LA EXPLOTACIÓN.		
Especialidad: Aspectos legales y Documentación		
Fecha: 26 de marzo de 2019		
Entidad: Empresa del Níquel Comandante Ernesto Che Guevara		
OSDE: Cubaníquel		
Inspector nombrado por Resolución : Aleyma Cuza Ulloa		
Cargo: Asesora Jurídica.		
Atendida Por:		
PERSONAL DE LA INVERSIÓN	CARGO	FIRMA
Rosaida Fonseca Guilar	Esp de Inversiones (Responsable de Proyecto)	
Yuliet Batista Navarro	Esp B. Gestión Económica	
Desarrollo:		
OBJETIVOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO		
El proyecto prevé como alcance fundamental la inversión que se requiere realizar para la implementación del Secado Solar en la UEB Minas de la Empresa "Comandante Ernesto Che Guevara".		
Incluye la construcción de 9 plazoletas y una nave para el control de muestreo además del la compra de equipamiento minera para ejecutar el secado en los depósitos mineros lograr una reducción de la humedad del mineral en un 4.5 hasta un 6% del mineral alimentado al proceso:		
1. Construcción de 9 plazoletas con capacidad de almacenaje para 1,06MM de toneladas de mineral en depósitos. 2. Compra de equipamiento minero para garantizar las operaciones en las plazoletas y logar el secado del mineral. 3. Construcción de una nave para el control de las muestras en las plazoletas.		

Anexo 5. Documento del presidente de la Comisión para la certificación de los terrenos base.

Productora de Níquel y Cobalto "Comandante Ernesto Che Guevara"

NECG

Moa Baracoa Km. 5½, Yagrumaje, Punta Gorda, Moa, Holguín, Cuba. CP. 83300

Tel.: 60 8012 - 5415 Fax. 60 2240 e-mail: gmartinez@ecg.moa.minem.cu

Dirección de Economía y Finanzas
teléfono: (53) 24 615415

ATTE: Allomar Perez Sanchez
Presidente Comisión Secado Solar

25 de abril de 2019

ASUNTO: Dictamen sobre la revisión efectuada a los saldos del Proyecto Secado Solar de la plataforma # 4. (Período 2018 - 2019)

Compañero;

Como parte del proceso de darle alta a la inversión Secado Solar, objeto 767, se realizó una supervisión a las operaciones económicas ocurridas en el período 2018 - 2019, teniendo como base la documentación económica que avala dichas operaciones.

Los saldos registrados en la contabilidad se corresponden con los gastos incurridos en el objeto de obra 767, por lo que no existen invalidantes para el alta de la plataforma # 4.

Saludos,


Geovanis Martínez Pérez
Especialista Principal Contabilidad



Anexo 6. Dictámen de inicio de puesta en explotación de los terrenos base del especialista en Calidad y Metrología.

DI-PS-0006.A16

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
Dictamen Inicio de la Puesta en Explotación
(Actualización del personal por especialidad)

Especialidad: Calidad y Metrología

Fecha: 20/03/2018

Entidad: Empresa Comandante Ernesto Che Guevara

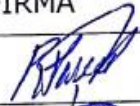
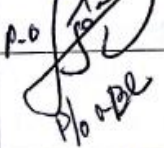
OSDE: Cubaniquel

Plazoleta # 4

Inspector nombrado por Resolución:

INSPECTORES	CARGO	FIRMA
William Trutié Hernández	Especialista B del SGC.	

Atendida por: .

POR LA INVERSION	CARGO	FIRMA
Rosaida Fonseca Aguilar	Responsable del Proyecto	
Aliomar Pérez Sánchez	Pdte. Comisión Técnica	
Dania González Palao	Jefa de Obra	
Yudesty Fonseca Lobaina	Especialista B Gestión de Calidad	
Yorleydis Correa Clapé	Técnico de Proyectos e Ingeniería	
Geovanis Martínez Pérez	Económica	

Anexo 7. Documento de aprobación de inicio de puesta en explotación de los terrenos base.

DI-PS-0006.A16

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
Dictamen Inicio de la Puesta en Explotación.

Especialidad: Operaciones

Fecha: 13/3/2019

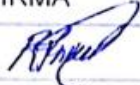
Entidad: Empresa Comandante Ernesto Che Guevara

OSDE: Cubaniquel

Inspector nombrado por Resolución:

INSPECTORES	CARGO	FIRMA
Alexander Duran Morales	Jefe de Geología	

Atendido por:

POR LA INVERSION	CARGO	FIRMA
Rosaida Fonseca Aguilar	Responsable del Proyecto	
Juan Carlos Paz Carballo	Especialista A en Proyectos e Ingeniería	

Desarrollo:

Caracterización de la inversión

El proyecto Secado Solar ubicado en la Unidad Básica Minera, está dirigido al cumplimiento de los requisitos de ejecución determinados por el cliente, Fabrica de Níquel Ernesto (Che) Guevara., para el Proyecto "Secado Solar" siendo este su campo de aplicación, teniendo en cuenta las especialidades de Ingeniería (Movimiento de Tierra), Civil, Hidráulica (Drenajes). Según el Estudio de Factibilidad. El adjetivo de proyecto es la construcción de nueve plazoletas a la intemperie para el secado de mineral mediante la acción de los rayos del sol, para lograr disminuir los niveles de humedad del mineral y bajar el consumo de petróleo en secadero y mejorar los beneficios en las demás cadenas productivos.

Lista de documentos revisados

Nº	Denominación	Código	Revisión/Fecha
1	Plan de calidad del inversionista.	SG-PC-01	16/03/19
2	Control de compactación de la Plataforma solar.	RC-MC-03.7	16/03/19
3	Ensayos de laboratorio de suelos.	RC-MC-03.7 NC-59:2000	16/03/19

Anexo 8. Documento sobre resumen de gastos por años de los terrenos base.

Resumen de Gastos por cuenta y año del proyecto Plataforma 4 Objeto 767									
Año	Const. y Montaje 265		Equipos 266		Preparación 279		Otros 269		TOTAL
	MN	CUC	MN	CUC	Cup	CUC	MN	CUC	
2018	260,223.49	129,100.53	0.00	0.00	0.00	0.00	7,126.84	1,468.84	397,919.70
2019	114,756.07	42,639.58	0.00	0.00	0.00	0.00	11,295.55	2,467.54	171,158.74
	374,979.56	171,740.11	0.00	0.00	0.00	0.00	18,422.39	3,936.38	
Total	546,719.67		0.00		0.00		22,358.77		569,078.44

Elaborado por : Yuliet Batista Navarro
Esp B en Inversiones

Aprobado por : Geovanis Martínez Pérez
Esp.Principal de Contabilidad

MECG
DIRECCIÓN DE INVERSIONES
GRUPO EMPRESARIAL CUBANÍQUEL
Pasaje A Reparto Caribe, Moa, Holguín, Cuba

Anexo 9. Dictámen de expediente de cierre de la inversión.

Cubaníquel
GRUPO EMPRESARIAL

GRUPO EMPRESARIAL CUBANÍQUEL
DIRECCIÓN TÉCNICA PRODUCTIVA.

Ave 1ro de Mayo, entre 7 de Diciembre y Pasaje A Reparto Caribe, Moa, Holguín, Cuba, Telef.: (024) 60 - 7575, 60 - 2203

DTP -268 /2019

Moa, 10 de Julio de 2019
"Año 61 de la Revolución"

Ref.: Dictamen expediente de cierre de Inversión.

Empresa: Empresa Ernesto Che Guevara.
Inversión: Secado Solar (Objeto 767 Plataforma 4).
Importe: 569,078,44 Pesos

Dictamen:

En revisión del expediente: Objeto 767 Plataforma 4, perteneciente a la Inversión Secado Solar de la ECG, **CUMPLE** con los aspectos establecidos en el Decreto ley 327 en su CAPÍTULO III Sección Quinta (de la recepción de la Inversión) Artículo 163, 165.2 y 167, así como, el CAPÍTULO IV Sección Primera (del Expediente de cierre o liquidación de la Inversión) Artículo 179. Adjunto resultados de la comisión de certificación para el inicio de la explotación.

Elaborado por:
Ing. Alberto Montero Dorrego.
Especialista Principal Inversiones CUBANIQUEL.

Anexo 10. Resultados de humedad del mineral en la plazoleta 1

Plazoleta 1	Humedad de entrada	Humedad de salida	Desviación
P1P1S1	40.00%	36.00%	-4.00%
P1P1S2	39.00%	35.00%	-4.00%
P1P2S1	38.50%	33.00%	-5.50%
P1P2S2	37.20%	33.20%	-4.00%
P1P3S1	38.12%	34.10%	-4.02%
P1P3S2	39.10%	35.15%	-3.85%
Promedio	38.65%	34.40%	-4.25%

Anexo 11. Resultados de humedad del mineral en la plazoleta 5

Plazoleta 5	Humedad de entrada	Humedad de salida	Desviación
P5P1S1	36.0%	32.0%	-4.0%
P5P1S2	35.0%	31.0%	-4.0%
P5P2S1	36.0%	32.0%	-4.0%
P5P2S2	36.0%	32.0%	-4.0%
P5P3S1	35.0%	31.10%	-3.9%
P5P3S2	35.1%	32.10%	-3.0%
Promedio	35.52%	31.70%	-3.82%

Anexo 12. Resultados de humedad del mineral en la plazoleta 6

Plazoleta 6	Humedad de entrada	Humedad de salida	Desviación
P6P1S1	40.84%	35.24%	-5.60%
P6P1S2	41.18%	35.35%	-5.83%
P6P2S1	39.14%	33.04%	-6.10%
P6P2S2	44.01%	35.21%	-8.80%
P6P3S1	42.94%	33.10%	-9.84%
P6P3S2	39.36%	33.04%	-6.32%
Promedio	41.24%	34.33%	-6.91%

Anexo 13. Resultados de humedad del mineral en la plazoleta 7

Plazoleta 7	Humedad de entrada	Humedad de salida	Desviación
P1P1S1	36.0%	32.0%	-4.0%
P1P1S2	35.5%	31.0%	-4.5%
P1P2S1	37.5%	31.0%	-6.5%
P1P2S2	37.20%	32.2%	-5.0%
P1P3S1	37.12%	33.10%	-4.02%
P1P3S2	35.10%	30.15%	-4.85%
Promedio	36.40%	31.58%	-4.81%