

Caracterización geotécnica de los terrenos base del secado solar de la empresa “Comandante Ernesto Che Guevara”



<https://cu-id.com/2144/v16e04>

Geotechnical characterization of the base lands for solar drying of the company “Comandante Che Guevara”

¹Rosaida Fonseca Aguilar^{1*}, ²Diosdanis Guerrero Almeida^{2**},
José Alejandro Carmenate Fernández², María Isabel García de la Cruz¹

RESUMEN: La tecnología del secado solar en Moa, se realiza distribuyendo sobre plazoletas artificiales, las menas lateríticas en forma de pilas a la intemperie como alternativa para racionalizar el proceso carbonato amoniacal aplicado durante la obtención de níquel más cobalto. En la presente investigación se presenta la caracterización geotécnica de los terrenos base dispuestos por la empresa “Comandante Ernesto Che Guevara”, para la construcción y montaje de 9 plazoletas utilizadas en este método. Se exponen los resultados de la determinación de las propiedades geomecánicas de esta zona, así como su comportamiento bajo diferentes condiciones de cargas y riesgos geológicos posibles a ocurrir en la región ubicada en el yacimiento “Punta Gorda”, concesionado a esta empresa minera. Para su ejecución se desarrolló un estudio geotécnico de las áreas, comprendidas en los bloques R, Q, P, S51-53, O53-55, y N-53-54 que abarcan un total de 63,1 Ha. Los resultados obtenidos permiten la explotación segura y estable de las plazoletas, evaluar su estabilidad, prevenir deslizamientos y colapsos que puedan causar daños materiales y humanos; por lo que constituyen una herramienta fundamental para comprender el comportamiento de las rocas, su interacción con las estructuras diseñadas y el medio ambiente, así como tomar decisiones que garanticen los parámetros de calidad requeridos por el proceso minero-metalúrgico aplicado.

Palabras clave: caracterización geotécnica, plazoletas, secado solar.

ABSTRACT: The solar drying technology in Moa is carried out by distributing lateritic ores on artificial small squares in the form of piles outdoors as an alternative to rationalize the ammoniacal carbonate process applied during the production of nickel plus cobalt. In the present investigation, the geotechnical characterization of the base lands arranged by the company “Comandante Ernesto Che Guevara” is presented, for the construction and assembly of 9 small squares used in this method. The results of the determination of the geomechanical properties of this area are presented, as well as its behavior under different load conditions and possible geological risks to occur in the region located in the “Punta Gorda” deposit, concessioned to this mining company. For its execution, a geotechnical study of the areas was developed, included in blocks R, Q, P, S51-53, O53-55, and N-53-54, which cover a total of 63.1 Ha. The results obtained allow the safe and stable exploitation of the plazas, evaluate their stability, prevent landslides and collapses that could cause material and human damage; Therefore, they constitute a fundamental tool to understand the behavior of rocks, their interaction with the designed structures and the environment, as well as making decisions that guarantee the quality parameters required by the applied mining-metallurgical process.

Keywords: Geotechnical characterization, small squares, solar drying.

Recibido: 21/08/2024

Aprobado en su forma original: 03/09/2024

¹Empresa “Comandante Ernesto Che Guevara”, Carretera Moa, 5 KM, Punta Gorda, Moa, Holguín, Cuba.

E-mail: mgarcia@ecg.moa.minem.cu

²Departamento de Minas. Facultad de Geología y Minas. Universidad de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, Avenida Calixto García Iñiguez #15 entre Av.7 de Diciembre y Calle Reynaldo Laffita Rueda, Rpto Caribe, Moa, Holguín, Cuba.

E-mail: jcarmenate@ismm.edu.cu

*Correo electrónico: rfonseca@ecg.moa.minem.cu

**Correo electrónico: dguerreroa2019@gmail.com

Conflicto de Intereses: Los autores de este trabajo declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores: **Conceptualización:** Rosaida Fonseca Aguilar. **Análisis formal de datos:** Rosaida Fonseca Aguilar, Diosdanis Guerrero Almeida, José Alejandro Carmenate Fernández y María Isabel García de la Cruz. **Investigación:** Rosaida Fonseca Aguilar. **Análisis formal de datos:** Rosaida Fonseca Aguilar, Diosdanis Guerrero Almeida, José Alejandro Carmenate Fernández y María Isabel García de la Cruz. **Metodología:** Rosaida Fonseca Aguilar. **Redacción-revisión y edición:** Rosaida Fonseca Aguilar.

Artículo bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUCCIÓN

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 dicho método, por sus múltiples ventajas y perspectivas, sea ampliamente aplicado en muchas 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 aún 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, en 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, al contar con yacimientos principalmente en Moa, los cuales constituyen reservas que se colocan entre las cuatro mayores a nivel mundial, Guerrero et al. (2024).

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 han presentado 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); todo lo cual influye de manera negativa en las condiciones ambientales de los yacimientos, Almaguer, (2005). 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.

Retirado, (2012, 2018), Estenoz (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, 2024) 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 y 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 estabilidad y mejor desempeño de esos indicadores tecnológicos, es preciso contar con un grupo de construcciones mineras denominadas terrenos base (plazoletas), constituidos por capas de material estéril sobre las cuales se distribuyen las pilas de mineral laterítico y forman parte de dicho proceso tecnológico auxiliar, los cuales garantizan el funcionamiento del secado solar y permiten racionalizar la tecnología de lixiviación carbonato amoniacal (CARON), aplicada durante la obtención de níquel más cobalto, (ver Figura 1).

En Cuba y en la minería metálica de Moa en particular, se llevan a cabo investigaciones que permiten determinar el comportamiento geotécnico de los terrenos base perteneciente a la Unidad Básica de la Mina de la empresa “Ernesto Che Guevara” (UBM-ECG). Entre ellas se destaca la siguiente la cual tiene como objetivo caracterizar desde el punto de vista geotécnico dichas construcciones, como parte del perfeccionamiento del sistema de gestión y control de la calidad empresarial. Sus resultados permiten comprender el comportamiento del material estéril utilizado, su interacción con las estructuras diseñadas y el medio ambiente, mitigar o eliminar los problemas presentados antes, durante y después de la explotación minera, así como tomar decisiones que garantizan los parámetros de calidad requeridos por el proceso minero-metalúrgico aplicado.

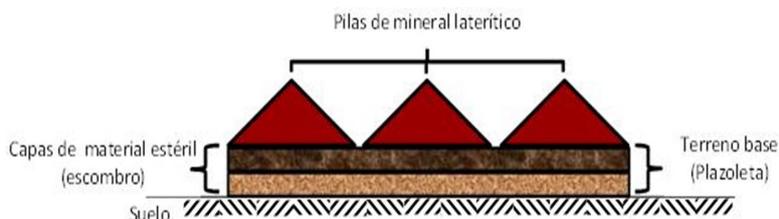


Figura 1. Representación esquemática del terreno base (plazoleta), para el proceso de secado solar

MATERIALES Y MÉTODOS

Para darle cumplimiento a los objetivos propuestos, fue necesario aplicar un grupo de métodos científicos agrupados en tóricos y empíricos. 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 la caracterización geotécnica realizada. 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, sobre la tecnología minera.

Entre los métodos empíricos que se utilizaron se encuentra la compilación de la información y el 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, normas nacionales e internacionales, literatura especializada, consultas de archivos, guías metodológicas, análisis del proyecto, áreas de los trabajos, datos de 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. Las entrevistas se aplicaron para la búsqueda de la información y determinación de las causas que originaron la necesidad de realizar la caracterización geotécnica. Durante visitas a la UBM-ECG, se contactaron a trabajadores y dirigentes para familiarizarse con el tema objeto de estudio. De igual modo se utilizaron métodos experimentales 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.

Para determinar el comportamiento geotécnico de los terrenos base objetos de estudio, se elaboró un Procedimiento donde se incluyen dichas construcciones. En cada paso a seguir y componentes del mismo, se consideraron las normativas de estandarización ISO 9001-2015, relacionadas con el sistema de gestión de la calidad de la entidad, ECG (2023). Este procedimiento inicia con la revisión de la información existente sobre el área de ubicación de los terrenos base, caracterización geotécnica del material estéril a utiliza y del terraplén de prueba, construcción, análisis e interpretación de datos obtenidos y elaboración de informe, 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 2).

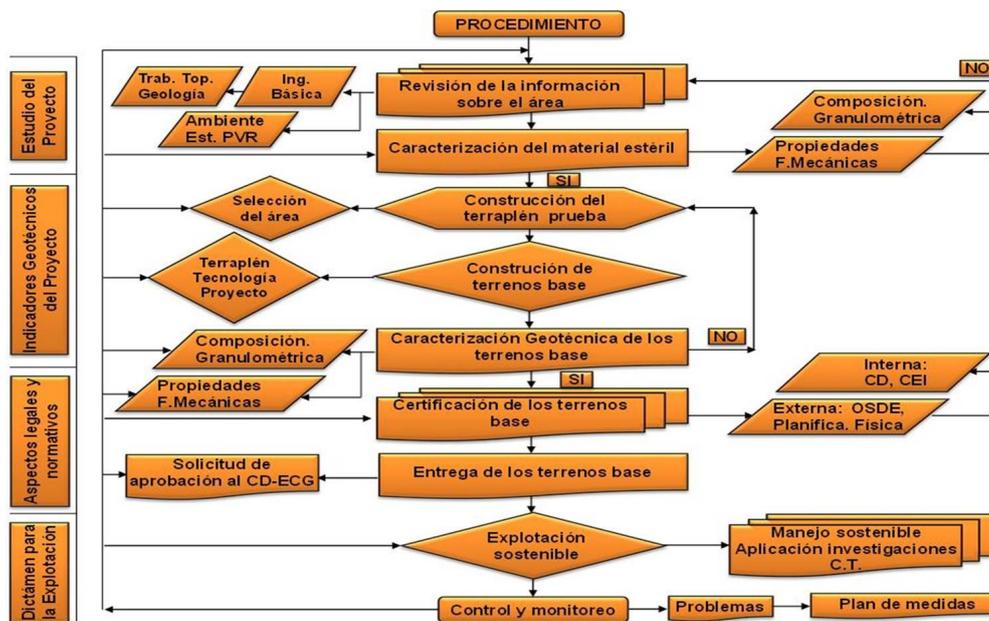


Figura 2. Procedimiento para la explotación sostenible de los terrenos base del secado solar de la empresa “Comandante Ernesto Che Guevara”, Fonseca, (2024).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización general de la región de estudio

Los terrenos base para el secado solar de menas lateríticas están emplazados en 63,1 Ha del yacimiento Punta Gorda concesionado a la Unidad Básica Minera (UBM) de la empresa “Comandante Ernesto Che Guevara” (ECG), del municipio de Moa. Se ubican al Norte con dicha fábrica, al Sur con la otra parte de ese yacimiento, al Oeste con la mina de la empresa “Comandante Pedro Sotto Alba”, y al Este con el yacimiento Yagrumaje Norte. Las áreas seleccionadas están comprendidas fundamentalmente en los Bloques R, Q y P, (cuadrantes R51-53, Q52-54), P52-55, S51-53, O53-55 y N-53-54, (ver Figura 3).

El clima es tropical con abundantes precipitaciones, estando 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.

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 garbos y depósitos aluviales, pueden aparecer algunas palmeras, cocoteros y árboles frutales. Las zonas bajas litorales, están cubiertas por una vegetación costera típica entre la que se destaca los mangles.

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.

Características geológicas regionales

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 desarrollo de los complejos ultramáficos, de gabros y vulcanógeno - sedimentario, mientras que el complejo de diques de diabasas está muy mal representado. 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, corteza laterítica ferroniquelífera, laterita sedimentaria, laterita sedimentaria y depósitos detríticos aluviales.

En el yacimiento Punta Gorda se encuentran el basamento, la corteza de meteorización laterítica y las lateritas redepositadas. En el área donde se encuentran los terrenos base se desarrolla la corteza de meteorización que constituye el suelo predominante en la misma. 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 ocres inestructurales con concreciones ferruginosas hasta los ocres 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.



Figura 3. Ubicación geográfica de la zona de estudio.

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 desarrollan una serie de pequeñas fracturas a todo lo largo y ancho del área del yacimiento.

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.

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.

La red hidrográfica del área 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, el Cabañas, 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 serpentinizado, [Almaguer \(2005\)](#).

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, mientras que los más altos representan 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.

La región de estudio se encuentra dentro de una de las cinco zonas sísmicas cubanas de gran actividad. De acuerdo con [Almaguer \(2005\)](#), esta se ubica al Este del nudo formado por la unión de tres importantes zonas sismo-génicas (ZS): Sabana, Purial y la 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 I, también tienen enorme influencia sobre el área. 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.

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 amoniaca 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 en la mina 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, [García \(2018\)](#). Entre las etapas principales que se realizan en este modo de explotación se mencionan el desarrollo geológico y la preparación minera. En esta última, se incluyen el desbroce, destape, construcción de los caminos mineros, extracción, transporte del mineral y escombros y protección al medio ambiente, (ver [Figura 5](#)).



Figura 5. Sistema de extracción y transporte del mineral laterítico.

Caracterización geotécnica de los terrenos base del secado solar

Como parte del sistema de control de la calidad de la empresa y del Procedimiento establecido, en esta etapa se determinaron las propiedades morfológicas y funcionales de los escombros empleado durante la construcción del terraplén de prueba y terrenos base (plazoletas), (ver Figura 6).



Figura 6. Construcción de los terrenos base (plazoletas).

A través de estudios geotécnicos, se pudo conocer su grado de resistencia y fiabilidad para el rehincho en cada capa de los terrenos base, donde se contó con la colaboración del personal especializado del laboratorio de la ECG, de la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA) y el Centro de Desarrollo de Investigaciones del Níquel (CEDINIQ), Fonseca (2024).

El material empleado en la construcción fue roca estéril procedente del escombreo, frentes de extracción y de otros terrenos que se construirán más adelante (material de préstamo). Entre las principales características geotécnica determinadas se encuentran su granulometría, peso específico y plasticidad (límite líquido, límite de plasticidad e índice de plasticidad), (ver Tabla 1).

Durante la construcción del terraplén de prueba se realizaron investigaciones geotécnicas “in situ”, para conocer su densidad (γ), humedad (w) y compactación (Comp.), alcanzándose los siguientes resultados: (ver Tabla II).

De igual manera, en la fase constructiva final de los terrenos base, se realizaron mediciones para determinar su comportamiento geotécnico a través de un muestreo aleatorio simple del suelo y ensayos de compactación, con lo cual se pudo comprobar la calidad de los materiales empleados y de los trabajos topográficos realizados. En este estudio se aplicó el método de multipunto de ensayo obteniéndose como resultados los límites líquido, plástico e índice de plasticidad de los suelos, (ver Tablas 3 y 4).

Tabla 1. Principales propiedades físicas determinadas al material estéril empleado para la construcción de los terrenos base.

Granulometría	Valor (%)	Peso específico de los suelos (KN/m ³)	Plasticidad (%)		
			L.L	L.P	I.P
Grava	33.2	35.5			
Arena	29.4		50.00	41.57	8.43
Limo, arcilla	37.4				

Tabla 2. Características geotécnicas del terraplén de prueba.

Ensayos “in situ”				Comp. (%)
γ^f (kn/m ³)	W (%)	γ^d (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

Tabla 3. Determinación del límite líquido de los terrenos base.

	14	19	24	29	33
NÚMERO DE GOLPES					
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 4. Determinación del límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP) de los terrenos base.

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	

CONCLUSIONES

1. Los resultados alcanzados mostraron un cumplimiento de las Normas nacionales e internacionales establecidas para este tipo de construcciones y permiten clasificar el material empleado como suelo de tipo laterítico residual, producto al intenso intemperismo que han sufrido las litologías ultrabásicas existentes en la zona. Según la NC- 59-2000, es un suelo areno arcilloso limoso con gravas (SC - SM), y de acuerdo con la NC- 63- 2000 se clasifican como limo plástico gravoso con arena. Generalmente, las rocas estériles utilizadas en los terrenos base están constituidas por las de basamento de la corteza de intemperismo, con bajos contenidos de óxido de níquel (Ni 0,9 %).
2. La caracterización geotécnica de los terrenos base para el secado solar de las menas lateríticas, garantizaron la construcción, montaje y explotación de 9 plazoletas en un área de 63.1 Ha, localizadas alrededor de los depósitos de mineral de la UBM-ECG. Durante su implementación, se identificaron diversos problemas que surgieron antes, durante y después de su explotación, lo que permitió tomar un conjunto de medidas para alcanzar mejores resultados en este proceso tecnológico.

BIBLIOGRAFÍA

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.

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

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., 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.

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. 2024. Procedimiento para la explotación sostenible de los terrenos base del sistema del secado solar de la empresa “Comandante Ernesto Che Guevara”, Tesis de Maestría. Departamento de Geología. UMOa. Moa. Holguín. Cuba. 93p.

García, M. I. 2018. Procedimiento para el remplazo de equipos mineros en la empresa Comandante Ernesto Che Guevara. Tesis Doctoral, 100p. UMOa. Cuba.

Guerrero, Almeida D., Y., Valdez, Meriño, A. Cuesta, Recio, R., R., S., Almenares, Reyes, R., Urgelléz, Cardoza, J., Mestre, Lamorú & Calzadilla Reyes W. 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.

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 p.

Retirado Mediaceja, Y. 2012. Modelación matemática del proceso de secado natural de las menas lateríticas. Tesis Doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa. 183p.

Retirado Mediaceja, Y. 2018. “Perfeccionamiento de la tecnología de secado natural de la mena laterítica”. Minería y Geología. Vol.34 (Número 2). UMOa, Cuba.