



Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero de Minas

Título: PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL
YACIMIENTO “LA LOMA”

Autor: Aldemiro José Jacinto Júnior

Tutores: Dr. C. Julio Montero Matos
Dr. C. Roger Samuel Almenares Reyes
MSc. Pavel Laurencio Cala

*Moa, 2018
Año 60 de la Revolución*



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo Aldemiro José Jacinto Júnior, autor de este trabajo de diploma, que tiene como título: **“Proyecto de explotación del yacimiento “La Loma” de la provincia Ciego de Ávila”** y los tutores, Dr. C. Julio Montero Matos, Dr. C. Roger Samuel Almenares Reyes y MSc. Pavel Laurencio Cala declaramos que el presente trabajo puede ser utilizado solo con fines docentes por el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Para que así conste, firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año 2018.

Firma del autor

Firma del tutor



DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo, a Dios.

De igual forma, dedico esta tesis a mi padre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi hermana que siempre ha estado junto a mí y brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en el papel de madre.

A la mujer que me dio la vida el cual, a pesar de haberla perdida a muy temprana edad, ha estado siempre cuidándome y guiándome desde el cielo.

A mi madrastra que falleció recientemente, la dedico por hacer parte de la enseñanza de mi pequeña historia.



AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mis tutores: Dr. C. Julio Montero Matos, Dr. C. Roger Samuel Almenares Reyes y al MSc. Pavel Laurencio Cala por los conocimientos que han aportado y su preocupación por la realización de este trabajo de diploma, además a los maestros que me han impartido clase durante la carrera.

A mi familia (Marcelina Ahmmedou, Cipriano Jacinto, Cristina Jacinto, Moisés Cassule, Samuel Malundo, Inoque Suca, Leonel Domingos, João Cassule) porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mis hermanos Marcelina, Janisvaldo, Jurelma, Cristina, Oliveira, Bruno, Dinho y Dádiva por lo que son y representan para mí.

A mis sobrinos Zubilo, Zevania, Emiliane Chata y Stélio.

No menos importante y espero que nos mantenemos unidos siempre, agradezco los hermanos que he ganado en los 5 años de mi carrera Albino Ramos, Estelvino Correia, Tomás Domingos, Loide Aurora, Osvaldo Gerrito, Sérgio Joelson, Bernardino y Gelson Quissua y a la preparatoria 2013 en general.

Agradezco a todos mis compañeros de Aula (Tchiloia Saleth, Arletty Madrazo, Jenyn, Nilie, Yasmany, Juan José, Cristian, Evelyn y Yaciel).

A mis amigos Ing. Hélio Bruno, Ing. Helder Vemba, Ing. Sebastião Francisco, Ing. Paulo Vieira, Ing. Alberto Bunga, Ing. Daniel Nuñez, Ing. Luis Vunge, Ing. Yuslaidis Castillo, Petra Dicelma, Dumila Fernandes, Nelma Dinara, Marisa Pascoal, José Gaspar, Walter Costa, Avelino, Enrique Mário, Joaquim Canjila, Arlindo Joel, João Lucamba, João Nogueira, Fausto Adérito, Delcio Muangala que, gracias a su apoyo y conocimientos hicieron de esta experiencia una de las más especiales.

A mi novia Virginia, su apoyo fue una gran bendición siendo parte de la fuerza que me impulsó a seguir adelante.



PENSAMIENTO

Dios no te hubiera dado la capacidad de soñar sin darte también la posibilidad de convertir tus sueños en realidad.



Héctor Tassinari

La educación es el gran motor del desarrollo personal. Es a través de la educación que la hija de un campesino puede convertirse en una médica, el hijo de un minero puede convertirse en el jefe de la mina, o el hijo de trabajadores agrícolas puede llegar a ser presidente de una gran nación.



Nelson Mandela



RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo elaborar el proyecto de explotación del yacimiento de arcillas caolinitas “La Loma” de la provincia Ciego de Ávila, para la utilización como fuente de materia prima en la producción de materiales cementicios suplementarios. Para el cumplimiento del objetivo se parte de la caracterización ingeniero geológico detallada del yacimiento y las propiedades físico – mecánicas del mineral; así como las reservas con las que cuenta el yacimiento; esto permitió la selección del equipamiento minero necesario, el cálculo de la productividad así como de los parámetros de explotación. Seguidamente se planteó la organización del plan calendario para su explotación, la valoración económica de las actividades fundamentales; el análisis del impacto medioambiental y se dictaron las medidas de seguridad y salud en el trabajo para la protección del personal. El resultado del costo por metros cúbicos (m³) de mineral extraído es de \$0,28.



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

SUMARY

The present work has as objective to elaborate the exploitation project of the kaolinite clays deposit "La Loma" of the province of Ciego de Ávila, for the use as source of raw material in the production of supplementary cementitious materials. For the fulfillment of the objective, it starts from the detailed geological engineer characterization of the deposit and the physical-mechanical properties of the ore; as well as the deposit resources; this allowed the selection of the necessary mining equipment, the calculation of the productivity as well as the operating parameters. Next, the organization of the calendar plan for its exploitation, the economic valuation of the fundamental activities; the analysis of the environmental impact and occupational safety and health measures were issued for the protection of peoples. The result of the cost per cubic meter (m^3) of extracted ore is \$ 0.28.



ÍNDICE	pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. ESTADO ACTUAL DEL TEMA Y CARACTERIZACIÓN INGENIERO GEOLOGICA DEL YACIMIENTO.....	4
1.1. Introducción	4
1.2. Breve descripción de las investigaciones precedentes del yacimiento “La Loma”	4
1.3. Ubicación geográfica	5
1.3.1. Economía de la región	6
1.3.2. Vías de acceso e infraestructura	7
1.3.3. Condiciones climáticas, relieve, flora y fauna.....	7
1.4. Características geológicas del yacimiento	8
1.4.1. Condiciones hidrográficas e hidrogeológicas del yacimiento	9
1.4.2. Condiciones de yacencia del mineral	10
1.4.3. Tectónica y grado de complejidad del yacimiento	10
1.4.4. Propiedades físico-mecánicas y composición químico-mineralógica de la materia prima	10
1.5. Estimación de los recursos de materia prima	12
1.5.1. Calidad de la materia prima y su uso industrial.....	13
CAPITULO II. LABORES MINERAS PARA LA EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”	15
2.1. Introducción	15
2.2. Condiciones minero-técnicas de explotación del yacimiento	15
2.3. Régimen de trabajo	15
2.4. Volumen de material útil in situ a extraer en un año	16
2.4.1. Tiempo de explotación del yacimiento	16
2.5. Equipamiento técnico minero para la realización de los trabajos durante la explotación del yacimiento.....	16
2.5.1. Características técnicas del equipamiento minero	17
2.6. Tala y desbroce	18
2.7. Apertura.....	20
2.7.1. Labores de apertura.....	21
2.8. Escombreras.....	23



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

2.8.1. Método de selección del emplazamiento de las escombreras	23
2.8.2 Determinación del ángulo del talud de las escombreras y las bermas de seguridad	24
2.8.3. Drenaje en las escombreras	26
2.8.4. Monitoreo de la escombrera.....	26
2.9. Tecnología de los trabajos mineros	27
2.10. Trabajos de arranque, carga y transporte.....	27
2.11. Método y sistema de explotación.....	29
2.12. Diseño de las operaciones mineras	30
2.13. Labores de extracción del mineral útil.....	31
2.14. Plan calendario de la minería	32
2.15. Cálculo del equipamiento minero para la construcción de la trinchera de acceso y la extracción del mineral estéril.....	34
2.16. Cálculo del equipamiento minero en las labores de extracción del mineral útil	35
2.17. Cálculo de las operaciones del camión HOWO	36
2.18. Diseño y construcción de caminos	39
CAPITULO III. CÁLCULO ECONÓMICO, SEGURIDAD MINERA Y SITUACIÓN AMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO	41
3.1. Introducción	41
3.2. Determinación de los costos.....	41
3.3. Índices a tener en cuenta para el cálculo de los costos de producción	42
3.4. Situación ambiental y seguridad minera del yacimiento	45
3.4.1. Principales impactos ambientales	45
3.4.2. Medidas a tener en cuenta para minimizar los impactos ambientales generados por la explotación minera	45
3.4.3. Medidas de seguridad minera en el yacimiento	46
CONCLUSIONES.....	48
RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXOS	53



INTRODUCCIÓN

La humanidad en los últimos tiempos ha alcanzado altos niveles en el desarrollo científico-técnico, lo cual repercute directamente en las esferas económica, política y social de los países. El hombre contemporáneo ha dividido el proceso evolutivo de la humanidad en macro periodos de tiempo, relacionados principalmente con los avances más significativos obtenidos en la ciencia e ingeniería de los materiales.

En años recientes se han efectuado investigaciones sobre las potencialidades de utilización de las arcillas caoliniticas existentes en el país como fuente de puzolanas[1–4]. Los resultados han demostrado las potencialidades de activación térmica de arcillas con contenidos de caolinita de solo un 40 % para la obtención de un material puzolánico de alta reactividad que al combinarse un 30 % de esta con 15 % de caliza, 50 % clínquer y 5 % de yeso, se obtiene un aglomerante con un comportamiento similar al cemento P-35 [5–8], viabilizando el objetivo de producir un aglomerante con menor contenido de clínquer que el cemento Portland, pero de similares prestaciones y a un costo de producción más económico.

La prueba de producción industrial del cemento ternario de base clínquer - arcilla calcinada - caliza, que tuvo como escenario la Fábrica de Cemento Siguaney en el 2013 [5–7], convirtió a Cuba en la primera en producir este tipo de aglomerante a escala industrial. Este sistema cementicios ternario, con alto nivel de sustitución de clínquer, alcanza resistencias mecánicas a edades tempranas mayores que los cementos mezclados producidos tradicionalmente con otros tipos de puzolanas y alcanzan resistencias mecánicas superiores.

Una de las principales limitantes encontradas para la producción generalizada de este tipo de aglomerante en el país a partir del conocimiento del potencial de utilización de los referidos depósitos arcillosos es la inexistencia de proyectos de explotación que permitan a la industria cementera la toma de decisiones sobre la explotación de dicha materia prima, lo cual constituye la situación problemática



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Problema: Necesidad de elaborar el proyecto de explotación para la extracción de arcillas caolinitas en el yacimiento La Loma de la provincia Ciego de Ávila.

Objeto de estudio: Proyecto de explotación del yacimiento.

Campo de acción: Yacimiento “La Loma” de Ciego de Ávila.

Objetivo General: Elaborar el proyecto de explotación del yacimiento de arcillas caolinitas “La Loma” de la provincia Ciego de Ávila, para la utilización como fuente de materia prima en la producción de materiales cementicios suplementarios.

Hipótesis: Si se realiza la caracterización ingeniero-geológico del yacimiento, se diseña la apertura, el sistema de explotación, se determinan los parámetros técnico-económico de los procesos tecnológicos para la explotación del yacimiento y se propone medidas para disminuir el impacto ambiental y garantizar la seguridad de los trabajos, entonces se puede elaborar el proyecto de explotación del yacimiento de arcillas caolinitas “La Loma”, que servirá como fuente de materia prima para la producción de materiales cementicios suplementarios.

Objetivos específicos:

1. Realizar la caracterización ingeniero-geológico del yacimiento La Loma.
2. Diseñar la apertura y el sistema de explotación para el yacimiento.
3. Calcular los parámetros técnico-económicos de los procesos tecnológicos para la explotación del yacimiento.
4. Establecer las medidas para disminuir el impacto ambiental y garantizar la seguridad de los trabajos mineros durante la explotación del yacimiento.

Los principales métodos de investigación científica empleados en el trabajo se exponen a continuación:

El método empírico utilizado es la **observación** para percibir visualmente el lugar donde se encuentra el yacimiento y los elementos geomorfológicos y topográficos existentes en el mismo.

Histórico-lógico: para estudiar y valorar la situación geográfica del yacimiento y establecer los fundamentos teóricos del proceso objeto de estudio.



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Análisis-síntesis: estudiar el área y establecer conclusiones para desarrollar la explotación.



CAPÍTULO I. ESTADO ACTUAL DEL TEMA Y CARACTERIZACIÓN INGENIERO GEOLOGICA DEL YACIMIENTO

1.1. Introducción

El objetivo del presente capítulo es ofrecer una descripción de las investigaciones precedentes y caracterización general del yacimiento de arcillas “La Loma” de la provincia Ciego de Ávila.

1.2. Breve descripción de las investigaciones precedentes del yacimiento “La Loma”

En el área investigada se reportan varios trabajos desde la década del 80. El Informe Cuarcitas secundarias desarrolladas después del Cretácico en las vulcanitas de la Zona Zaza [9], reportando por primera vez la existencia de arcillas caoliníticas. Partiendo de estos resultados, también en esta época se realiza la prospección preliminar Caolín Gaspar [10]. Posteriormente en 1990 se ejecuta el levantamiento geológico del polígono Camagüey, sector Ciego de Ávila – Vertientes [11], aportando nuevos datos sobre las características de los caolines y arcillas presentes en la región.

Desde el año 2000 hasta el 2008 la empresa Geominera del Centro realiza un proceso de investigación con la finalidad de localizar depósitos de Caolín para la producción de cemento blanco en la Fábrica de Cemento Siguaney, que incluyen los trabajos de reconocimiento Caolín este Ciego de Ávila [12], prospección Caolín este Ciego de Ávila [13], exploración detallada Caolín sector “La Loma” y orientativa sectores Bañadero y Loma Sur [14], exploración bloque BG-1 sector Gaspar [15]. Exploración de explotación cantera Caolín Gaspar [14].

En los años 2014 y 2015 se realizaron otros trabajos sobre la identificación de arcillas caoliníticas para la fabricación de Materiales Cementicos Suplementarios (MCS) en los alrededores del poblado Gaspar, provincia de Ciego de Ávila [15]. Todos estos trabajos permitieron localizar depósitos de caolín y arcillas caoliníticas con volúmenes de hasta 4 millones de toneladas en diferentes categorías de recursos.



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

En los trabajos se profundiza en todo lo concerniente a las arcillas del yacimiento “La Loma”, por ser el de mayor interés desde el punto de vista industrial, a partir de los resultados obtenidos en investigaciones precedentes.

1.3. Ubicación geográfica

El yacimiento “La Loma”, se ubica, aproximadamente a 4 km al este de la localidad Gaspar, provincia Ciego de Ávila, al norte de la carretera central, con forma de polígonos regulares. (Ver Figura 1).

A continuación, se ofrecen las coordenadas de sus vértices.

Tabla 1. Coordenadas Lambert de los vértices del yacimiento “La Loma”

Sector	Vértice	Coordenadas		Área(Ha)
		X	Y	
La Loma	1	761000	213550	105
	2	762000	213550	
	3	762100	212500	
	4	761100	212500	



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

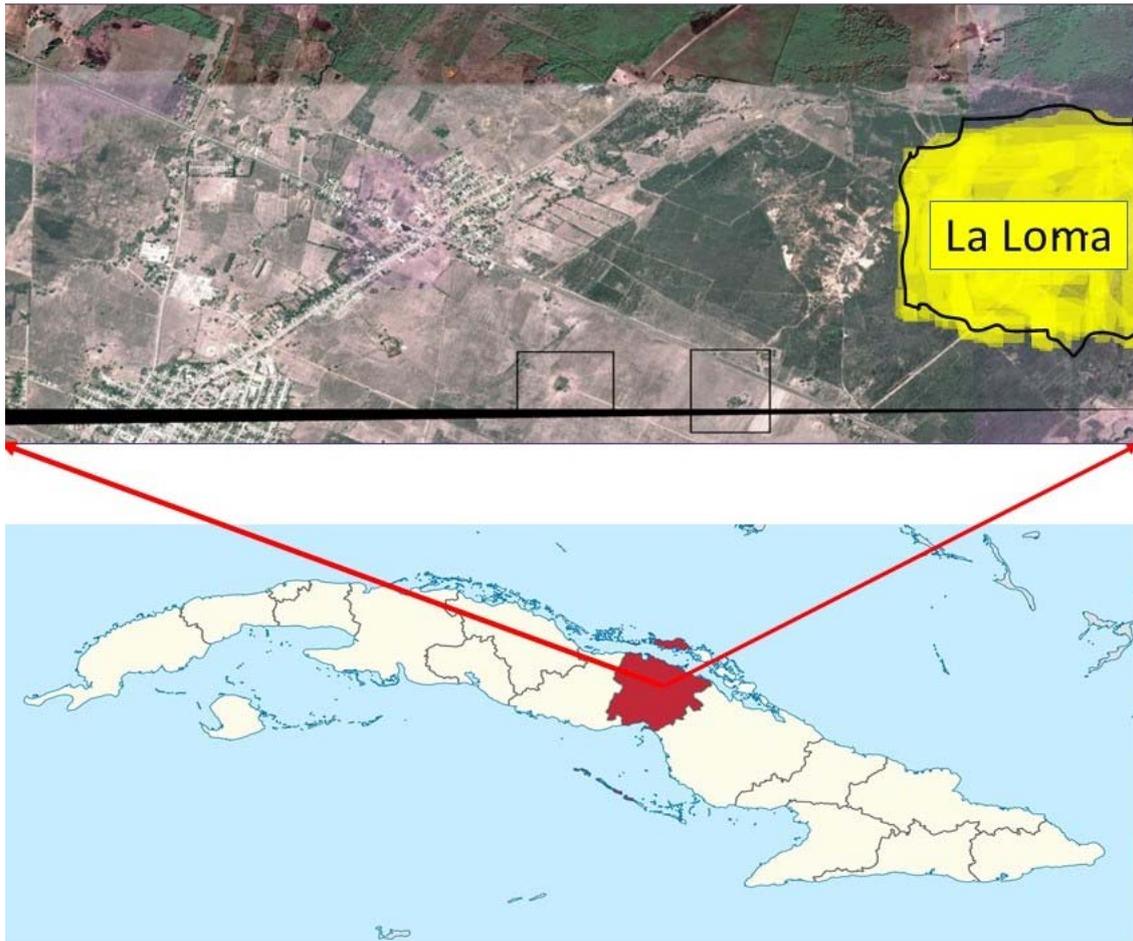


Figura 1. Ubicación Geográfica yacimiento “La Loma”.

1.3.1. Economía de la región

La economía de la región se basa en el sector agropecuario, donde predomina el cultivo de la caña de azúcar y la cría extensiva del ganado vacuno. (Ver Figura 2). La industria minera está representada por la cantera Caolín Gaspar, de donde se extrae el caolín para la fabricación de cemento blanco en la Fábrica de Cemento Siguaney. El otro exponente de la minería es la arenera Corojo, de la que se extrae arena producto del intemperismo de granitoides, la misma es operada por la industria de materiales de construcción de Ciego de Ávila [15].



Figura 2. a) Caña de azúcar.

b) Ganado.

1.3.2. Vías de acceso e infraestructura

Las vías de acceso principales son la Carretera Central y la Vía Férrea, de la primera parten terraplenes en buen estado hacia el yacimiento y del segundo que atraviesa el poblado Gaspar puede ser utilizado como vía de transporte para trasladar la futura materia prima con destino a la Fábrica de Cemento Siguaney de la provincia Sancti Spíritus. Por el sur de la región atraviesa la línea energética central de Cuba de 33000 kV con dirección suroeste-noroeste de la cual parten diferentes líneas secundarias.

1.3.3. Condiciones climáticas, relieve, flora y fauna

El clima es el subtropical húmedo, con temperatura media anual de aproximadamente 25 °C. Son predominantes los vientos Alisios.

El relieve donde se sitúa el yacimiento es prácticamente llano con aisladas ondulaciones y diferencias de cota no mayores de 10 m.

Hacia el norte y en la en la parte sur del yacimiento se desarrolla un charrascal, formación vegetal característica de la región oriental de Cuba y precisamente en esta zona se encuentra representada. Esta formación vegetal presenta un elevado endemismo, particularmente los de esta zona se desarrollan, se adaptan a la pobreza de nutrientes y a la escasez de agua, posteriormente comienzan a adquirir gradualmente elementos característicos de comunidades de fauna antropogénica, lo cual puede originar como resultado la considerable antropización que se observa actualmente, donde predominan especies tales como: Paloma



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Rabiche (*Zenaida macroura*), tojosa (*columbina passerina*), gorrión (*Passer domesticus*), sabanero (*Sturnella magna*), entre otras [16].

1.4. Características geológicas del yacimiento

La región se caracteriza fundamentalmente por la presencia de rocas afectadas por eventos geológicos, interactuando condiciones y factores de carácter estratigráficos, magmáticos y tectónico, durante periodos de tiempo prolongados, propiciando el ambiente geológico actual.

En el área afloran rocas volcánicas del arco de islas volcánicas de Cuba Central Caobilla, pertenecientes al complejo vulcanógeno sedimentario del cretácico superior (Santoniano Campaniano) integradas por vulcanitas de composición ácida-media, donde aparecen cuerpos de diferentes dimensiones de riolitas, riolacitas, dacitas, andesitas y sus tobas, las que han sido expuestas a un proceso de alteración hidrotermal intenso, en las facies Argílica y Argílica Avanzada con predominio de la primera [15,16].

El vulcanismo en general se desarrolló en un ambiente submarino de aguas someras en su etapa temprana, mientras que hacia finales las facies más ácidas también acontecieron en un ambiente submarino. El espesor de este complejo en la región se estima entre 400 m y 600 m [16]. (Ver figura 3).

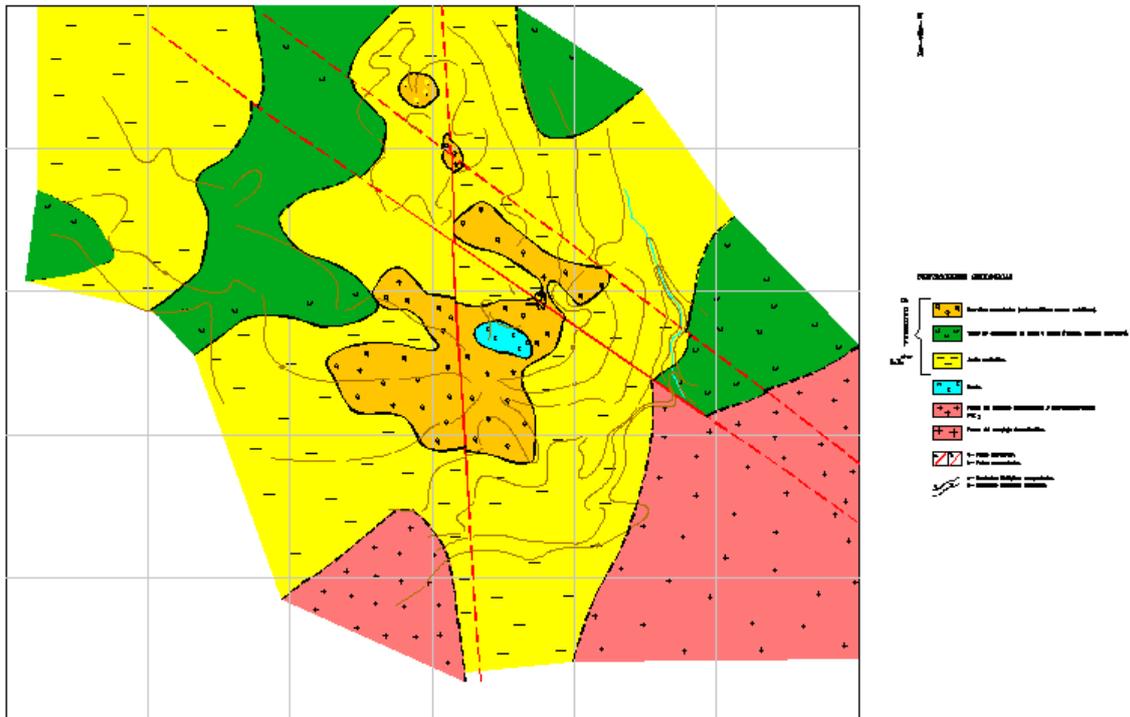


Figura. 3. Mapa Geológico. Fuente: [15].

1.4.1. Condiciones hidrográficas e hidrogeológicas del yacimiento

La red hidrográfica es muy pobre, solo existen los riachuelos Cumanayagua que corre con dirección NE-SE, el riachuelo Dormitorio que también fluye con la misma dirección, ambos son afluentes de río Itabo que corre en dirección N-S, el resto son arroyos intermitentes que solo fluyen en el período lluvioso presente de mayo a octubre, al que sigue el período seco de noviembre a abril.

El complejo acuífero presente es del tipo freático. En esta zona el agua es del tipo bicarbonatada sódica y con una mineralización que oscila entre 0.1 y 1.2 g/L. Se considera que la humedad natural de la materia prima no tendría ninguna incidencia negativa en el proceso de producción ya que los valores obtenidos son generalmente bajos, las reservas se encuentran muy por encima del nivel freático, existen condiciones naturales favorables, de desagüe y la humedad no resultaría un factor a tener en cuenta.



1.4.2. Condiciones de yacencia del mineral

En la región la yacencia de los planos de lineación de la estructura de las arcillas y también la foliación o los límites litológicos, generalmente tienen un buzamiento hacia el Norte con un ángulo entre 30° a 60° . Sin embargo, con menor frecuencia se observa yacencias diferentes.

1.4.3. Tectónica y grado de complejidad del yacimiento

Los eventos geológicos constituyen unos de los rasgos más importantes, por la ubicación de la región en el flanco occidental del segundo anillo tectónico de la antigua provincia de Camagüey. Dicho anillo posee líneas de fracturación, de dirección N-SE prácticamente paralelas y verticales, con una gran profundidad, originando mega bloques hundidos y alargados en toda la región.

Estos eventos están fundamentalmente relacionados con el yacimiento por propiciar condiciones favorables de fracturación y canales en las rocas encajantes que permitieron la circulación del flujo de soluciones hidrotermales, cuyo contacto originó un proceso de caolinización en las rocas de composición ácida a media.

Se han detectado dos sistemas de fallas, el primero, se extiende con dirección SSE-NNW y el segundo al NW-SE, ambos constituyen sistemas de falla de tipo normal con ángulos de buzamiento vertical a subvertical (75° – 90°), consideradas además como fallas preliminares. En la región no existen fenómenos aplicativos en los diferentes complejos rocosos. El objeto de estudio no se cataloga como de un yacimiento complejo

1.4.4. Propiedades físico-mecánicas y composición químico-mineralógica de la materia prima

Plasticidad: La arcilla existente en este yacimiento es eminentemente plástica con un valor de plasticidad de 8. Su elevada plasticidad se debe a su morfología laminar, tamaño de partícula muy pequeño y a su alta capacidad de hinchamiento.



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Porosidad: El material es poroso, el grado de porosidad varía de 40-60 %. Esta depende de la consistencia más o menos compacta que adopta el cuerpo cerámico después de la cocción.

Color: Rojo, las arcillas presentan coloraciones diversas después de la cocción debido a la presencia en ellas de óxido de hierro, carbonato cálcico, y otros.

Resistencia a la compresión

Se tomaron los resultados de las muestras, con el objetivo de valorar la resistencia que poseen las arcillas del yacimiento, dando resultado satisfactorio, comprendido entre 35-40 kgf/cm².

Composición químico-mineralógica de la materia prima

La composición química y mineralógica de las muestras básicas y muestras compósito seleccionadas se presentan en las Tablas 2, 3 y 4, respectivamente. En todos los casos, el contenido total de SiO₂, Al₂O₃ y Fe₂O₃ es superior al 70 %, lo cual permite asegurar que los materiales caracterizados cumplen con las recomendaciones de composición química expresadas en la norma cubana NC TS 528 [17] y ASTM C 618 [19] para materiales puzolánicos.

Los relativamente altos contenidos de Fe₂O₃ reportados para las muestras, se asocian fundamentalmente a la presencia de óxidos e hidróxidos de hierro, como se evidencia en el color pardo-rojizo de las muestras y la presencia ocasional de pequeños perdigones de hierro.

Tabla 2. Composición química de las muestras compósito del depósito [4]

Muestras	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	PPI
LL-1	18,53	5,53	0,67	0,27	0,12	0,04	1,33	2,58	0,01	6,51
LL-2	21,77	16,62	0,73	0,13	0,08	0,05	0,96	0,33	0,03	13,25
LL-3	19,98	1,85	0,48	0,13	0,10	0,20	1,19	0,90	0,008	8,24
LL-4	18,75	3,15	0,51	0,13	0,20	0,03	1,18	0,90	0,02	9,39



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Tabla.3. Composición de una muestra compósito del depósito

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Mn ₂ O ₃	Otros	PPI
61,40	18,86	9,61	0,07	0,15	0,02	0,26	0,90	0,62	0,13	0,03	0,21	7,80

Tabla 4. Composición mineralógica

Minerales arcillosos	Minerales acompañantes
Caolinita, vermiculita	Cuarzo, Hematita

1.5. Estimación de los recursos de materia prima

Para el estimado de los recursos por categorías se utilizaron 26 pozos y 3 trincheras [17]. Se empleó el método de cálculo por bloques geológicos, por ser un método que se adapta a las características (yacencia y morfología) de los cuerpos interceptados. Las categorías de los recursos calculados fueron medidos e indicados. Para el cálculo siempre se consideró la red de perforación utilizada tratando en todo momento que los contornos de los bloques cumplieran con la red (50 m x 25 m).

Los datos que se exponen a continuación son tomados de los trabajos anteriores y dichos recursos están aprobados en el Balance Nacional de Reservas, certificado por la Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM) [18]. (Ver Tabla 5).



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Tabla 5. Recursos calculados en el yacimiento

No. Bloques	Categoría de Recursos	Pot.Útil	Pot. Dest (m)	Área(m ²)		Peso Vol. (t/m ³)		
				Útil	Pilar			
BL-1	Medidos*			9805			Útil	Útil en pilar
BL-2	Medidos*	3.13	1.73	591		1.98	41546	
BL-3	Medidos*	3.15	1.85	1006		1.98	3663	
BL-4	Medidos*	3.12	2.30	2910		1.98	17977	
BL-5	Indicados	2.80	1.60	65230		1.98	361635	
P-1	Ind/Pilar	2.80	1.60		3193	1.98		17702
P-2	Ind/Pilar	2.80	1.60		1384	1.98		7673
P-3	Ind/Pilar	2.80	1.60		1085	1.98		6015
P-4	Ind/Pilar	2.80	1.60		962	1.98		5333
BL-6	Indicados	3.85	1.90	4504		1.98	34334	
BL-7	Indicados	2.50	1.90	6182		1.98	30601	
Total							69460*	
							426570	36723

1.5.1. Calidad de la materia prima y su uso industrial

El área de estudio presenta un alto potencial para su uso como material cementicio suplementario. Los análisis cuantitativos de las investigaciones previas indican la presencia de minerales del grupo de los caolines (caolinita, dickita y nacrita) en el yacimiento con contenidos de Al₂O₃ de hasta 21,77 % y contenido de minerales arcillosos superior a 42 % [4,19]. Se manifiesta la regularidad por la ubicación de la mineralización en las zonas con un sistema de fracturas bien desarrolladas en tiempo y espacio.

La mineralización se caracteriza por ser arcillas caoliníticas de bajo grado, evaluadas química y físicamente durante investigaciones precedentes obteniendo excelentes resultados para ser usadas como MCS [4,19–21]. Aunque no se reporta uso industrial alguno para esta materia prima.

A diferencia de la zona anterior no presenta grandes volúmenes de recursos, su accesibilidad es buena y las condiciones minero técnicas de explotación son simples. (Ver figura 4).



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”



Figura 4. Mapa de regularidad de mineralización del depósito La Loma. Fuente: [15]



CAPITULO II. LABORES MINERAS PARA LA EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

2.1. Introducción

En este capítulo, a partir de las condiciones minero – técnicas del yacimiento, el régimen de trabajo y el volumen de material útil a extraer; se diseña el sistema de explotación, se determinan los parámetros técnico – económicos de los procesos tecnológicos para la explotación del yacimiento, a partir de la selección del equipamiento minero y se proponen las medidas para disminuir los impactos ambientales y garantizar la seguridad de los trabajos mineros.

2.2. Condiciones minero-técnicas de explotación del yacimiento

El yacimiento tiene las condiciones minero-técnicas favorables para la explotación a cielo abierto, en las observaciones realizadas se pueden describir arcillas que afloran a la superficie y solamente en algunos sectores se recubren de suelo o capa vegetal de poca potencia.

2.3. Régimen de trabajo

El régimen de trabajo en el yacimiento se conforma por cinco días laborales a la semana, un turno de 8 horas, el horario laboral es desde las 8:00 am hasta las 4:00 pm.

Días calendarios.....	365
Días perdidos por condiciones climáticas.....	-20
Otros imprevistos, considerando la posibilidad de la ruptura o mantenimiento general de los equipos	-18
Días domingo.....	-52
Días sábado.....	-52
Días feriados al año.....	-9
Número de días laborables al año.....	214
Turnos de trabajo al día.....	1



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Horas de un turno.....8

2.4. Volumen de material útil in situ a extraer en un año

$$V_m = \frac{Q_p}{K_1 \times K_e} =$$

Donde:

Q_p : Productividad anual de la planta (arcilla): 30000 m³/año

K_e : Coeficiente de esponjamiento de las rocas: 1,15

$$V_m = \frac{30000}{0,98 \times 1,15}$$

K_1 : Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de materia prima por concepto de transportación y pérdidas en la planta:

$$V_m = 26.619 \text{ m}^3 / \text{año} \quad 0,98$$

Extracción esponjada

$$V_p = V_m \times 1,15$$

$$V_p = 29.616 \times 1,15$$

$$V_p = 29.678 \text{ m}^3$$

2.4.1. Tiempo de explotación del yacimiento

$$T_{\text{exp}} = \frac{V_{\text{est}}}{V_{\text{tm}}} = \frac{150000}{30000} = 5 \text{ años}$$

Donde

V_{est} : Volumen estimado de recursos del área: 150000 m³

V_{tm} : Volumen total de material útil in situ a extraer en un año: 30000 m³/año

2.5. Equipamiento técnico minero para la realización de los trabajos durante la explotación del yacimiento

Para la realización de los trabajos, el establecimiento productivo tendrá el siguiente equipamiento minero que constituyen medios básicos del yacimiento [23].

- Un buldócer, modelo 235-245 HP, sobre estera; (Ver anexo 1)
- Una retroexcavadora Liebherr 984; (Ver anexo 2)
- Tres camiones modelo HOWO; (Ver anexo 3)



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

2.5.1. Características técnicas del equipamiento minero

En las tablas 6, 7 y 8 se muestran las características técnicas del equipamiento minero a emplear para la explotación del yacimiento “La Loma”.

Tabla 6. Características técnicas del Buldócer modelo 235-245 HP

Parámetros	Unidad de medida	Valor
Largo	M	5,65
Alto	M	3.05
Potencia	HP	235-245
Altura de la cuchilla	M	1.21
Ancho de cuchilla	M	3.20
Consumo de combustible	L/h	22
Altura máxima de corte	M	0.42
Radio de giro exterior	M	3.3
Tipo de combustible	-	Diésel
Velocidad de corte	m/min	120
Velocidad de transporte	m/min	190
Disponibilidad mecánica	%	70

Tabla 7. Características técnicas de la Retroexcavadoras Liebherr 984

Características	Valor	Unidad
Volumen del cubo V	7	m ³
Consumo de combustible C _c	60	L/h
Costo de mantenimiento Cm	20	\$/h
Tiempo de ciclo Tc	10.09	S
Duración del turno Dt	8	H
Cantidad de turnos al día Cd	1	-
Longitud de la puma Lp	8000	Mm



Tabla 8. Características técnicas del Camión modelo HOWO

Parámetros	Unidad de medida	Valor
Capacidad de carga	m ³	15
Tipo de combustible	-	Diesel
Consumo de combustible	t/h	10
Pendiente máxima superable	%	(i =10)
Ancho	M	2,64
Longitud	M	8.1
Radio de giro	M	12
Disponibilidad mecánica	%	70
Velocidad del camión cargado	km/h	30
Velocidad del camión vacío	km/h	20

2.6. Tala y desbroce

La tala consiste en el corte de los arbustos presentes en el área de emplazamiento del yacimiento. El desbroce se basa en la extracción y retiro de los arbustos, plantas, troncos, malezas, basura y cualquier otro objeto no deseable del área del yacimiento. Ambas labores son preparatorias y tienen la finalidad de crear las condiciones óptimas para las demás labores preparatorias como la apertura.

La zona de desbroce se encuentra en el Nivel +44 m, con un área total de 30546 m² = 30.5 ha, la potencia promedio de destape, según informe geológico, es de 0.50 m, lo que representa un volumen de 15273 m³. Se recomienda realizar la extracción de la capa vegetal con el empleo del buldócer.

Los productos del desbroce se retirarán de la zona del yacimiento y se ubicarán en el depósito localizado al norte de la escombrera.

Proceso de ejecución de los trabajos de tala y desbroce

Los topógrafos estaquillarán las zonas afectadas por la minería en el yacimiento, marcando claramente la zona de actuación, zonas de servidumbre.

Se señalarán las zonas donde se encuentren los servicios afectados y se marcarán los árboles que se incluyen en el proyecto.

Todos los tocones y raíces con diámetro superior a 10 cm se eliminarán excavando hasta una profundidad no menos de 50 cm. En zona de servidumbre se pueden dejar los tocones a raíz del suelo.



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Los deshechos serán transportados a vertedero, incinerados o enterrados, según el caso, cumpliendo las normas existentes sobre la incineración e informándose sobre propagación posible de plagas.

Previo a la iniciación de estos trabajos, se debe obtener los permisos correspondientes para la tala de árboles y vertido de los productos sobrantes a vertedero autorizado.

Para extraer raíces y tocones con maquinaria, se recomienda la utilización de buldócer con rippers.

Para eliminar la grama (mala hierba), se debe excavar al menos un metro bajo superficie del terreno natural.

Asegurar la capacidad de desagüe de la zona desbrozada.

Equipos y medios necesarios

Los equipos a usar son: Buldócer, retroexcavadora y camiones.

Los medios auxiliares son: Sierras mecánicas, machetes, hachas.

Construcción del depósito para la materia de la capa vegetal

El área necesaria para almacenar el volumen estimado de material se calcula por la siguiente fórmula:

$$Se = (W \cdot Ke) / (He + Ka)$$

Donde:

W- Volumen de material destinado para el depósito. (30546 m³)

Ke- Coeficiente de esponjamiento del material. (1.15)

He- Altura. (4 m)

Ka- Coeficiente que considera los taludes. (0.6)

$$Se = 9961 \text{ m}^2$$



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Como el área de diseño es mayor que el área necesaria, el material del desbroce se puede verter dentro del depósito, siempre teniendo en cuenta que este tendrá una altura de 4 m. (Ver Figura 5).

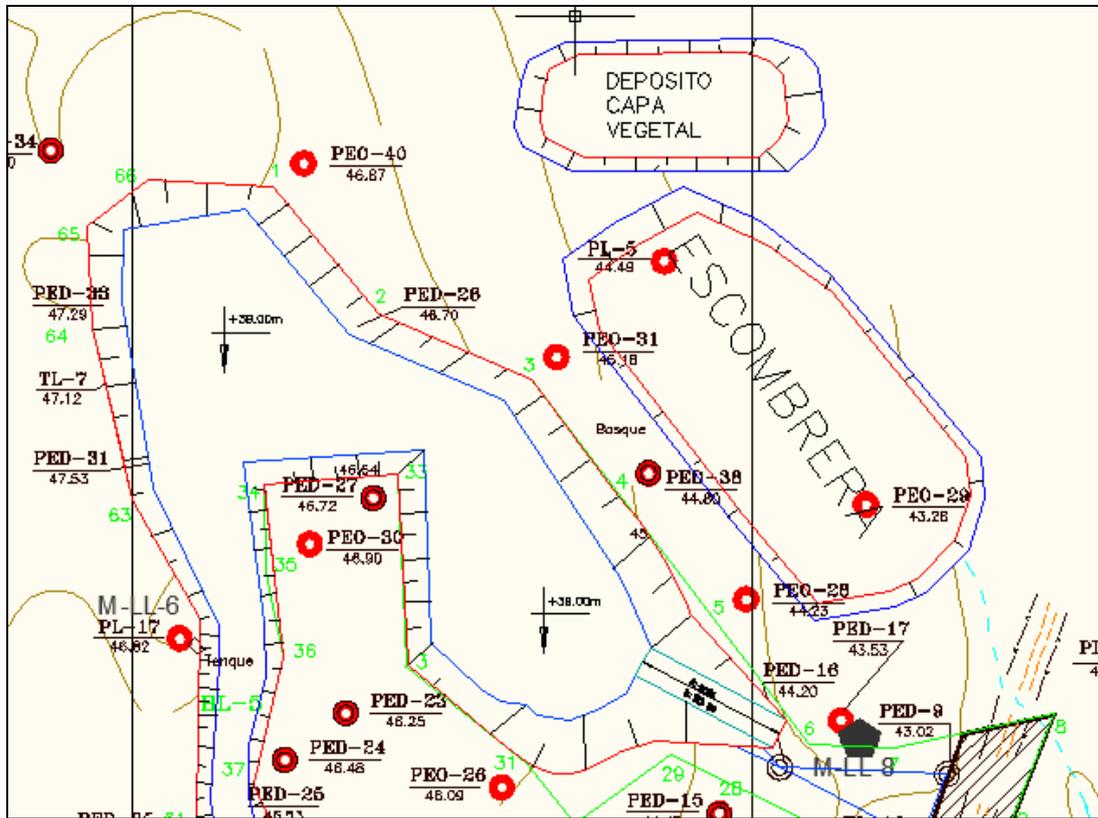


Figura 5. Depósito de capa vegetal.

Este depósito tiene un carácter temporal, ya que el material almacenado será utilizado posteriormente en los trabajos de restauración, mejoramiento del suelo en las zonas ya minadas.

2.7. Apertura

La apertura de un yacimiento consiste en la realización del sistema de laboreo minero que permitirá la comunicación del transporte entre el horizonte de extracción con la planta, escombreras u otros objetivos fuera de la cantera.

La definición dada demuestra que la tarea general de la apertura del yacimiento consiste en una serie de tareas particulares apertura y preparación de horizontes separados. Por ejemplo, trincheras de acceso que realizan la apertura a cada escalón en conjunto forman el sistema de trincheras, que representan el método



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

de apertura del yacimiento por trincheras. La apertura realizada del yacimiento determina el orden de explotación y efectividad del trabajo del yacimiento.

Al analizar estos problemas el mayor significado lo tienen los siguientes factores:

- ✓ tipo y ubicación mutua de las excavaciones de apertura; altura del escalón;
- ✓ dirección del desarrollo de los trabajos mineros en el espacio, determina la ubicación de las excavaciones de apertura;
- ✓ contornos finales de la cantera, sistema de explotación; tipo de transporte; plazo de construcción de la cantera; condiciones y forma de yacencia del cuerpo mineral; relieve de la localidad; ubicación en la superficie de instalaciones y escombreras; calidad del mineral; factores climáticos; condiciones y posibilidad de financiamiento.

2.7.1. Labores de apertura

Método de apertura

El método de apertura que se empleará es, la apertura con una trinchera de acceso y con posterioridad se proyectará una trinchera de corte para lograr el ensanchamiento en todo el horizonte de trabajo creando los frentes de extracción. (Ver figura 6).

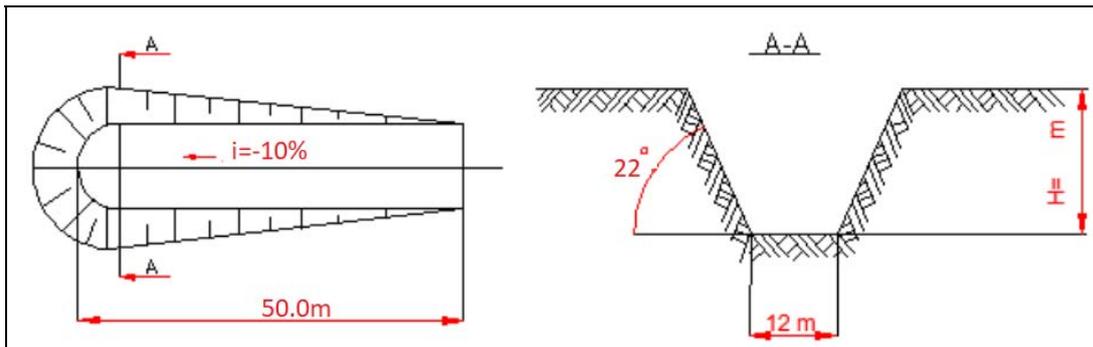


Figura 6. Esquema de los parámetros de diseño de la trinchera de acceso.

Los parámetros de las trincheras proyectadas son los siguientes: ancho por el fondo 12 m, ángulo de los laterales 22°; profundidad final 5 m (igual a la altura del escalón o del banco); longitud 50 m; con una pendiente de 10 %.



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Al terminar la trinchera de apertura se alcanza la cota del horizonte a preparar, a partir de aquí se laboreará una excavación preparatoria horizontal denominada trinchera de corte, la cual creará el frente de trabajo en dicho horizonte, las trincheras de corte poseen profundidad final igual a la altura del escalón, sin embargo, las de entrada varían su profundidad proporcionalmente a la longitud, alcanzando el valor máximo cuando llega al horizonte que se pretende explotar con las respectivas dimensiones que se muestra en la figura 7.

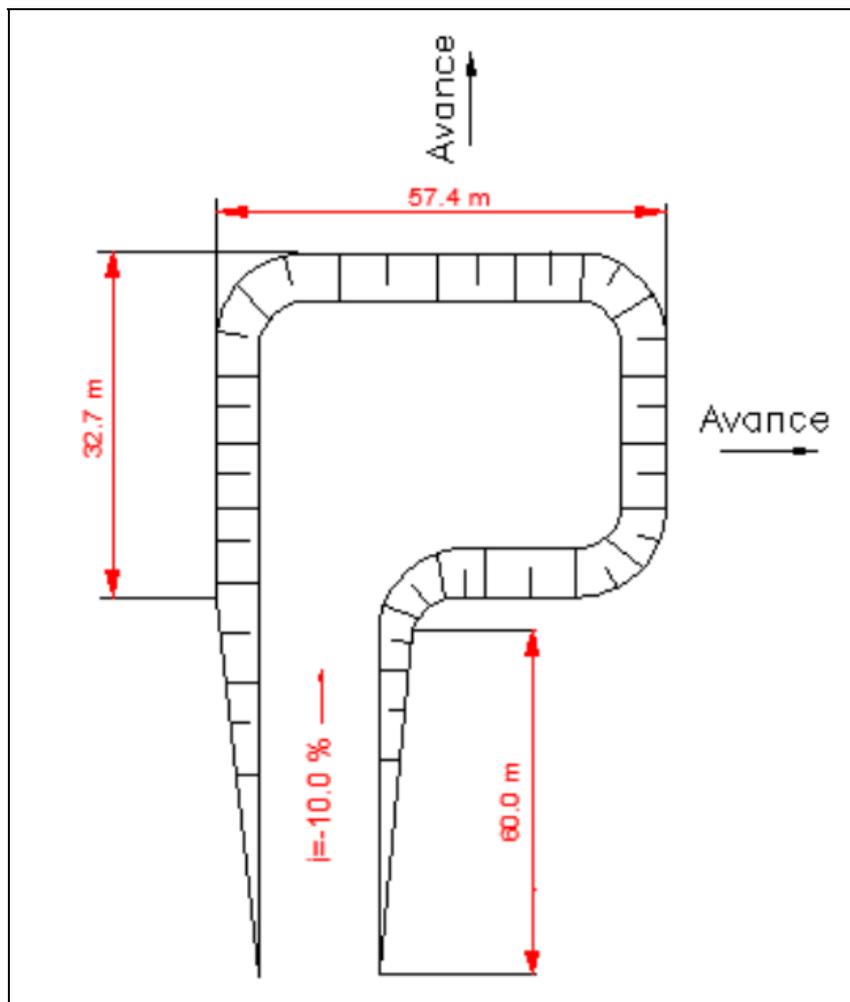


Figura 7. Esquema de los parámetros de diseño de la trinchera de corte.

Sistema de apertura y método de laboreo de la trinchera

Se empleará una trinchera de apertura recta continua, transversal al rumbo, puesto que se va laborear un yacimiento poco inclinado, situado a poca profundidad de yacencia, pero extendido por el rumbo. Una vez accedido al nivel



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

+39 m se empezará a ensanchar mediante una trinchera de corte garantizando una plataforma para la explotación de las reservas. (Ver anexo 4).

Teniendo en cuenta las condiciones concretas de trabajo, y que se laboreará en materiales de arcillas, debido a que este mineral se encuentra en la superficie a poca profundidad, su extracción se realiza a cielo abierto, por vía seca. La carga de la roca se utilizará mediante la excavadora y se empleará esquema cerrado de la trinchera.

2.8. Escombreras

2.8.1. Método de selección del emplazamiento de las escombreras

Durante la planificación y proyección de las labores de escombreo se consideraron los siguientes factores:

- Garantizar una geometría estable. Para ello se definieron los parámetros técnicos de diseño.
- Capacidad del almacenamiento suficiente, ubicación a una mínima distancia de la cantera, estar situadas en áreas sin mineral útil, que no obstaculicen el desarrollo de los trabajos mineros y que faciliten la creación de las condiciones de seguridad del trabajo.
- Que el método de escombreo y los medios de mecanización garanticen el almacenamiento continuo de rocas, la capacidad de recibimiento, los gastos mínimos y la productividad máxima de los trabajadores.
- Proporcionar un sistema de drenaje eficaz que impida las acumulaciones e infiltraciones en las escombreras.
- Mínima afectación al entorno paisajístico, ciñéndolas lo más posible al relieve original.
- Uso de criterios de escala: tamaño de la escombrera y entorno donde se ubica.



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Ubicación en lugares ocultos, aprovechando obstáculos naturales del terreno y alejamiento de focos principales de observación, no tapando vistas panorámicas, y otras.

Partiendo de lo planteado anteriormente, para la ubicación de la escombrera se designa un área al norte, cercana a la rampa de acceso de la cantera, esta será temporal porque los espacios ya minados servirán como escombreras internas. Se confeccionarán por el vertido libre de los camiones conformando pilas.

2.8.2 Determinación del ángulo del talud de las escombreras y las bermas de seguridad

Para la determinación del ángulo del talud que garantice la estabilidad del mismo se parte del criterio de usar un factor de seguridad (FS) mayor de 1.25 suponiendo que no existen riesgos para personas y propiedades en las zonas de emplazamiento de las escombreras [24].

A partir de los ábacos proporcionados y teniendo en consideración los datos del tipo de roca a depositar se estima el ángulo del talud [25].

En la construcción de los ábacos se consideró el efecto de las presiones intersticiales debido a la presencia de un nivel freático en el terreno, que divide el talud en una zona seca y otra saturada. Se ha supuesto que la línea de saturación coincide con la superficie superior del talud, supuesta horizontal, a una distancia determinada del pie del mismo, definida por comparación con la altura del talud. La línea de saturación está determinada por las ecuaciones propuestas por CASAGRANDE (1934), suponiendo la existencia en el terreno de una red de filtración en régimen estacionario.

De estas consideraciones, se han asumido las siguientes simplificaciones: el material se considera homogéneo en toda la constitución del mismo, el círculo de rotura se hace pasar siempre por el pie del talud, y se considera la existencia de una grieta de tracción que puede estar situada por encima o por debajo de la cresta del talud.



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Datos de partida:

Altura del talud, H,	5 m (considerando los 1 pisos)
Cohesión efectiva del terreno, C,	1.5 kPa/cm ²
Ángulo de fricción interna efectivo, ϕ ,	35°
Peso específico del terreno, γ ,	2.3 t/m ³
Factor de seguridad, FS,	1.3

Talud ligeramente saturado [25]

A partir de los coeficientes (C: $\gamma \cdot H \cdot \tan \phi = 0.039$) y ($\tan \phi$: FS= 0.538) se estima un ángulo de talud para las escombreras de aproximadamente 17.6 °. Este ángulo para el talud de las escombreras tiene como reserva de estabilidad la inclusión de las bermas de seguridad cada 5.0 m de altura. El talud general (considerando las bermas de seguridad) es de 17.6°.

La berma de seguridad se estima como la tercera parte de la altura del banco. Para 5.0 m de altura de banco se estima una berma de 1.5 m.

Considerando los datos de partida se establecen los siguientes parámetros de diseño para las escombreras.

Altura para cada piso	4.0 m
Cantidad de pisos	(1 pisos) dependiendo de la topografía y necesidad de capacidad
Ángulo del talud	17.6
Berma de seguridad	1.5 m
Ancho de la rampa de acceso	10.0 m
Pendiente máxima de la rampa de acceso	10 %
Tipo de cuneta de desagüe para rampa de acceso	en forma de “V”
Talud de la cuneta	1:1
Pendiente para drenaje (bermas y plataformas)	1.0 %



2.8.3. Drenaje en las escombreras

Por el efecto de desestabilizar que posee el agua, que es además el principal medio de transporte de la contaminación, se incluye un sistema de drenaje a través de una zanja en la periferia de las escombreras. La zanja será de 1.0 m de profundidad, 1.0 m de ancho por el fondo y un talud 1V:2H, la pendiente mínima será de 1.0 % y se adecuará a la topografía del lugar. La zanja debe estar ubicada a una distancia mayor de 5.0 m del pie del talud para no provocar su socavación y que posibilite su derrumbe.

Las bermas de seguridad se conformarán con una inclinación de 1.0 % hacia interior, de manera que las aguas pluviales sean evacuadas a través de cunetas en el pie del talud de cada piso que tendrán, a su vez, forma de “V” y con pendientes de 1.0 % hacia la salida exterior de las escombreras para unirse al drenaje periférico. Debido a la erosión, estas cunetas pueden ser afectadas grandemente, por esta razón se recomienda su mantenimiento siempre que se necesite, mediante la colocación de rellenos y nivelación y reconfiguración de éstas. Se debe impedir la evacuación del agua a través de los taludes.

2.8.4. Monitoreo de la escombrera

Para lograr una seguridad operativa en la escombrera conformada, se realiza el monitoreo como una parte integral del desarrollo de alturas considerables. La experiencia operativa ha demostrado que las fallas de los diques no ocurren sin un previo aviso. Algunos registros de los índices de desplazamiento que muestran un avance progresivo suministran un claro aviso de probable inestabilidad, de manera que el personal y los equipos puedan ser desalojados del lugar antes de que ocurra una catástrofe.

Es de gran importancia que el personal operativo que trabaja en la superficie de la escombrera realice el monitoreo de calidad mediante la observación. Los lugares e índices de desarrollo de fisuras en la superficie de la escombrera y los patrones de deformación en la base de la escombrera son indicadores valiosos de



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

mecanismos de fallas y factores que rigen la estabilidad de una escombrera individual.

Se utilizarán puntos topográficos de referencia como dispositivo de monitoreo que permitirá registrar los desplazamientos de la cresta, la hora y fecha de observación, a partir de lo cual se pueden calcular los índices de desplazamiento. Los desplazamientos de la cresta indican futuras fallas. Los diseños de los índices de desplazamiento frente al tiempo transcurrido advertirán la inminente inestabilidad de la estructura, con un tiempo más que suficiente para desalojar al personal y equipos de la plataforma de la escombrera o de la base antes de que ocurra la falla.

2.9. Tecnología de los trabajos mineros

Los trabajos mineros a realizar en este yacimiento consisten en el arranque, traslado y almacenamiento del mineral y las rocas de destape. Para ello se deben realizar los siguientes procesos básicos: preparación de las rocas para la excavación; excavación - carga; traslado de la masa minera (El material estéril hacia la escombrera y el mineral a la fábrica) y la preparación primaria del mineral y su beneficio. Además, se realizarán otros procesos auxiliares mineros como el suministro eléctrico, drenaje, muestreo de los minerales, mantenimiento y reparación de los equipos, otros., que aseguran la ejecución de los trabajos mineros [26].

2.10. Trabajos de arranque, carga y transporte

Estos trabajos contemplan la excavación y carga de la masa minera en medios de transporte; la excavación de las rocas se realizará con retroexcavadora. En los trabajos a cielo abierto es conocido y se lleva a cabo el termino de “estructura de mecanización compleja”, la cual es un conjunto de máquinas y mecanismos desde el frente de minería hasta la escombrera incluyendo el transporte, que aseguran el cumplimiento de los índices planificados en los trabajos de extracción y destape y la máquina base en esta estructura es la de excavación-carga [27,28].

Arranque - Carga



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Considerando fundamentalmente las características físico mecánicas de las rocas del yacimiento y conociendo que la parte superior del mismo está menos alterada, el arranque para la extracción de material se hará con arranque directo utilizando la retroexcavadora Liebherr 984. La actividad de carga tanto en el mineral como en el estéril, se ejecutará con el uso de la misma retroexcavadora.

Transportación del mineral y del estéril

La transportación del mineral y el estéril se realizará usando camiones HOWO de 15 m³ de capacidad, la cual constituye un esquema cíclico. El transporte automotor tiene como ventaja, respecto a otros sistemas, su maniobrabilidad, flexibilidad y en distintas condiciones climáticas, capacidad de vencer grandes pendientes, etc.

Es importante la organización del trabajo para que haya fiabilidad en esta labor debido a que la efectividad de otros equipos depende de ella y son muchas las características que influyen en su fiabilidad.

Las distancias promedio de transportación son las siguientes:

<i>Distancia máxima al depósito en el ferrocarril</i>	<i>Distancia a las escombreras</i>
(Km)	(Km)
4.0	0.6

Fundamentación del sistema de laboreo y sus características generales

El sistema de laboreo es el orden establecido para realizar los trabajos preparatorios, de destape y de arranque, de manera que aseguren una extracción segura, económica, y lo más completa posible de las reservas, teniendo en cuenta las medidas de protección del medio ambiente.

El sistema de laboreo que se utilizará es el tradicional aplicado en los yacimientos lateríticos cubanos, ya que el equipamiento minero utilizado consiste en la combinación retroexcavadora - camión, realizando el arranque y carga hasta los camiones mediante el empleo de retroexcavadora, para facilitar los trabajos de carga del material.



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

En dependencia del desarrollo general de los trabajos con respecto al campo de mina, el sistema de laboreo a utilizar será longitudinal, donde el frente de arranque se desplaza paralelo al eje largo del campo de mina (en la dirección del rumbo). Este sistema de laboreo puede ser unilateral o bilateral donde se avanza en profundidad por uno o los dos lados [24].

2.11. Método y sistema de explotación

Dadas las características y condiciones que se presentan en el yacimiento objeto de estudio se determina que el método a utilizar es a cielo abierto. El sistema de explotación define el orden de formación de la zona de trabajo en el yacimiento en tiempo y espacio, y se caracteriza por el desarrollo armónico de los trabajos mineros en los escalones, forma de los frentes y dirección de desplazamiento.

El sistema de explotación que se empleará, según el orden de los trabajos, será por bancos a cielo abierto, con altura de banco de 5 m y ángulo del talud de 22° . Las operaciones de extracción y carga de la masa minera se realizarán con retroexcavadoras Liebherr 984, utilizando camiones articulados HOWO como medio de transporte para el material estéril y el mineral, como se explicó en el acápite anterior.

La geología del yacimiento expone las condiciones de yacencia del cuerpo mineral y describe las características que condicionan la explotación por el método a cielo abierto. A partir de lo expuesto se tuvo en cuenta cuatro grupos de parámetros: geométricos, geomecánicos, operativos y medioambientales.

Geométricos: función de la estructura y morfología del yacimiento, pendiente en terreno, pendiente en límites de propiedad, otros.

Geomecánicos: dependiente de los ángulos máximos estables de los taludes en cada uno de los dominios estructurales en que se encuentra dividido el yacimiento.

Operativos: dimensiones necesarias para que la maquinaria empleada trabaje en condiciones adecuadas de eficiencia y seguridad: alturas de banco, anchuras de bermas y pistas, anchuras de fondo, otros.



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Medioambientales: aquellos que permiten la ocultación a la vista de los huecos o escombreras, faciliten la restauración de los terrenos o la reducción de ciertos impactos ambientales.

2.12. Diseño de las operaciones mineras

El diseño final representa la envolvente mayor que maximiza el beneficio operacional instantáneo de un yacimiento posible a explotar a cielo abierto. Es un estado geométrico que muestra al yacimiento luego de su total explotación, es decir, que se puede considerar como la situación del yacimiento al final de su vida útil.

Diseño final operativo del yacimiento

Sobre la base del equipamiento, concesión minera, cuerpo mineral y leyes de corte se procedió a realizar el diseño final operativo del yacimiento, teniendo en cuenta los parámetros minero-técnicos para el desarrollo eficaz de la misma. (Ver anexo 5).

Parámetros de diseño

Los elementos principales de la explotación en este yacimiento son:

- Altura del escalón.
- Angulo del talud del escalón
- El ancho de la plazoleta de trabajo.

Los elementos principales de la explotación se determinaron de acuerdo a las Normas de Proyección Tecnológicas y las Reglas de Seguridad durante la explotación de los yacimientos de mineral útil a cielo abierto.

Altura del escalón: la altura del escalón depende de las propiedades físico - mecánicas de las rocas, de las condiciones de apertura de los horizontes de trabajo, de los parámetros de operación de los equipos de carga y de las reglas de seguridad.

Así que la altura del escalón va a ser siempre constante, de 5 m, tanto para el escombreo como para la extracción, debido a la altura del camión, visibilidad



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

apropiada para el operador de la retroexcavadora, mayor estabilidad del talud, menor pérdida y empobrecimiento en los contactos entre menas.

Ángulo de talud: el ángulo del talud de los escalones de trabajo se determina teniendo en cuenta el carácter de la estratificación y el grado de agrietamiento. Atendiendo a lo planteado anteriormente y a las Normas de Proyección Tecnológicas, las arcillas que conforman este yacimiento el ángulo del talud de trabajo es de 22°.

Plazoleta de trabajo: Cuando la carga se realiza desde el banco superior el ancho de la plataforma de trabajo debe estar en un rango mínimo de 8-12 m. Si la carga se realiza en el mismo nivel de ubicación de la retroexcavadora (a nivel de plataforma) y el camión tiene que retornar a la misma vía para regresar, para lograr que el ángulo de arranque y carga del mineral sea de 90° como máximo, lo recomendable es que el ancho mínimo de la plataforma sea de 16 m.

2.13. Labores de extracción del mineral útil

Alcanzado el nivel de material útil en toda el área se la extracción se realizará en un banco de 5 m, con inicio en la cota +44.0 m hasta +39.0 m.

En el yacimiento se efectuará el arranque directo, donde el material se cargará por una retroexcavadora Liebherr 984 a los camiones HOWO y después al ferrocarril que posteriormente lo trasladará hacia la Fábrica de Cemento Siguaney, ubicada al este del yacimiento. (Ver figura 8).



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

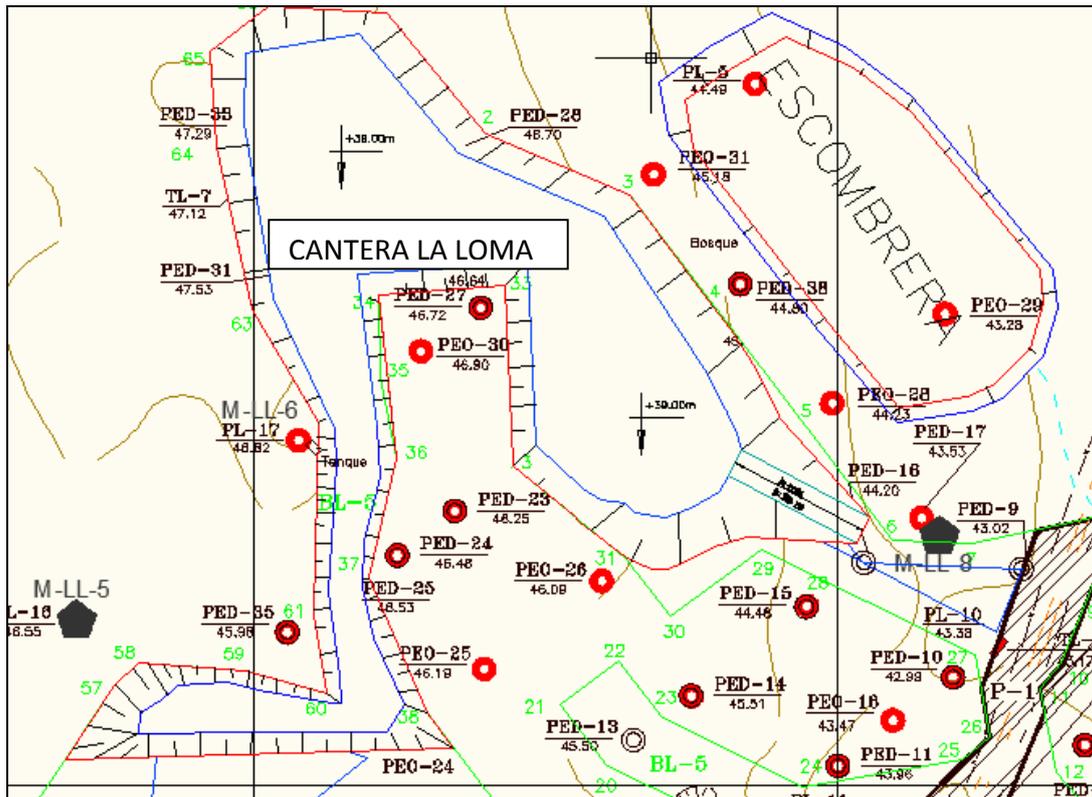


Figura 8. Esquema 2D diseño de la Cantera “La Loma”.

2.14. Plan calendario de la minería

Los trabajos mineros para el periodo que se evalúa se planifican en toda el área del límite de los recursos medidos e indicados. Las labores de extracción en el primer año (Año I) corresponde a la apertura de la cantera, estos volúmenes de material útil a extraer ascienden a 26 834.80 m³ y 11 371.46 m³ de material estéril.

La extracción se hará con la combinación retroexcavadora-camión, el frente de trabajo tendrá dirección este-oeste, se deberá garantizar que el piso de la cantera mantenga una pendiente con dirección norte y grado de inclinación de un 0.1%. Se deberá aprovechar la época de seca para evitar los atrasos por lluvias a sabiendas de que el material es arcilloso, lo que pudiera ocasionar fango y problemas en la extracción. (Ver figura 9).



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO "LA LOMA"

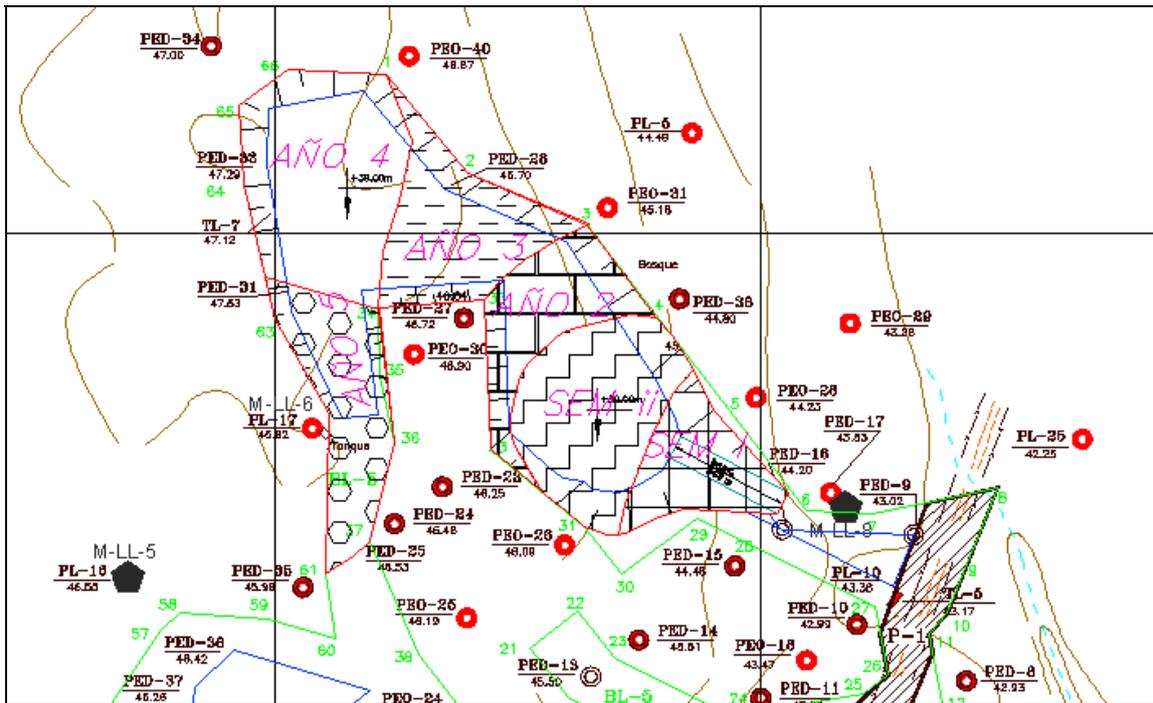


Figura 9. Plan calendario.

Los demás años del periodo hasta 5 años, seguirán las mismas condiciones de extracción, aunque hay que señalar que se debe respetar la berma de seguridad, el año 4 y 5 el frente de ataque será en dirección norte-sur. La tabla 9 muestra los volúmenes de extracción para el periodo evaluado.



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Tabla 9. Resumen de volúmenes de material y estéril para el periodo que se evalúa

Plan	Banco	Masa Minera	Reserva	Estéril	Capa Vegetal	Coef. Destape
		m ³ /m ³	m ³	m ³	m ³	Destape
Semestre I	+39	22468.87	13423.50	5695.23	3350.14	0.4
Semestre II	+39	22439.98	13411.30	5676.23	3352.45	0.4
Año 1	+39	44908.85	26834.80	11371.46	6702.59	0.4
Año 2	+39	21034.13	13,565.23	3456.56	4012.34	0.3
Año 3	+39	24655.09	13643.45	4456.30	6555.34	0.3
Año 4	+39	23528.88	13662.34	2983.45	6883.09	0.2
Año 5	+39	25870.22	13701.21	5334.56	6834.45	0.4
Subtotal						
TOTAL	Total					
	Masa Minera	139997.17				
	Reservas		81407.03			
	Escombros			27602.33		
	Capa vegetal				30987.81	
	Coef. Destape					0.4

2.15. Cálculo del equipamiento minero para la construcción de la trinchera de acceso y la extracción del mineral estéril.

Productividad del buldócer

$$Q_t = \frac{3600 \times t \times V \times K_a \times K_p \times K_u \times K_i}{K_e \times T_c} \quad Q_t = 119 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$Q_t = \frac{3600 \times 8 \times 27602 \times 1 \times 0.7 \times 0.75 \times 1}{1.2 \times 36.4}$$

$$Q_t = 955 \text{ m}^3 / \text{t}$$



2.16. Cálculo del equipamiento minero en las labores de extracción del mineral útil

Productividad horaria de la excavadora

Productividad por turno

$$Q_t = 8 * Q_{exc}$$

$$Q_t = 8 * 279$$

$$Q_t = 2232t / turno$$

Productividad por día

$$Q_{día} = Q_t * N_t$$

$$Q_{día} = 2232 * 1$$

$$Q_{día} = 2232t / día$$

Productividad de explotación

$$Q_{T.explt} = Q_{día} * T_b$$

$$Q_{T.explt} = 2232 * 214$$

$$Q_{T.explt} = 477648t / dia_{exp}$$

Capacidad real volumétrica del cubo

$$Q_{rv.exc} = V_c * K_{ll}$$

$$Q_{rv.exc} = 7 * 0.95$$

$$Q_{rv.exc} = 6.65m^3$$

Densidad del material suelto o esponjado

$$\gamma_s = \frac{\gamma_m}{K_e} = \frac{1.15}{1.37} = 0.84t / m^3$$



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO "LA LOMA"

Capacidad real de carga del cubo

$$Q_{rc.exc} = Q_{rv.exc} * \gamma_s$$

$$Q_{rc.exc} = 6.65 * 0.84$$

$$Q_{rc.exc} = 5.6t$$

Cantidad de cubos por camión (volumen)

$$N_{cv} = \frac{q_c}{Q_{rv.exc}} = \frac{35}{6.65} = 5 \text{ cubos}$$

Cantidad de cubos por camión (masa)

$$N_{cm} = \frac{q_{cc}}{Q_{rc.exc}} = \frac{50}{5.6} = 9 \text{ cubos}$$

Cantidad de excavadoras necesarias para la extracción

$$N_{exc} = \frac{V_{\min} * 0.94}{Q_{T.exp1}} = \frac{150000 * 0.94}{477648} = 1 \text{ excavadora}$$

2.17. Cálculo de las operaciones del camión HOWO

Tiempo de recorrido del camión cargado

$$T_{rcc} = \frac{60 \times D_{prc}}{V_{prcc}}$$

$$T_{rcc} = \frac{60 \times 0.6}{15}$$

$$T_{rcc} = 2.4 \text{ min}$$

Donde:

D_{prc} : Distancia de recorrido del camión hasta el almacén: 0.6 km

V_{prcc} : Velocidad promedio de recorrido del camión cargado: 15 km/h

Tiempo de recorrido del camión vacío

$$T_{rcv} = \frac{60 \times D_{prc}}{V_{prcv}}$$

$$T_{rcv} = \frac{60 \times 0.6}{25}$$



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO "LA LOMA"

$$T_{rcv} = 1.44 \text{ min}$$

Donde:

D_{prc} : Distancia promedio de recorrido del camión: 0.6 km

V_{prcv} : Velocidad promedio de recorrido del camión vacío: 25 km/h

Tiempo de carga del camión

$$T_{cc} = \frac{T_{cc} \times N_c}{60}$$

$$T_{cc} = \frac{45 \times 4}{60}$$

$$T_{cc} = 3 \text{ min}$$

Donde:

N_c : Cantidad de cucharas para llenar el camión: 6

T_{cc} : Tiempo de ciclo de la retroexcavadora: 45 s

Tiempo de ciclo

$$T_c = T_{mc} + T_c + T_{rcc} + T_{md} + T_d + T_{rcv}$$

$$T_c = 0.92 + 5 + 2.4 + 0.33 + 0.20 + 1.44$$

$$T_c = 10.09 \text{ min}$$

Donde:

T_{rv} : Tiempo de recorrido vacío: 1.44 min

T_{rc} : Tiempo de recorrido cargado: 2.4 min

T_c : Tiempo de carga: 3 min

T_d : Tiempo de descarga: 0,20 min

T_{md} : Tiempo de maniobra para la descarga: 0.33 min

T_{mc} : Tiempo de maniobra de carga: 0.92 min

Productividad horaria

$$Q_h = \frac{60 \times C_{cc}}{K_e \times T_c}$$



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO "LA LOMA"

$$Q_h = \frac{60 \times 15}{1,15 \times 44.85}$$

$$Q_h = 36 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

Q_h : Productividad por hora

C_{cc} : Capacidad de carga del camión: 15 m^3

K_e : Coeficiente de esponjamiento del material

Productividad por turno (diaria)

$$Q_t = Q_h \times K_{ll} \times T_t$$

$$Q_t = 36 \times 0,9 \times 8$$

$$Q_t = 259.2 \text{ m}^3 / \text{t}$$

Dónde:

Q_t : Productividad por turno (diaria)

K_{ll} : Coeficiente de llenado: 0,9

T_t : Tiempo de un turno de trabajo

Productividad anual

$$Q_a = N_a \times Q_t$$

$$Q_a = 214 \times 259.2$$

$$Q_a = 55468 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Donde:

N_a : Días laborables al año (214)

Q_t : Productividad por turno (diaria)

Cantidad de días para el traslado del estéril con 3 camiones

$$N_c = \frac{V_{mt}}{Q_t}$$

$$N_c = \frac{150000}{259.2}$$

$$N_c = 578 \text{ días}$$



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Donde:

V_{mat} : Volumen de material

Q_a : Productividad por turno (diaria)

2.18. Diseño y construcción de caminos

En el yacimiento existen caminos mineros que establecen rutas hasta el almacén y hasta la escombrera. Los mismos presentan buen estado técnico y cumplen con los parámetros de diseño, lo que se le deberán realizar mantenimientos programados que garanticen su vida útil hasta finalizar la explotación.

Criterio para el mantenimiento de caminos mineros

En la construcción de un camino, la superficie está sometida a deformaciones por el constante paso de los vehículos de acarreo. Aunque el deterioro puede ser controlado en gran medida por el tipo de material empleado en la superficie, se deberá considerar un programa de mantenimiento de camino según la necesidad de seguridad y factores económicos.

En conjunto a una seguridad no satisfactoria, el deterioro del camino puede ser de alto costo desde el punto de vista de mantenimiento. Aunque el equipo minero de superficie está diseñado para aceptar condiciones severas, su vida útil puede incrementarse si el manejo defectuoso es mantenido en un minuto. El desgaste sobre cada componente aumenta significativamente cuando un vehículo se desplaza a alta velocidad sobre una superficie irregular. Si el vehículo es sometido a un uso constante de frenos para sortear las áreas malas, acarrea un desgaste innecesario de los componentes.

Al operar sobre áreas con alto contenido de polvo, los problemas de mantenimiento se diversifican. El efecto abrasivo de este material fino obliga a realizar una limpieza o remplazo costoso de los elementos, tales como frenos, filtros de aire, discos hidráulicos. Estos componentes de carácter crítico están sometidos a la infiltración de polvo en camiones de estas características.



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Debidos a que estos factores son definibles, el mantenimiento de caminos debe iniciarse con un esfuerzo intenso para incorporar procedimientos preventivos en vez de correctivos.



CAPITULO III. CÁLCULO ECONÓMICO, SEGURIDAD MINERA Y SITUACIÓN AMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO

3.1. Introducción

El parámetro fundamental que indica la efectividad de cualquier operación es el costo de producción de una tonelada de mineral extraído. Por eso es que se tienen en cuenta los gastos directos que se originan durante el desbroce, destape y la extracción del mineral, los gastos surgidos por concepto de mantenimiento, y los gastos indirectos incurridos durante la explotación.

El costo de extracción puede disminuirse a partir de la reducción de los distintos gastos que la componen, lo cual se puede lograr con el empleo de:

- Técnicas y tecnologías desarrolladas que permitan elevar la productividad del trabajo.
- Organización óptima de los trabajos que permitan la máxima eficiencia en la utilización de los equipos y recursos humanos.

3.2. Determinación de los costos

Los costos de operación han sido determinados para el primer año de explotación, periodo base para el proyecto y el plan de extracción. Esto se debe a las posibles variaciones de los precios de combustible, lubricantes, materiales, cambios de maquinaria y de todas las operaciones establecidas en el yacimiento que pueden afectar el índice de costo; para ello se deben realizar los cálculos por cada año de explotación para asegurar la viabilidad del proyecto.

Para los cálculos económicos se tienen en cuenta los gastos que se originan en las fases fundamentales que más inciden en el costo de producción en el primer año de explotación:

- Labores de desbroce y destape
- Labores de carga y transporte



3.3. Índices a tener en cuenta para el cálculo de los costos de producción

Combustible

Para el cálculo del gasto de combustible se multiplicó el consumo horario por las horas de operación de cada equipo minero.

Tabla 10. Gastos por concepto de combustible (G_c)

Equipos	Cantidad Equipos	Consumo horario (L/hora)	Horas Operación	Precio del litro (\$)	Costo Total(\$/año)
Retroexcavadora	1	30	1712	1.50	51360
Buldócer	1	22	1712	1.50	37664
Camión	3	12	1712	1.50	61632
Total					154624

Neumáticos

El cálculo de los gastos en neumáticos se obtiene a partir de las horas de trabajo de cada equipo por actividad. Estos fueron calculados como el producto del índice de costo horario para los neumáticos para cada equipo por el total de horas de operación.

Tabla 11. Gastos totales por concepto de neumático (G_n)

Equipos	Cantidad Equipos	Consumo de neumático al año (U)	Costo de neumático(\$)	Costo total (\$)
Camión	3	2	580	1740
Total				1740

Mantenimiento

El gasto de mantenimiento se obtiene de las horas de trabajo de cada equipo por actividad. Estos fueron calculados como el producto del índice de costo horario de mantenimiento para cada equipo por el total de horas de operación.



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Tabla 12. Gastos totales por concepto de mantenimiento (G_m)

Equipos	Cantidad Equipos	Mantenimiento planificado (h)	Costo por hora	Costo total
Buldócer	1	640	15	9600
Excavadora	1	680	18.20	12376
Camión	3	720	10.53	22744
Total				4472

Costo de producción en las labores de extracción

Tabla 13. Gastos por concepto de salario (G_s)

Calificativo de cargo	Salario escala (\$/mes)	Pago adicional	CLA	Permanencia	CIES	Total	9.09	Años 1,2,3,4,5
Operador de buldócer	375.00	75	15.3	53.00	60	1157	104	12826
Operador de retro excavadora	350.25	75	15.3	53.00	60	1107	100	12277
Chofer de camiones	390.50	75	15.3	53.00	60	2375	214	26339
Custodio	275.00	75	15.3	53.00	56	474	43	5259
Esp. en Explotación	415.50	105	15.3	73.00	84	6935	62	7683
Mecánico	350.25	75	15.3	55.00	63	559	50	6194
Subtotal								70577
Impuesto sobre nómina								7763
Seguridad social								9881
Fondo de estimación								21173
Total								\$546970



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO "LA LOMA"

Gastos totales durante las labores de extracción

$$G_{ct} = G_s + G_c + G_n + G_m$$

$$G_{ct} = 4940997 + 154624 + 1740 + 44.72$$

$$G_{ct} = \$494260401$$

Gastos directos generales

Gastos indirectos de la variante de apertura

$$G_i = G_d + 0.12$$

$$G_i = 494260401 + 0.12$$

$$G_i = \$494260412$$

Gastos totales

$$G_t = G_d + G_i$$

$$G_t = 21334 + 21334$$

$$G_t = \$4267098$$

Costo total por m³ de material extraído

$$C_t = \frac{G_t}{V_{\text{mineral}}}$$

$$C_t = \frac{4267098}{150000}$$

$$C_t = 0.28 \$$$

Donde:

G_t: Gasto total

V_{min}: Volumen de mineral a extraer



3.4. Situación ambiental y seguridad minera del yacimiento

3.4.1. Principales impactos ambientales

Los impactos ambientales que se originan en el área de los trabajos son fundamentalmente tres:

1. Impacto de ocupación: originado por la localización de la actividad minera en el área de trabajo.
2. Impacto sobre la vegetación, la fauna y el paisaje: Esta dado por la destrucción de la vegetación, producto del desbroce y extracción en la cantera propiamente, trayendo como consecuencia la proliferación de otras especies oportunistas como el marabú, de rápido crecimiento y desarrollo. Muy unido a esto se manifiesta el impacto sobre la fauna del lugar, debido a que con la destrucción de la vegetación, algunas especies faunísticas sufren el deterioro de sus condiciones de vida tales como el empeoramiento de las condiciones para la nidificación, la falta o reducción de abrigo y alimentación. Todo lo anterior impone un cambio drástico en el paisaje del lugar, determinado por las variaciones del contraste cromático que antes existía. Este se refleja en la morfología y la vegetación.
3. Impacto sobre el suelo: Este es el impacto directo dado por la destrucción de la capa vegetal, en el proceso de la extracción mineral, la creación de caminos, obras ingenieras y vías de acceso a la cantera.

3.4.2. Medidas a tener en cuenta para minimizar los impactos ambientales generados por la explotación minera

Teniendo en cuenta los impactos ambientales ocasionados por la explotación minera, las medidas a tener en cuenta para minimizar dichos impactos son:

- Señalizar todos los límites del área de concesión minera autorizado a explotar.
- Limitar el desbroce de la capa vegetal exclusivamente a las áreas debajo de las cuales existen reservas de calizas autorizadas a explotar.
- Cumplir con las exigencias planteadas en la Licencia Ambiental.



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

- Los camiones de carga de mineral transitarán a una velocidad moderada por los caminos para no generar gran cantidad de polvo.
- Riego de agua para el control del polvo a los caminos mineros una o dos veces en el turno de trabajo.
- Realizar periódicamente un control de polvo en todo el establecimiento.
- Reforestar las áreas minadas una vez terminada la explotación de las reservas.
- Realizar una explotación del yacimiento que permita la utilización a largo plazo del espacio minado para otros fines económicos y sociales.
- El traslado de los materiales se realizará tomando las medidas necesarias para evitar daños y perjuicios al medio ambiente, a chóferes y personas circulando en la vía (vehículos en perfecto estado técnico, toldos para evitar el desprendimiento de polvo u otras partículas contaminantes).

3.4.3. Medidas de seguridad minera en el yacimiento

Las medidas de seguridad son de gran importancia, debido a que impiden la posibilidad de accidentes, en algunos casos fatales; por eso reflejamos las más importantes y que deben ser cumplidas por todos los trabajadores [29].

- Los reglamentos de seguridad y protección deben de estar en cada equipo de trabajo para su consulta.
- La persona que dirige la explotación en el yacimiento debe conocer todos los reglamentos inherentes a las labores que se realizan.
- Se prohíbe dejar el buldócer y retroexcavadora con el motor funcionando y la cuchilla levantada, si no está trabajando.
- Los trabajadores tienen que usar los medios de protección individuales como cascos, guantes etc.
- Está terminantemente prohibido descansar debajo de los equipos aunque tengan el motor apagado.
- Establecer y determinar todos los límites de concesión minera autorizados a explotar.



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

- Realizar periódicamente un control de polvo en todo el establecimiento.
- Aplicar métodos de cuidado y vigilancia, con el fin de minimizar las alteraciones sobre la vida animal en las distintas fases del sistema de explotación.
- Reforestar las áreas minadas una vez terminada la explotación de las reservas.
- El traslado de los materiales se realizará tomando las medidas necesarias para evitar daños y perjuicios al medio ambiente, a chóferes y personas circulando en la vía (vehículos en perfecto estado técnico, toldos para evitar el desprendimiento de polvo u otras partículas contaminantes).
- No se acercará durante la descarga menos de 4,0 m.
- No se puede adelantar a otro vehículo de transporte en movimiento.
- La retroexcavadora debe de trabajar sobre plataforma aplanadas y compactada.



CONCLUSIONES

1. A partir del estudio de las características ingeniero-geológica del yacimiento “La Loma” de la provincia Ciego de Ávila, se elaboró el proyecto de explotación que permitirá extraer de forma racional y eficiente las reservas de arcillas caoliníticas, considerando las características del equipamiento disponible.
2. El diseño y planificación del sistema de explotación del yacimiento se realizó utilizando el software AutoCAD 3D 2014 y Gemcom.
3. A partir de los cálculos realizados correspondiente al proceso tecnológico y al método de arranque, el costo de producción que se obtiene para la explotación del yacimiento es de 0.28\$/m³.
4. Se establecieron medidas para reducir las afectaciones al medio ambiente y seguridad de los trabajos mineros.



RECOMENDACIONES

1. Actualizar el cálculo económico de este proyecto para cada año de explotación.
2. Realizar estudios de elevación de categoría de los recursos inferidos.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Alujas, Obtención de un material puzolánico de alta reactividad a partir de la activación térmica de una fracción arcillosa multicomponente, Tesis Doctoral, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, 2010.
- [2] R. Castillo, Puzolanas de alta reactividad a partir de la activación térmica y mecánica de una arcilla caolinítica de baja pureza, Tesis Doctoral, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, 2010.
- [3] R. Fernández, Calcined Clayey Soils as a Potential Replacement for Cement in Developing Countries, Tesis Doctoral, École Polytechnique Federale de Lausanne, 2009.
- [4] R.S. Almenares-Reyes, Potencialidades de arcillas caoliníticas cubanas para la obtención de materiales cementicios suplementarios, Tesis Doctoral, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, 2017.
- [5] F. Martirena, A. Alujas, L. Vizcaino, S. Berriel, E. Díaz, P. Abdel, et al., Desarrollo y producción industrial de un cemento de bajo carbono en Cuba, Anales de La Academia de Ciencias de Cuba. 6 (2016) 1–8.
- [6] R.S. Almenares, L.M. Vizcaíno, S. Damas, A. Mathieu, A. Alujas, F. Martirena, Industrial calcination of kaolinitic clays to make reactive pozzolans, Case Studies in Construction Materials. 6 (2017) 225–232. doi:10.1016/j.cscm.2017.03.005.
- [7] L.M. Vizcaíno, Cemento de bajo carbono a partir del sistema cementicio ternario clínquer - arcilla calcinada - caliza, Tesis Doctoral, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, 2014.
- [8] L. Vizcaíno, S. Sánchez, A. Pérez, S. Damas, K. Scrivener, F. Martirena, Industrial trial to produce low clinker, low carbon cement, Materiales de Construcción. 65 (2015) e045. doi:10.3989/mc.2015.00614.
- [9] I. Velinov, Cuarcitas secundarias desarrolladas después del Cretácico en las vulcanitas de la Zona Zaza., Santa Clara, Cuba, Cuba, 1980.



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

- [10] C. Setien Vázquez, Prospección preliminar Caolín Gaspar., Ciego de Ávila, Cuba, 1980.
- [11] E. Piñero, Sobre los resultados del Levantamiento Geológico del Polígono Camagüey, Sector Ciego de Ávila- Vertientes, Ciego de Ávila, Cuba, 1990.
- [12] F. Arcial, Informe de reconocimiento caolín Este de Ciego de Avila, La Habana, Cuba, 2000.
- [13] A. Suárez, F. Arcial, J.A. González, M.A. Alfonso, Informe de prospección caolín Este de Ciego de Avila, La Habana, Cuba, 2003.
- [14] F. Arcial, Informe de exploración de explotación cantera Caolín Gaspar, Santa Clara, Cuba, 2008.
- [15] F. Arcial, A. Alujas, Informe de identificación de arcillas caoliníticas, calizas y arcillas para la fabricación de Cemento de Bajo Carbono (LCC) en los alrededores de Gaspar Provincia Ciego de Ávila y Siguaney Provincia Sancti Spiritus, Santa Clara, Cuba, 2015.
- [16] F. Arcial, Infomer de exploración detallada de caolín La Loma y orientativa de Bañadero y Loma Sur, La Habana, Cuba, 2007.
- [17] NC TS 528, Cemento hidráulico - Puzolanas- Especificaciones, (2013) 8. www.nc.cubaindustria.cu.
- [18] ONRM, Balance Nacional de Recursos y Reservas Minerales No Metálicos, La Habana, Cuba, 2016.
- [19] R.S. Almenares Reyes, A.A. Díaz, S.B. Rodríguez, C.A.L. Rodríguez, J.F.M. Hernández, Assessment of Cuban kaolinitic clays as source of supplementary cementitious materials to production of cement based on clinker – Calcined clay – Limestone, 2018. doi:10.1007/978-94-024-1207-9_4.
- [20] E. Cabrera, R. Almenares, A. Alujas, Assessment of the pozzolanic reactivity of calcined kaolinitic clays by a rapid alkaline solubility test, 2018. doi:10.1007/978-94-024-1207-9_16.



PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

- [21] A. Vázquez Pérez, Evaluación de depósitos arcillosos en la región central de Cuba como fuente de materias primas para la obtención de puzolanas de alta reactividad, Trabajo de Diploma, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, 2016.
- [22] A. Alujas, R.S. Almenares, S. Betancourt, C. Leyva, Pozzolanic reactivity of low grade kaolinitic clays: Influence of mineralogical composition, in: K. Scrivener, A. Favier (Eds.), *Calcined Clays for Sustainable Concrete*, Springer Netherlands, Dordrecht, 2015: pp. 339–345. doi:10.1007/978-94-017-9939-3_42.
- [23] O. Belete Fuentes, Folleto de máquinas de excavación – carga, in: *Máquinas E Instalaciones Mineras*, Felix Varela, La Habana, Cuba, 2002: p. 230.
- [24] J. Herrera H, *Métodos de minería a cielo abierto. Explotaciones de canteras para áridos*, La Habana, Cuba, 2007.
- [25] Hoek, Bray, *Manual de Ingeniería de Taludes*, Amsterdam, 1977.
- [26] M. Cartaya Pire, *Tecnología de explotación de los yacimientos*, Tesis Doctoral, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, 2008.
- [27] Ceproníquel, *Proyecto de Explotación del Yacimiento Guido Pérez “Cantera Habana,”* Moa, Cuba, 2012.
- [28] Ceproníquel, *Actualización de Proyecto de Explotación de Yacimientos no metálicos “Yacimiento Victoria III,”* Moa, Cuba, 2015.
- [29] *Seguridad y salud en minas a cielo abierto*, Oficina Internacional del Trabajo Ginebra, Ginebra, Suiza, 1991.

ANEXOS



ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica del Buldócer



Volumen de aceite del motor	27 L
Volumen del fluido del sistema hidráulico	101 L
Volumen del fluido de la unidad de potencia	90 L
Tensión de funcionamiento	24 V
Peso útil	24440 kg
Volumen de combustible	480 L
Volumen del fluido del sistema refrigerante	79 L
Dimensiones	
Despeje sobre el suelo	415 mm
Longitud sin cuchilla	4730 mm
Longitud con cuchilla	6830 mm
Distancia entre las cadenas de la oruga	2620 mm
Altura hasta la parte superior de la cabina	3380 mm
Longitud de la cadena de la oruga a nivel del suelo	2840 mm
Cuchilla de serie	
Ancho	3725 mm
Altura	1390 mm
Volumen	5.2 m ³
Profundidad de corte	540 mm



Anexo 2. Ficha técnica de la retroexcavadora Liebherr 984



Pala de carga	
Profundidad máxima de excavación	3800 mm
Altura máxima de corte	9300 mm
Altura máxima de descargas	8900 mm
Alcance máximo durante la excavación	10800 mm
Pala de carga	Conexión de la pala
Altura hasta la parte superior de la pluma con pala	5400 mm
Longitud Total con pala	15500 mm
Pala	
Volumen inicial de la pala	7 m ³
Volumen mínimo de la pala	5.7 m ³
Volumen máximo de la pala	10.6 m ³
Explotación	
Volumen de combustible	1585 L
Volumen del fluido del sistema hidráulico	1660 L.
Velocidad de giro	5.2 RPM.
Tensión de funcionamiento	24 V
Amperaje del generador	100 amperios

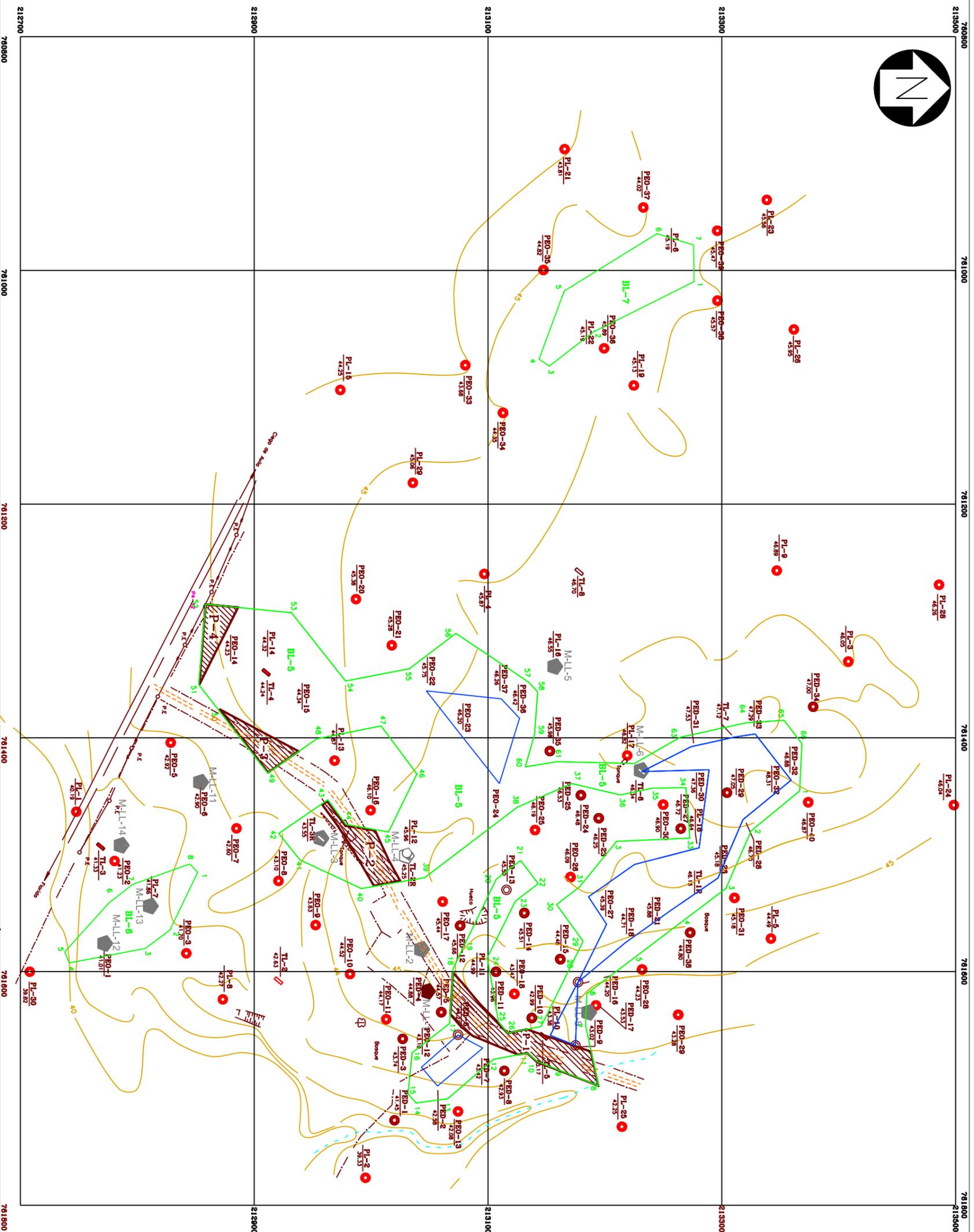


PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO “LA LOMA”

Anexo 3. Ficha técnica del camión Howo



Model	ZZ5707V3640CL	ZZ5707V3640CL	ZZ5707V3640CL
Cab	HW7D Single side with A/C		
Engine Horsepower	420	420	420
Transmission	HW21712	HW21712	HW21712
Front axle	HF12	HF12	HF12
Rear axle	AC26	AC26	AC26
Steering	ZF	ZF	ZF
Tires	14.00-25 (36PR)	14.00-25 (36PR)	14.00-25 (36PR)
Carriage Dimensins(mm)	5500×3100×1800	5800×3100×1700	6200×3100×1600
Cubage (m3)	30.69	30.57	30.75
Steel thickness of Carriage(mm)	Floor:14/Side:12	Floor:14/Side:12	Floor:14/Side:12
Hydraulic Lift of Carrdge	Frint Lift	Frint Lift	Frint Lift



SIMBOLOGIA

-  CURVAS DE NIVEL
-  MONUMENTO TOPOGRAFICO
-  CAMINO DE ACCESO
-  POZOS INVESTIGACION GEOLOGICA
-  RECURSOS INDICADO
-  RECURSOS MEDIDOS
-  CERCA
-  PILAR

CLIENTE:

PROYECTO DE EXPLOTACION "LA LOMA GASPAR"



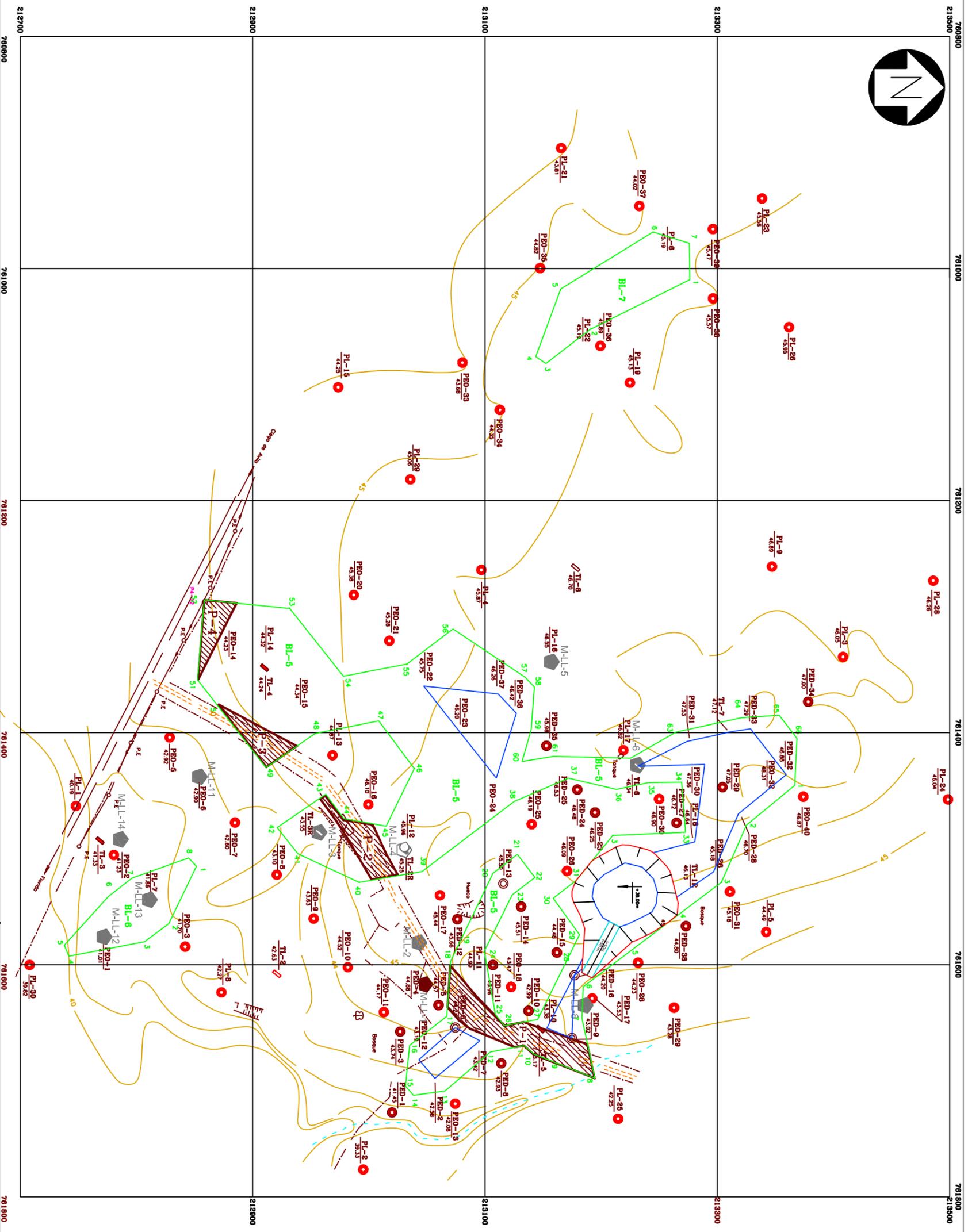
TITULO:
PLANO TOPOGRAFICO

ESC.1:3500

PLANO No. 001

REV





SIMBOLOGIA

	TALUD
	CURVAS DE NIVEL
	MONUMENTO TOPOGRAFICO
	CAMINO DE ACCESO
	POZOS INVESTIGACION GEOLOGICA
	RECURSOS INDICADO
	RECURSOS MEDIDOS
	CERCA
	PILAR

CLIENTE:

PROYECTO DE EXPLOTACION "LA LOMA GASPAR"



TITULO:
PLANO TRINCHERA DE ACCESO

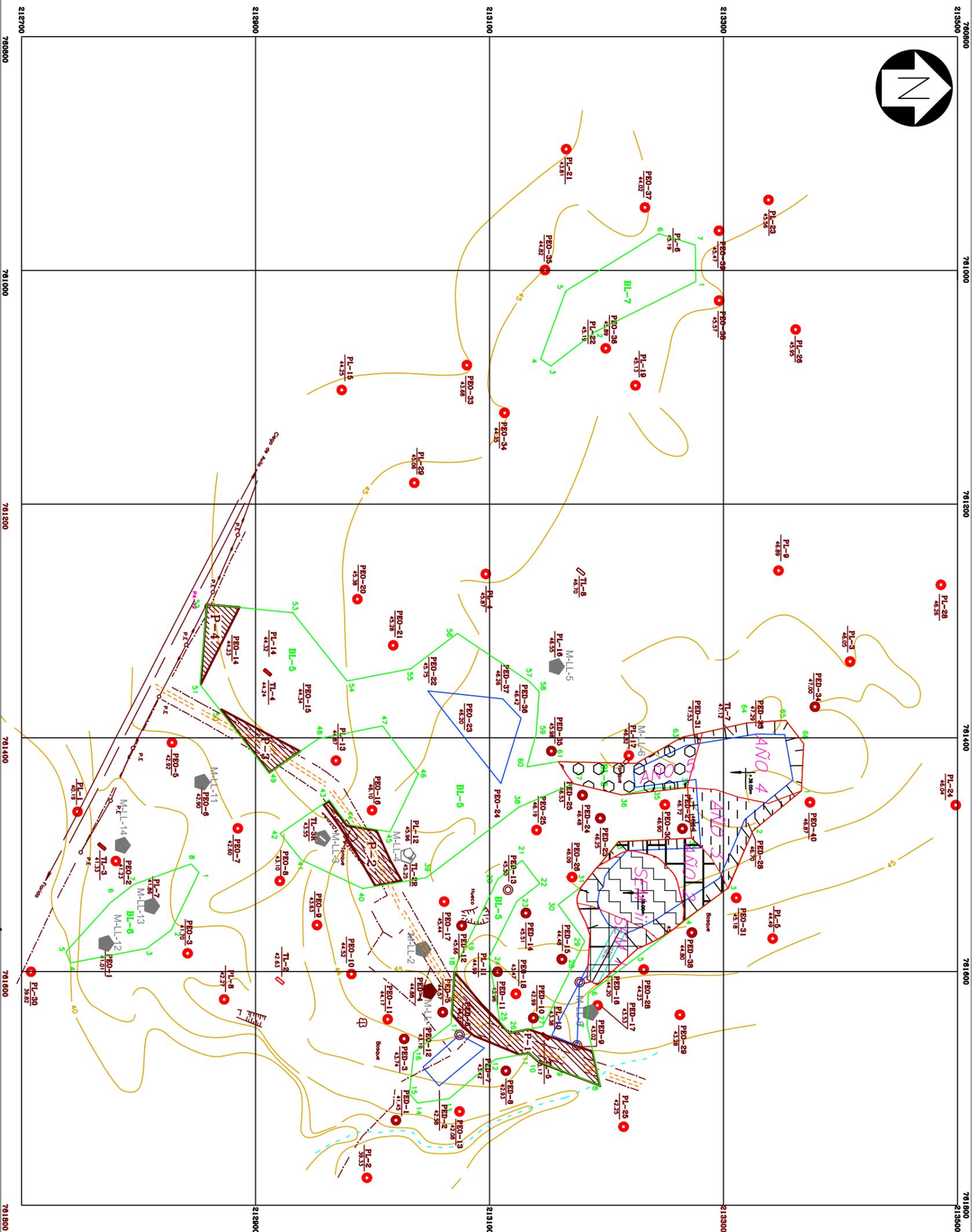
ESC.1:3500

PLANO No.

002

REV





SIMBOLOGÍA

	TALUD
	CURVAS DE NIVEL
	MONUMENTO TOPOGRAFICO
	CAMINO DE ACCESO
	POZOS INVESTIGACIÓN GEOLOGICA
	RECURSOS INDICADO
	RECURSOS MEDIDOS
	CERCA
	PILAR
	SEMESTRE I
	SEMESTRE II
	AÑO 2
	AÑO 3
	AÑO 4
	AÑO 5

CLIENTE:

PROYECTO DE EXPLOTACION "LA LOMA GASPAR"



TÍTULO:

PLANO PLAN CALENDARIO
AÑO 1, AÑO2, AÑO 3, AÑO4 Y AÑO 5

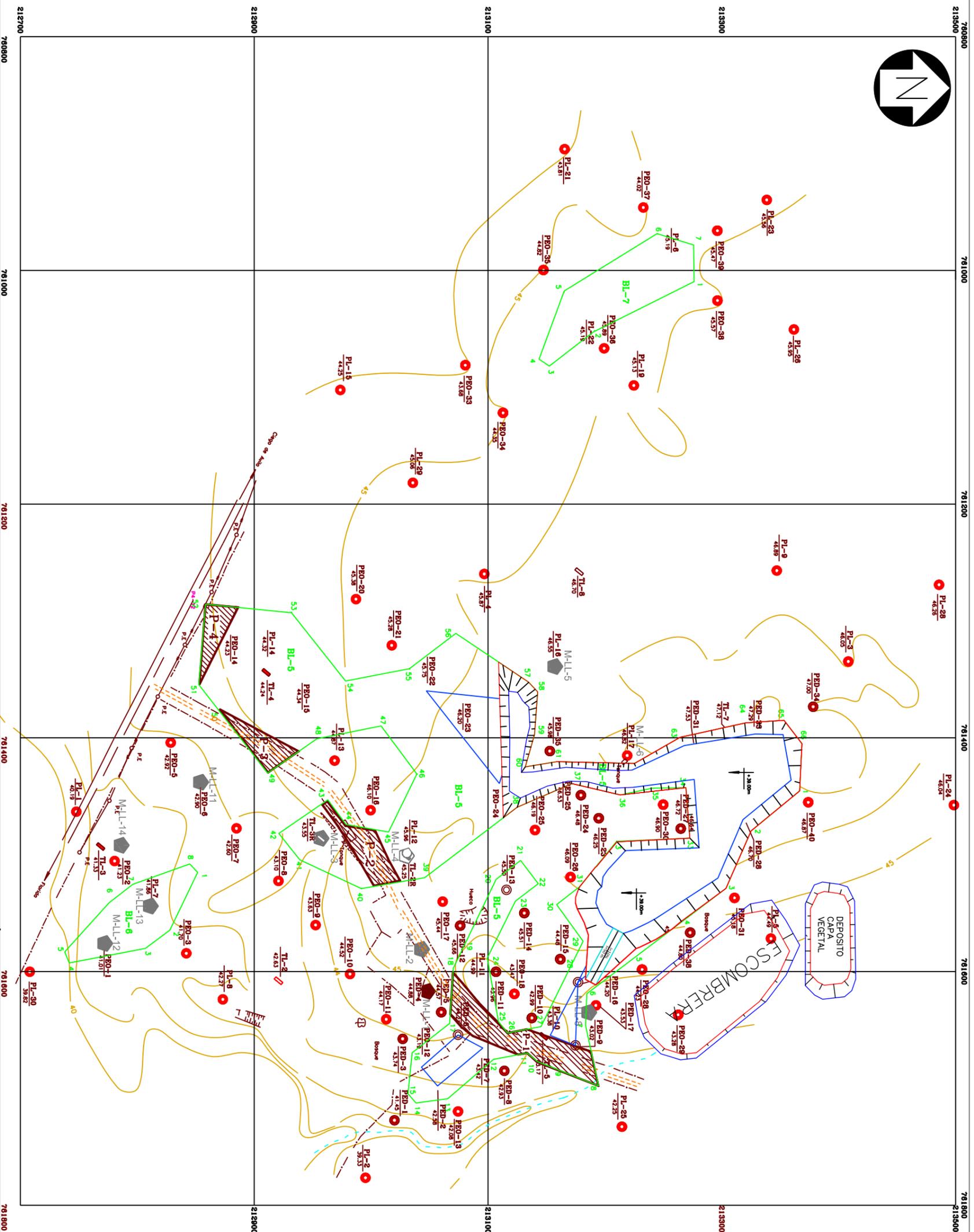
ESC.1:3500

PLANO No.

003

REV





SIMBOLOGIA

	TALUD
	CURVAS DE NIVEL
	MONUMENTO TOPOGRAFICO
	CAMINO DE ACCESO
	POZOS INVESTIGACION GEOLOGICA
	RECURSOS INDICADO
	RECURSOS MEDIDOS
	CERCA
	PILAR

CLIENTE:

PROYECTO DE EXPLOTACION "LA LOMA GASPAR"



MOA-CUBA

TITULO:
PLANO DISEÑO FINAL

ESC.1:3500

PLANO No.

004

REV

