Servicio Nacional de Geología y Minería

APRUEBA METODO DE EXPLOTACIÓN A RAJO ABIERTO DE LAS MINAS "RAJO EL LLANO Y RAJO LAS MARIAS", EL BOTADERO DE ESTERILES EL LLANO Y EL BOTADERO DE ESTERIL LAS MARIAS, DEL PROYECTO DISTRITO NORTE DE LA EMPRESA CIA. MINERA MANTOS DE LA LUNA S.A., UBICADO EN LA COMUNA DE TOCOPILLA, PROVINCIA TOCOPILLA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

SANTIAGO, 13 DE MARZO DE 2023.

RESOLUCIÓN EXENTA N° 0345/2023

VISTOS:

Lo dispuesto en el Decreto Ley Nº 3.525, de 1.980, que Crea el Servicio Nacional de Geología y Minería; la Resolución Exenta RA N°249/331/2020 del 30 de septiembre de 2020, de la Dirección Nacional del Servicio Nacional de Geología y Minería que nombra en el cargo que indica, a don David Montenegro Cabrera como Subdirector Nacional de Minería del Servicio Nacional de Geología y Minería; la Resolución Exenta N°2.374, de 04 de noviembre de 2014, del Servicio Nacional de Geología y Minería, que delega facultades que indica al Subdirector Nacional de Minería, a los Directores Regionales y a los Jefes de Oficinas Técnicas del Servicio Nacional de Geología y Minería; la Resolución Exenta N° 185, de 23 de enero de 2017, del Servicio Nacional de Geología y Minería, que complementa la Resolución Exenta N° 2.374 del 04 de noviembre de 2014; la Resolución Exenta N°2.537, de 18 de octubre de 2017, del Servicio Nacional de Geología y Minería, que delega facultad que indica al Subdirector Nacional de Minería; el Decreto Supremo Nº72, de 1985, del Ministerio de Minería, "Reglamento de Seguridad Minera", cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado mediante el artículo quinto del Decreto Supremo Nº132, de 2002, del Ministerio de Minería; el Decreto Supremo N°248, de 2006, del Ministerio de Minería, que aprueba el Reglamento para la Aprobación de los Proyectos de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relavesla Ley N° 19.880 que establece las Bases de los Procedimientos Administrativos que Rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado; la Resolución N° 7, de 2019, sobre Exención del Trámite de Toma de Razón y el Dictamen N° 04881, de 1982, ambos de la Contraloría General de la República; y,

CONSIDERANDO:

1. La carta Ingreso N° 7459 de fecha 13 de julio de 2021, en la Dirección Regional de Antofagasta, dirigida al Director Regional de Antofagasta de Sernageomin, adjuntando el Proyecto Minero Rajo Abierto, Distrito Norte, de la Compañía Minera Mantos de la Luna S.A., RUT N° 96.939.240-2, para la revisión y aprobación del Servicio

2. Que, el Proyecto presentado esta firmado por el Ingeniero de Ejecución de Minas, Sr. Vicente Bongiorno Barrios, Vicepresidente de Operaciones, según lo establecido en el Art. 33 del Reglamento de Seguridad Minera, DS 132 del 2002 del Ministerio de Minería.

3. Que, el Proyecto "Distrito Norte", que incluye la explotación a Rajo Abierto de las minas: "Rajo Sur Las Marías, Rajo Las Marías y Rajo El Llano", y los Botaderos de Estéril: "Botadero Sur Las Marías, Botadero Las Marías y Botadero El Llano, fue calificado Ambientalmente Favorable por la Resolución Exenta N° 0006/2021 de fecha 07 de enero de 2021, de la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Antofagasta.

4. Que, el proyecto presentado incluye el método de explotación de los Mina a Rajo Abierto: Rajo Las Marías, Rajo Las María Sur y Rajo El Llano; y un botadero asociado a cada mina denominados: Botadero de Estéril Las Marías, Botadero de Estéril Las María Sur y Botadero de Estéril El Llano, respectivamente.

5. Que, el Proyecto minero está amparada en las siguientes concesiones mineras de explotación perteneciente a la Compañía Mantos de la Luna S.A., inscritas y vigentes en la comuna de Tocopilla, Provincia de Tocopilla, II Región de Antofagasta:

PERTENENCIA MINERA	ROL NACIONAL	INSCRIPCION
María 3, 1 al 20	02101-2088-2	Fojas 65, N°18 del 2009
María 9, 1 al 20	02101-2094-7	Fojas 95 N°24 del 2009
María 11, 1 al 20	02101-2096-3	Fojas 105, N°26 del 2009
Consuelo 8, 1 al 20	02101-1912-4	Fojas 91 N°16 del 2005
María 1 A, 1 al 25	02101-2394-6	Fojas 33 N°18 del 2017
María 14, 1 al 30	02101-2099-8	Fojas N°120 N°29 del 2009
María 13, 1 al 5	02101-2098-k	Fojas N°115 N°28 del 2009

6. Que, la empresa cuenta con Servidumbres Mineras para amparar la ocupación del predio superficial en que se desarrollará la explotación minera.

7. Que, mediante el Oficio Ordinario N° 2133/2021 del 18 de octubre de 2021, de la Subdirección Nacional de Minería, se solicitaron aclaraciones, rectificaciones y/o ampliaciones de fondo al proyecto, otorgándosele a la Empresa Minera un plazo de 60 días, desde la notificación del citado oficio, para dar respuesta a dichas observaciones.

8. Que, con la carta Ingreso N° 165 del 05 de enero de 2022, en la Dirección Regional de Antofagasta, la empresa solicitó ampliar en 30 días el plazo otorgado para dar respuestas al Ord. N° 2133/2021 de fecha 18 de octubre del 2021; él que fue otorgado mediante la Resolución Exenta N° 0043/2022 de fecha 12 de enero de 2022.

9. Que, con la carta Ingreso N° 987 del 04 de febrero de 2022, en la Dirección Regional de Antofagasta, la empresa adjunto las respuestas al Ord. N° 2133/2021 de fecha 18 de octubre de 2021 y desiste de la solicitud de aprobación del Método de Explotación y el Botadero de estéril de la Mina Las Maria Sur.

10. Que, mediante el Oficio Ordinario N° 0761/2022 del 14 de abril de 2022, de la Subdirección Nacional de Minería, se solicitaron aclaraciones, rectificaciones y/o ampliaciones de fondo al proyecto, otorgándosele a la Empresa Minera un plazo de 60 días, desde la notificación del citado oficio, para dar respuesta a dichas observaciones.

11. Que, con la carta Ingreso N° 4203 del 17 de junio de 2022, en la Dirección Regional de Antofagasta, la empresa adjunto las respuestas al Oficio Ordinario N° 0761/2022 del 14 de abril de 2022, de la Subdirección Nacional de Minería.

12. Que, mediante el Oficio Ordinario N° 2063/2022 del 10 de agosto de 2022, de la Subdirección Nacional de Minería, se solicitaron aclaraciones, rectificaciones y/o ampliaciones de fondo al proyecto, otorgándosele a la Empresa Minera un plazo de 30 días, desde la notificación del citado oficio, para dar respuesta a dichas observaciones.

13. Que, con la carta Ingreso N° 10019 del 29 de septiembre de 2022, en la Dirección Regional de Antofagasta, la empresa adjunto las respuestas al Oficio Ordinario N° 2063/2022 del 10 de agosto de 2022, de la Subdirección Nacional de Minería.

14. Que, mediante el Oficio Ordinario N° 2810/2022 del 22 de noviembre de 2022, de la Subdirección Nacional de Minería, se solicitaron aclaraciones, rectificaciones y/o ampliaciones de fondo al proyecto, otorgándosele a la Empresa Minera un plazo de 30 días, desde la notificación del citado oficio, para dar respuesta a dichas observaciones.

15. Que, con la carta Ingreso N° 356 del 16 de enero de 2023, en la Dirección Regional de Antofagasta, la empresa adjunto las respuestas al Oficio Ordinario N° 2810/2022 del 22 de noviembre de 2022, de la Subdirección Nacional de Minería.

16. Que, el presente Proyecto tiene por objetivo: cumplir con lo estipulado en los Artículos Nº 22 y N° 339 del Reglamento de Seguridad Minera, cuyo texto Refundido, Coordinado y Sistematizado fue fijado por el D.S. Nº 132 del 2002 del Ministerio de Minería.

17. Que, el Análisis de Estabilidad para el Mina Rajos El Llano, Mina Rajo Las María, Botaderos de Estéril El Llano y Botadero de Estéril Las María, presentado por la Empresa, realizado por la Empresa consultora FF Geomechanics, establece que tanto los taludes de las minas como los botaderos serán estables en todas sus fases, durante la vida útil del proyecto.

18. Que, el proyecto fue revisado técnicamente según lo estipulado en el "Reglamento de Seguridad Minera" y cumple, durante su etapa de operación, con las precauciones necesarias para velar por la protección de las personas e instalaciones.

RESUELVO:

1° **APRUÉBASE** el "Método de Explotación a Rajo Abierto para las Minas: "Rajo Las Marías y Rajo el Llano", y los Proyectos de los Botaderos de "Estéril Las Marías y El Llano", del Proyecto Minero Distrito Norte de la Compañía Minera Mantos de la Luna S.A., RUT N° 96.939.240-2, para ser aplicada en la Faena Distrito Norte, ubicada en la comuna de Tocopilla, provincia de Tocopilla, II Región de Antofagasta.

2° **Antecedentes Generales**

1. Ubicación del Proyecto:

El Proyecto Distrito Norte se encuentra ubicada a unos 19 kilómetros de la ciudad de Tocopilla, a 1400 msnm aproximadamente, en la comuna de Tocopilla, Provincia de Tocopilla y Región de Antofagasta.

La Mina Rajo El Llano, El Botadero de Estéril El Llano, La Mina Rajo Las Marías y el Botadero de Estéril Las Marías, con sus instalaciones generales estarán emplazadas entre las siguientes coordenadas UTM PSAD 56 Uso 19S:

PIT EL LLANO COORDENADAS UTM				
Vértice	WGS84		PSAD56	
	Norte	Este	Norte	Este
R1	7,540,049	377,455	7,540,423	377,639
R2	7,540,081	377,608	7,540,455	377,792
R3	7,539,979	377,687	7,540,353	377,871
R4	7,539,837	377,646	7,540,211	377,830
R5	7,539,778	377,417	7,540,152	377,601
R6	7,539,855	377,332	7,540,229	377,516
R7	7,539,954	377,326	7,540,328	377,510

BOTADERO EL LLANO COORDENADAS UTM				
Vértice	WGS84		PSAD56	
	Norte	Este	Norte	Este
B1	7,540,598	377,287	7,540,972	377,471
B2	7,540,569	377,494	7,540,943	377,678
B3	7,540,161	377,528	7,540,535	377,712
B4	7,540,112	377,440	7,540,486	377,624
B5	7,540,039	377,421	7,540,413	377,605
B6	7,539,990	377,308	7,540,364	377,492
B7	7,540,284	377,162	7,540,658	377,346

RAJO LAS MARIAS		
COORDENADAS PSAD 56		
VERTICE	NORTE(M)	ESTE (M)
R1	7.536.871	379.444
R2	7.536.883	379.605
R3	7.536.545	379.798
R4	7.536.392	379.684
R5	7.536.229	379.321
R6	7.536.269	379.149
R7	7.536.528	379.528

BOTADERO ESTERIL LAS MARIAS		
COORDENADAS PSAD 56		
VERTICE	NORTE(M)	ESTE (M)
R1	7.536.851	378.056
R2	7.537.215	379.017
R3	7.537.532	379.309
R4	7.537.523	379.895
R5	7.536.941	379.813
R6	7.536.942	379.461
R7	7.536.702	378.954

INSTALACIONES GENERALES		
COORDENADAS PSAD 56		
VERTICE	NORTE(M)	ESTE (M)
1	7.533.406	380.764
2	7.533.286	380.782
3	7.533.216	380.555
4	7.533.334	380.526

No existirán instalaciones aledañas a los Rajo y Botaderos que puedan ser afectados por la explotación de las minas o el llenado del botadero; Estas instalaciones estarán ubicados de tal forma que la explotación de las minas no afectará la operación de los botaderos de Estéril y estos no producirán derrames de material hacia el interior de las minas o afectarán la estabilidad de las paredes de ellas.

2. Condiciones del Lugar de emplazamiento

Según registro de lluvias entre el año 1994 y el año 2018, las precipitaciones máximas registrada en 24 horas fueron en el año 2002 con 11,5 mm y año 2015 con precipitaciones de 10,5 mm, el resto fueron inferiores a 1 mm.

El sector el Llano, donde se emplazará la Mina Rajo Llano y Botadero Llano se encuentra ubicado en las cotas superiores del sector, por lo que no serán afectados por escorrentías superficiales.

El sector donde se ubicará la mina y botadero Las Marías podría existir eventuales escorrentía menor que atraviesa el área del botadero las Marías, las que deberán ser controladas con canales perimetrales y pretiles que evitarán que las eventuales escorrentías de aguas lluvias afecten la pata de los botaderos y la explotación de las minas.

3. Infraestructura General de la Faena.

Las principales infraestructura y servicio que serán construidas para la etapa de construcción y operación del proyecto Distrito Norte serán los siguientes: Garita de Control y Oficina, Casa de Cambio y Servicios Higiénicos, Comedor, Estacionamientos, Sistema de Energía Eléctrica por paneles solares y Sistema General de Distribución de Agua Potable y Alcantarillado. No se considera la construcción de polvorines ya que el explosivo usado será transportado desde la Faena Mantos de La Luna.

Para la conexión de la faena, las minas y los botaderos se considera el mejoramiento de caminos internos. La conexión del Proyecto con la Planta Mantos de La Luna será por los caminos privados existentes. Estos caminos, en general, tendrán plataformas de rodado de aproximadamente 12 m de ancho y sus pendientes no superarán el 10 %.

El diseño minero considera el mejoramiento de caminos internos existentes que permitirán el acceso a las áreas del proyecto y la comunicación entre éstas; además, se contará con caminos ripiados existentes, que conectarán el proyecto con la Planta de faena Mantos de La Luna. Dichos caminos tendrán plataformas de rodado de un ancho aproximado de 12 m y con pendientes máximas de 10%.

4. Vida Útil y Ritmo de Producción.

La vida útil será de 5 años y 3 meses en explotación, considerando una extracción neta aprox. de 3.130.000 ton de mineral y 44.000.000 ton de estéril. El ritmo de explotación mensual del proyecto Distrito Norte, alcanzará un régimen total máximo de 70.000 ton/mes.

El Plan de Explotación para el periodo considerado será el siguiente:

RITMO EXPLOTACION - VIDA UTIL

MINA	MOVIMIENTO MINA TOTAL		AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5	
	Mineral (ton/año)	Estéril (ton/año)	Mineral (ton/año)	Estéril (ton/año)	Mineral (ton/año)	Estéril (ton/año)	Mineral (ton/año)	Estéril (ton/año)	Mineral (ton/año)	Estéril (ton/año)	Mineral (ton/año)	Estéril (ton/año)
Las Marías	1,998,389	38,932,518	-	5,777,600	499,597	8,465,600	499,597	8,465,600	499,597	8,465,600	499,598	7,758,118
El Llano	1,130,000	5,000,000	-	1,020,000	376,666	977,850	376,666	2,184,480	376,668	817,670	-	-

Ritmo Explotación-Vida Util, Proyecto Distrito Norte.

5. Dotaciones de personal.

En la etapa de construcción, se considera una dotación total de 135 trabajadores, de los cuales 9 serán Propios y 126 externos; Durante la Etapa de Operación la dotación de personal será de 9 personal Propios y se estima una dotación de externos de entre 147 a 116 personas, con un total promedio de 145 trabajadores.

No se considera la instalación de campamentos y el personal será transportado diariamente desde la ciudad de Tocopilla.

6. Reservas y Recursos Minerales

Proyecto Distrito Norte a Rajo Abierto considera la extracción de 3.128.389 toneladas de mineral, de los cuales: 1.130.000 ton de mineral son del Rajo El Llano y 1.998.389 toneladas de mineral son del Rajo Las Marías Principal

7. Geología y Mineralogía.

Los yacimientos El Distrito Norte corresponden a cuerpos mineralizados de cobre. Están constituidos por una secuencia de rocas volcánicas de composición andesítica, presentando mineralización en lavas y brechas volcánicas andesíticas, con estratificación de tipo mantiforme lenticular y vetiforme con desarrollo en brechas hidrotermales subverticales. La estratificación presenta un rumbo general N25°W y manteo de 25°NE, en torno a intrusivos microdioríticos.

La secuencia estratificada está instruida por un stock de composición diorítica, relacionado, probablemente en su génesis, a diques de igual composición que tienen una orientación N60°-70°E, asociado al dominio estructural principal además del Dique Llano que corresponde a un cuerpo tabular de composición intermedia él que estaría controlando la mineralización al norte del yacimiento.

La ocurrencia de las asociaciones de minerales opacos y oxidados de cobre es en superficies de fracturas, vetillas y diseminación de la roca; La Crisocola-Atacamita se encuentra en las zonas de mantos, vetas, brechas, lineamientos estructurales, rellenando superficies de fracturas; Las Hematitas – Magnetitas se presentan en todas las unidades relacionadas a la alteración propilítica y se presentan con características de diseminación y vetillas, individualizándose un proceso de matización de las magnetitas a hematitas; y La Calcosina-Calcopirita se encuentran en cristales relacionados principalmente a las zonas de brechas hidrotermales.

Las rocas que albergan la mineralización de óxidos de cobre corresponden a andesitas porfídicas, amigdaloideas, porfídicas amigdaloideas y autobrechas. En las primeras, la mineralización se presenta asociada principalmente a estructuras las cuales cortan la estratificación y, de forma diseminada, en cuerpos de tipo mantiformes, mientras que en las andesitas amigdaloideas y porfídicas amigdaloideas y autobrechas la mineralización se presenta en amígdalas o en forma diseminada asociada a mantos.

La principal mena de cobre de los yacimientos Las Marías y El Llano, es la atacamita-crisocola, y en forma subordinas, se presentan calcosinas y calcopiritas.

Geología Estructural

El sector Distrito Norte, y en general el Distrito Tocopilla, se encuentra fuertemente influenciado por las estructuras tectónicas presentes, entre ellas, fallas y diaclasas que ejercen un importante control sobre el emplazamiento de la mineralización de cobre.

Se identifican tres familias o dominios estructurales de acuerdo con la disposición espacial de las estructuras:

a) Sistema NE:

El sistema de fallas NE es el dominio estructural más importante dentro del área, presenta una orientación N60°-70°E y manteos que varían entre 70°SE y subverticales; se extienden al Oeste de las fallas sub meridianas (Sistema de Falla Atacama), hasta el acantilado costero, observándose corridas máximas reconocidas de 20 km. La mineralización del proyecto Distrito Norte se desarrolla en zonas cercanas a estas fallas.

Las estructuras que componen este sistema cortan tanto a rocas intrusivas como a rocas volcánicas, desarrollándose, en la primera, importantes yacimientos vetiformes asociados a las fallas y en las segundas, una mezcla de yacimientos vetiformes y mantiformes, asociados a brechas hidrotermales.

b) Sistema NNE

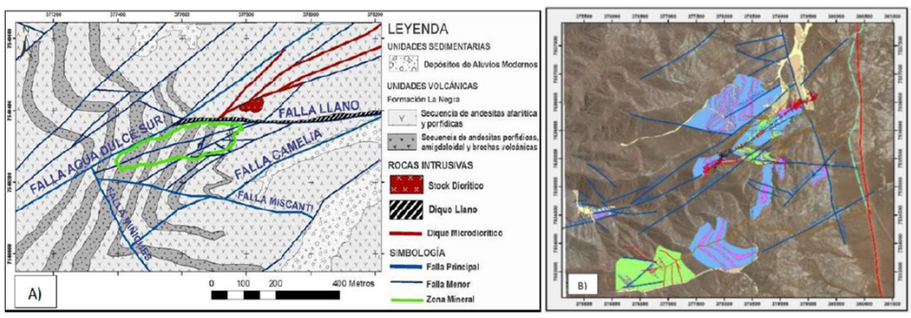
El sistema NNE tiene una orientación de N20°-30°E y se encuentra representado por estructuras menores, de longitudes menores a 3 km, distribuidas erráticamente a lo largo de toda el área. Las fallas asociadas a este set estructural afectan principalmente a rocas intrusivas.

c) Sistema NW

Este sistema consiste en un conjunto de estructuras de pequeña extensión distribuidas a lo largo de toda el área estudiada. Estas fallas normalmente son más jóvenes que los otros sistemas mencionados.

La caracterización geológica del área donde se emplaza el proyecto Distrito Norte (sector Las Marías y sector El Llano), sus fallas, vetas y litología, se representa gráficamente en el mapa geológico y la descripción de las áreas correspondientes:

A) Mapa geológico y de estructuras sector El Llano. B)Mapa geológico y de estructuras sector Las Marías.

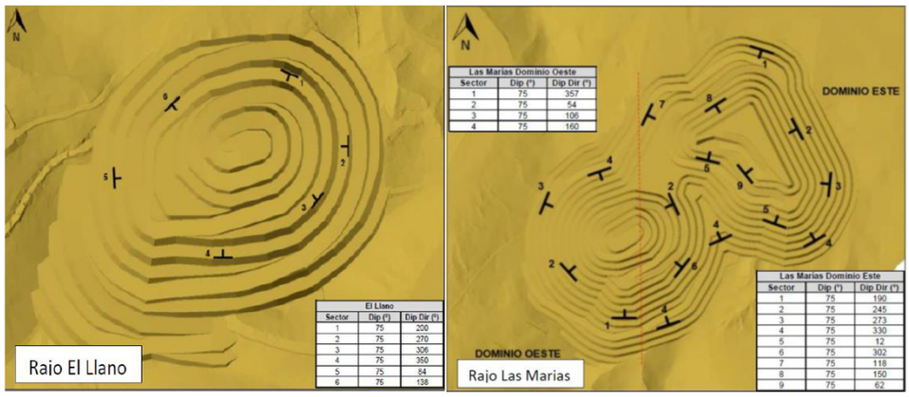


8. Modelo Geotécnico y Geomecánico

Para determinar la estabilidad de las paredes de ambas minas se realizó, en cada uno de los rajos, un análisis cinemático de vulnerabilidad geotécnica con el objeto de: identificar las distintas direcciones de los taludes y las tendencias estructurales de cada sector; desarrollar los análisis banco-berma, para determinar los tipos de inestabilidades en cada una de las zonas de análisis; análisis de fallamientos planares (Rocplane) y generación de cuñas inestables; y determinar restricciones geomecánicos en la explotación de ambos Rajos.

1) Identificación de posibles inestabilidades Geotécnicas

Para la identificación las posibles inestabilidades geotécnicas, se consideraron las siguientes direcciones de manteo de talud del Rajo Las Marías y del Rajo El Llano



Las tendencias estructurales consideradas para el análisis, del Rajo Las Marías y el Rajo El Llano fueron las siguientes:

Tendencia Estructurales Rajo Las Marias						Dominio Estructural El Llano		
Dominio Estructural Este			Dominio Estructural Oeste					
Estructuras	Dip(°)	Dip Dip(°)	Estructuras	Dip(°)	Dip Dip(°)	Estructuras	Dip(°)	Dip Dip(°)
1	5	76	1	86	222	1	5	76
2	66	343	2	33	94	2	66	343
3	68	87	3	16	18	3	68	87
4	77	41				4	77	41

2) Análisis cinemáticos de Estabilidad de Los Rajos

El diseño de las minas Rajo El Llano y Rajo Las Marías fueron sometidos a diversos análisis de estabilidad considerando las características geológicas, litológicas y estructurales del terreno, en estáticas y sísmicos:

De los análisis cinemáticos de estabilidad realizados, a escala banco-berma e inter-rampa, con las propiedades estructurales se obtenidos los siguientes resultados:

Escala Banco-Berma.

Mina	Dominio Estructural	Talud	Dirección Manteo (°)	Mecanismo de Inestabilidad	Estructura que la genera		Condición de Estabilidad		Conf. (%)	Peso (ton)	Long. de derrame (m)	% de retención
							FS	PF				
Las Marías	Oeste	T-1	357	Cuña	F1	F4	3.52	0%	100.0%	30.5	2.95	100%
Las Marías	Oeste	T-2	54	Cuña	D2	F16	3.68	0%	100.0%	245.5	5.92	100%
Las Marías	Oeste	T-3	106	Falla Planar	F16		1.45	2%	98.5%	311.0	6.41	100%
Las Marías	Oeste	T-4	160	Falla Planar	D1		2.51	0%	100.0%	710.6	8.44	100%
Las Marías	Este	T-1	190	Cuña	D1	D4	> 4.00	0%	100.0%	12.0	2.16	100%
Las Marías	Este	T-2	245	Cuña	D3	F10	> 4.00	0%	100.0%	339.4	6.59	100%
Las Marías	Este	T-2'	245	Falla Planar	F12		1.31	13%	86.9%	194.4	5.48	100%
Las Marías	Este	T-3	273	"Toppling"	D2	D3	2.10	1%	99.2%	383.7	6.87	100%
Las Marías	Este	T-4	330	Falla Planar	D2		2.52	0%	99.9%	321.6	6.48	100%
Las Marías	Este	T-4'	330	Cuña	F2	F14	3.39	0%	100.0%	94.1	4.30	100%
Las Marías	Este	T-4"	330	Cuña	F4	F15	2.72	0%	100.0%	145.9	4.98	100%
Las Marías	Este	T-5	12	Falla Planar	D4		3.21	0%	100.0%	224.9	5.75	100%
Las Marías	Este	T-5'	12	"Toppling"	F2	D2	1.53	0%	99.7%	178.4	5.32	100%
Las Marías	Este	T-6	302	Cuña	F1	F14	3.16	0%	100.0%	96.2	4.33	100%
Las Marías	Este	T-7	118	"Toppling"	F2	D2	1.36	1%	99.4%	75.9	4.00	100%
Las Marías	Este	T-8	150	"Toppling"	D3	D2	2.08	1%	99.3%	319.7	6.46	100%
Las Marías	Este	T-9	62	Falla Planar	F7		1.58	1%	99.4%	74.0	3.97	100%
El Llano	-	T-1	200	Falla Planar	D4		3.57	0%	100.0%	364.9	6.76	100%
El Llano	-	T-2	270	"Toppling"	D2	D1	1.43	5%	95.3%	501.9	7.51	100%
El Llano	-	T-3	306	Falla Planar	D3		1.55	2%	97.6%	1413.7	10.61	94%
El Llano	-	T-4	350	Cuña	D1	D2	> 4.00	0%	100.0%	454.8	7.27	100%
El Llano	-	T-5	84	"Toppling"	D1	D4	1.40	6%	94.4%	514.3	7.57	100%
El Llano	-	T-6	138	"Toppling"	F3	D3	1.99	0%	99.9%	284.2	6.22	100%

Escala Inter-rampa

Mina	Dominio Estructural	Talud	Dirección Manteo (°)	Mecanismo de Inestabilidad	Estructura que la genera		40 m			60 m			80 m		
							Condición de Estabilidad		Conf. (%)	Condición de Estabilidad		Conf. (%)	Condición de Estabilidad		Conf. (%)
							FS	PF		FS	PF		FS	PF	
Las Marías	Oeste	T-1	357	Cuña	F16	F17	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%
Las Marías	Oeste	T-2	54	Cuña	F10	F16	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%
Las Marías	Oeste	T-3	106	Cuña	D2	F16	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%
Las Marías	Oeste	T-4	160	Falla Planar	D1		2.34	0%	100.0%	2.20	0%	100.0%	2.03	0%	100.0%
Las Marías	Este	T-1	190	Cuña	D1	D4	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%
Las Marías	Este	T-2	245	Cuña	D3	F10	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%
Las Marías	Este	T-2'	245	Cuña	F7	F12	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%
Las Marías	Este	T-3	273	Falla Planar	D2		> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%
Las Marías	Este	T-4	330	Cuña	D1	F13	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%
Las Marías	Este	T-4'	330	Cuña	F2	F14	3.05	0%	100.0%	2.80	0%	100.0%	2.61	0%	100.0%
Las Marías	Este	T-4"	330	Cuña	F1	F15	> 4.00	0%	100.0%	3.48	0%	100.0%	2.92	0%	100.0%
Las Marías	Este	T-5	12	Cuña	D2	F13	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%
Las Marías	Este	T-5'	12	Cuña	D1	D2	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%
Las Marías	Este	T-6	302	Cuña	D2	F8	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%	3.97	0%	100.0%
Las Marías	Este	T-7	118	Falla Planar	F11		2.58	0%	100.0%	2.45	0%	100.0%	2.30	0%	100.0%
Las Marías	Este	T-8	150	Falla Planar	D3		3.50	0%	100.0%	3.28	0%	100.0%	3.02	0%	100.0%
Las Marías	Este	T-9	62	Falla Planar	F7		1.57	1%	99.4%	1.50	1%	99.2%	1.42	2%	98.3%
El Llano	-	T-1	200	Falla Planar	D4		3.18	0%	100.0%	3.03	0%	100.0%	2.80	0%	100.0%
El Llano	-	T-2	270	Falla Planar	D2		1.69	0%	99.6%	1.61	1%	99.2%	1.50	1%	98.6%
El Llano	-	T-3	306	Falla Planar	D4		3.02	0%	100.0%	2.88	0%	100.0%	2.66	0%	100.0%
El Llano	-	T-4	350	Cuña	D1	F6	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%	> 4.00	0%	100.0%
El Llano	-	T-5	84	Falla Planar	D1		2.61	0%	100.0%	2.50	0%	100.0%	2.31	0%	100.0%
El Llano	-	T-6	138	Cuña	D1	F2	> 4.00	0%	100.0%	3.67	0%	100.0%	3.36	0%	100.0%

3) Consideraciones y supuestos para el análisis de Estabilidad de Los Rajos

Las principales consideraciones y supuestos para el análisis de estabilidad geomecánica, fueron los siguientes:

- El análisis de estabilidad se realizó en base a métodos de equilibrio límite (GLE) utilizando el software Slide (www.rocscience.com).

- Se desarrollaron análisis de estabilidad de tipo estático y pseudo-estático. Este último caracterizado por coeficientes sísmicos horizontales de 0.15, para el caso de sismo máximo probable.

- Para la estimación de propiedades de macizo rocoso, utilizadas en los modelos de estabilidad, se utilizaron las propiedades geotécnicas de roca intacta, junto con la definición de la profundidad de rajo en el sector analizado, y uso de parámetro de perturbación por tronadura de Hoek et al (2002), designado por la letra "D" ("Disturbance Factor").

- Se incluye el efecto de daños, constituido por grietas de tracción ubicadas en la parte superior del talud. Se consideró el efecto de los sistemas de diaclasas en el análisis de estabilidad, a través de la resistencia direccional o anisotropía.

- No se considera la presencia explícita de nivel freático, ya que, en la caracterización geotécnica realizada, no se observaron niveles de humedad ni presencia de agua.

- Para los análisis probabilísticos desarrollados en el sector El Llano, se considera la variabilidad de los parámetros de entrada en base a los criterios definidos por Duncan (2000), de tal forma que los Coeficientes de Variación (COV) para la Fricción y Cohesión, corresponden a 15% y 25%, respectivamente.

3° Método de Explotación Rajo El Llano y Rajo Las Marías.

1. Método de Explotación Rajo El Llano

La Mina Rajo El Llano considera la extracción, por el Método de Explotación a Rajo Abierto formando bancos, del cuerpo mineralizado del Sector El Llano de aproximadamente 350 m de largo y 100 m de ancho hasta una profundidad aproximada de 150 metros, con una razón estéril mineral de 13.8

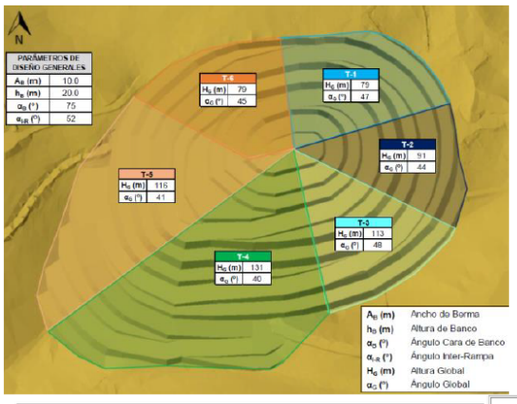
1) Parámetros de Diseño

El Rajo El Llano se extraerá formando bancos de 20 metros de altura, excavados con perforación y tronaduras, formando plataformas de extracción en bancos de 5 m de altura en etapas sucesivas. Se iniciará en la cota 1.450 msnm y teniendo el punto más bajo en la cota 1.300 msnm, el que se explotará con el desarrollo de una fase de explotación.

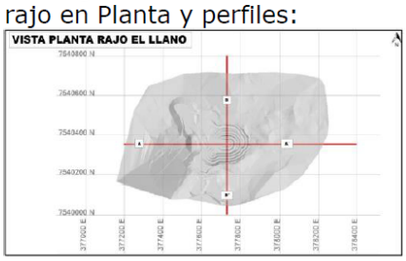
Los principales parámetros de explotación serán los siguientes.

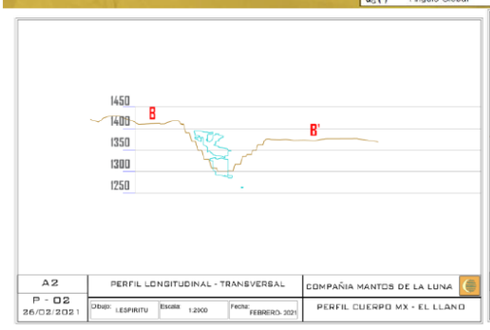
Parametros de Diseño Rajo El Llano

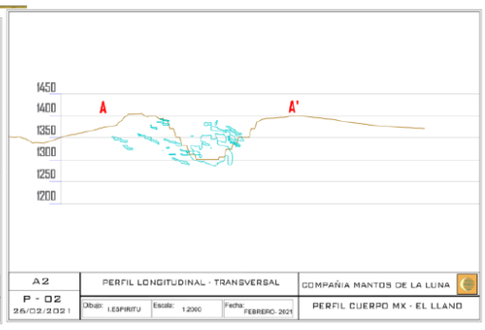
Altura de Sub-bancos	5 metros	Angulo Inter-Rampa	52°
Altura de Banco Total	20 metros	Altura Inter-Rampa entre	40 a 80 metros
Ancho de Bermas	8,5 metros	Pendiente Máxima de Rampas	10°
Angulo de Cara de Bancos	70° - 75°	Ancho Minimo de Rampas	12 metros



Las Figuras muestran el diseño del rajo en Planta y perfiles:

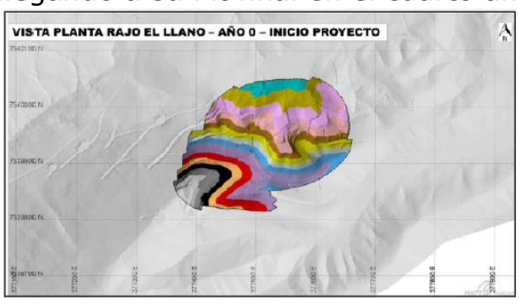


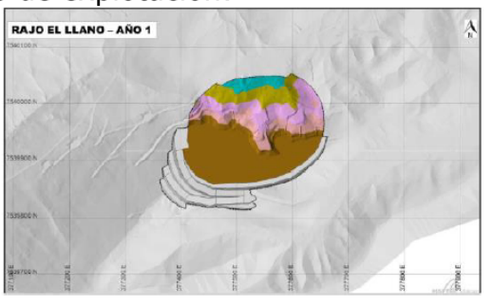


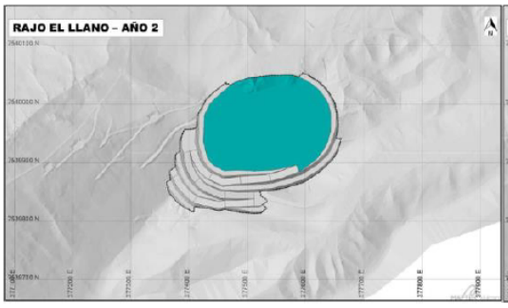


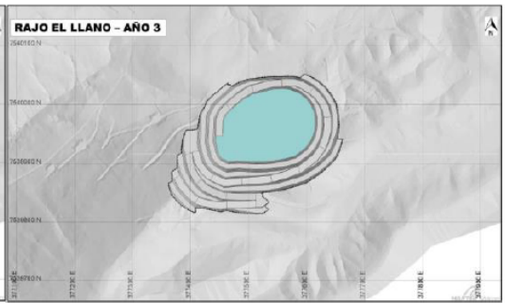
2) Secuencia de Explotación

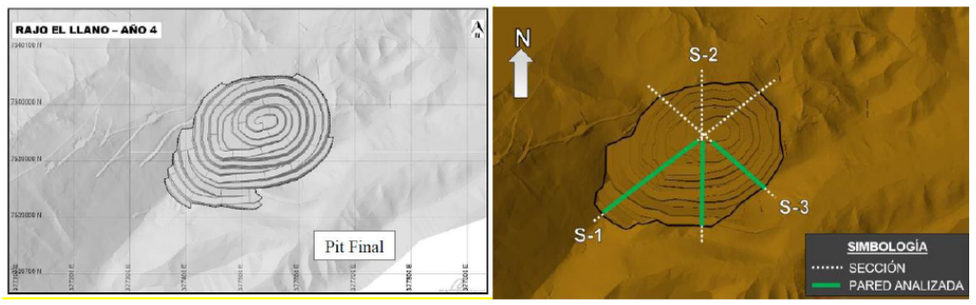
El avance de la explotación se expone de manera anual en las ilustraciones siguientes, en las que se muestra el diseño de los rajos al final de cada año. Este rajo se explotará en los tres primeros años llegando a su Pit final en el cuarto año de explotación:











3) Análisis de Estabilidad

El estudio de estabilidad del rajo El Llano se realizó en base de tres secciones de las paredes más críticas.

Las propiedades de la Roca Intacta obtenidas mediante ensayos de laboratorio del sector El Llano, consideradas en el análisis de estabilidad son las siguiente:

PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE ROCA INTACTA PROYECTO EL LLANO						
Propiedades	**Andesita Porfídica**	**Andesita Amigdaloidal**	**Intrusivo**	**Brecha**	**Dique**	**Andesita Afanitica**
P. Índice						
γ_i [gr/cm³]	2.56	2.46	2.55	2.56	2.5	2.74
η [%]	2.14	5.68	3.15	2.45	0.96	0.49
γ_p [gr/cm³]	2.58	2.54	2.62	2.60	2.54	2.81
Vp [m/s]	4010.54	4016.33	3870.57	4728.32	4767.87	5263.59
Vs [m/s]	2465.07	2505.74	2438.23	2910.08	3052.32	3369.67
P. Resist.						
UCS [MPa]	67.93	71.20	52.22	100.69	58.53	150.56
TI [MPa]	12.91	14.25	-	6.54	-	18.57
UCS/TI	5.26	5.00	-	15.40	-	8.11
m_i	21.15	19.33	-	-	-	-
c [MPa]	14.85	12.38	-	-	-	-
Φ [°]	47.55	53.27	-	-	-	-
P. Deformab.						
E [GPa]	26.83	28.45	51.87	-	-	48.75
v	0.35	0.29	0.22	-	-	0.22
B [GPa]	29.81	22.58	30.88	-	-	29.02
G [GPa]	11.42	12.42	23.36	-	-	21.96

γ_i: Densidad por Inmersión	m_i: Parámetro criterio de Hoek & Brown
h: Porosidad	c: Cohesión
γ_p: Densidad por Parafina	Φ: Angulo de Fricción interna
Vp: Velocidad de Onda P	E: Modulo de Young
Vs: Velocidad de Onda S	v: Razón de Poisson
UCS: Resistencia a la Compresión	G: Modulo de Corte
TI: Resistencia a la Tracción	B: Modulo de Deformabilidad Volumétrico

Unidad Geotécnica		**γ (gr/cm³)**	**σ_{ci} (MPa)**	**mi**
Sector	**El Llano**			
Unidad	**ANDESITA**	2.6	67.9	21

γ: densidad
σ_{ci}: resistencia a la compresión de roca intacta (Hoek et al, 2002)
mi: constante de roca intacta (Hoek et al, 2002)

Las Propiedades de macizo rocoso, sector El Llano son las siguientes:

Unidad Geotécnica	σ_{ci} (MPa)	GSI	γ (KN/m^3)	m_i	D	H = 120 m		H = 150 m	
						C (MPa)	ϕ (°)	C (MPa)	ϕ (°)
AND- SUP	67.9	40	26.0	21	0	1.01	49.4	1.16	47.8
					0.7	0.67	40.0	0.77	38.3
AND-INF	67.9	58	26.0	21	0	1.46	54.1	1.64	52.6
					0.7	1.05	48.2	1.19	46.6

- GSI: Índice geológico de resistencia
- D: Factor de perturbación por tronadura
- C: Cohesión del macizo rocoso
- Φ: Angulo de fricción del macizo rocoso

Se considera que las propiedades de resistencia del macizo rocoso disminuirán en la dirección de las discontinuidades geológicas, debido a que estas generalmente presentan propiedades de resistencia más bajas respecto a la del macizo rocoso. Con el propósito de considerar el efecto de las estructuras geológicas en la estabilidad del macizo rocoso, se definió la resistencia de este en forma direccional o anisótropa, por medio de la función de anisotropía.

Resultados de Análisis de Estabilidad de Rajo El Llano

Según las tres secciones analizadas, la estabilidad en el diseño final de del rajo tendrá los siguientes factores de seguridad:

RAJO EL LLANO - ANÁLISIS A NIVEL GLOBAL						
SECCIÓN	FACTOR DE SEGURIDAD (F.S.)			PROBABILIDAD DE FALLA (P.F.)		
	ESTÁTICO	OPERAC.	MÁXIMO	ESTÁTICO	OPERAC.	MÁXIMO
SECCIÓN 1 PARED SW	1.65	1.46	1.33	0.0%	0.0%	0.4%
SECCIÓN 2 PARED S	1.41	1.25	1.13	0.7%	4.8%	17.2%
SECCIÓN 3 PARED SE	1.49	1.28	1.14	0.2%	1.1%	9.2%

SECCIÓN	RAJO EL LLANO - ANÁLISIS A NIVEL INTER-RAMPA						
	POSICIÓN INTER-RAMPA	FACTOR DE SEGURIDAD (F.S.)			PROBABILIDAD DE FALLA (P.F.)		
		ESTÁTICO	OPERAC.	MÁXIMO	ESTÁTICO	OPERAC.	MÁXIMO
SECCIÓN 1 PARED SW	Superior	2.13	1.87	1.68	0.0%	0.0%	0.0%
	Intermedia	1.60	1.43	1.29	0.6%	2.1%	8.3%
	Inferior	2.75	2.46	2.13	0.0%	0.0%	0.0%
SECCIÓN 2 PARED S	Superior	> 3.00	> 3.00	2.96	0.0%	0.0%	0.0%
	Intermedia	1.58	1.44	1.32	0.8%	2.5%	6.7%
	Inferior	2.71	2.30	2.20	0.0%	0.0%	0.0%
SECCIÓN 3 PARED SE	Superior	1.42	1.27	1.15	0.2%	1.8%	8.3%
	Inferior	> 3.00	> 3.00	> 3.00	0.0%	0.0%	0.0%

2. Método de Explotación Rajo Las Marías

El cuerpo mineralizado del sector Las Marías de aproximadamente de 5 km de largo y 2 km de ancho será explotado por el Método de Explotación a Rajo Abierto formando bancos de 15 metros de altura a pit final, hasta una profundidad máxima de 180 metros entre el primer y último banco, desde la cota superior 1.550 msnm y la cota inferior 1.370 msnm, respectivamente.

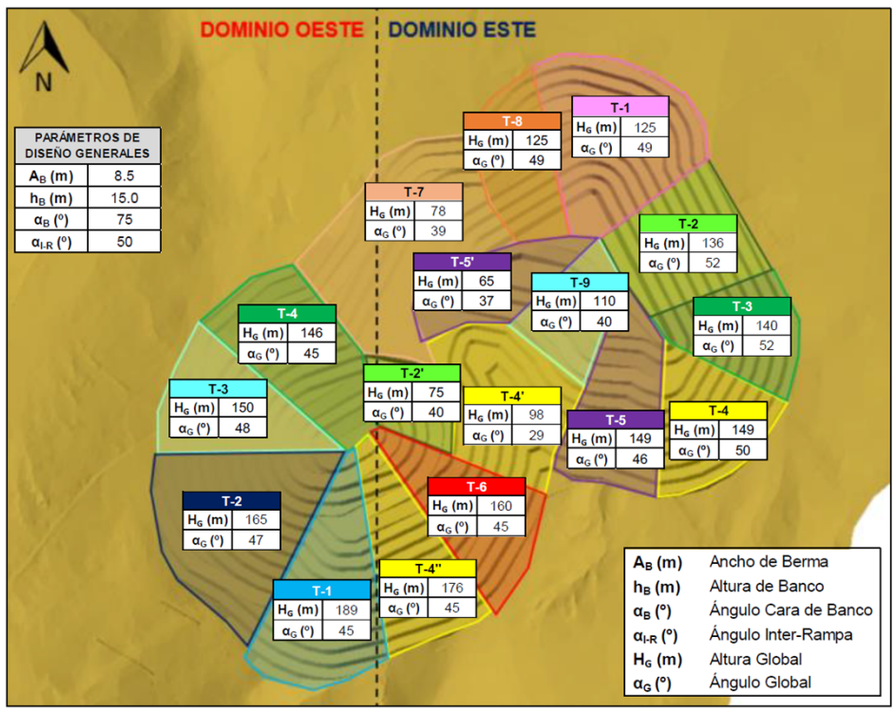
1) Parámetros de Diseño

La explotación del Rajo Las Marías se realizará excavando bancos de 5 metros de altura, los que serán rebajados en 3 etapas sucesivas, formando plataformas de extracción, hasta llegar a la altura de los bancos definitivos de 15 metros. Se estima que durante la vida útil se formaran un total de 36 bancos (plataformas de extracción) de 5 m, hasta alcanzar la profundidad máxima.

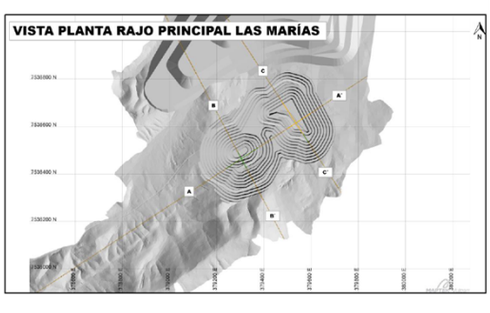
Los parámetros de diseño para Rajo Las Marías serán los presentados en el recuadro siguiente, complementado con los indicados en la figura con variaciones de parámetros de diseño según las distintas zonas a explotar de acuerdo con las condiciones geológicas y geotécnicas:

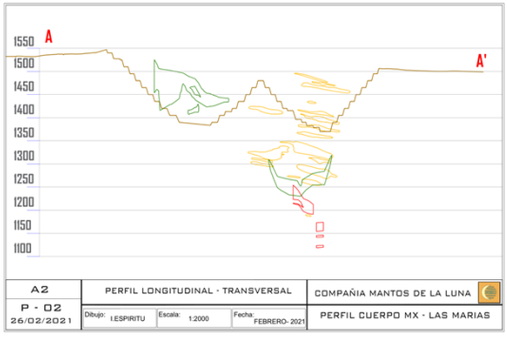
Parametros de Diseño Rajo Las Marias

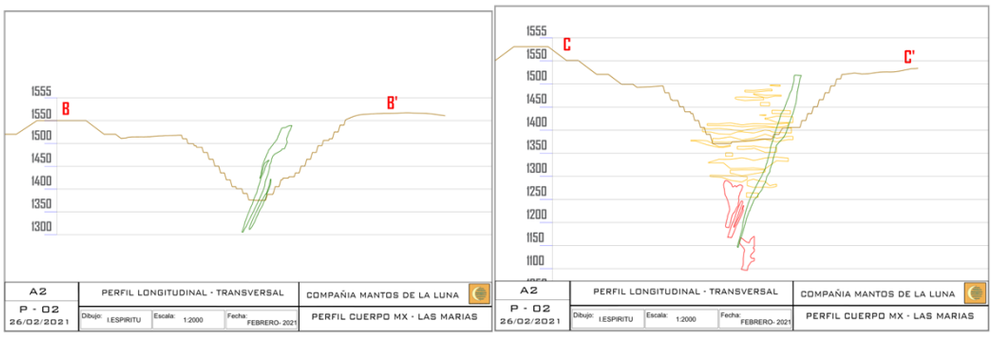
Altura de Sub-bancos	5 metros	Angulo Inter-Rampa	50°
Altura de Banco Total	15 metros	Altura Inter-Rampa entre	40 a 80 metros
Ancho de Bermas	8,5 metros	Pendiente Máxima de Rampas	10°
Angulo de Cara de Bancos	70° - 75°	Ancho Minimo de Rampas	12 metros
Angulo Global (entre)	39° - 52°	Altura Máxima total	180 metros



Las Figuras muestran el diseño del rajo en Planta y perfiles:

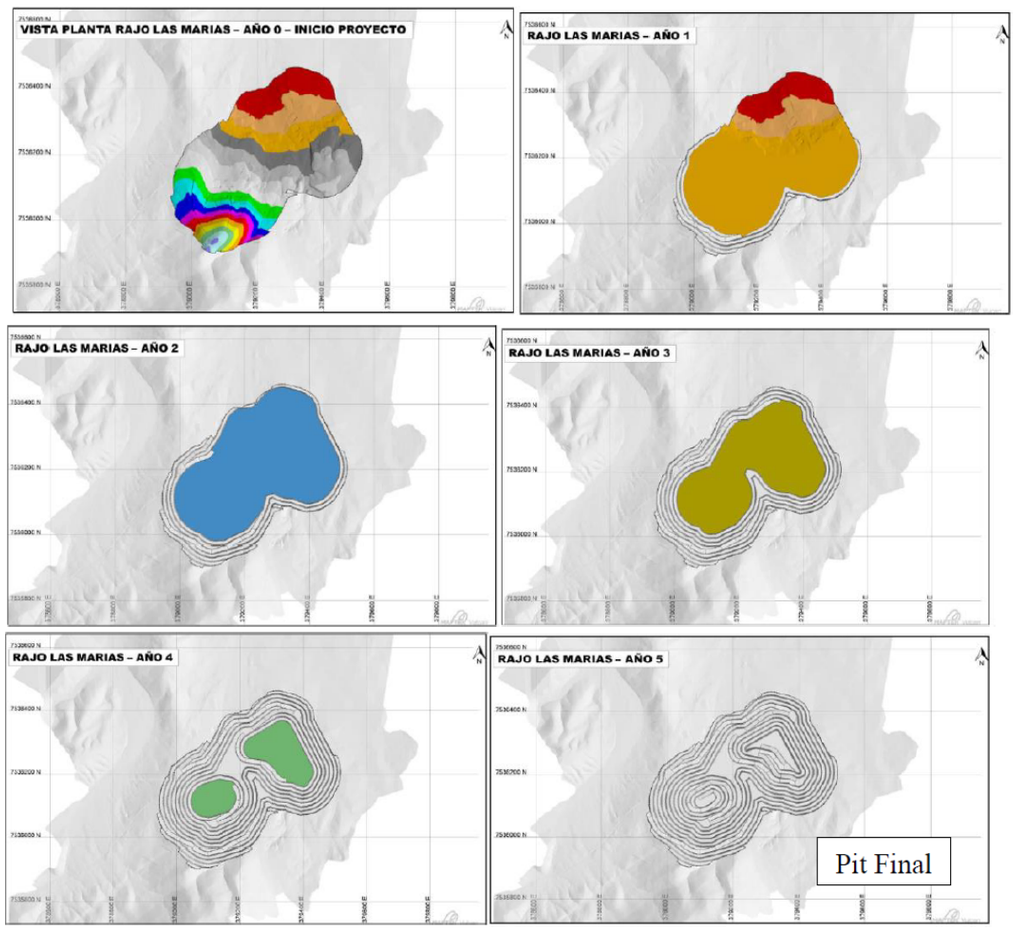






2) Secuencia de Explotación

La secuencia y avance anual de la explotación se presenta en las ilustraciones siguientes, que muestra el diseño del rajo al final de cada año, desde el primero al quinto año de producción.



3) Análisis de Estabilidad

Para el análisis de estabilidad se consideraron las características del macizo rocoso en base a los antecedentes obtenidos de los sondajes y ensayos de laboratorio, de los cuales se obtuvieron los siguientes antecedentes:

a) Las Propiedades geotécnicas de roca intacta del sector Las Marías obtenidas en base de ensayos de laboratorio:

PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE ROCA INTACTA LAS MARÍAS		
Propiedades	**Muestras Las Marías**	**Coef. Variación (%)**
P. Índice		
γ_i [gr/cm³]	2.49	2.6
η [%]	6.41	23.3
Vp [m/s]	3725.00	15.3
Vs [m/s]	2319.08	
P. Resistentes		
UCS [MPa]	37.18	24.2
TI [MPa]	7.48	22.8
UCS/TI	4.97	23.5
m_i	12.97	-
c [MPa]	7.36	-
Φ [°]	42.59	-
P. Deformabilidad		
E [GPa]	20.12	46.0
v	0.29	2.5
B [GPa]	15.97	24.3
G [GPa]	8.79	24.3
γ_i: Densidad por Inmersión	m_i: Parámetro criterio de Hoek & Brown	
η: Porosidad	Φ: Angulo de Fricción interna	
Vp: Velocidad de Onda P	E: Modulo de Young	
Vs: Velocidad de Onda S	v: Razón de Poisson	
UCS: Resistencia a la Compresión	B: Modulo Deformabilidad Volumétrico	
TI: Resistencia a la Tracción	G: Modulo de Corte	
c: Cohesión	-	

UNIDAD GEOTÉCNICA	D (g/cm³)	Σ_{CI}	m_I
Andesita	2,6	37	13
D: Densidad σ_{ci}: Resistencia a la compresión de roca intacta (Hoek et al, 2002) m_i: Constante de roca intacta (Hoek et al, 2002)			

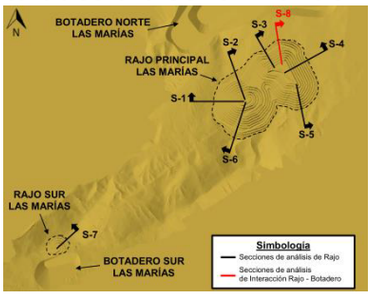
b) Las propiedades de macizo rocoso para el sector en estudio se indican en la Tabla.

UNIDAD GEOTÉCNICA	σ_{ci} (MPa)	GSI		m_i	D	C (MPa)	Φ (°)
AND – SUP	30	30	26,0	13	0,0	0,303	42,7
					0,7	0,182	31,2
AND – INF	37	35	26,0	13	0,0	0,371	45,9
					0,7	0,230	35,4
UGT – MIN	50	40	26,0	15	0,0	0,489	50,7
					0,7	0,313	41,5
GSI: Índice geológico de resistencia; D: Factor de perturbación por tronadura; C: Cohesión del macizo rocoso; Φ: Ángulo de fricción del macizo rocoso							

c) Según la interpretación estructural realizada de la geología de la mina, se dividir en dos dominios estructurales. Para el análisis de estabilidad de las paredes del rajo se consideraron siete secciones representativas más críticas y de mayor altura de pared y una relacionada con la cercanía del botadero.

Resultados de Análisis de Estabilidad Rajo Las Marías

Según las siete secciones que se analizaron la estabilidad global de taludes a diseño final del rajo se obtuvieron los siguientes resultados:



RAJO LAS MARÍAS - ANÁLISIS A NIVEL GLOBAL						
SECCIÓN	FACTOR DE SEGURIDAD (F.S.)			PROBABILIDAD DE FALLA (P.F.)		
	ESTÁTICO	OPERAC.	MÁXIMO	ESTÁTICO	OPERAC.	MÁXIMO
SECCIÓN 1 PARED W	1.40	1.21	1.11	0.6%	9.9%	22.1%
SECCIÓN 2 PARED NW	1.82	1.61	1.46	0.0%	0.0%	0.2%
SECCIÓN 3 PARED NW	2.31	2.03	1.76	0.0%	0.0%	0.0%
SECCIÓN 4 PARED NE	1.93	1.71	1.52	0.0%	0.0%	0.0%
SECCIÓN 5 PARED S	1.56	1.38	1.25	0.0%	0.6%	3.0%
SECCIÓN 6 PARED SW	2.05	1.60	1.43	0.0%	0.0%	0.1%

SECCIÓN	RAJO LAS MARÍAS - ANÁLISIS A NIVEL INTER-RAMPA						
	POSICIÓN INTER-RAMPA	FACTOR DE SEGURIDAD (F.S.)			PROBABILIDAD DE FALLA (P.F.)		
		ESTÁTICO	OPERAC.	MÁXIMO	ESTÁTICO	OPERAC.	MÁXIMO
SECCIÓN 2 PARED NW	Superior	> 3.00	> 3.00	> 3.00	0.0%	0.0%	0.0%
	Intermedia	2.33	2.19	1.91	0.0%	0.0%	0.0%
	Inferior	2.83	2.59	2.39	0.0%	0.0%	0.0%
SECCIÓN 3 PARED NW	Superior	2.84	2.64	2.47	0.0%	0.0%	0.0%
	Inferior	2.67	2.38	2.21	0.0%	0.0%	0.0%
SECCIÓN 5 PARED S	Superior	1.51	1.34	1.21	0.4%	2.0%	8.4%
	Inferior	2.40	2.13	1.92	0.0%	0.0%	0.0%
SECCIÓN 6 PARED SW	Superior	> 3.00	> 3.00	2.38	0.0%	0.0%	0.0%
	Intermedia	2.47	2.24	2.05	0.0%	0.0%	0.0%
	Inferior	> 3.00	2.77	2.59	0.0%	0.0%	0.0%

Sección	Factor de Seguridad (F.S)			Probabilidad de Falla (P.F.)		
	Estático	Operacional	Máximo	Estático	Operacional	Máximo
Análisis Interacción Rajo - Botadero						
Sección 8 - Pared NW	1.52	1.36	1.21	0.0%	0.9%	5.2%

3. Operaciones Unitarias de Los Métodos de Explotación

Las operaciones unitarias para desarrollar en ambos rajos que componen el proyecto Distrito Norte son perforación, tronadura, carguío y transporte de los materiales a remover, tanto estéril como mineral:

1) Perforación

Para la Perforación se utilizará con perforadoras Atlas Copco ROC L8 o similar con diámetros de 5,5 pulgadas, formando bancos de 5 metros de alto a excepción de los tiros de pre-cortes que delimitan la cara de banco que tendrán un largo acorde con la altura del banco definitivo según el diseño minero.

Los pozos de precortes se perforarán con inclinación de 73° de inclinación o con el ángulo que tendrá la cara del banco en un lugar determinado, con un espaciamiento de 2 metros.

Las mallas de perforación serán diferentes para cada tipo y calidad de rocas, mineral o estéril, respecto al burden y espaciamiento, según el recuadro y los ajustes pertinentes.

MATERIAL	DIÁMETRO (PULGADAS)	BURDEN (M)	ESPACIAMIENTO (M)	ALTURA (M)	TONELADAS POR POZO (TON/POZO)
Mineral	5,5	3,5	4,0	5	182
Estéril	5,5	4,2	4,7	5	257

La malla de perforación considera tiros para tronadura controladas en base a pozos amortiguados o Buffer, los que serán cargados con menor factor de carga a 0,6 metros desde la borde del precorte o pata del banco según diseño, para minimizar el daño al talud final.

2) Tronadura

Para la tronadura, los tiros serán cargados con ANFO como carga de columna, APD como carga de fondo y noneles y tubos lip como iniciadores y como accesorios de tronadura para dar la secuencia de salida de los tiros. El APD usado será APD450

Las tronaduras de contorno se llevarán a cabo con una línea de pre-corte y una línea de pozos para tronadura amortiguada, antes de las líneas de pozos de tronadura de producción; los que se cargarán con explosivos tipo Power Split, Enaline o similar.

El explosivo de columna será a granel que será depositado al interior del pozo utilizando un camión fábrica con un brazo telescópico y una manga vertical flexible que se ubicará en el collar del pozo. El material del taco a usar será el detritus producto de la perforación del pozo, el que será vaciado al interior del pozo mediante un equipo Minicargador denominado Tapa pozo, debidamente autorizado y modificado para tal efecto.

Para evitar daño a las líneas de iniciación esta será protegida con un tubo de PVC ranurado que será retirado después de terminada la operación.

3) Carguío

Antes de proceder al carguío del material tronado, se deberá verificar que el piso, las pardes y los taludes de las zonas de carguío estén limpios, parejos y nivelados y que no existan cornisas o materiales inestables que puedan producir deslizamientos de terrenos o caídas de equipos por pendientes o desniveles, y verificar la existencia y buen estado de los pretiles de Seguridad en los bordes de los bancos. El nivel de los pisos será controlado diariamente por el operador del equipo de carguío y del personal de topografía si fuese necesario.

Una vez evaluada el área de trabajo se deberá limpiar el acceso a este y realizar el armado de la cama de posicionamiento del equipo, generalmente a una altura de 2 metros para poder lograr la mejor postura de trabajo del equipo de carguío. El área de carguío estará delimitada a una distancia mínima de 50 metros desde la frente de trabajo al equipo de carguío.

Para la etapa de operación del carguío se utilizará una excavadora PC-450, PC-600 o similar y eventualmente el uso de cargadores frontales; extrayendo el material tronado en bancos de 5 metros de altura.

Para el carguío de los camiones se usará una excavadora, la que podrá trabajar sobre cama de material construida con el mismo equipo utilizando el material tronado. La camada estará ubicada a una altura máxima de 2 metros y estará formada por una plataforma de trabajo de dimensiones mínimas de 10 m x 10 m, con una rampa de acceso de 10 metros de ancho mínimo con pendiente máxima de 10%, para acceder a los puntos de carguío.

El camión ingresará aculatado al área de carguío, debiendo quedar perpendicular al sentido de carguío a menos de 1 metro del borde de la cama; mientras que el camión deberá posicionarse a una distancia de 2 metros a la pata de la cama.

La secuencia de la operación de carguío de camiones será la siguiente:

a) Antes de que el camión ingrese al área de carguío, deberá esperar de frente a la excavadora, a una distancia mínima de 30 metros o en el área designada para ello, en fila india, a una distancia mínima de 5 metros con el vehículo que le precede.

b) El operador del equipo de carguío dará el ingreso al camión hacia al punto de carguío vía radial; el que deberá ingresar y ubicarse en el punto indicado por el balde del equipo en posición aculatada a través de sus espejos laterales. Un bocinazo corto del equipo de carguío (excavadora), indicará la posición final del camión y cuando debe detenerse para ser cargado.

c) La posición que deberá adoptar camión, para ser cargado, será de cola al material en un ángulo aproximado de 45º a una distancia mínima de 2 metros. Por ningún motivo se podrán estacionar dos camiones en forma paralela, en espera de ser cargados o estacionarse en paralelo a la pata del banco, en la operación de carguío.

d) La operación de carguío sólo podrá iniciarse cuando el camión se encuentre en la posición definida y totalmente detenido. No estará permitido pasar el balde, por sobre la cabina del camión.

e) Terminada la operación de cargar el camión, el operador del equipo de carguío efectuará dos toques de bocina cortos, para indicar al chofer del camión que puede salir del lugar y dirigirse al sitio de vaciado.

f) Si el camión debe retroceder o reposicionarse, el operador del equipo (excavadora) le indicará al chofer del camión tocando tres bocinazos cortos.

Las figuras muestran la secuencia de carguío de camiones:

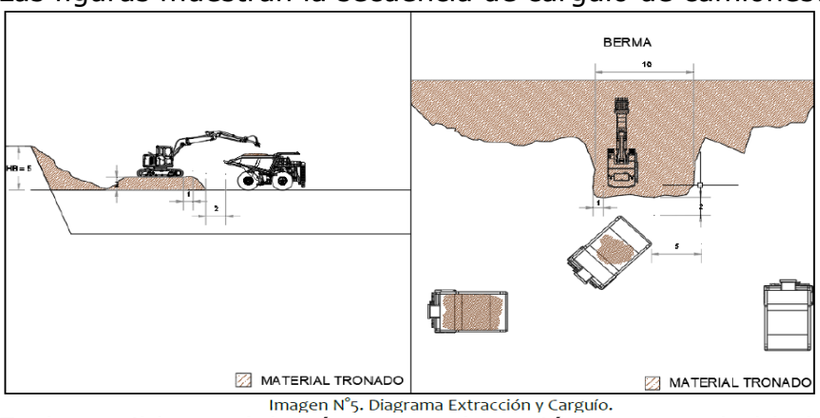


Imagen N°5. Diagrama Extracción y Carguío.

En lo posible se deberá cargar el camión con una baldada de material fino antes de depositar el material más grueso. El llenado del balde del equipo de carguío debe realizarse de manera tal que la carga quede bien repartida y segura. La carga sobre el camión deber estar distribuida en forma uniforme antes que le sea permitido alejarse del área.

Se deben evitar cargar bolones superiores al 80% de la medida de la abertura del chancador primario, no cargando bolones con tamaños superiores a 100 cm x 100 cm. Cuando sea necesario cargar bolones, el operador del equipo deberá estibar la carga al centro del balde, y dejarla al centro de la tolva del camión para su posterior traslado a botadero o acopio de destino.

4) Transporte

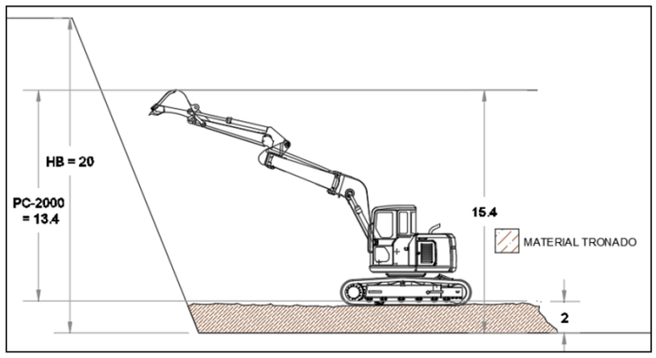
Para el transporte del material estéril se utilizarán camiones tolva de 20 m^3 cada uno, los que se desplazarán a una distancia promedio de transporte de 2,1 km. por caminos internos de la faena con tránsito en doble sentido.

El Mineral será transportado desde la mina a la faena Mantos de La Luna utilizando 6 camiones de 20 m^3 del tipo tolva o similar, circulando por los caminos que actualmente conecta ambas faenas, con una distancia de transporte promedio de 13 km. No se descarta la utilización de equipos modelo 773 G.

5) Saneamiento de las Cara de Bancos

El saneamiento de la cara de banco del rajo eliminando las rocas sueltas que no puedan ser eliminadas con el equipo de carguío, que puedan caer durante la etapa de carguío de los tiros con el explosivo y la extracción del mineral tronado, se realizará a través de un equipo PC-2000 con mayor alcance de brazo.

Se realizará una revisión diaria de cada banco de trabajo en las operaciones mina, y semanalmente, el equipo de profesionales de ingeniería y geomecánica, evaluarán las condiciones del sector en explotación. De ser necesario se considerará la alternativa de fortificación, como "enmallado" por ejemplo, si las condiciones lo requieren.



3° Botaderos de Estéril

La explotación de las minas El Llano y Las Marías producirán, durante la vida útil de 5 años, alrededor de 43.932.000 toneladas de material estéril que serán depositados en sus respectivos botaderos. En el Botadero de Estéril el Llano se depositarán 5.000.000 de toneladas y en el Botadero de Estéril Las Marías se depositarán 38.932.000. toneladas.

a) Antecedentes Generales de Los Depósitos de Estéril.

Ambos botaderos contarán con pretiles de Seguridad en los bordes de vaciado de una altura mínima de ½ diámetro del equipo de mayor envergadura que trabaje en el botadero y las plataformas tendrán una pendiente positiva hacia los bordes de al menos un 1%

b) Características del Suelo de Fundación de los Botaderos.

El suelo de fundación de los botaderos estará formado por un depósito aluvial-coluvial pobremente estratificado, compuesto por cantos centimétricos de rocas andesíticas y fragmentos de cuarzo, en una matriz limo-arcillosa enriquecida en óxidos de hierro (Al-Col). Bajo esta capa subyace una secuencia de rocas andesíticas fuertemente fracturada y con una resistencia de la matriz rocosa moderada (And-Sup). Luego bajo esta capa subyace una secuencia de rocas andesíticas con moderado a bajo fracturamiento y con una resistencia de la matriz rocosa que varía de moderada a alta (And-Inf). Las propiedades geotécnicas de las unidades del suelo de fundación son las siguientes:

Unidad	Peso Específico (kN/m^3)	Cohesión (kPa)	Fricción (°)
Enrocado	20	10	45
Aluvio - Coluvio	17	120	30
Andesita Superior	25	1,000	35
Andesita Inferior	27	2,000	38

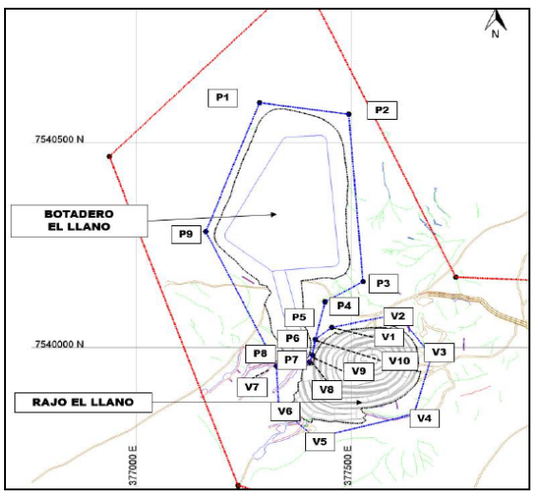
c) Características del material a Depositar.

El material para depositar será el proveniente del retiro de la sobre carga de la explotación minera y el estéril que producen ambos rajos, por las tronaduras durante su etapa de explotación. La sobre carga y material estéril de producción de la mina El Llano irá al Botadero El Llano y el material estéril (sobrecarga y estéril de producción) de la Mina Las Marías irá al botadero de Estéril Las Marías.

1. Botadero de Estéril El Llano

El Botadero El Llano estará ubicado a una cota inferir a la de la mina El Llano, a una distancia mínima de 145 metros, entre la Pata del Botadero y el Pit Final del Rajo; La distancia mínima entre el inicio de la rampa de acceso al botadero y el pit Final del Rajo será de 15 metros., 13.5 kilómetro de distancia al centro poblado, a 2,9 kilómetros al camino público más cercano y a 16,7 kilómetros de una línea férrea.

El Botadero El Llano estará ubicado en las siguientes coordenadas, cerca del Rajo El llano:



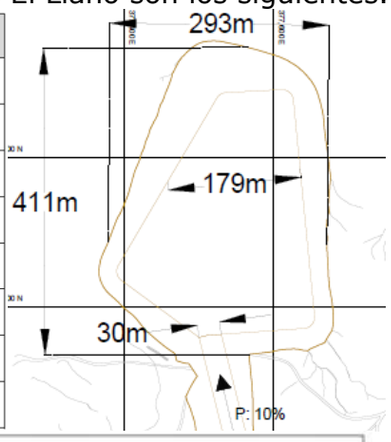
COORDENADAS WGS84		
PUNTO	ESTE	NORTE
P1	377.287	7.540.598
P2	377.494	7.540.569
P3	377.528	7.540.161
P4	377.440	7.540.112
P5	377.417	7.540.020
P6	377.410	7.539.981
P7	377.403	7.539.965
P8	377.326	7.539.954
P9	377.162	7.540.284

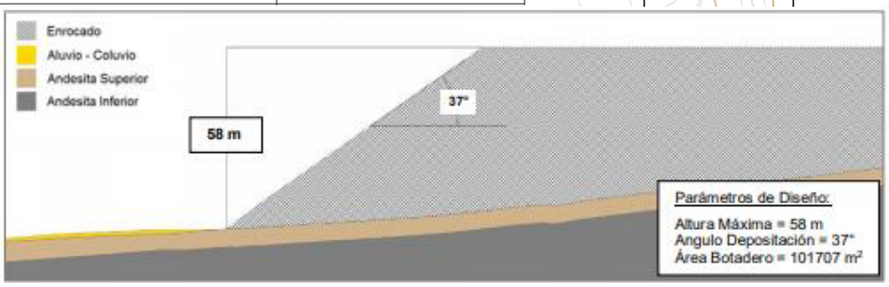
1) Parámetros de Diseño

El Botadero El Llano, con una superficie de 15,8 Ha, será capaz de almacenar 5.000 kt de material estéril. Estará formado por un solo piso o plataforma de trabajo que alcanzará una altura máxima de 58 m.

Los Parámetros de diseño del Botadero El Llano son los siguientes.

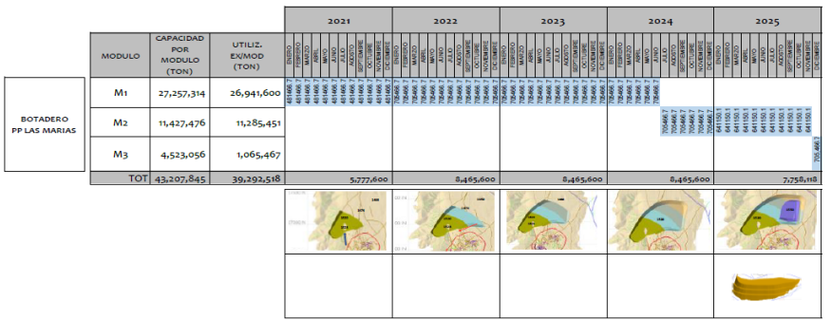
PARÁMETRO	VALOR
Longitud basal máx. (m)	425
Ancho basal máx. (m)	325
Ángulo de talud (°)	37
Altura máx. (m)	58
Capacidad (kt)	5.000
Superficie de polígono (Ha)	15,8
Cantidad de pisos (un)	1
Altura de piso (m)	58





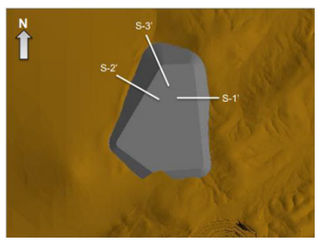
2) Secuencia de Llenado

El llenado de los botaderos se realizará de acuerdo con el cronograma presentado en la Figura.



3) Análisis de Estabilidad Botadero El Llano.

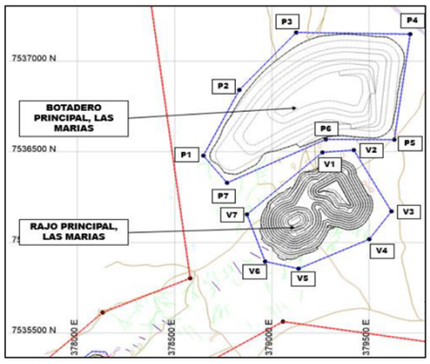
Para el Análisis de estabilidad del Botadero El Llano se identificaron y analizaron tres secciones correspondientes a las áreas de mayor criticidad y altura del diseño del botadero; analizando la estabilidad en forma estática y con el sismo máximo creíble con un coeficiente sísmico máximo probable de 0,15, indicando que será estable en todos sus perfiles analizados según el recuadro:



Sección	Parámetro	Condición de Análisis (GLE)		
		Estático	Sismico Operacional	Sismico Máximo
S-1	FS (det)	1,78	1,52	1,34
	PF (%)	0,4	2,3	7,6
S-2	FS (det)	1,55	1,34	1,18
	PF (%)	2,3	7,5	19,5
S-3	FS (det)	1,63	1,39	1,23
	PF (%)	1,6	6,4	15,1

2. Botadero de Estéril Las Marías

El pie del El Botadero de Estéril Las Marías estará ubicado a una distancia mínima de 145 metros del Pit Final del Rajo Las Marías, a 17, 3 kilómetro del centro poblado, a 0,5 kilómetros de camino público más cercano y a 18,7 kilómetros de línea férrea; entre las Coordenadas WGS84.



COORDENADAS WGS-84		
PUNTO	ESTE	NORTE
P1	378.648	7.536.478
P2	378.833	7.536.841
P3	379.125	7.537.158
P4	379.711	7.537.149
P5	379.629	7.536.567
P6	379.277	7.536.568
P7	378.770	7.536.328

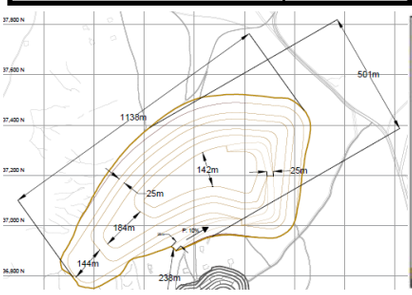
1) Parámetros de Diseño

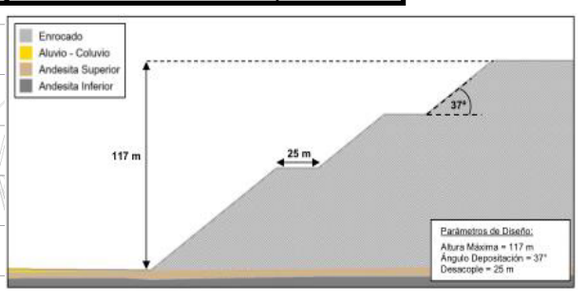
El Botadero Las Marías abarca una superficie de 54.3 Ha y alcanzará una altura máxima de 117 m. La infraestructura consta de tres pisos y tiene la capacidad de almacenar 39.100 kt de material estéril, con un ángulo de talud de 37°.

Parámetros de diseño principales del Botadero Las Marías serán:

Paramerto de Diseño Botadero Las Marias

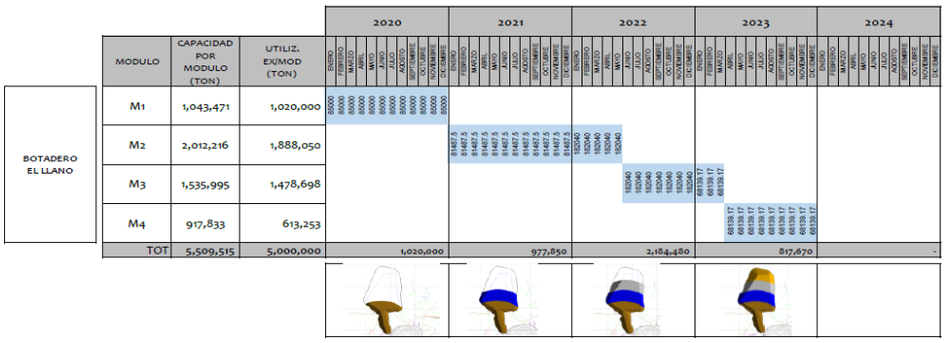
Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Logitud Basal max. (m)	1.130	Ancho de Bermas Min. (m)	25
Ancho Basal Max. (m)	520	Altura Máxima (m)	117
Angulo de talud Bancos (°)	37	Altura piso 1 (m)	57
Angulo de talud Global (°)	30	Altura Piso 2 (m)	30
Superficie Poligono (Ha)	54,3	Altura Piso 3 (m)	30
Capacidad (Kt)	39.100		





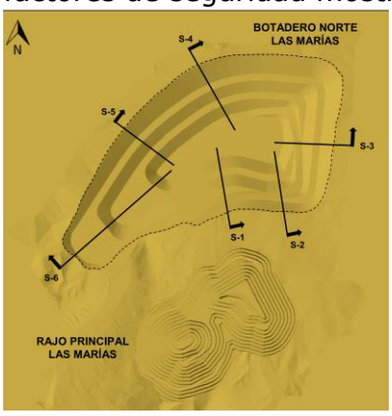
2) Secuencia de llenado

El llenado de los botaderos se realizará de acuerdo con el cronograma presentado en la Figura.



3) Análisis de Estabilidad de los Botaderos

Para el Análisis de estabilidad del Botadero Las Marías se identificaron y analizaron seis secciones correspondientes a las áreas de mayor criticidad y altura del diseño del botadero; analizando la estabilidad en forma estática y con el sismo máximo creíble, con un coeficiente sísmico máximo probable de 0,15; los que serán estable como los factores de seguridad mostrado en el recuadro.



Sección	Parámetro	Condición de Análisis (GLE)		
		Estático	Sismo Operacional	Sismo Máximo
S-1	FS (det.)	1.63	1.40	1.24
	PF	1.0%	5.1%	14.9%
S-2	FS (det.)	1.55	1.34	1.18
	PF	1.7%	7.4%	20.1%
S-3	FS (det.)	1.63	1.40	1.23
	PF	1.0%	5.3%	15.5%
S-4	FS (det.)	1.56	1.34	1.18
	PF	1.9%	8.2%	21.4%
S-5	FS (det.)	1.64	1.40	1.24
	PF	0.9%	5.2%	15.4%
S-6	FS (det.)	1.69	1.45	1.28
	PF	0.5%	3.5%	10.7%

3. Equipamiento del Método de Explotación

	CANTIDADES				
Equipos y Maquinarias	Año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Excavadora PC-450	3	1	1	1	0
Excavadora PC-600		2	2	2	2
Camión Tolva 20 m3 (Caex est)	8	6	6	6	4
Camión Tolva 20 m3 (Caex est)		10	11	11	4
Buldozar	1	1	1	1	1
Motoniveladora	1	1	1	1	1
Camión Aljibe	1	1	1	1	1
ROC de Perforación	2	3	3	3	2
Camión Fábrica (explosivo)	1	1	1	1	1
Buses Transporte de Personal	2	2	2	2	1
Camión Lubricador-comb	2	2	2	2	2
Camionetas	10	10	10	10	10

4. Caminos y Rampas de Acceso.

Los caminos considerados y diseñados para el proyecto, tanto existentes como internos, se encontrarán nivelados y en buen estado para el tránsito de vehículos, equipos y maquinarias, con bermas de rodado acordes a las dimensiones de los equipos que demanden su uso, con un ancho aproximado de 12 m y pendientes máximas de 10 %. Para su conservación se considera mantenciones frecuentes durante toda la vida útil del proyecto y para la supresión de polvo se considera el regado diario a razón de 0,5 L/m^2 día con salmuera, de ser necesario se aumentará la tasa de riego.

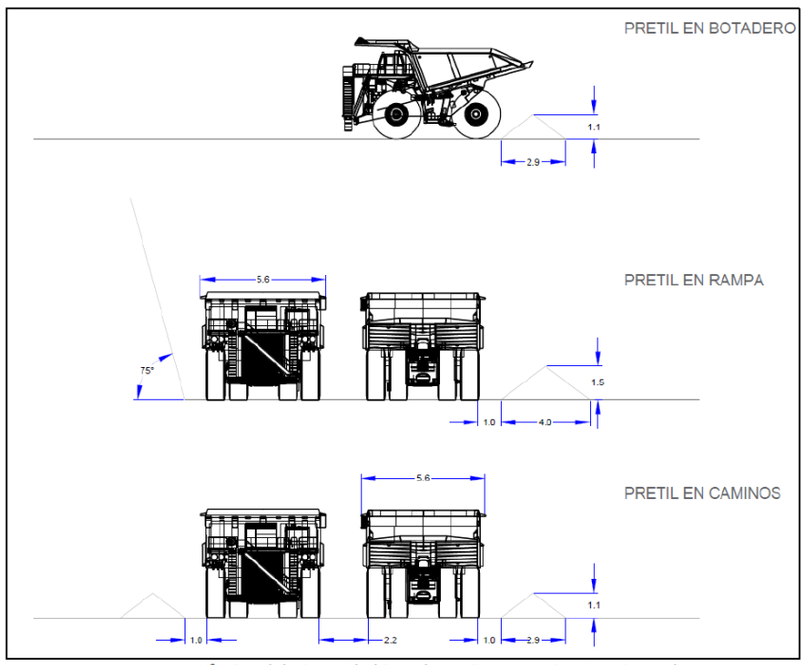


Imagen N°2: Pretil de Seguridad Botaderos, Rampas y Caminos Generales.

Los puntos de carga de material, tanto estéril como mineral, en el interior del rajo y los puntos de descarga ubicado en el botadero serán puntos móviles referido a la frente de trabajo, los cuales se irán desplazando a medida que se va avanzando con la explotación. En ambos casos se realizará humectación, tanto en el punto de extracción de mineral y como en el volteo de camión para depositar estéril.

En el diseño de los caminos, en interior de la faena, se deberá considerar al menos lo siguiente:

1) Contar con pretiles de seguridad que permitirán demarcar el borde de la rampa o del banco y sirvan de referencia para que los camiones transiten en una zona segura. Estos pretiles tendrán una altura mínima de 2/3 del diámetro de la rueda del camión o vehículo de mayor envergadura que circule y serán construidos con material estéril extraído de la Explotación del rajo con una pendiente en sus bordes de 37°.

2) Para el diseño de los caminos se deberá considerar los radios de giro de los vehículos, peraltes en las curvas de acuerdo con la velocidad máxima y contar con pista de frenado o Rampa de Emergencia para la detención de un vehículo con un pendiente fuerte formado por material suelto que oponga resistencia al desplazamiento del vehículo u otro sistema que permita detener el vehículo en caso de emergencia.

3) Contar con señalizaciones según las diferentes condiciones del camino. En los cruces deben estar señalizadas con "Pare y Ceda el Paso"; en rectas y curvas las señales de velocidades máximas y advertencias de aproximación; la información de horario de tronadura, etc. Estas señales seguirán los principios básicos de cualquier camino en cuanto a operatividad, uniformidad, comprensibilidad, emplazamiento y visibilidad.

5. Servicios Generales.

1) Agua Potable

La demanda de agua potable para consumo, servicios higiénicos, casa de cambio y comedor, se abastecerá por medio de camiones aljibes que la trasladará desde la ciudad de Tocopilla hasta un estanque de 30 m^3 dispuesto en la faena con una frecuencia diaria.

2) Energía Eléctrica

El suministro de energía eléctrica que necesitan las instalaciones en general de la faena será abastecido con seis paneles fotovoltaicos y sus sistemas de acumulación, los cuales contarán con una potencia instalada neta de 2 kW. Los paneles se ubicarán sobre el contenedor de comedores.

3) Combustible Diesel

El abastecimiento de petróleo para vehículos y equipos se realizará en la estación de servicio de la misma empresa, instalada en faena Mantos de La Luna. El proyecto Distrito Norte no contempla la habilitación de un punto de abastecimiento adicional.

4) Explosivos

Los explosivos provendrán y serán transportados en camiones fábrica desde el polvorín de la Planta Mantos de La Luna hasta las áreas de tronadura. El proyecto no contempla Polvorín. Los explosivos necesarios para la explotación de las minas (Rajos) serán suministrados desde polvorín autorizado de faena Mantos de la Luna y trasportados hasta el proyecto, por caminos internos mediante transporte autorizado por la autoridad fiscalizadora correspondiente, y de acuerdo con la normativa vigente.

5) Comunicaciones

Los medios de comunicación de la faena serán mediante al uso de radios base y portátil, telefonía fija y telefonía satelital.

6) Baños Higiénicos

Se contempla el arriendo de baños químicos los tres primeros meses de proyecto, para posteriormente habilitar servicios higiénicos permanentes que contarán con agua potable, alcantarillado y fosa séptica. En las áreas operacionales de rajo y botaderos se mantendrán baños químicos.

3° Medidas de Seguridad General de la faena

Sin perjuicio de lo indicado en el Proyecto, la Empresa deberá tomar las siguientes medidas de control durante la explotación para cumplir con las condiciones básicas de Seguridad y diseño, evitando accidentes en la operación:

1) Establecer control del cumplimiento de la programación, de modo de lograr las líneas correctas de avance de extracción para cada banco. Llevar control topográficos periódico de la conciliación de bancos para verificar las desviaciones que puedan tener respecto al diseño y remediar en forma oportuna estas desviaciones.

2) En Perforación y Tronadura, tomar los resguardos necesarios para cuidar la estabilidad de la pared, utilizando tronadura amortiguada en los polígonos cercanos a esta, aplicando técnica de precorte.

3) Evaluar constantemente el diseño de la tronadura, de tal modo de minimizar el daño al macizo rocoso, adaptando la tronadura a la calidad del macizo rocoso, y a la orientación y manteo de las estructuras, presentes en un sector determinado.

4) Controlar la calidad de la perforación y tronadura, haciendo los ajustes si son necesarios, de modo de minimizar el daño inducido al macizo rocoso por este concepto; realizar mediciones de vibraciones inducidas para evaluar el efecto de la tronadura en el macizo rocoso, si son necesarios.

5) Realizar monitoreo geotécnico y control de las operaciones del rajo, incluyendo el diagrama de tronaduras, la limpieza y control de taludes. Hacer trabajos de auscultación geotécnica en el área, durante la operación, que permita reevaluar el comportamiento futuro de los taludes

6) Deberá definir los protocolos operacionales y establecer un sistema de permanente control de las paredes y bermas del rajo, para detectar en forma oportuna eventuales problemáticas de inestabilidad, como la generación de deslizamientos o fisuras tensionales en los taludes, grietas en superficie o desprendimiento de rocas, para establecer restricciones en la operación o modificación del diseño o secuencia de explotación si fuese necesario.

7) Acuñar y/o limpiar bancos o bermas de tal forma de evitar problemas de desprendimientos de rocas superficiales, que puedan afectar a las personas o equipos. Mantener las bermas de seguridad limpias, por si se requiriera realizar alguna actividad de saneamiento, con equipo menor.

8) Llevar un control y mantención permanente de los pretiles, para que cumplan con la función del mantenimiento del ancho de rampas y permitan que los materiales derramados desde los bancos superiores sean contenidos por ellos.

9) Hacer mapeos de bancos para validar el modelo geológico-geotécnico, que permita ir controlando y alertando las condiciones geotécnicas del avance de las operaciones de las fases del rajo.

10) En el carguío, para extraer el mineral cerca de la pata del banco se deberá sanear las paredes para evitar caídas de rocas inesperadas desde la pared o cresta del banco

11) Mantener zanjas límites de carguío en sectores geotécnicos relevantes, especialmente los sectores geotécnicos comprometidos en la estabilidad, ya sea por sistemas estructurales o por calidad del macizo rocoso.

12) Establecer un sistema de control de las velocidades Máxima de los vehículos y equipos que transiten en el interior de la faena, de acuerdo con las condiciones de terreno y señaléticas.

13) Las Operaciones de carguío y Trasporte de mineral y estéril deberán realizarse de acuerdo con lo establecido en el Reglamento de Seguridad Minera y el Reglamento de Carguío y Transporte establecido por la empresa, aprobado por el Servicio.

3° **Se otorga la aprobación del "Método de Explotación a Rajo Abierto para las Minas: "Rajo Las Marías y Rajo el Llano", y los "Botaderos de Estéril Las Marías y El Llano"**, del Proyecto Minero Distrito Norte de la Compañía Minera Mantos de la Luna S.A, sin perjuicio de las obligaciones o compromisos que el titular del Proyecto deba cumplir, debido a la materia regulada, ante este u otros Organismos o Instituciones del Estado.

4° Toda la documentación pertinente presentada, esto es, tanto el Proyecto como los antecedentes adicionales proporcionados a este Servicio, forman parte integrante de esta Resolución Aprobatoria, **LA QUE SE EXTIENDE SÓLO PARA LA FAENA DESCRITA, EN LAS CONDICIONES, TIPO DE TRABAJO Y LUGAR INDICADO.**

5° La Empresa deberá ejecutar y dar total y cabal cumplimiento, en cuanto a los diseños y acciones de todas las obras detalladas en la Presente Resolución y en el Proyecto presentado, con las modificadas, rectificaciones o ampliaciones del proyecto original, por considerarse estos documentos complementarios a la presente Resolución.

6° La empresa deberá mantener de forma permanente en la faena minera, una copia íntegra de esta resolución, junto al proyecto y aclaraciones, rectificaciones y/o ampliaciones que dieron origen a ésta.

7° Sin perjuicio a lo establecido a la presente Resolución, la Empresa deberá dar cabal cumplimiento a lo establecido en el Reglamento de Seguridad Minera, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado por el Decreto Supremo N° 132 del 2002 del Ministerio de Minería; y cumplir con lo establecido en la Ley 20.551 que regula el Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras y su Reglamento, Decreto Supremo N° 41 de 2012.

8° La empresa deberá aplicar todos los procedimientos y medidas de seguridad, de acuerdo con sus propios Planes de Prevención de Riesgos e instructivos de seguridad, Programas de Monitoreo e Inspección, Reglamentos de Operaciones, compromisos ambientales y otras medidas que estime pertinentes, para que todas las operaciones se efectúen previniendo los riesgos de accidentes.

9° **SE HACE PRESENTE**, que la presente resolución se ha elaborado sobre la base de los antecedentes proporcionados por la empresa, a través de sus representantes legales, cualquier omisión o inexactitud que acuse el presente proyecto es de exclusiva responsabilidad de quienes la representan, de igual forma, la validez del presente pronunciamiento queda supeditada a la mantención de las condiciones establecidas. Cualquier modificación mayor a las condiciones del Proyecto deberá ser informada a este Servicio.

10° **SE HACE PRESENTE**, que en contra de la presente resolución procede el recurso de reposición establecido en el capítulo IV, Párrafo 2° de la Ley N° 19.880, el que deberá interponerse dentro del plazo de 5 días siguientes a su notificación ante este Subdirector Nacional de Minería, y en subsidio el Recurso Jerárquico ante el Director Nacional del Servicio.

11° **REMÍTASE** copia informativa de la presente Resolución y de sus fundamentos al interesado.

ANÓTESE, NOTIFÍQUESE Y ARCHÍVESE

DAVID MONTENEGRO CABRERA
SUBDIRECTOR NACIONAL DE MINERÍA
SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

JVV/SMDP/GBB

DISTRIBUCIÓN:
- Sr. Gonzalo Diestre Flaño, Representante Legal
  Compañía minera Mantos de la Luna
  Av. Los Conquistadores N° 1700, Piso 13 A, Providencia
- Subdirección Nacional de Minería
- Dirección Regional Antofagasta
- Of. de Partes

