



**PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DE LA CANTERA
"LA MORENA", TIEBAS-MURUARTE DE RETA
(NAVARRA)**

Octubre de 2016



INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L

C/ Raimundo Fernández Villaverde 53, 1º izq. 28003 Madrid

Tel: 91 535 61 72 / 91 534 91 83

Fax: 91 534 91 83

www.crsingenieria.es



ER-0240/2013



GA-2013/0102

GRUPO CETYA, S.A.

**PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DE LA CANTERA
"LA MORENA", TIEBAS-MURUARTE DE RETA
(NAVARRA)**

Octubre de 2016



INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L

C/ Raimundo Fernández Villaverde 53, 1º izq. 28003 Madrid

Tel: 91 535 61 72 / 91 534 91 83

Fax: 91 534 91 83

www.crsingenieria.es



ER-0240/2013



GA-2013/0102

ÍNDICE

MEMORIA

PLANOS

ANEXOS

- **ANEXO I. ESTUDIO GEOLÓGICO**
- **ANEXO II. ESTUDIO GEOTÉCNICO**
- **ANEXO III. ESTUDIO HIDROLÓGICO E
HIDROGEOLÓGICO**
- **ANEXO IV. ESTUDIO DE VIBRACIONES**
- **ANEXO V. PROYECTO COTO MINERO**
- **ANEXO VI. DISPOSICIONES INTERNAS DE SEGURIDAD**
- **ANEXO VII. MAQUINARIA**

MEMORIA

ÍNDICE

Pág nº

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	5
2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	15
3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS, GEOTÉCNICAS E HIDROGEOLÓGICAS.....	17
3.1. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	17
3.1.1. <i>Encuadre geológico</i>	17
3.1.2. <i>Unidades litoestratigráficas</i>	18
3.1.2.1. Calizas dolomitizadas (Paleoceno)	18
3.1.2.2. Calizas eocenas de Alaiz (Eoceno inferior)	19
3.1.2.2.1. Niveles de interrupción sedimentaria	20
3.1.2.2.2. Facies de calizas nodulosas	21
3.1.2.3. Margas de Pamplona (Eoceno superior)	21
3.1.2.4. Cuaternario	22
3.1.3. <i>Estructura del yacimiento de La Morena</i>	22
3.1.4. <i>Sistemas de discontinuidades</i>	22
3.2. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS	24
3.2.1. <i>Propiedades geomecánicas de la roca intacta</i>	24
3.2.2. <i>Propiedades del macizo rocoso</i>	25
3.2.2.1. Calizas tableadas	25
3.2.2.2. Intercalación margosa	25
3.2.3. <i>Cálculo de la estabilidad del talud general</i>	26
3.3. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS	27
3.4. CONCLUSIONES GENERALES.....	28
3.4.1. <i>Conclusiones geológicas</i>	28
3.4.2. <i>Conclusiones geotécnicas</i>	29
3.4.3. <i>Conclusiones hidrogeológicas</i>	30

4. SITUACIÓN ACTUAL	31
5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	37
5.1. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	37
5.2. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE AVANCE Y TRANSPORTE	40
5.2.1. <i>Alternativa 1: Avance frontal con vertido directo a plaza de cantera</i>	41
5.2.1.1. Ventajas e inconvenientes.....	43
5.2.2. <i>Alternativa 2: Avance descendente y transporte por volquete</i>	44
5.2.2.1. Ventajas e inconvenientes.....	45
5.2.3. <i>Alternativa 3: Avance descendente y transporte mediante Chimenea galería</i>	45
5.2.3.1. Ventajas e inconvenientes.....	47
5.2.4. <i>Alternativa 4: Avance descendente y transporte mixto.....</i>	50
5.2.4.1. Ventajas e inconvenientes:	52
6. ALTERNATIVA SELECCIONADA	53
7. RESERVAS EXPLOTABLES	55
8. CARACTERÍSTICAS DE LA EXPLOTACIÓN.....	57
8.1. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN	57
8.2. PRODUCCIONES.....	58
8.3. VIDA DE LA EXPLOTACIÓN	58
8.4. PLANIFICACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN	58
8.5. TALUDES DEFINIDOS	60
8.6. BANCOS Y BERMAS DEFINIDOS.....	61
8.7. PLATAFORMAS DE TRABAJO.....	62
8.8. ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES.....	63
8.8.1. <i>Situación inicial.....</i>	65
8.8.1.1. Perfil 1	65
8.8.1.2. Perfil 2	65
8.8.2. <i>Situación final.....</i>	66
8.8.2.1. Perfil 1	66
8.8.2.2. Perfil 2	67
8.8.3. <i>Análisis de cuñas</i>	68
8.9. PLAZA FINAL DE LA CORTA.....	70
9. PISTAS Y ACCESOS.....	71

9.1.	PISTAS	71
9.1.1.	<i>Trazado</i>	71
9.1.2.	<i>Pendientes</i>	72
9.1.3.	<i>Anchuras</i>	73
9.1.4.	<i>Curvas: radios, peraltes y sobreanchos</i>	74
9.1.5.	<i>Firme</i>	75
9.1.6.	<i>Conservación</i>	77
10.	VOLADURA TIPO	79
11.	MEDIOS DE PRODUCCIÓN. NECESIDADES DE MAQUINARIA Y PERSONAL.....	81
11.1.	MAQUINARIA Y PERSONAL ACTUAL.....	81
11.1.1.	<i>Equipos de arranque y perforación</i>	81
11.1.2.	<i>Equipos de carga, transporte y volteo</i>	81
11.1.3.	<i>Equipos de la planta de beneficio</i>	82
11.1.4.	<i>Personal actual</i>	82
11.2.	NECESIDADES DE MAQUINARIA.....	83
11.2.1.	<i>Equipos de arranque y perforación</i>	83
11.2.2.	<i>Equipos de carga</i>	83
11.2.3.	<i>Equipos de transporte</i>	84
11.3.	NECESIDADES DE PERSONAL	85
12.	DESAGÜE Y DRENAJE DE LA EXPLOTACIÓN	87
12.1.	SUBCUENCAS DE PROYECTO Y FUNCIONAMIENTO HIDROLÓGICO.....	87
12.1.1.	<i>Subcuencas de proyecto en la situación actual</i>	87
12.1.1.1.	Subcuenca de drenaje de la corta (SO)	87
12.1.1.2.	Subcuenca de la zona sur de la explotación (S1)	88
12.1.1.3.	Subcuenca de la zona norte de la corta (S2)	88
12.2.	CAUDALES PUNTA.....	88
12.2.1.	<i>Subcuencas de proyecto</i>	88
12.2.1.1.	Subcuenca de la zona de la corta (S0´)	89
12.2.1.2.	Subcuenca de la zona sur del proyecto (S1´).....	89
12.2.1.3.	Subcuenca de la zona norte del proyecto (S2´).....	89
12.2.2.	<i>Características físicas de las subcuencas</i>	90
12.3.	CAUDALES PUNTA OBTENIDOS	90
12.4.	CÁLCULOS DE LA RED DE DRENAJE	91

12.5. DIMENSIONAMIENTO DE LAS BALSAS DE DECANTACIÓN	93
13. PREVENCIÓN Y CONTROL DE IMPACTOS	95
13.1. EMISIONES DE RUIDO	95
13.2. EMISIONES DE POLVO	96
13.2.1. <i>Pistas</i>	97
13.2.2. <i>Extracción y carga</i>	97
13.2.3. <i>Perforación de barrenos</i>	97
13.2.4. <i>Voladura</i>	98
13.2.5. <i>Medidas de control</i>	98
13.2.6. <i>Memoria tipo anual de lucha contra el polvo</i>	99
13.3. VIBRACIONES Y ONDA AÉREA	100
13.4. PROYECCIONES	101
13.5. PREVENCIÓN DEL PROCESO DE EROSIÓN	102
13.6. PREVENCIÓN Y CONTROL DE AFECCIONES A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES	102
14. ESTUDIO ECONÓMICO Y PRESUPUESTO	105
14.1. PRECIOS BASE	105
14.2. MEDICIONES	106
14.3. PRESUPUESTO	107

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Grupo CETYA es titular de la Concesión de Explotación de la Sección C) "La Morena", nº 3269, para el aprovechamiento de roca caliza en el término municipal de Tiebas-Muruarte de Reta (Navarra). La concesión "La Morena" tiene una superficie de cuatro cuadrículas mineras. Además, Grupo CETYA es titular del Permiso de Investigación "La Morena III", nº 3519, de una cuadrícula minera, situado inmediatamente al Este de la Concesión nº 3269 y comparte la cuadrícula superior a la nº 3519 con Canteras de Alaiz, S.A.

La cantera "La Morena" explota calizas eocenas en la ladera Noroeste de la sierra de Alaiz desde hace más de cuarenta años. El potente y extenso yacimiento de calizas eocenas que aflora en la ladera Noroeste de la sierra de Alaiz constituye la fuente principal de abastecimiento de áridos calizos dentro de la Comunidad Foral de Navarra y especialmente en la Cuenca de Pamplona y alrededores.

Este yacimiento de calizas es explotado en la actualidad por tres canteras de elevada producción y grandes dimensiones, cuyos titulares son CETYA, Canteras de Alaiz, S.A. y Canteras de Uncona, S.A. Las canteras se encuentran muy próximas entre sí, ocupando la cantera La Morena la posición central, lo que limita su desarrollo y obliga, en algunos casos, a compartir pistas de transporte con las canteras vecinas.

Con objeto de garantizar la explotación de los áridos calizos y alcanzar niveles satisfactorios de bienestar en el municipio de Tiebas-Muruarte de Reta, el 14 de enero de 2005 se firmó un convenio entre el Ayuntamiento de Tiebas-Muruarte de Reta y el Concejo de Tiebas, por una parte, y las sociedades explotadoras, Canteras de Alaiz S.A., Canteras de Echauri y Tiebas S.A. (hoy Grupo CETYA) y Canteras de Ucona S.A. por otra.

En este convenio se establecen tres exposiciones, en las que el Ayuntamiento, tras reconocer la antigüedad de las explotaciones, expresa su deseo de continuidad de las mismas, para garantizar la explotación de los materiales, y de que se alcancen niveles satisfactorios de bienestar en el municipio. Igualmente, el Ayuntamiento expone la necesidad de regular la actividad extractiva, a fin de satisfacer tanto a los explotadores como a los vecinos de su municipio, insertando en dicho convenio diecisiete estipulaciones que regulan la actividad de las tres canteras y delimitan los perímetros de cada una de ellas, de manera que se asegure a cada una de las explotaciones un volumen de extracción de 66 millones de metros cúbicos de calizas.

En este convenio se delimita el perímetro máximo de explotación de la cantera "La Morena" con las siguientes coordenadas UTM:

	X	Y
1º	611.520,0	4.727.039,9
2º	611.640,0	4.727.040,1
3º	611.727,9	4.727.017,0
4º	611.826,0	4.727.080,8
5º	611.904,3	4.727.095,7
6º	611.947,4	4.727.108,5
7º	611.963,5	4.727.107,4
8º	611.986,6	4.727.105,6
9º	612.020,5	4.727.103,4
10º	612.020,5	4.727.092,4
11º	612.082,8	4.727.064,9
12º	612.141,9	4.727.017,8
13º	612.376,4	4.726.710,1
14º	612.356,8	4.726.660,7
15º	612.348,1	4.726.646,7
16º	612.310,5	4.726.585,9
17º	612.219,6	4.726.408,2
18º	612.117,5	4.726.383,8
19º	612.016,0	4.726.360,0
20º	611.975,8	4.726.349,8
21º	611.947,6	4.726.342,6
22º	611.899,0	4.726.323,3
23º	611.854,5	4.726.321,9

	X	Y
24º	611.826,5	4.726.318,7
25º	611.519,2	4.726.429,7
26º	611.411,3	4.726.468,7
27º	611.343,2	4.726.494,0
28º	611.331,6	4.726.533,3
29º	611.335,9	4.726.572,6
30º	611.349,1	4.726.626,5
31º	611.350,0	4.726.630,6
32º	611.405,9	4.726.652,7
33º	611.420,4	4.726.667,5
34º	611.420,4	4.726.713,8
35º	611.416,1	4.726.758,9
36º	611.436,5	4.726.815,7
37º	611.464,1	4.726.840,5
38º	611.471,2	4.726.876,8

Este perímetro delimita una superficie de 57,66 ha.

En la estipulación primera del convenio se permite el uso del espacio existente entre los límites establecidos para cada cantera para realizar los accesos a los distintos bancos de explotación, siempre que no sea posible realizarlos dentro del perímetro del hueco.

En agosto 2005, La Dirección General de Medio Ambiente de la Comunidad Foral de Navarra publica la resolución 1430/5005, por la que se formula la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) sobre el proyecto de ampliación de la Cantera "La Morena".

Según esta DIA, el desarrollo futuro de la explotación se realizará atendiendo a las condiciones siguientes:

A) Se limita la ampliación de la extracción de calizas y la de cualquier actuación vinculada a la misma (excepto los accesos compartidos con canteras vecinas) a los siguientes puntos de coordenadas UTM:

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1º- (611.522,7 - 4.727.038,5); | 2º- (611.642,6 - 4.727.038,7); |
| 3º- (611.730,6 - 4.727.016,6); | 4º- (611.939,4 - 4.727.157,6); |
| 5º- (612.144,4 - 4.727.016,4); | 6º- (612.384,5 - 4.726.702,1); |
| 7º- (612.234,4 - 4.726.473,6); | 8º- (611.750,6 - 4.726.345,2); |

9º- (611.345,8 – 4.726.492,6); 10º- (611.334,2 – 4.726.531,9);
 11º- (611.338,5 – 4.726.571,3); 12º- (611.351,7 – 4.726.625,1);
 13º- (611.408,5 – 4.726.651,3); 14º- (611.423,0 – 4.726.665,9);
 15º- (611.418,7 – 4.726.757,6); 16º- (611.439,0 – 4.726.814,3);
 17º- (611.466,7 – 4.726.839,1); 18º-(611.473,8 – 4.726.875,4).

En cualquier caso se deberán mantener las siguientes distancias:

- Por el sur, en el término de Orraun, a 75 metros de la cresta y divisoria de aguas de la Sierra de Alaitz, dejando absolutamente libre de explotación, apertura de pista o cualquier actividad u objeto vinculado a la misma.
- Por el noroeste, a 50 metros del barranco que desemboca en la cantera de Huarte.
- Por el oeste se mantendrán sin explotar los dos flancos de la cantera que actúan como barrera visual.

B) El periodo autorizado corresponde a lo previsto para 30 años, en los que la producción se ajustará a las fases marcadas en el Proyecto de Explotación para la adecuación a la ITC 07.01.03 de mayo de 2005. La altura final de los bancos será de 30 metros y la cota final de la plaza se mantendrá en los 685 m actuales.

De acuerdo a la nueva delimitación, el área a afectar por la cantera se reduce a 55,40 ha, perdiendo algo más de 2 hectáreas respecto al perímetro fijado en el Convenio entre al Ayuntamiento y las sociedades explotadoras.

El método de laboreo utilizado en esta explotación es arranque con explosivo. El material volado desde los distintos bancos se vierte sobre el material existente en los bancos inferiores hasta la plaza de cantera donde se carga directamente sobre volquete minero. El frente de explotación está constituido por 6 bancos de distintas alturas.

El 2 de diciembre de 2005 el Servicio Infraestructuras e Instalaciones y Seguridad Industrial autorizó el Proyecto de Explotación presentado, cuya ejecución se concretaría en los sucesivos Planes de Labores de carácter anual. La autorización recoge las siguientes condiciones:

- En el plazo de 3 años la empresa presentará en el Servicio un estudio de alternativas de explotación que aumente la seguridad de las labores de extracción y transporte de material (volteo), con objeto de desarrollar en un nuevo proyecto de explotación la más idónea.
- También justificarán documentalmente todas las voladuras en bancos superiores a 40 metros.

La empresa presentó el 28 de octubre de 2008 la citada documentación en el Departamento de Medio Ambiente.

El 3 de junio de 2009 técnicos del Laboratorio Oficial Madariaga (LOM), efectuaron una visita a las instalaciones de la explotación. De la misma emitieron un informe que se hizo llegar al explotador el 29 de enero de 2010 con las mejoras posibles.

El 28 de marzo de 2011 tuvo lugar una reunión entre directivos del Grupo CETYA, el Director del Servicio de Energía, Minas Telecomunicaciones y Seguridad Industrial y la Jefa de Sección de Energía, Minas y Telecomunicaciones del Gobierno de Navarra.

Con objeto de actualizar el expediente se propuso a la empresa la presentación de un documento que describiera la solución de la alternativa que considera más adecuada, cumpliendo con los requisitos establecidos en la Normativa, antes del 10 de junio de 2011.

En junio de 2011 se presentó el Anteproyecto de explotación de la cantera de Tiebas. El documento, con carácter de anteproyecto de explotación, presentaba el estudio de alternativas realizado y planteaba la continuación de la explotación hasta el final del primer periodo de la Concesión, 2024.

El 19 de septiembre de 2012 el Departamento de Economía, Hacienda, Industria y Empleo del Gobierno de Navarra comunicó a CETYA que, revisado el anteproyecto presentado y la documentación complementaria de la Concesión "La Morena", debía presentar el proyecto de explotación desarrollando la alternativa número 4 (conos de vertido), en el plazo de 3 meses.

El escrito señala que el proyecto deberá ajustarse a lo indicado en la ITC 07.1.02, "Proyectos de Explotación", y a lo establecido en la Declaración de Impacto Ambiental, Resolución 1430/2005, de 1 de julio, del Director General de Medio Ambiente.

Posteriormente, el 10 de diciembre de 2012, los técnicos de la Sección de Energía y Minas realizaron una visita a la cantera "La Morena". En esta visita la empresa explotadora planteó eliminar la realización de las trincheras de volteo presentadas en la alternativa número 4, dado que, además de la dificultad técnica que conlleva su realización, su implantación rigidizaría su sistema de trabajo, al determinar unas zonas fijas para realizar el volteo a través de las trincheras, proponiéndose proyectar un sistema de volteo controlado en bancos de 30 metros de altura.

Ante el planteamiento presentado, la Sección de Energía y Minas estableció en escrito de 18 de diciembre de 2012 las siguientes Consideraciones y Conclusiones:

CONSIDERACIONES

La empresa debe dejar claramente indicado en el proyecto, aparte de las alturas de los bancos, las anchuras de las plataformas de trabajo conforme a la maquinaria móvil a emplear, las pendientes de los viales (pistas y accesos) que se planteen, todo ello conforme a la ITC 7.1.03 "Trabajos a cielo abierto: desarrollo de labores".

Así mismo la empresa deberá justificar que la realización de los trabajos de volteo proyectados se lleven a cabo dentro de unas adecuadas medidas de seguridad, que contemplen: la capacitación y formación del personal que los realice, la supervisión de los trabajos, el correcto mantenimiento y revisión de la maquinaria que se emplee, así como las protecciones en plaza de cantera que se prevén frente a posibles impactos del material volteado, todo dentro de una DIS (Disposición Interna de Seguridad), así como las medidas para mitigar la generación de polvo en dichos trabajos.

Al hilo de lo anterior, es importante señalar que en el anteproyecto de explotación de la cantera presentado en junio del 2011, se señalaba en su apartado 6.1.7. "Ventajas e inconvenientes" dentro del punto 6.1 "Alternativa 1: avance frontal con vertido directo a plaza de cantera" que: "Uno de los principales inconvenientes (de este sistema) es que al aumentar los bancos en explotación el cono que se formará por vertido tendrá unas necesidades de superficie mucho mayores que en la actualidad. Esto hará inviable a la larga el vertido desde los bancos superiores por razones de seguridad y por tener una plaza de cantera que no se puede ampliar". La empresa, como ya se ha señalado en el párrafo anterior, si quiere realizar unos volteos controlados, deberá plantear unas protecciones en plaza de cantera suficientes para justificar la adecuada protección del personal, equipos e instalaciones frente a posibles impactos debidos al vertido por volteo.

CONCLUSIONES

El proyecto definitivo de explotación, que la empresa se compromete a presentar dentro de las fechas previstas, deberá contemplar lo señalado en el apartado anterior de consideraciones.

En enero de 2013, Grupo Cetya, S.A. presentó ante el Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente, el proyecto de explotación de la cantera "La Morena" en el término municipal de Tiebas-Murarte de Reta. Así mismo, el proyecto contemplaba la solicitud de concesión derivada del permiso de investigación "La Morena III" nº 3519 sobre una cuadrícula minera.

Con fecha 18 de abril de 2013, el Servicio de Calidad Ambiental remitió al Servicio de Energía, Minas y Seguridad Industrial la documentación presentada por la empresa junto con un informe en el que señalaba que no procedía la tramitación de un nuevo expediente medioambiental de dicho proyecto.

En paralelo y con fecha 25 de enero de 2015, y por la Resolución 186/2015 de 17 de abril del Director General de Industria, Energía e Innovación, se autorizó la formación del coto minero "Sierra de Alaiz" promovido por las sociedades Grupo Cetya, S.A., Uncona, S.A. y Canteras de Alaiz, S.A.

Con fecha 21 de septiembre de 2015, una vez constituido el coto minero y reglada con él la relación de los derechos mineros de los tres titulares presentes en la Sierra de Alaiz, el Departamento de Economía, Hacienda, Industria y empleo del Gobierno de Navarra emite un requerimiento para la modificación del proyecto de explotación presentado.

Atendiendo a estas consideraciones, con fecha 11 de noviembre de 2015, Grupo Cetya, S.A. presentó una modificación del Proyecto de Explotación con las modificaciones necesarias para adaptarse al requerimiento.

Del análisis de la respuesta, la Sección de Energía y Minas emite otro requerimiento, el 5 de marzo de 2016, concluyendo que algunas de las observaciones realizadas en el requerimiento inicial no han quedado adecuadamente respondidas.

En abril de 2016, Grupo Cetya presenta una adenda al Proyecto de Explotación que da contestación al último requerimiento emitido.

El presente Proyecto de Explotación de la cantera "La Morena", que se entrega acompañado del Plan de Restauración, recoge en un único documento de fusión, todas las observaciones realizadas en los requerimientos recibidos hasta la fecha.

La actividad extractiva se realizará en la Concesión de Explotación de la Sección C) "La Morena", nº 3269, en el Permiso de Investigación "La Morena III", nº 3519, y en la cuadrícula minera compartida con Canteras de Alaiz, S.A. y situada inmediatamente al Norte de la nº 3519.

Por este motivo, acompaña a este proyecto la solicitud de Concesión Derivada de Explotación de la sección C) del Permiso de Investigación "La Morena III", nº 3519, de una cuadrícula minera de superficie.

El proyecto plantea la explotación de unas reservas de calizas de 15,28 millones de toneladas, a un ritmo de producción anual de un millón de toneladas; este ritmo de producción podrá variar en función de los condicionantes de mercado, pero las reservas existentes garantizan la viabilidad de la explotación hasta el final del primer período de la Concesión de Explotación, en 2024, y la posibilidad de ampliación en las dos prórrogas adicionales posibles.

El presente documento se atiene a lo dispuesto en la reglamentación vigente, en concreto la Ley de Minas 22/1973, de 21 de julio, el R.D. 2857/1978, de 25 de agosto, que aprueba el Reglamento General para el

Régimen de la Minería, el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (R.D. 863/1985 de 2 de abril), el Reglamento de Explosivos (R.D. 230/98), el R.D. 1389/1997 de 5 de septiembre por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras, el R.D. 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras, las Instrucciones Técnicas Complementarias en materias de trabajos a cielo abierto (ITC 07.1.01, ITC 07.1.02, ITC 07.1.03, ITC 07.1.04), las Instrucciones Técnicas Complementarias en materia de explosivos (ITC 10.0.01, ITC 10.0.02, ITC 10.1.01, ITC 10.1.02) y la restante legislación aplicable de ámbito autonómico, estatal y comunitario.

En concreto, el documento se ajusta a lo exigido en la ITC MIE S.M.07.1.02. Trabajos a cielo abierto. También se han tenido en cuenta los condicionantes de la DIA.

El Proyecto y los estudios anexos han sido realizados por un equipo técnico de INGENIERIA Y CONSULTORIA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L. (CRS Ingeniería), integrado por Juan León Coullaut Sáenz de Sicilia, Ingeniero de Minas; Juan Ignacio Coullaut Santurtún, Ingeniero de Minas; Pedro Jiménez Marcos, Geólogo y Vanesa Hermoso de Mingo, Ingeniero de Minas.

2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La cantera La Morena se sitúa en el término municipal de Tiebas-Muruarte de Reta (Navarra), a unos 500 m al Sureste del núcleo urbano. El acceso a la explotación se realiza desde la carretera N-121 por la local NA-5051 que conduce a la localidad de Tiebas. Las instalaciones de la planta se encuentran en el extremo Norte de la plaza de cantera.

La cantera explota un potente paquete de calizas eocenas en la ladera noroeste de la sierra de Alaiz. El paquete de calizas sigue dirección Noreste-Suroeste y buza al Noroeste unos 24°. El buzamiento de las capas superiores es prácticamente coincidente con la pendiente de la ladera.

La cantera La Morena se sitúa en la parte central de la corrida de calizas, 300 m al Suroeste de su límite se encuentra la cantera de Uncona y 660 m al Noroeste se sitúa la cantera de Alaiz.

3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS, GEOTÉCNICAS E HIDROGEOLÓGICAS

3.1. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

3.1.1. Encuadre geológico

La sierra de Alaiz está constituida por materiales mesozoicos y terciarios de origen marino, afectados por una gran estructura anticlinal de orientación general ENE-OSO, que gira al avanzar en dirección Suroeste a una orientación NE-SO, que es la dirección del flanco donde se encuentra la cantera objeto de este estudio.

La zona donde se sitúa la cantera no está afectada por fallas importantes de escala regional. Fallas de menor importancia se sitúan al Este y Sur de la cantera. A unos 23 km al Este se identifican una serie de fallas normales con dirección N-S a NNO-SSE, buzantes hacia el Oeste. Se trata de fallas radiales con respecto a la estructura general de la sierra de Alaiz. A 600 m al Sur de la cantera, la cartografía geológica revela la existencia de fallas de dirección E-O, que hacia el Este van cambiando su dirección a SO-NE. Estas fallas podrían tener su influencia en la cantera a través de fallas no cartografiadas a la escala de la cartografía del Mapa Geológico Nacional (MAGNA, 1:50.000) o a fracturas asociadas a estas mismas fallas.

El flanco Noroeste del anticlinal de Alaiz coincide con la ladera de la sierra hacia esa dirección. La pendiente de la misma corresponde aproximadamente con el buzamiento de las capas. Esta ladera está surcada por barrancos y valles con la misma dirección que las fallas radiales.

Los materiales integrantes de la sierra son calizas y dolomías, a veces muy arenosas, margas y margocalizas y calizas arenosas pardas del Cretácico superior, que se sitúan en el núcleo de la estructura anticlinal y se

encuentran erosionadas; dolomías y calizas del Paleoceno y calcarenitas del Eoceno que forman los relieves principales de la sierra, en el flanco Noroeste del anticlinal.

Las calizas que se explotan en la sierra de Alaiz son de edad Eoceno inferior. El relieve principal de la sierra está formado principalmente por calcarenitas, que van pasando hacia arriba a gruesas (casi calcirruditas). Sobre este nivel aflora otro también carbonatado con bancos más duros de calcarenitas con cemento calizo arcilloso que destaca en el relieve. Parecen corresponder a tramos detríticos.

En cuanto a la edad, según los datos de la hoja MAGNA nº 141, se ha determinado un primer tramo de edad Ilerdense, sobre el que se apoyaría el Luteciense, faltando el Cuisiense.

La extensión de estas calizas hacia el Norte se desconoce. En las facies de talud que se encuentran más al Norte no vuelven a aflorar. La potencia de las calizas disminuye de la sierra de Alaiz hacia el Norte, como lo demuestran los espesores cortados en diferentes sondeos realizados hacia Pamplona.

3.1.2. Unidades litoestratigráficas

En el entorno inmediato a la cantera de La Morena, se pueden identificar las siguientes unidades litoestratigráficas, que de muro a techo son:

3.1.2.1. Calizas dolomitizadas (Paleoceno)

Este conjunto dolomítico se apoya sobre los materiales margocalizos del Cretácico superior y consiste en una serie de unos 75 m de potencia, constituida por dolomías y dolarenitas en su tramo inferior y calizas arenosas en la parte superior. Todo el conjunto se halla muy recristalizado (Mapa Geológico de Navarra 1:25.000).

Este tramo constituye una secuencia que refleja un ambiente de depósito de transición marino-continental.

3.1.2.2. Calizas eocenas de Alaiz (Eoceno inferior)

Tal y como se apunta en la memoria de la cartografía geológica de Navarra (CGN), se trata de un potente conjunto de calizas tableadas que constituyen la gran mole calcárea de la Sierra de Alaiz.

Estas calizas constituyen la formación de interés minero; presentan una potencia estimada en 300-400 m y se engloban dentro de la Fm. Calizas de Guara (Puigdefabregas, 1975).

Aunque se pueden establecer distinciones entre su zona inferior y superior, en general se trata de una serie de aspecto homogéneo y ordenado, constituida por bancos de calcarenitas y rudstones organizados en espesor decimétrico a métrico.

En muchos bancos calcáreos se pueden apreciar estructuras tractivas (laminaciones cruzadas) y también se ha citado la presencia de una estratificación cruzada muy tendida a gran escala. Todo ello indica un ambiente de depósito en condiciones hidrodinámicas muy enérgicas, por lo que cabe atribuirlo a una plataforma carbonatada somera de alta energía.

Estas calizas presentan una gran pureza como materia prima para cal, con contenidos en CaCO_3 del 99%.

Dentro de esta homogeneidad cabe destacar algunos aspectos específicos:

- En ocasiones, dentro del paquete calizo aparecen niveles de interrupción sedimentaria, caracterizados por una marcada discontinuidad o intercalación terrígena (margas y arcillas) que puede alcanzar el metro de potencia, seguida de una zona de unos 10-20 m de potencia en los que perdura la presencia de contaminación terrígena.
- También se puede apreciar como el paquete de caliza tableada evoluciona en su parte superior hacia una facies de calizas nodulosas.
- En el techo del paquete calizo se ha descrito una superficie ferruginosa (*hard ground*), antes de dar paso a la siguiente unidad. La presencia de esta superficie indica una emersión de la plataforma, debido a un descenso relativo del nivel del mar. Esta exposición parece que pudo ir acompañada de karstificación, como atestiguan algunas cuevas rellenas de margas y arcillas (paleokarst) que se han ido encontrando en los frentes de explotación.

3.1.2.2.1. Niveles de interrupción sedimentaria

Estos niveles se deben a episodios (posibles eventos tecto-sedimentarios) en los que se produce un aporte muy importante de material terrígeno, que llega a interrumpir la fábrica de carbonatos. Superado el evento, la sedimentación carbonatada se va recuperando paulatinamente, dejando como evidencia ese tramo calizo de 10-20 m de espesor con presencia terrígena.

En la explotación se ha identificado un nivel de interrupción sedimentaria, a la que se denomina como intercalación margosa, ya que penaliza el aprovechamiento del material por su contenido en sílice, alúmina y, en alguna zona, en azufre. La potencia máxima del tramo penalizado alcanza los 20 m.

Cabe señalar el episodio de corrimiento de una bolsa de materiales margosos ocurrido hace años en uno de los taludes de la cantera. Episodio que dio lugar a un replanteo de la explotación.

Además, este episodio arranca con un relleno de margas arcillosas que puede alcanzar el metro de potencia y que, desde el punto de vista geotécnico, puede constituir un nivel de despegue potencial y un problema en el desarrollo de cualquier infraestructura subterránea que lo intercepte.

3.1.2.2.2. Facies de calizas nodulosas

El paquete de caliza tableada evoluciona en su parte superior hacia una facies de calizas nodulosas. Este tramo presenta una potencia variable, estimada en el Oeste de la cantera en unos 10-20 m, y anuncia la irrupción de un conjunto de calcarenitas y margas (capas de Urroz) que marca el techo del paquete calcáreo de la Sierra de Alaiz. Esta facies nodulosa otorga un aspecto característico al macizo rocoso, pero no va acompañada de un gran incremento en el contenido terrígeno, por lo que se mantiene una fábrica clasto-soportada.

3.1.2.3. Margas de Pamplona (Eoceno superior)

Esta unidad irrumpe de forma brusca y neta sobre las calizas de plataforma de la Sierra de Alaiz, incluso llegando a erosionar parte de los niveles calcáreos superiores de dicha plataforma.

Se trata de un ciclo de naturaleza carbonatada blanda, conocida como "Margas de Pamplona" y refleja un hundimiento generalizado de las plataformas carbonatadas del ciclo anterior, instaurándose condiciones de depósito marino profundas.

Estos materiales margosos y plásticos también rellenaron los huecos kársticos desarrollados a techo de la plataforma caliza durante su emersión (paleokarst).

3.1.2.4. Cuaternario

En la zona de estudio los materiales cuaternarios son escasos, limitándose a depósitos coluvionares, al pie de los escarpes calizos, rellenos kársticos y rellenos antrópicos de la propia actividad minera.

3.1.3. Estructura del yacimiento de La Morena

Estructuralmente, los materiales se encuentran incluidos en el flanco noroeste de la estructura antiforme de la Sierra de Alaiz, el cual define una geometría monoclinal, con buzamientos de unos 20-25° hacia el NNO.

En el entorno de la cantera se mantiene esta estructura. Únicamente se puede apreciar una variación muy leve en la dirección de la estratificación, desde su extremo Norte al Sur, dibujando una suave ondulación de eje NO-SE que pincha hacia el NO, siguiendo la estratificación (So).

3.1.4. Sistemas de discontinuidades

El macizo calizo conforma un cuerpo bastante homogéneo y competente. Sin embargo, al tratarse de unas calizas tableadas, el conjunto muestra un marcado y persistente patrón de discontinuidades asociadas a las juntas de

estratificación (So) y, en menor medida, a la fracturación. Todo el entramado de discontinuidades que surcan el macizo calizo genera una característica anisotropía en el conjunto.

Para caracterizar esta anisotropía que afecta a la masa caliza se han determinado las principales familias de discontinuidades observadas en el campo, y obtenidos los siguientes patrones:

- So (20° - 25° / 305° - 330°): Esta familia de discontinuidades corresponde con las juntas de estratificación del cuerpo calizo y es la más importante, por su densidad, y por su persistencia. Se trata de discontinuidades onduladas y ligeramente rugosas, con continuidades, tanto en dirección como en buzamiento, superiores a los 20 m. El espaciado es de decimétrico a métrico. Las juntas suelen presentarse cerradas y, en ocasiones, con un relleno milimétrico de materiales limosos.
- J1 (87° / 050° y 82° / 210°): Esta familia presenta una dirección aproximada $N120^{\circ}$ - 140° E, pero con buzamientos subverticales tanto hacia posiciones meridionales como hacia el Norte. Las fracturas que componen esta familia muestran una continuidad grande, superior a los 20 m, tanto en dirección como en el sentido del buzamiento. Su espaciado es de 3 a 4 m en las zonas de mayor presencia y de más de 10 m en las de menor densidad. Las superficies son estriadas a lisas, de morfología plana, con rellenos milimétricos de calcita y signos de alteración (baja-moderada).
- J2 (77° / 357°): Esta familia presenta una continuidad de más de 20 m y un espaciado denso (0,6-2 m). Las superficies son rugosas y pueden ir acompañadas por relleno calcítico (menor de 1 mm). Meteorización ligera.

3.2. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

3.2.1. Propiedades geomecánicas de la roca intacta

En este apartado se hace una estimación de las propiedades mecánicas de la roca intacta.

La estimación de las propiedades resistentes de las calizas se establece en base a los datos de laboratorio realizados en un estudio geotécnico previo y con medidas de rebote con martillo Schmidt sobre afloramientos de roca fresca en los distintos frentes de la cantera. Para utilizar el criterio de rotura de Hoek-Brown, el parámetro necesario, m_i , característico del litotipo considerado, se ha obtenido aplicando las tablas de HOEK (2000).

Las características resistentes de la roca caliza intacta se resumen en la tabla 3.1.

TABLA 3.1.-PROPIEDADES DE LA ROCA CALIZA INTACTA		
Litotipo	σ_{ci}	m_i
Calizas tableadas	77	11

σ_{ci} : Resistencia a compresión simple de la roca intacta en MPa

m_i : constante de Hoek-Brown característica del macizo rocoso.

Las propiedades geotécnicas del paquete de margas se han extraído a partir de datos obtenidos en zonas próximas a la cantera de La Morena. Las características se presentan en la tabla 3.2.

TABLA 3.2.-PROPIEDADES DE LA ROCA MARGOSA INTACTA		
Litotipo	σ_{ci}	m_i
Margas	15	9

3.2.2. Propiedades del macizo rocoso

Desde un punto de vista geomecánico y geotécnico, en la cantera La Morena se distinguen dos litotipos; el de las calizas tableadas eocenas objeto de aprovechamiento y la intercalación margosa presente en el paquete calizo.

3.2.2.1. Calizas tableadas

Se trata de un litotipo que muestra gran homogeneidad y compacidad, aunque presenta una estratificación muy definida y marcada, presentando una elevada cementación.

Estas calizas están compuestas en más del 99% por carbonato cálcico. La caliza presenta una densidad de $2,65 \text{ t/m}^3$, un ángulo de rozamiento interno entre 25° y 35° , una cohesión de $2-3 \text{ kp/cm}^2$ y una resistencia a la compresión simple de 786 kp/cm^2 (ver Anexo 1).

EL RQD medio es de 75-90%, la separación del diaclasado 0,5-2 m, el relleno de las discontinuidades es blando $>5 \text{ mm}$ y suelen presentarse secas. Así pues, atendiendo a estas características y a las diferentes clasificaciones de rocas, la caliza se puede considerar como de calidad media (Bieniawski, 1973) y dura (GSL, 1970 y ISRM, 1981), con un $\text{RMR}=54$ y un índice de calidad según Barton de $Q=10,625$ (calidad media).

3.2.2.2. Intercalación margosa

Se trata de un nivel que muestra una gran homogeneidad y cierta plasticidad, que puede actuar como nivel de despegue, ya que presenta un espesor medio de 1 m. De cara a su caracterización geotécnica se considerará como una discontinuidad con relleno blando, con un ángulo de deslizamiento de $17-21^\circ$ y una cohesión de $0,5-2 \text{ kp/cm}^2$.

Cabe recordar el episodio de corrimiento de una bolsa de materiales margosos ocurrido hace unos años en uno de los taludes de la cantera. El episodio en cuestión dio lugar a un replanteo de la explotación.

3.2.3. Cálculo de la estabilidad del talud general

Una vez obtenidos los parámetros que definen al macizo rocoso, para el caso general, se ha procedido al análisis de la estabilidad del talud principal en situación final de la explotación. Para ello se ha utilizado el software SLIDE 4.01 de Rocscience Inc. El programa SLIDE analiza la estabilidad de un perfil determinado mediante distintos métodos. Se han realizado cálculos para roturas circulares por el método de Bishop simplificado y Janbu simplificado.

El macizo rocoso en el que se encuentra excavada la cantera está constituido fundamentalmente por calizas, cuyas características geológicas y estructurales se han resumido en el apartado anterior, intercalado en su base por un paquete de margas de 20 m de potencia, cuya evolución en profundidad hacia el interior de la ladera ha sido reconocido mediante sondeos.

Se ha realizado el cálculo de estabilidad del talud final para los diseños geométricos descritos en el capítulo 9.4, obteniéndose factores de seguridad mayores de 1,2 aplicando rotura circular, por el método de Bishop. Dichos resultados se muestran en detalle en el Anexo II adjunto al presente informe.

3.3. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

Los materiales carbonatados de la Sierra de Alaiz forman parte de una unidad hidrogeológica constituida por un extenso acuífero de naturaleza carbonatada y que, en gran medida, se encuentra confinado. Sólo la zona de la Sierra de Alaiz, que es donde afloran los materiales carbonatados permeables, el comportamiento del acuífero es libre.

Los estudios hidrogeológicos desarrollados en la sierra (DFN) han comprobado que la permeabilidad de la unidad carbonatada se circunscribe a las zonas de fractura.

El cuerpo acuífero lo constituyen todos los materiales carbonatados; es decir, desde las calizas dolomitizadas del Paleoceno, pasando por las calizas eocenas, hasta las calcarenitas del Eoceno medio. Por lo tanto, el sustrato impermeable lo constituyen los materiales terrígenos del Cretácico superior (areniscas y margocalizas), mientras que las margas de Pamplona (Eoceno superior) actúan como sello confinante de las formaciones carbonatadas. Los límites del acuífero confinado bajo las margas están totalmente condicionados por características litológicas (cambios laterales de facies) por el Norte y estructurales por el Este, Oeste y Sur.

Los niveles piezométricos son poco conocidos en la propia sierra y pueden estar en torno a las cotas 300-400, lo que supone unos 150 m por debajo de la cota mínima de afloramiento de las calizas. También se citan variaciones del nivel freático del orden de los 100 m (DFN, 1982). No existe aprovechamiento del acuífero.

La recarga del acuífero se produce por infiltración de las precipitaciones sobre los afloramientos carbonatados de la sierra, mientras que la descarga es desconocida, ya que no existe ningún manantial de entidad en la sierra. Algunos estudios (DFN, 1982) apuntan a una descarga hacia el valle del río Arga, en la zona de Íbero y Puente La Reina. Por lo tanto, las direcciones de flujo principales serían hacia el ONO.

Los recursos anuales del acuífero libre se estiman en unos 10 hm³, en base a los balances hídricos realizados.

3.4. CONCLUSIONES GENERALES

3.4.1. Conclusiones geológicas

El yacimiento de calizas eocenas de la cantera La Morena muestra una configuración geológica sencilla, sintetizada en las siguientes claves geológicas:

- La unidad explotada está constituida por un paquete de calizas tableadas, de edad Eocena, con una potencia del orden de los 300-400 m, y que se apoya sobre unas calizas dolomitizadas del Paleoceno y, a techo, es confinado por la unidad de las margas de Pamplona (Eoceno med.). Todo este conjunto es el que configura la sierra de Alaiz.
- La caliza explotada es de gran calidad (99% CaCO₃) y desde el punto de vista geotécnico da lugar a un macizo rocoso de calidad media según Bieniawski y Barton, con un RMR= 54 y Q de Barton= 10,625.
- El conjunto de materiales se dispone según una estructura monoclinas, con buzamientos suaves-medios (20-25°/305-330°), que constituye el flanco NO del anticlinal cabalgante de Alaiz.
- A escala de la explotación, la estructura es similar aunque se aprecia un suave giro en la dirección de la estratificación, dando lugar a una ondulación muy abierta y suave, con ángulos de buzamiento prácticamente constantes. Los sondeos de investigación realizados en las zonas altas de la cantera confirman la estructura y calidad de la unidad explotada.

- Las directrices principales de la fracturación se ajustan a los siguientes sistemas: J1 (87°/050° y 82°/210°) y J2 (77°/357°).
- Dentro del paquete calizo eoceno pueden aparecer intercalaciones de materiales margosos, arcillosos y arenosos, que penalizan la calidad del material. Merece especial mención una intercalación de unos 15-20 m de potencia que recorre la base del talud general y ha sido reconocida mediante sondeos hasta el extremo sur de la explotación proyectada.

3.4.2. Conclusiones geotécnicas

Como ya se ha sugerido, los factores críticos que pueden dar lugar a inestabilidades y problemas geotécnicos tienen que ver con las intercalaciones margosas intercaladas en el paquete de calizas tableadas.

Por tanto, cualquier diseño minero ha de tener en consideración la geometría y posición de esa intercalación. Los problemas que se pueden generar podrían ser los siguientes:

- En un hueco a cielo abierto cabe la posibilidad de descalzar los bancos superiores que se encuentren en caliza y sobre la discontinuidad. Esta es una situación de inestabilidad que hay que paliar con el diseño y planificación de la operación minera, por este motivo, se vigilará el riesgo de deslizamientos planares durante la explotación de estos sectores de la cantera; además, se ha proyectado que el arranque del paquete principal de margas y de los niveles de calizas inmediatamente suprayacentes se realice en las fases finales de la explotación.

- En el caso de una chimenea-galería, si el pozo atraviesa la intercalación margosa hay elevadas probabilidades de que se produzcan problemas geotécnicos durante su ejecución. Además, una vez realizada, esa intercalación de unos 20 m de espesor podría comprometer gravemente su integridad y funcionamiento, ya que al ser un material más blando sufriría un desgaste diferencial, generando huecos no controlables, la entrada de estéril en el flujo de transporte y, en un caso extremo, el colapso y obstrucción definitiva de la estructura.
- En el caso planteado en el proyecto se elimina el riesgo de caídas durante el transporte ya que los volquetes únicamente circulan en las plataformas de carga.

Además de esta caracterización general, la empresa GeoNavarra S.A. realizó en Octubre de 2010 un estudio de estabilidad de la cantera, que se recoge en el Anexo II-1 del presente informe, bajo el título de "ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LOS FRENTES DE EXPLOTACIÓN EN EL DESARROLLO DE LA AMPLIACIÓN DE LA CANTERA DE ECHAURI TIEBAS S.A., EN EL MUNICIPIO DE TIEBAS-MURUARTE DE RETA (NAVARRA)".

3.4.3. Conclusiones hidrogeológicas

Los materiales carbonatados de la Sierra de Alaiz forman parte de una unidad hidrogeológica constituida por un extenso acuífero de naturaleza carbonatada y que, en gran medida, se encuentra confinado.

4. SITUACIÓN ACTUAL

La superficie afectada actualmente por el hueco de la cantera es de unas 33 ha, a las que hay que sumar unas 28 ha de terreno afectado por la red de pistas y accesos, con sus consiguientes terraplenes y taludes, la mayoría de los cuales se encuentran dentro del perímetro autorizado para la explotación y el resto en los terrenos situados entre las dos canteras colindantes, también en zona autorizada.

La plaza de cantera, plataforma más baja de la explotación, consta de unos 515 m de longitud y 450 m de anchura, se encuentra a cotas entre 680 m y 685 m s.n.m. Esta plaza ocupa una extensión de 13,7 ha.

La explotación se realiza por avance frontal y vertido directo del material arrancado a la plaza de cantera, desde donde se carga en volquetes de 90 t mediante palas cargadoras y se transporta a la tolva de alimentación de primaria. La mayor parte del material arrancado en cada voladura cae directamente a la plaza de cantera. El resto es vertido a los bancos inferiores o a la plaza de cantera, desde cada banco superior, mediante excavadoras o palas cargadoras.

La producción media de los últimos años es del orden de 1,7 millones de toneladas anuales, de las que aproximadamente un 45% se comercializan como zahorras y un 65 % como materiales clasificados, que se emplean como áridos o para la fabricación de cal. No obstante, en los tres últimos años se ha notado un descenso de las ventas, sobre todo en zahorras, lo que ha obligado a una disminución de la producción y a la formación de acopios temporales en la plaza de cantera.

En 2005 el frente de cantera estaba formado por tres bancos conformados y un cuarto superior en formación. El banco inferior, con forma elíptica, de 70 m de altura y 1.450 m de longitud, conformaba los límites de la plaza de

cantera, si bien su avance se limitaba a su mitad oriental. El segundo banco, de forma semielíptica, era de 60 m de altura y 920 m de longitud. El tercer banco, situado sobre el segundo, presentaba una altura de 62 m y 660 m de longitud. Por último, el cuarto banco, en formación, solamente tenía una longitud de 275 m con una altura máxima de 15 m. La cota de coronación de este último banco se sitúa en los 900 m s.n.m.

A partir de agosto de 2005, como consecuencia de la entrada en vigor de la DIA, se programó disminuir la altura de los bancos para ajustarlos a la altura máxima de 30 m.

La adecuación de la explotación a la DIA se inició en 2005 y continúa realizándose actualmente, adaptándose la explotación a las disposiciones de la DIA. Esta modificación se va realizando a la vez que se avanza con el frente de explotación.

En la actualidad el frente de explotación está conformado por 5 bancos de explotación algo más desarrollados y avanzados. Al mismo tiempo se están dividiendo los bancos superiores a la cota 755 m s.n.m. para disminuir su altura y adecuarse a las ITC's correspondientes. Parte de la plaza de cantera se encuentra rellena de material, por lo que el primer banco tiene una altura variable entre 55 m y 70 m, alcanzando la primera plataforma de trabajo. Esta primera plataforma de trabajo tiene una anchura máxima de 35 m para permitir el vertido del material. El siguiente banco, de 60 m de altura máxima, se encuentra partido en la zona norte en dos bancos de 30 m separados por una plataforma de trabajo de 30 m. El tercer banco, de 60 m de altura en la zona centro, se ha dividido en dos bancos de 30 m de altura separados por una plataforma de trabajo de 20 m en la zona sur y en tres bancos de 30 m en la zona norte. Por último, se encuentran abiertos parcialmente los dos bancos de 30 m superiores al sur. Todos los bancos tienen acceso por la zona sur.

El método de explotación, que se lleva utilizando desde siempre, es el de un frente conformado en bancos, con avance frontal, mediante arranque con voladuras y descenso del material volado por el propio talud hasta la plaza de cantera, aprovechando el desplazamiento del material volado complementado con el vertido con maquinaria y la pendiente del frente de explotación. Este método de explotación hace que el material se disgregue en la caída, disminuyendo por tanto el tamaño de la roca y aumentando la proporción de finos. Esto, que en el pasado era favorable, debido a la composición de la demanda de los distintos tipos de materiales y al volumen de venta de zahorras, ha variado en el último año, aumentando la demanda de materiales clasificados. Por otra parte, al tener un frente amplio, los vertidos se realizan en distintos puntos del banco por lo que no se realizan vertidos en bancos superiores al mismo tiempo que la carga.

El material vertido sobre la plaza de cantera se carga en volquetes de gran capacidad y se transporta a la tolva de alimentación de primaria.

Una de las características particulares de esta cantera, respecto a las dos colindantes, es la existencia de un nivel de margas de unos 20 m de potencia intercalado en el paquete de calizas, que sigue el rumbo y buzamiento de las capas. Este tipo de roca no es apta para su empleo como árido y es por supuesto un contaminante en la fabricación de cal.

Este paquete de margas se descubrió hacia el año 2003, iniciando su aparición por la base de la parte Noreste del banco inferior y aumentando su presencia y desarrollo por todo el frontal de este banco al ir avanzando la explotación. El afloramiento de este paquete de margas queda reflejado en la fotografía panorámica adjunta tomada en mayo de 2005, aunque la mayor parte del afloramiento está tapado por los conos de material vertido de los bancos superiores.

Con el fin de estudiar este paquete, su espesor y disposición espacial, en el año 2006 se realizó una campaña de 11 sondeos para cortar las margas en distintos puntos del perímetro de la cantera. Fruto de la investigación realizada es haber podido situar, con precisión, el paquete de margas y su potencia.

Esta investigación del paquete margoso ha permitido evaluar el volumen de este tipo de roca que será arrancado durante la explotación y su influencia, en cuanto a contaminación, sobre las reservas de caliza. También ha permitido definir su impacto en las distintas alternativas de explotación planteadas y las necesidades de espacio para el almacenamiento de las margas arrancadas, en el caso de que no fuera posible su utilización como material de relleno en obras del entorno.



5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

5.1. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Las alternativas de diseño corresponden con el máximo hueco alcanzable con las siguientes limitaciones geométricas, es decir, no se tiene en cuenta en este análisis el límite temporal que representa el vencimiento de la concesión minera "La Morena" que se producirá en el año 2024.

Se han analizado distintas posibilidades de desarrollo del hueco final de la explotación de la cantera. No obstante, el desarrollo de la cantera hasta alcanzar las dimensiones del hueco final viene condicionado por las limitaciones establecidas por la Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Navarra, en la DIA 1430/2005, de 1 julio, por lo que no pueden plantearse alternativas de diseño muy distintas.

Estos condicionantes son:

1. El límite de explotación definido por las siguientes coordenadas UTM:

1º- (611.522,7 - 4.727.038,5);	2º- (611.642,6 - 4.727.038,7);
3º- (611.730,6 - 4.727.016,6);	4º- (611.939,4 - 4.727.157,6);
5º- (612.144,4 - 4.727.016,4);	6º- (612.384,5 - 4.726.702,1);
7º- (612.234,4 - 4.726.473,6);	8º- (611.750,6 - 4.726.345,2);
9º- (611.345,8 - 4.726.492,6);	10º- (611.334,2 - 4.726.531,9);
11º- (611.338,5 - 4.726.571,3);	12º- (611.351,7 - 4.726.625,1);
13º- (611.408,5 - 4.726.651,3);	14º- (611.423,0 - 4.726.665,9);
15º- (611.418,7 - 4.726.757,6);	16º- (611.439,0 - 4.726.814,3);
17º- (611.466,7 - 4.726.839,1);	18º- (611.473,8 - 4.726.875,4).

2. Por el Sur, en el término de Orraun, a 75 m de la cresta y divisoria de aguas de la Sierra de Alaiz, dejando absolutamente libre de explotación, apertura de pista, o de cualquier actividad u objeto vinculado a la misma.

3. Por el Noreste a 50 m del barranco que desemboca en la cantera de Huarte.
4. Por el Oeste se mantendrán sin explotar los dos flancos de la cantera que actúan como barrera visual (cota 750 m s.n.m.)

A los anteriores condicionantes, para el diseño del hueco hay que añadir los siguientes criterios geométricos:

- Los bancos finales serán de 30 m de altura y con una inclinación de 78° , salvo los dos inferiores que tendrán alturas de 35 m, con objeto de partir el banco actual de 70 m.
- Las bermas entre bancos tendrán una anchura mínima de 20 m en situación final.

Con los factores y criterios anteriores se ha llegado a dos diseños básicos, en función de que se extraiga o no el paquete de margas intercaladas.

1. En el caso de que se realice una extracción de toda la roca hasta los límites fijados por la DIA, se llega a un hueco que queda delimitado por un talud continuo con direcciones variables, formado por bancos de 30 m de altura y 78° de inclinación. Los bancos quedan separados por bermas de 20 m. Este aumento de la anchura de la berma genera un coeficiente de seguridad de $FS = 3,864$ y, además, garantiza una anchura suficiente para retén de rocas desprendidas.

La cota base del hueco de esta explotación proyectada será la de la actual plaza de cantera, 685 m, con bancos finales a cotas 720 m, 755 m, 785 m, 815 m, 845 m, 875 m, 905 m, 935 m, 965 m y 995 m. La cota de coronación de la explotación estará en torno a 1.015 m.

2. La segunda opción del hueco se basa en la anterior, aunque limitada al techo del paquete de margas, por lo que el talud general, entre las cotas de 825 y 682, se ajustaría al buzamiento del nivel de margas. Este hueco, supone una reducción de la altura de los taludes laterales, hasta el punto de que la altura máxima sola alcanza los 200 m, frente a los 340 m del hueco de la primera opción.

Para evitar que el fondo del nuevo hueco fuera una superficie inclinada y continua, el techo de las margas quedaría atravesado por una serie de pistas o bermas, de 10 m de anchura, horizontales, paralelas, distanciada entre sí entre 25 y 35 m, repartidas por toda la superficie.

Teniendo en cuenta los criterios anteriores se ha observado que la mejor opción es la opción 1 al aumentarse las reservas explotables y no dejar un talud en margas, que produciría un menor factor de seguridad y por tanto mayores inestabilidades.

Este hueco queda delimitado por un talud continuo con direcciones variables, formado por bancos de 30 m de altura y 78° de talud parcial, que en número variable desde 2 a 11, se ajustan a una altura total del frente de explotación que oscila entre los 75 y 340 m. Los taludes parciales quedan separados por bermas de 20 m.

Con el nuevo diseño y para cada uno de los bancos se ha obtenido que las reservas explotables ascienden a:

TABLA 5.1.- RESERVAS EXPLOTABLES

	TABLA 5.1.- RESERVAS EXPLOTABLES				
	Volumen m³			Tonelaje (t)	
	Hueco total	Caliza	Margas	Caliza	Margas
995/1015	87.719	87.719	0	219.296	0
965/995	581.404	581.404	0	1.453.509	0
935/965	1.376.092	1.376.092	0	3.440.230	0
905/935	2.186.036	2.186.036	0	5.465.089	0
875/905	2.712.454	2.712.454	0	6.781.134	0
845/875	2.992.298	2.991.820	478	7.479.551	1.195
815/845	3.017.349	2.952.341	65.008	7.380.852	162.521
785/815	3.125.663	2.888.085	237.578	7.220.211	593.946
755/785	2.741.399	2.358.161	383.238	5.895.402	958.096
720/755	3.167.826	2.581.037	586.788	6.452.593	1.466.971
685/720	3.036.051	2.517.385	518.666	6.293.463	1.296.665
TOTAL	25.024.290	23.232.532	1.791.758	58.081.330	4.479.394

5.2. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE AVANCE Y TRANSPORTE

Dado que se parte de la situación final de la fase previa y de un diseño final de la explotación determinado, así como de unos métodos de arranque y tratamiento ya definidos y experimentados durante la vida de la cantera, el análisis de alternativas se ha centrado fundamentalmente en estudiar los distintos sistemas de avance de la explotación y los distintos métodos de carga y transporte.

En relación con los sistemas de avance de la explotación, se han planteado dos sistemas principales: avance frontal y avance descendente, planteándose una tercera alternativa que sería un sistema mixto, combinación de los dos anteriores.

Respecto a los métodos de transporte del material arrancado hasta la tolva de alimentación de primaria, se plantea el transporte del todo-uno mediante un transporte discontinuo por medios mecánicos (volquetes de

gran tonelaje) o un transporte continuo por gravedad, que a su vez podría ser por el interior del macizo rocoso (sistema chimenea-galería) o por el frente de explotación (vertido a un cono exterior).

La combinación de los distintos sistemas de avance y métodos de transporte dan lugar a las alternativas de explotación que se analizan en este apartado. De esta combinación se han desechado aquellas combinaciones en las que el sistema de avance y el transporte sea incompatible, tales como avance frontal o mixto y transporte por gravedad mediante chimenea y galería. De las restantes variantes se han estudiado aquellas que se han considerado posibles:

- Avance frontal y transporte continuo por vertido al frente.
- Avance descendente y transporte mediante volquetes.
- Avance descendente y transporte continuo por gravedad por el interior del macizo rocoso, mediante chimenea - galería.
- Avance descendente y transporte mixto por gravedad por exterior mediante conos.
- Avance frontal con transporte mixto: continuo por gravedad por el frente de explotación, mediante vertido y discontinuo mediante volquete.

Se han estudiado 4 alternativas de explotación, en algunos casos con sus variantes.

5.2.1. Alternativa 1: Avance frontal con vertido directo a plaza de cantera

La alternativa 1 consiste en seguir con el mismo sistema que se utiliza actualmente, con la única diferencia de que la altura de los bancos se reduciría a 30 m, de acuerdo a la ITC 07.1.03 vigente, con bermas de 20 m en situación final. El avance general del frente sería básicamente de NO a SE.

Cada avance del frente sería consecuencia del avance frontal de todos y cada uno de los bancos. El desarrollo de este método exige la existencia de una pista de transporte que discurre por la parte suroeste de la cantera. Esta pista tendrán solamente unos 8 m de anchura, ya que por ellas solamente tendrá que circular la maquinaria de perforación y vertido, así como un vehículo de suministro de gasoil para la perforadora.

Al tratarse de simples pistas de acceso, los movimientos de tierras para su construcción serán mínimos y por tanto su impacto visual reducido.

En este sistema se aprovecha básicamente la fuerza de la gravedad y la energía de los explosivos para situar la mayor parte del todo-uno de cada punto de arranque al pie del talud, en la plaza inferior de la cantera.

El traslado del material almacenado al pie del talud se realiza con carga y transporte en volquetes, que transportan el material al primario fijo que se encuentra en la plaza de cantera. La trituradora primaria se halla situada en un foso cubierto, minimizando el polvo emitido.

Como el material todo-uno en su recorrido descendente tiene que bajar por el talud general, se encontrará con las diversas plataformas que componen el frente. Para evitar que el volumen de todo-uno retenido en las plataformas de trabajo sea muy elevado, la anchura de las mismas deberá ser la menor posible, quedando limitada esta anchura mínima por la estabilidad general del talud y por las dimensiones mínimas que permitan la circulación y movimiento de la maquinaria de perforación y de vertido en condiciones de seguridad.

Esta secuencia de arranque frontal con voladura y vertido podría ser de abajo arriba o de arriba abajo, según se inicie la secuencia de arranque frontal desde el banco inferior o desde el superior.

En el sistema de arranque frontal con arranque de arriba a abajo la sucesión del arranque sería iniciada en el banco superior, partiendo de sus laterales o del centro en retirada. Una vez que se haya realizado un avance de unos 4 a 8 m en un banco, se procederá a realizar la misma operación en el banco inferior, y una vez terminado éste se continuará en el siguiente inferior hasta que se llegue a la plaza de la cantera. Realizado un avance general, se procedería con el siguiente, y así sucesivamente.

En el caso de arranque frontal de abajo a arriba, antes de iniciar su secuencia será necesario verter y limpiar hacia la plaza de cantera todo el material almacenado en las plataformas de trabajo, partiendo desde los niveles superiores a los inferiores, para evitar riesgos de material colgado, y por supuesto, para poder realizar las labores de perforación y voladura.

Para lograr alcanzar el perfil final programado para la explotación dentro de los límites autorizados, será necesario ir aumentando el número de bancos hasta el banco 11.

Al realizarse un vertido por distintos puntos del frente, deberán alternarse las zonas de volteo y carga de los volquetes en plaza de cantera, para que no coincidan las dos actividades en una misma zona de la cantera.

5.2.1.1. Ventajas e inconvenientes

La principal ventaja consiste en la continuación de las labores tal y como se desarrollan en la actualidad, esto implica que no sería necesario realizar un cambio en los sistemas de perforación, carga y transporte.

Uno de los principales inconvenientes es que, al aumentar el número de bancos en explotación y la altura de la cantera, si se hiciera un único cono de vertido desde arriba hasta abajo, las necesidades de superficie para el cono serían mucho mayores que en la actualidad. Esto podría evitarse desarrollando la explotación por fases, lo que permitiría vertidos de menor altura.

Por otra parte, el aumento del número de bancos hará más reiterativa las labores de vertido y, al haber más plataformas de trabajo, la cantidad de material que se quedará en las mismas aumentará, por lo que será necesario dedicar más medios a la limpieza de las mismas.

5.2.2. Alternativa 2: Avance descendente y transporte por volquete

En esta alternativa, se plantea la opción de transportar el material a planta de tratamiento utilizando volquetes. Se ha planteado el diseño de dos pistas por el oeste del hueco de explotación, una con acceso desde el frente de cantera actual y otra que sale de la zona de oficinas. Ambas pistas tienen una parte común desde los 755 m s.n.m. hasta los bancos superiores.

En este caso, la explotación se realizaría por bancos descendentes, partiendo con la extracción del banco superior programado en el diseño.

Aunque esta alternativa de explotación sería aplicada a un sistema de explotación descendente, el método de carga y transporte en volquetes también se puede aplicar a un sistema de avance frontal.

Para el transporte del material volado en cada banco se emplearían volquetes de gran tonelaje, que circularían en horizontal por el banco, hasta alcanzar la pista general de transporte, donde éste sería descendente. Esta pista general, aprovecharía alguno de los tramos inferiores de las actuales pistas, y cumpliría las ITC reglamentarias.

La distancia máxima de transporte rodado sería algo superior a los 3.635 m, suma de los 3.525 de pista ascendente desde la primaria hasta el último banco donde se realizará la carga (995/1015), más los 110 m de recorrido máximo en dicho banco. Esta distancia de transporte irá disminuyendo en unos 300 m por cada banco que se rebaje, a la vez que irá aumentando el volumen a transportar de cada banco.

Un importante problema es el acceso desde el final de la pista hasta la plaza de cantera. En esta alternativa se ha analizado la realización de la pista hasta el banco 755 y una vez en ese punto se alcanzará la plaza de cantera mediante un relleno.

5.2.2.1. Ventajas e inconvenientes

En el caso de la pista que parte de las oficinas, el inconveniente principal es la imposibilidad de realizar transporte con volquetes desde esa zona ya que esto implicaría problemas de seguridad, paso de volquetes de gran tonelaje por la zona donde hay también paso de camiones carreteros, vehículos pequeños, paso por todas las instalaciones...

En el caso de la pista de acceso al banco 755 m s.n.m es inviable el acceso a plaza de cantera sin ocupar la misma, además de ocupar parte de los stocks.

5.2.3. Alternativa 3: Avance descendente y transporte mediante Chimenea galería

De las posibles alternativas de transporte de material, el método de chimenea-galería, eliminaría por completo la necesidad de volteo de material a plaza de cantera.

Se ha realizado el estudio de posibles alternativas de ubicación de la chimenea y de la galería: una de ellas llegando hasta la plaza de cantera (Ch-3), otra hasta la cota 755 m s.n.m. (Ch-1) y la última hasta la cota 845 m s.n.m. (Ch-2).

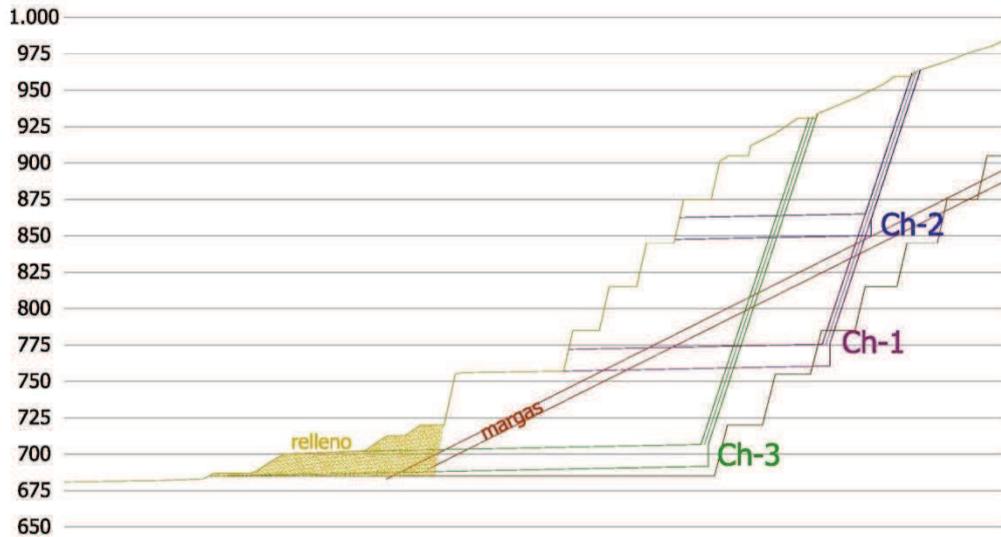


Figura 5.1.- Perfiles de las alternativas de transporte por chimenea-galería

Esta alternativa utiliza la energía de la gravedad para efectuar el descenso del todo-uno, mientras que para el desplazamiento en horizontal se emplean volquetes en el banco y cintas transportadoras en la galería y plaza de cantera, hasta alcanzar el secundario. Tal y como se comenta en el siguiente punto, las alternativas de chimenea Ch-1 y Ch-3 se han desechado; a continuación se detalla con más detalle la alternativa Ch-2.

El diseño de la alternativa Ch-2 consiste en realizar una chimenea de 118 m de longitud, 4 a 5 m de diámetro, 70° de inclinación, emboquillada en la parte central de la plataforma 965, junto al talud de este banco, que enlace el exterior con una cámara situada al fondo de una galería subterránea, emboquillada en la parte baja del banco 845/875, de 36 m² de sección y 125 m de longitud, con una pendiente del 1% para facilitar el desagüe. El primario fijo estaría instalado en la cámara del fondo de la galería, cuya tolva estaría en la base de la chimenea.

El todo-uno procedente de la voladura se lleva mediante cargadora o excavadora hasta el emboquille de la chimenea, donde lo basculan. El todo-uno desciende por la chimenea, que estará llena, hasta alcanzar la tolva del primario.

La roca triturada sale del primario mediante una cinta que transporta el material hacia el exterior de la galería para alimentar el secundario, situado en la plaza de cantera.

La chimenea va acortándose según se desciende con la explotación. Como consecuencia, el emboquille, que en principio se encuentra en el borde interior del banco 965, va situándose más al exterior del banco, llegando, en los bancos inferiores, a emplazarse junto al talud final. Esta variación en altura y localización del emboquille de la chimenea supone que antes de iniciar la explotación de cada banco hay que realizar el rebaje del terreno hasta la cota del banco inferior que circunda la chimenea.

Para acceder a los distintos bancos se necesitará una pista de servicio para el personal de mantenimiento de la maquinaria. Aunque la actual red de pistas serviría para este fin, tendría que complementarse con unos 300 m nuevos para acceder a los bancos superiores.

5.2.3.1. Ventajas e inconvenientes

El primer inconveniente de la alternativa Ch-3 es que, de realizarse la chimenea hasta la plaza de cantera, sería necesario realizar un falso túnel por la zona de relleno de 120 m de longitud. Además se atravesarían las margas tanto en la galería, 10 m, como en la chimenea, 15 m.

Dado que las margas presentan un mal comportamiento geotécnico y de estabilidad, la excavación del tramo de galería inmediatamente a muro del paquete de margas sería de construcción y mantenimiento costosos y sin garantizar su estabilidad a largo plazo. La presencia de un tramo de margas de unos 20 m de potencia en la parte central de la chimenea puede suponer un gran problema para el descenso continuo del material, ya que las margas se alteran fácilmente, por lo que en unos meses la forma cilíndrica de la chimenea se deformará ensanchándose y buscando una forma esférica. Esta deformación parcial de la chimenea puede ir

aumentando hacia arriba, afectando a los estratos calizos superiores, con resultados finales imprevisibles.

En estas circunstancias la probabilidad de atascos del material vertido en la chimenea es muy alta, hasta el punto de hacer inviable esta alternativa.

Otra opción (Ch-1) sería la de situar el emboquille a cota 755. Con esta alternativa se evitaría la realización del falso túnel, pero se continuaría cortando el paquete de margas tanto en la chimenea, 25 m, como en la galería, 20 m. Por lo tanto esta alternativa se considera tan inviable como la anterior.

Otro inconveniente de esta opción es que únicamente se podrá utilizar la chimenea para los bancos superiores, por lo que la mayor parte de la explotación no se podrá realizar mediante este sistema. La opción Ch-2, a cota 845, presenta este problema todavía más acusado, por lo que no se justifica.

Otro gran inconveniente de la alternativa chimenea-galería, en el caso de Ch-3 y Ch-1, es que solamente es aplicable para la explotación global del diseño propuesto, lo que incluye la extracción de las margas y su transporte con volquetes hasta una escombrera exterior. Para aprovechar las margas como zahorras sería necesaria una selección en banco y transporte por volquetes hasta la plaza de cantera, lo cual requeriría el acondicionamiento de la pista para tráfico de camiones.

Otra solución sería utilizar alternativamente el sistema chimenea-primaria fija en cámara-galería para calizas o para margas, con todos los problemas operativos que esto implica.

Una tercera opción sería la de verter directamente por el talud general los materiales margosos para su carga y transporte a través de la plaza de cantera, lo que supondría eliminar o disminuir notablemente las ventajas ambientales de esta alternativa, pues se estaría en la situación actual.

Se analiza por último la realización de un revestimiento en el interior de la galería. Por motivos de operatividad y seguridad durante la ejecución, se considera que solo sería posible la realización de un revestimiento interior de acero hasta la capa de margas, es decir, hasta la cota 850 m en el caso de la alternativa Ch-2. Este revestimiento iría apoyado sobre una base de hormigón situada en la cámara, que soportaría la tubería metálica situada por encima y que habría que introducir por la cabeza de la chimenea, uniendo los sucesivos tramos mediante soldadura. Esta opción presentaría los siguientes inconvenientes:

- La chimenea va acortándose según se desciende con la explotación. Como consecuencia, el emboquille, que en principio se encuentra en el borde interior del banco superior, va situándose más al exterior del banco, llegando, en los bancos inferiores, a emplazarse junto al talud final. Esta variación en altura y localización del emboquille de la chimenea supone que antes de iniciar la explotación de cada banco hay que realizar el rebaje del terreno hasta la cota del banco inferior que circunda la chimenea. Las voladuras a realizar alrededor del emboquille dañarían el revestimiento metálico, que debería ir cortándose con soplete a medida que avance la explotación. Si el revestimiento metálico se dañara, los trozos irían a parar al circuito de trituración, dañando la maquinaria y provocando la parada de la misma.
- Cuando se produzca atasco en la chimenea se haría necesario el uso de explosivo que podría provocar el desprendimiento de trozos de chapa, que dañarían la maquinaria de trituración.
- El nivel de margas ejercería presiones sobre el revestimiento de acero al tratarse de un material plástico, tal y cómo aparece en la figura adjunta:

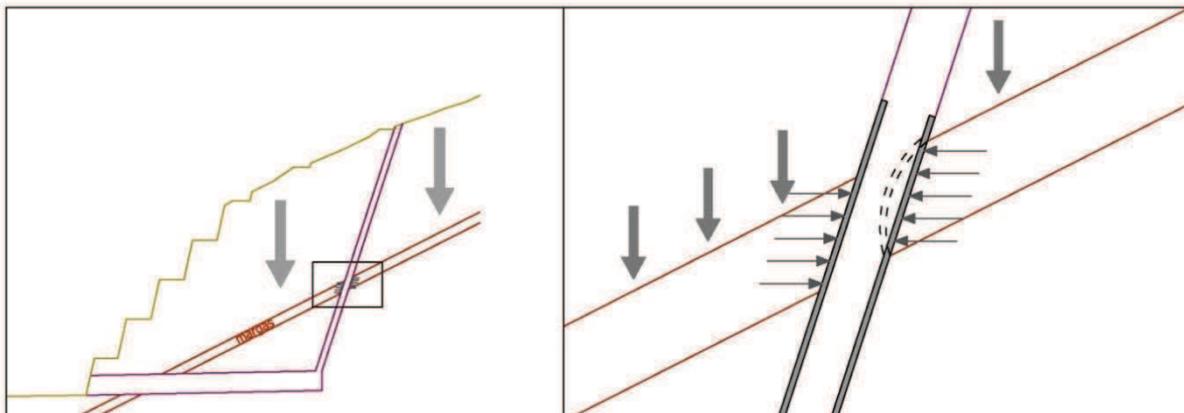


Figura 5.2.- Presiones sobre el revestimiento de acero

Esta presión litostática correspondería al peso del material calizo situado por encima, es decir, el acero debería de soportar presiones de $26,5 \text{ kg/cm}^2$, lo que se traduce en un espesor de chapa de 8 mm. La deformación producida en la lámina haría más probable los atascos en la chimenea haciéndose necesaria la utilización de explosivos con los problemas que esto ocasiona.

- Este revestimiento deberá soportar el rozamiento del material rocoso que descienda por la chimenea sin desprender trozos metálicos que puedan entrar en el circuito de trituración.

Por todas estas razones no es aconsejable el revestimiento con chapa de acero en el interior de la chimenea. El revestimiento con otro tipo de materiales, hormigón por ejemplo, se considera inviable por la necesidad de trabajar en el interior del hueco de la chimenea.

5.2.4. Alternativa 4: Avance descendente y transporte mixto

Esta alternativa utiliza la energía de la gravedad para efectuar el descenso del todo-uno, mientras que para el desplazamiento en horizontal se emplean volquetes en el banco y en la base de los conos de descarga hasta alcanzar el primario.

La alternativa 4 consiste en, al mismo tiempo que se realiza el retranqueo de los bancos superiores situados entre las cotas 755 y 935 m, perfilar dos zonas con base a cota 755 m s.n.m. y plataformas de menor anchura que permitan la formación de dos conos de descarga de material. Estas zonas alcanzarán la cota 905 m s.n.m.

A partir de la cota 905 se creará una pista de acceso a los bancos superiores. Esta pista de acceso permitirá bajar el material desde los distintos bancos hasta los conos. Una vez vertido el material a los conos se producirá una segunda carga de material en el banco 755 sobre volquetes de gran tonelaje que transportarán el material hasta la planta.

Para acceder a los distintos bancos se necesitará una pista de servicio para el personal de mantenimiento de la maquinaria. Aunque la actual red de pistas serviría para este fin, tendría que complementarse con unos 1.033 m nuevos para acceder a los bancos superiores.

Este diseño permitiría disponer de dos zonas de vertido, por lo que mientras en uno de los conos se está vertiendo en el otro se podrá cargar material, lo que disminuiría los tiempos de operación al realizarse la carga en condiciones de seguridad.

Al realizarse un avance descendente, se podrá realizar una explotación selectiva en cada banco, extrayendo la intercalación margosa, cuando aparezca en el propio banco. Este material se podrá verter por uno de los conos y, al realizarse una selección en banco, se podría utilizar este material como zavorra.

Al no atravesar el cono el paquete de margas los taludes no presentarán problemas de estabilidad geotécnica.

5.2.4.1. Ventajas e inconvenientes:

La realización de dos conos de descarga permitirá disminuir la formación de polvo.

El realizar una explotación descendente permitirá ir realizando la restauración al final de explotación de cada banco.

Por otra parte, al realizarse la carga en cada banco de explotación, se podría reducir la altura de los mismos en caso de ser necesario, aunque aumentaría el número de voladuras al año.

El primer inconveniente de esta alternativa es que se producirán dos cargas de material, una en el frente del banco y otra en la plataforma. Esto aumentará los costos de carga y transporte y por tanto de explotación.

Por otra parte la realización de los conos plantea dos inconvenientes, el primero de ellos de tipo técnico dada la dificultad de realización de los mismos, el segundo es la rigidez del sistema de trabajo ya que se determinarían zonas fijas para el volteo a través de las trincheras.

6. ALTERNATIVA SELECCIONADA

Analizadas las ventajas e inconvenientes de las distintas alternativas, así como las conclusiones de la visita realizada por los técnicos de la Sección de Energía y Minas el 10 de diciembre de 2012, se ha decidido que la más adecuada es la alternativa 1, que consiste en explotación con avance frontal y vertido directo a plaza de cantera.

Teniendo en cuenta la solución adoptada respecto al diseño y el método de transporte, la explotación de la cantera se realizará a cielo abierto, con arranque de los materiales calizos por medio de perforación y voladura en bancos conformados y con criterios de optimización en la utilización del explosivo. Una vez volado se procederá al vertido del material desde el propio banco y desde el inmediatamente inferior para permitir la voladura del siguiente banco. La explotación se realizará por avance frontal y banqueo de arriba a abajo y se desarrollará en cuatro fases sucesivas.

Teniendo en cuenta la proximidad de las instalaciones, se plantea el vertido del material hasta la plataforma de carga. Desde la plataforma existente a esa cota el transporte hasta primaria se realizará mediante volquetes por una pista en relleno.

Para no aumentar la altura del vertido y que este sea manejable, se plantea un proyecto en cuatro fases: Una primera fase hasta alcanzar la cota 935 m s.n.m., en la que se habrán dividido todos los bancos existentes hasta una altura de 30 m, pero sin extraer el paquete de margas. En la segunda fase se explotarán los bancos superiores a la cota 905 mediante dos vertidos, uno hasta cota 905 y otro hasta cota 755, alcanzándose la cota máxima de la cantera, 1015 m, y llevándose a situación final estos bancos superiores. En la tercera fase se explotarán los bancos entre 755 y 905 mediante vertido a la plataforma de carga. Por último se explotarán los dos bancos inferiores, una vez retirado el relleno.

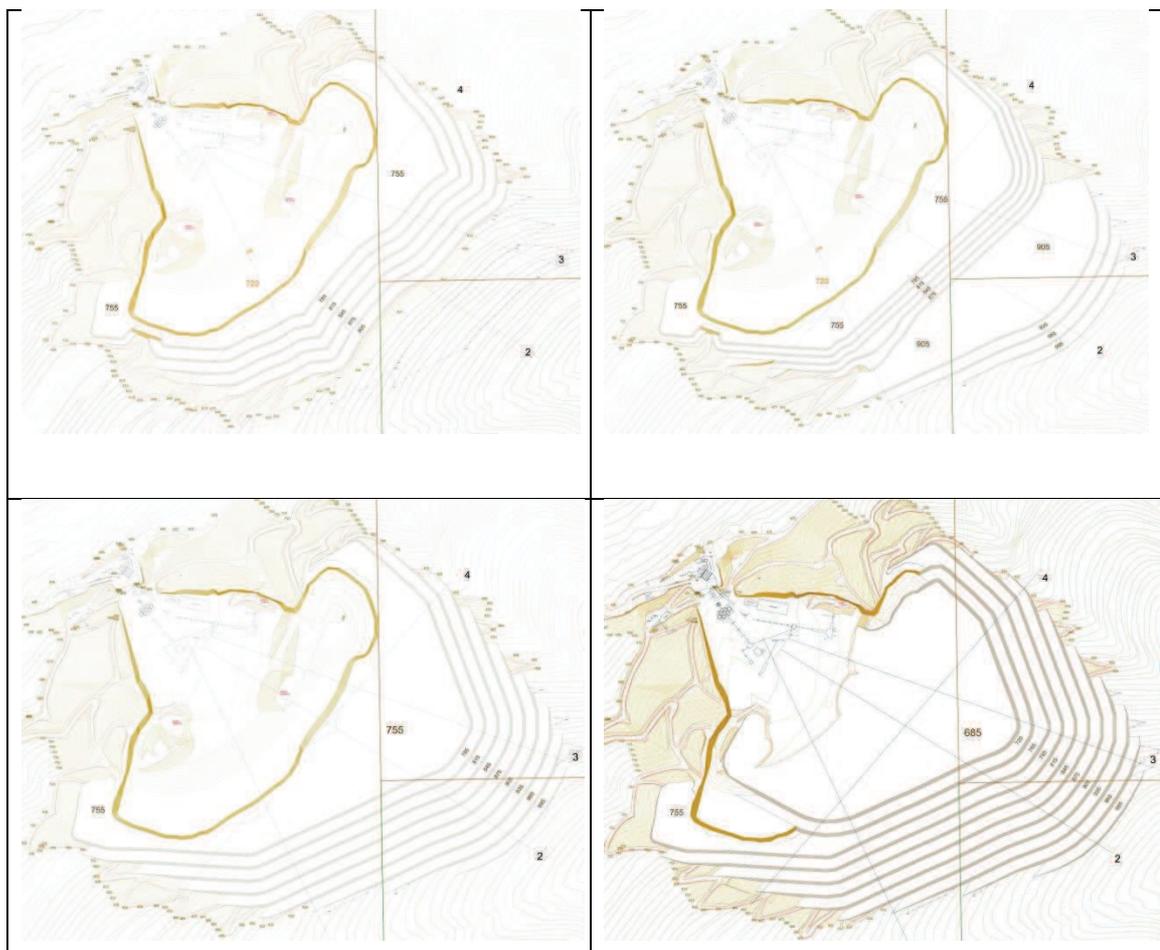


Figura 6.1.- Fases de la alternativa seleccionada

En el presente informe se desarrolla la primera fase hasta el año 2024, momento en el que se producirá el vencimiento de la concesión minera "La Morena". Según la Ley de Minas 22/1973, de 21 de julio, las concesiones mineras se otorgarán por un período de treinta años, prorrogables por plazos iguales hasta un máximo de noventa años.

Las plataformas de trabajo, dónde se esté vertiendo el material, tendrán una anchura mínima de 20 m, lo que permitirá el vertido del material desde los distintos bancos en condiciones de seguridad.

En los siguientes apartados se va a desarrollar el proyecto de explotación de la alternativa seleccionada hasta el año 2024.

7. RESERVAS EXPLOTABLES

El diseño del proyecto, hasta el año 2024, momento en el que se producirá el vencimiento de la concesión minera "La Morena", propone la creación de un hueco de 6,11 Mm³ sin extraer estériles.

Con el diseño realizado y con la topografía de la situación de partida (2012), las reservas explotables durante la vida de la explotación ascienden a 15,28 Mt de calizas.

Con una producción anual proyectada de 1.000.000 t, se garantiza esta producción durante un período de algo más de 12 años.

La tabla adjunta recoge las reservas de caliza extraíbles por niveles:

TABLA 7.1.- RESERVAS EXPLOTABLES					
	Volumen m³			Tonelaje (t)	
	Hueco total	Caliza	Margas	Caliza	Margas
905/935	461.905	461.905	0	1.154.761	0
875/905	493.670	493.670	0	1.234.175	0
845/875	908.271	908.271	0	2.270.677	0
815/845	1.153.600	1.153.600	0	2.884.001	0
785/815	1.553.841	1.553.841	0	3.884.603	0
755/785	1.541.764	1.541.764	0	3.854.411	0
TOTAL	6.113.051	6.113.051	0	15.282.628	0

8. CARACTERÍSTICAS DE LA EXPLOTACIÓN

8.1. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN

La explotación de la cantera La Morena se realizará a cielo abierto, con arranque de los materiales por medio de perforación y voladura en bancos conformados de 30 metros de altura en operación. Una vez arrancado el material éste se transportará a la tolva de alimentación de la planta de tratamiento.

La explotación se desarrollará de la siguiente manera: se procederá al retranqueo y división de los bancos entre cotas 755 y 935 m s.n.m para darles 30 m de altura máxima. Esto permitirá el vertido de material a la cota 755. A las plataformas de trabajo se les ha dado anchura suficiente para permitir el paso de maquinaria en caso de ser necesario para proceder a la limpieza de las mismas, pero sin perder una pendiente general que permita la caída del material por rodadura. Durante este período, además, se realizará un relleno en plaza de cantera, para disminuir la altura del primer banco, en el que se situarán una pista en dos tramos que permita el transporte desde la plataforma de carga.

Para la realización de este relleno sin disminuir la producción anual será necesario arrancar más material durante los primeros años, además de movilizar el material de los acopios 2 y 4, por lo que se realizará la explotación de los bancos situados a cota 905, 875, 845, 815, 785 y 755. Una vez vertido el material se cargará en la plataforma de carga para su transporte por la pista en relleno hasta la planta de tratamiento.

El acceso de la maquinaria hasta las zonas de trabajo se realizará por las pistas actuales.

8.2. PRODUCCIONES

El proyecto prevé una producción anual de 1.000.000 t anuales, y considera que estas necesidades de materia prima se mantendrán invariables durante la vida de la explotación. Como se ha indicado anteriormente.

Considerando 250 días laborables al año, la producción de 1.000.000 t de calizas al año supone una producción diaria de 4.000 t de producto vendible. El proyecto prevé trabajar a un relevo diario con 8 horas de trabajo por relevo, lo que supone una producción teórica de 500 t/hora de material vendible. Para el cálculo de la capacidad real de producción se han descontado otros 20 días para mantenimientos generales, retrasos por malas condiciones meteorológicas y otras causas de fuerza mayor, lo que significa una producción diaria de 4.348 t de material vendible equivalentes a 544 t/h.

8.3. VIDA DE LA EXPLOTACIÓN

Con las reservas calculadas, las necesidades de producción y el ritmo de producción de caliza (1.000.000 t), la vida de la explotación a cielo abierto será hasta el año 2024. Este ritmo de producción podrá variar en función de los condicionantes de mercado.

8.4. PLANIFICACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN

Durante la vida de la explotación se procederá al retranqueo de los bancos comprendidos entre las cotas 755 y 905 m s.n.m. Parte del material arrancado se utilizará para construir un relleno en plaza de cantera que se apoyará en el primer banco reduciendo su altura a la mitad. Sobre este relleno se constituirá una pista que comunicará la plataforma situada de carga, a cota 725 con la plaza de cantera.

El avance será frontal trasladándose el material calizo de los bancos a los puntos de vertido, vertiendo en los conos que se forman con este material a cota 755. Desde la plataforma 755 se verterá a la plataforma de carga para su transporte mediante volquetes hasta la planta por medio de la pista de transporte.

Se procederán a realizar las siguientes actuaciones:

- Retranqueo de los bancos superiores al 755 para conformar plataformas de al menos 20 m de anchura y una plataforma de unos 50 m de anchura a cota 755.
- Creación del relleno para disminuir la altura del banco inferior y crear la pista de acceso a la plataforma de carga.
- Desarrollo parcial de los bancos 755 a 935, vertido del material hasta cota 755 m s.n.m. y desde la plataforma 755 hasta la plataforma de carga donde se transportará a la planta de tratamiento utilizando la pista.

Será necesario aportar 1,71 Mm³ de material para la creación de la pista de acceso a la plataforma de carga y para el relleno que permitirá disminuir la altura del primer banco actual.

En la tabla adjunta se presentan los datos de material extraído en cada banco para el retranqueo:

TABLA 8.1.- MATERIAL OBTENIDO					
	Volumen m³			Tonelaje (t)	
	Hueco total	Caliza	Margas	Caliza	Margas
905/935	461.905	461.905	0	1.154.761	0
875/905	493.670	493.670	0	1.234.175	0
845/875	908.271	908.271	0	2.270.677	0
815/845	1.153.600	1.153.600	0	2.884.001	0
785/815	1.553.841	1.553.841	0	3.884.603	0
755/785	1.541.764	1.541.764	0	3.854.411	0
TOTAL	6.113.051	6.113.051	0	15.282.628	0

La explotación se realizará tal y como se desarrolla en la actualidad, avance frontal y vertido a plaza de cantera. Dado que será necesario rellenar la plaza de cantera, en estos 12 años se compaginará la explotación de los distintos bancos con el relleno y la creación de la pista, por lo que se deberá acopiar material para suministro a fábrica durante los meses en los que se desarrolle el relleno de la plaza y la creación de la pista de acceso a la plataforma de carga. De cara a los planos y cálculos de necesidad se ha planteado que este relleno se realizará en los primeros cinco años pero en función de las necesidades de material, capacidad de producción y material obtenido se podrá realizar durante el tiempo de duración de la explotación hasta el vencimiento de la concesión minera "La Morena"(año 2024).

Por último, y para mantener la producción anual de 1 Mt invariable durante la vida de la explotación, será necesaria la extracción de 0,66 Mt durante los primeros años, para alimentar la planta de tratamiento y producir suficiente material para la creación del relleno del primer banco. En el cómputo de material se ha tenido en cuenta la desaparición de los acopios 2 y 4 para mantener más despejada la plaza de cantera.

Se explotarán por lo tanto 6.113.051 m³ de material calizo, lo que equivale a unas 15.282.628 t de caliza que corresponden al retranqueo de los bancos 755/785, 785/815, 815/845, 845/875, 875/905 y 905/935. Para la realización del relleno del primer banco será necesario aportar 1,71 Mm³ de material.

8.5. TALUDES DEFINIDOS

A continuación se detallan los parámetros de diseño de los taludes proyectados:

- Altura de talud de trabajo: 30 m.
- Altura de talud final: 30 m.
- Ángulo de talud de banco: 78°

- Ángulo de talud general: 50°
- Anchura de berma final: mínimo de 20 m.

8.6. BANCOS Y BERMAS DEFINIDOS

Durante la explotación de la cantera se conformarán y explotarán bancos de 30 m de altura, dejando unos bancos finales de 30 m y unas bermas finales en el talud general de 20 m como mínimo.

Los bancos conformados correspondientes serán:

- Banco 1º, 905/935, de 30 m de altura, ángulo de talud de 78°. Desarrollo longitudinal de 592 metros.
- Banco 2º, 875/905, de 30 m de altura, ángulo de talud de 78°. Desarrollo longitudinal de 665 metros.
- Banco 3º, 845/875, de 30 m de altura, ángulo de talud de 78°. Desarrollo longitudinal de 843 metros.
- Banco 4º, 815/845, de 30 m de altura, ángulo de talud de 78°. Desarrollo longitudinal de 1.008 metros.
- Banco 5º, 785/815 de 30 m de altura, ángulo de talud de 78°. Desarrollo longitudinal de 1.216 metros.
- Banco 6º, 755/785, de 30 m de altura, ángulo de talud de 78°. Desarrollo longitudinal de 1.190 metros.
- Banco 7º, 720/755, de 35 m de altura, ángulo de talud de 78°. Desarrollo longitudinal de 580 metros.
- Banco 8º, 700/720, de 20 m de altura en relleno, ángulo de talud de 35°.
- Banco 9º, 685/700, de 15 m de altura en relleno, ángulo de talud de 35°.

8.7. PLATAFORMAS DE TRABAJO

De acuerdo a lo establecido en la ITC MIE 07.1.03, las plataformas en las que se realizarán operaciones de carga y transporte de los materiales arrancados se han dimensionado en función de la maquinaria que operará en las mismas y de las condiciones de seguridad que en cada caso deben mantenerse.

La plataforma de carga en los bancos explotados mediante banqueo de arriba abajo tendrá una anchura mínima de 20 m para permitir la maniobra y circulación holgadas de la maquinaria y de los vehículos de transporte, evitando que se aproximen innecesariamente al frente de arranque y manteniendo una distancia mínima de seguridad al borde del banco de 5 m.

Las dimensiones mínimas se han calculado, siguiendo como criterio general, 1,5 veces la longitud de la mayor máquina, más una zona de seguridad en la cabeza de talud que incluya una barrera no franqueable o caballón de seguridad.

La mayor máquina que trabajará en estas plataformas será la pala cargadora Caterpillar 988H de 12,465 m de longitud:

$$1,5 \times 12,5 + 1 = 19,75 \text{ m} \approx 20 \text{ m}$$

siendo de 1 m de ancho el caballón de seguridad.

Se adjunta al documento la ficha técnica de la pala cargadora Caterpillar 988H.

Al inicio de la explotación de los bancos explotados mediante banqueo de arriba a abajo, se conformará un frente de dimensiones reducidas que en pocos días alcanzará las dimensiones mínimas exigidas para trabajar con normalidad y seguridad. En estos periodos iniciales se reducirá al mínimo la

maquinaria a emplear y se cuidará al máximo las medidas de seguridad y control, debido a la proximidad entre el frente y la zona de carga.

Como norma general, durante la explotación de cada banco de trabajo, en la plataforma superior al mismo se efectuarán las labores de perforación, carga de explosivo y volteo mientras que en la inferior serán la carga y el transporte las labores predominantes.

8.8. ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Atendiendo a las características geomecánicas del macizo a explotar, se ha realizado una simulación de dos perfiles de diseño en situación inicial y al final de la explotación. El software utilizado ha sido *SLIDE, versión 4 de Rocscience, Inc.* El programa analiza la estabilidad de un perfil determinado mediante distintos métodos. El método utilizado para realizar el cálculo de los factores de seguridad y las superficies de deslizamiento ha sido Bishop simplificado.

Como resultado de estos cálculos se obtiene un factor de seguridad que se define como el cociente entre las fuerzas resistentes y las fuerzas desestabilizantes. Por tanto un factor de seguridad mayor de 1 significa que el talud es estable, y valores inferiores a la unidad significa que el talud es potencialmente inestable.

Se ha realizado el cálculo para los taludes en el caso de mayor diferencia de cota y mayor pendiente.

En el cálculo de estabilidad se ha estimado una única hipótesis de partida, suponiendo los taludes sin drenar, al estar el nivel freático por debajo del diseño final.

Los parámetros geomecánicos utilizados se describen en el apartado 3 del Anexo II.

Se han obtenido factores de seguridad mayores de 1,2 aplicando rotura circular, por el método de Bishop simplificado y Janbu simplificado. Dichos resultados cumplen con lo exigido en la ITC MIE S.M. 07.1.03.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del cálculo de estabilidad de dos perfiles al final de la explotación. Los perfiles calculados son los que se muestran en la siguiente figura. Como puede observarse corresponden a los perfiles más desfavorables en cuanto a altura de la explotación.

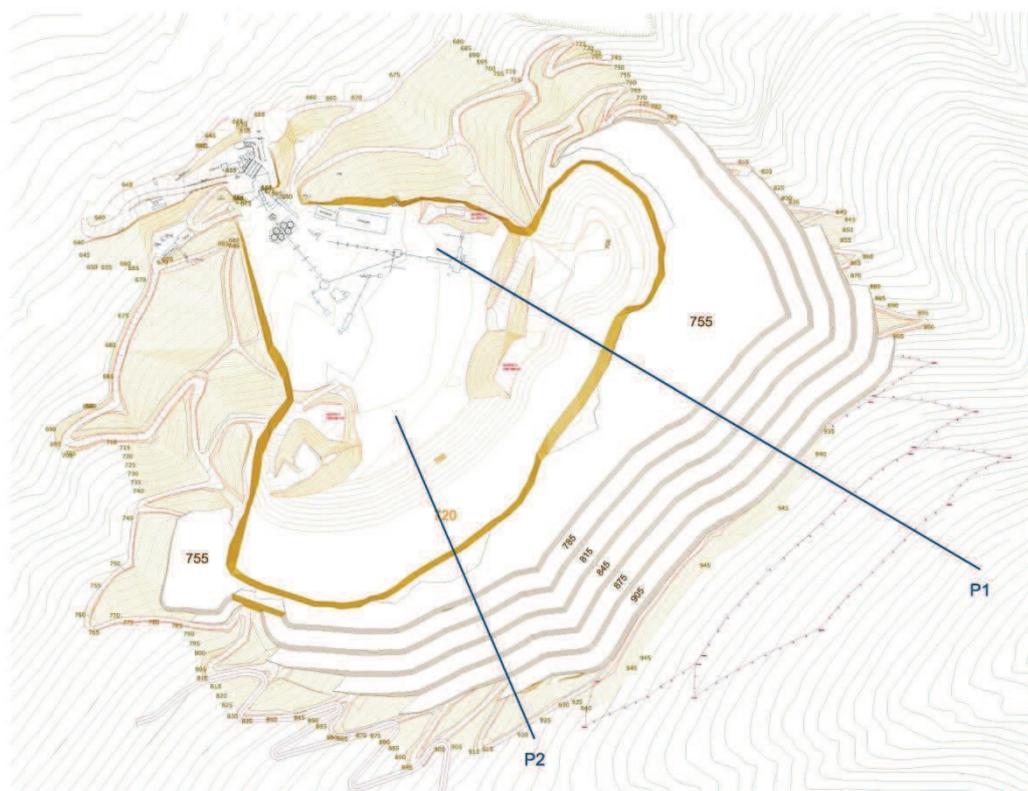


Figura 8.1.- Situación de los perfiles en situación final

8.8.1. Situación inicial

8.8.1.1. Perfil 1

Este talud tiene 215 metros. El talud se compone de 4 bancos con alturas comprendidas entre los 10 y 60 metros y bermas de anchura comprendida entre 10 y 30 metros suavemente inclinadas (2-3°). Todo el talud atraviesa materiales de la Unidad de Calizas tableadas.

Se ha obtenido un factor de seguridad de 3,57. Se ha aplicado la rotura circular, por el método de Bishop simplificado.

En la figura 8.2 se muestra la salida gráfica y el valor del factor de seguridad para la rotura pésima, en el caso considerado.

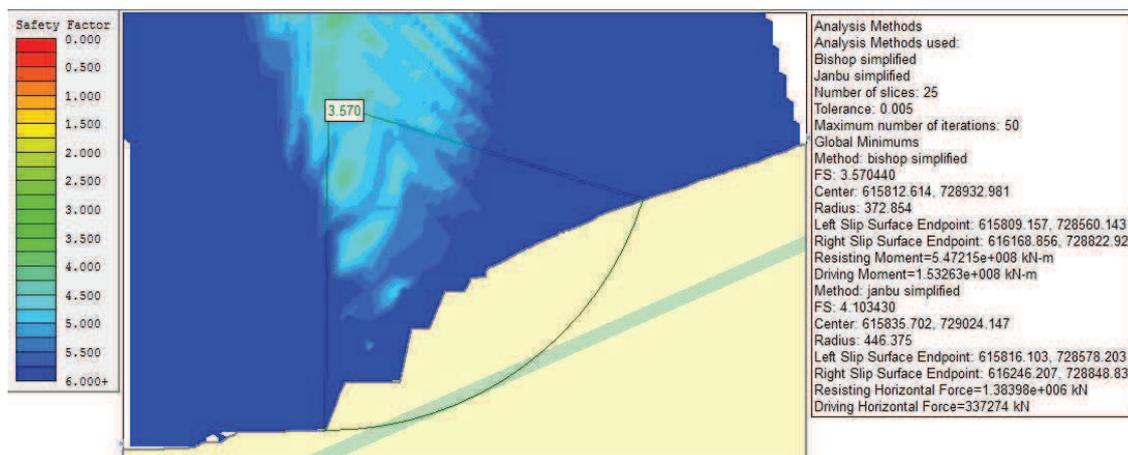


Figura 8.2.- Estabilidad del perfil 1 en situación inicial.

8.8.1.2. Perfil 2

Este perfil tiene 225 metros de altura. El talud se compone de 5 bancos con alturas comprendidas entre los 20 y 70 metros y bermas de anchura comprendida entre 10 y 30 metros suavemente inclinadas (2-3°). En el banco más inferior del talud se atraviesa la intercalación margosa.

Se ha obtenido un factor de seguridad de 2,479. Se ha aplicado la rotura circular, por el método de Bishop simplificado.

En la figura 8.3 se muestra la salida gráfica y el valor del factor de seguridad para la rotura pésima, en el caso considerado.

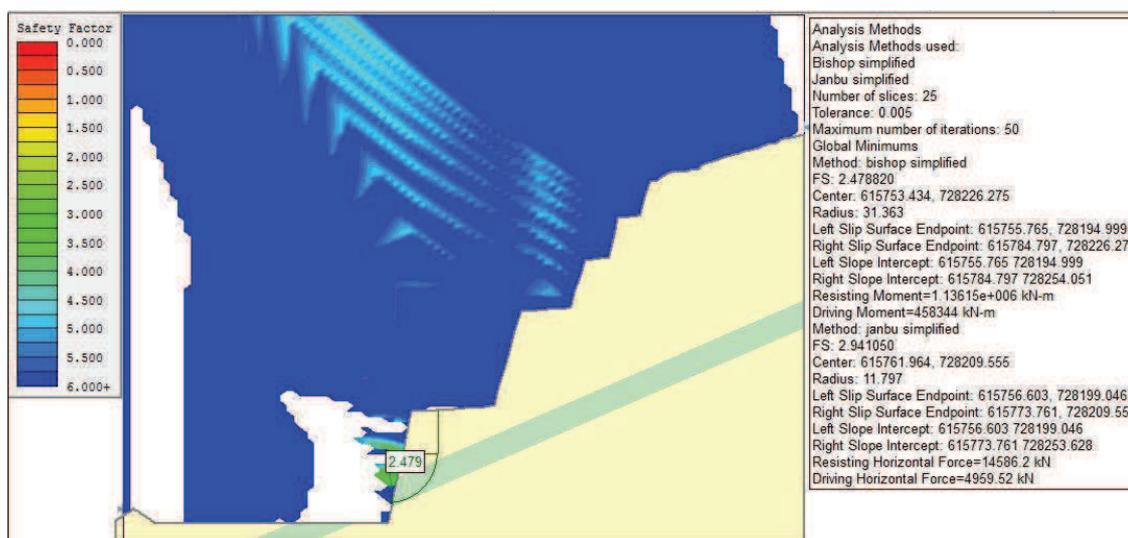


Figura 8.3.- Estabilidad del perfil 2 en situación inicial.

8.8.2. Situación final

Se ha considerado el caso más desfavorable, correspondiente a los taludes con anchura de berma de 20 metros y mayor altura de talud.

8.8.2.1. Perfil 1

El talud estará formado por 6 bancos de 30 metros de altura y bermas horizontales de 20 metros de ancho. Todo el talud atraviesa materiales de la Unidad de Calizas tableadas.

Se ha obtenido un factor de seguridad de 1,454. Se ha aplicado la rotura circular, por el método de Bishop simplificado.

En la figura 8.4 se muestra la salida gráfica y el valor del factor de seguridad para la rotura pésima, en el caso considerado.

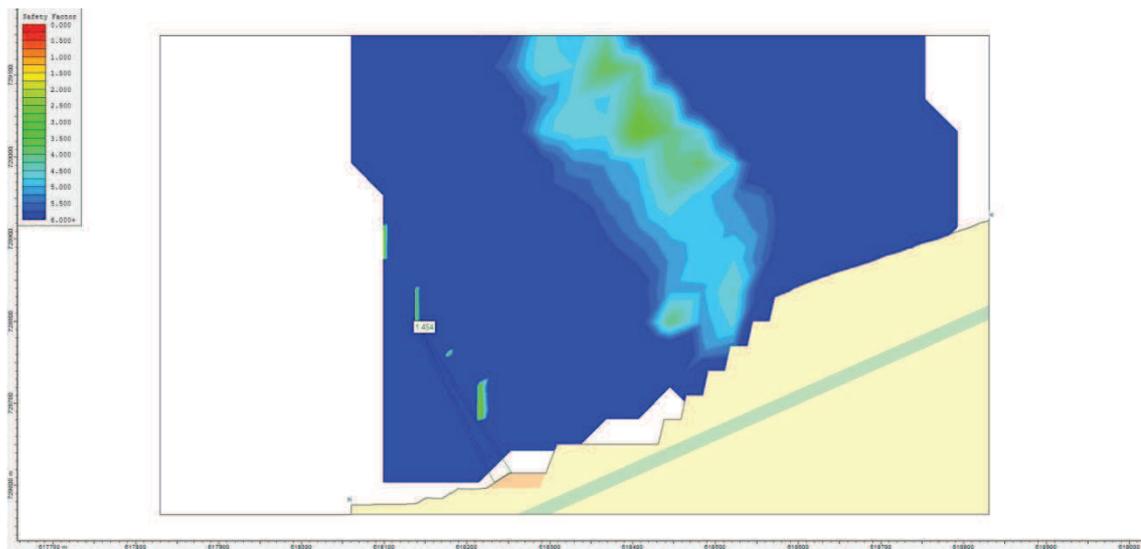


Figura 8.4.- Estabilidad del perfil 1 al final de la explotación.

8.8.2.2. Perfil 2

El talud estará formado por 5 bancos de 30 metros de altura y bermas horizontales de 20 metros de ancho. Todo el talud atraviesa materiales de la Unidad de Calizas tableadas.

Se ha obtenido un factor de seguridad de 1,284. Se ha aplicado la rotura circular, por el método de Bishop simplificado.

En la figura 8.5 se muestra la salida gráfica y el valor del factor de seguridad para la rotura pésima, en el caso considerado.

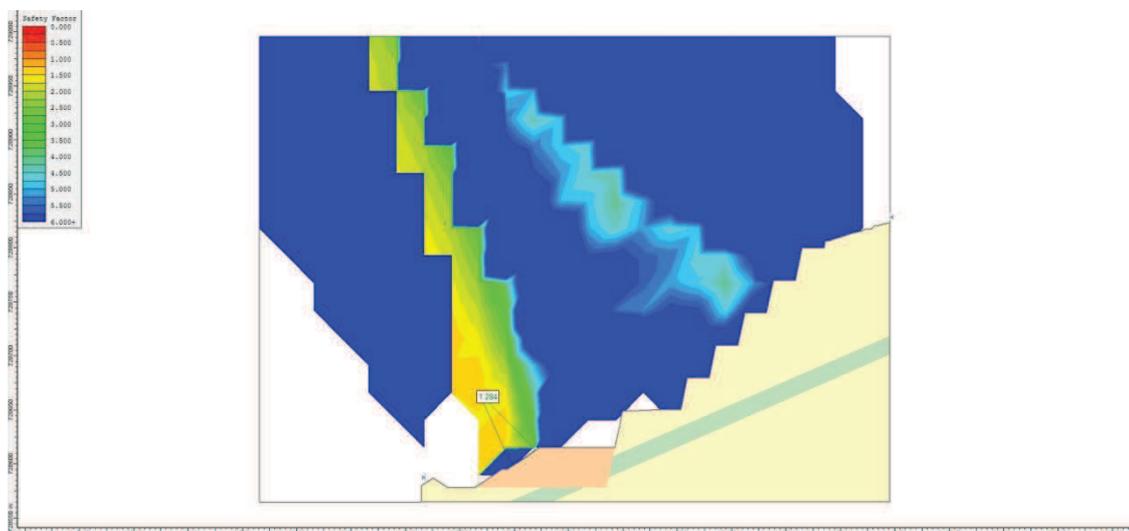


Figura 8.5.- Estabilidad del perfil 2 al final de la explotación.

8.8.3. Análisis de cuñas

Las direcciones de los bancos estimadas para el análisis de rotura en cuña han sido las que se muestran en la tabla siguiente:

TABLA 8.5.- SENTIDO DE BUZAMIENTO Y BUZAMIENTO DE LOS TALUDES PRINCIPALES		
Talud	Dirección de buzamiento	Buzamiento
T-1	246	78
T-2	310	78
T-3	19	78

Considerando las tres familias de discontinuidades presentes en el macizo rocoso, al hacer combinaciones de dos familias, se obtienen, para cada sector y para cada dirección de banco considerado, las combinaciones que se expresan en la tabla siguiente:

Juntas	Orientación			Juntas	Buz.	Dirección buz.
	So	J1	J2			
So		So-J1	So-J2	So	22,5	317,5
J1			J1-J2	J1	90	040
J2				J2	77	357

Los parámetros utilizados para el cálculo de cuñas, introducidos en el programa SWEDGE® V4 (2.002), de Rocscience, Inc., han sido:

- Dirección y buzamiento de las discontinuidades consideradas
- Dirección y buzamiento del talud de banco
- Altura de banco
- Dirección y buzamiento de berma
- Densidad de la roca
- Cohesión y ángulo de fricción interna de cada discontinuidad

De los 9 casos posibles de combinación de juntas, se forman cuñas en 6 de ellas, todas ellas estables.

Los datos más importantes sobre cada uno de los casos de formación de cuñas se muestran en la tabla siguiente.

Banco	Id	Juntas	FS	Peso (t)	Volumen (m ³)	Cinemática
T1	1	S0-J1	2,93	19608,8	7843,5	Desliz. sobre intersección S0-J1
	2	S0-J2	5,05	72096,4	28838,6	Desliz. sobre intersección S0-J2
T2	3	S0-J1	2,54	422088	168835	Desliz. sobre intersección S0-J1
	4	S0-J2	4,82	474486	189794	Desliz. sobre intersección S0-J2
	5	J1-J2	3,29	166,4	66,6	Desliz. sobre intersección J1-J2
T3	6	S0-J1	2,47	6172,4	15431	Deslizamiento sobre J1

8.9. PLAZA FINAL DE LA CORTA

Al finalizar la explotación con el diseño propuesto, el fondo de la cantera en situación final estará constituido por una plaza situada a cota 680 m s.n.m.

Las dimensiones de la plaza de cantera en situación final se detallan a continuación:

Plataforma	Longitud (m)	Anchura media (m)	Superficie (m ²)
Plaza de cantera a cota 680 m	365	210	71.120

9. PISTAS Y ACCESOS

Para acceder a los distintos frentes de trabajo se utilizará la red de pistas existentes en la actualidad y la pista en relleno que figura en el plano nº 08.

En su diseño y proyecto se ha tenido en cuenta lo estipulado en la ITC MIE 07.1.03.

9.1. PISTAS

Para el desarrollo de la explotación la cantera cuenta con una pista de transporte que discurre por la parte suroeste de la cantera. Por ella sólo tendrán que circular la maquinaria de perforación y vertido, así como un vehículo de suministro de gasoil para la perforadora.

La pista de transporte en relleno permitirá bajar el material desde el banco 720 sobre volquetes de gran tonelaje que transportarán el material hasta la planta.

9.1.1. Trazado

La pista de transporte proyectada se realizará en el relleno destinado a partir el primer banco y comunicará la base de los conos de descarga con la planta de tratamiento. Las características geométricas de la pista se muestran en la tabla siguiente:

TABLA 9.1.- DIMENSIONADO DE LA PISTA DE TRANSPORTE

	Relleno (m³)	Ancho (m)	Radio giro (m)	Longitud (m)	Pendiente med (m/m)
Pista relleno inferior	754.589	16	15	545	10,0%

El diseño cumple los requerimientos de giro en las curvas de las máquinas y asegura que la mayor máquina que pueda circular por ellas lo haga en condiciones de seguridad.

La pista de transporte desarrollada en la actualidad, que discurre por la parte suroeste de la cantera, es de un solo carril y está adaptada a tráfico normal.

Para el diseño del trazado de las pistas se han considerado los dos aspectos de trazado en planta y perfil, tal y como especifica la ITC MIE 07.1.03 en su apartado 1.5, con vistas a garantizar una circulación segura y sin dificultades en función de los tipos de vehículos que vayan a utilizarlos y la intensidad prevista de circulación.

Entre los criterios de seguridad aplicados en la red actual conviene destacar el correspondiente al mantenimiento en todo momento de la Distancia mínima de Seguridad de Parada, o distancia mínima para que un vehículo pueda detenerse antes de colisionar con un obstáculo que se encuentre en su trayectoria y sin dar lugar a desaceleraciones inadmisibles.

9.1.2. Pendientes

Las pendientes longitudinales de la pistas están adaptadas a las características de las máquinas que circulan por ellas y a lo especificado en la ITC de aplicación, que especifica que las pendientes longitudinales medias de las pistas no deberán sobrepasar el 10 por 100, con máximos puntuales del 15 por 100. La pendiente media de las pistas es inferior al 10%, con tramos puntuales con pendientes máximas del 15%.

La pendiente transversal mínima establecida es de 0,5 por cien, con el fin de permitir el drenaje y desagüe de las pistas y evitar encharcamientos.

9.1.3. Anchuras

La pista de transporte en relleno es de un solo carril, adaptada a tráfico normal, con arcén de seguridad y barrera no franqueable. Tiene una anchura mínima de 16 m, obtenida de la expresión:

$$\text{Anchura} = 1,5 \times A + 1 + 5 = 15,15 \text{ m}$$

Donde 1 m corresponde a la barrera no franqueable, 5 m es el arcén de seguridad y $A = 6,1$ m, la anchura mayor de los vehículos.

Considerando que el transporte se realiza con volquetes rígidos de 90 t y 6,1 m de anchura.

La pista de transporte, que discurre por la parte suroeste de la cantera, es de un solo carril y está adaptada a tráfico normal. Tiene una anchura mínima de 8 m, ya que por ella sólo tendrán que circular la maquinaria de perforación y vertido, así como un vehículo de suministro de gasoil para la perforadora.

Como norma adicional de seguridad, en todo el trazado se disponen las señales oportunas para dar prioridad a los vehículos y máquinas de operación. Los conductores de vehículos externos autorizados a circular por las pistas serán convenientemente advertidos en lo referente a prioridades de paso y normas de circulación y deberán dejar las convenientes distancias de seguridad.

La ITC de aplicación también señala que, en aquellos accesos que sean paso obligado de personal, el arcén de separación del borde inferior del talud se aumentará en dos metros más, para disponer de un arcén peatonal complementario. En la cantera La Morena, atendiendo a criterios de seguridad, el personal realizará los desplazamientos en las máquinas a las que estén destinados y, en su defecto, serán trasladados en el vehículo del capataz, quedando prohibido el desplazamiento a pie salvo por causas justificadas que también habrán sido puestas en conocimiento de los conductores y maquinistas.

9.1.4. Curvas: radios, peraltes y sobreeanchos

El radio mínimo admisible para el diseño de las curvas es aquel para el cual los vehículos y máquinas pueden girar sin necesidad de efectuar maniobras. El radio de curvatura mínimo es de 15 m.

En el trazado de pistas se ha reducido al mínimo el número de curvas y se ha optado por dar a éstas el mayor radio posible

Las curvas cumplen la ITC de aplicación al haberse considerado un sobreeancho mínimo de 3,2 m, obtenido de la expresión:

$$S = L^2/2 \cdot R$$

Siendo S el sobreeancho en metros, L la longitud de los vehículos en metros y R el radio de la curva.

En el caso de los peraltes, dado el radio de las curvas y la limitación de velocidad del vehículo, se han construido peraltes máximos siempre inferiores al 6 por 100. En ningún caso se han construido peraltes inversos.

9.1.5. Firme

En el diseño y construcción del firme de las pistas son primordiales todos los aspectos referentes a la calidad de la superficie de rodadura, así como la estabilidad no solo de la propia plataforma sino también la de los propios vehículos que vayan a circular por ellas y las posibilidades de frenado de los mismos. No solo es necesario asegurar el agarre de los neumáticos de la unidad de acarreo en condiciones adversas, sino que además debe asegurarse que la circulación de los vehículos en estas condiciones no produzca daños que la inutilicen.

La base de la pista, al estar excavada en rocas masivas y competentes, puede considerarse que es de calidad excelente. Posteriormente, la nivelación del firme impide que se produzcan movimientos de oscilación de los vehículos que circulen y que puedan dar lugar a una reducción de las condiciones de seguridad.

El perfil transversal proyectado cubre los requerimientos y necesidades de desagüe. La pendiente transversal es de 0,5%, con sentido inverso a la de la ladera o talud. Por su parte, el perfil longitudinal tiene una pendiente constante, para evitar la formación de badenes.

A partir de los estudios geotécnicos llevados a cabo en la cantera, se deduce que no deben existir zonas con riesgo de deslizamientos o desprendimientos en los taludes que afecten a las pistas. Durante su construcción, se realizará una cuidadosa labor de saneo y, en caso de aparición de alguna zona aparentemente dudosa, tras el oportuno estudio se adoptarán las medidas pertinentes de instalación de protecciones a base de mallazo, bulonado, gunitado, etc., del talud, dejando en caso necesario un arcén de seguridad de cinco metros de anchura.

En aquellas zonas donde, por cualquier circunstancia, se observe la existencia de un eventual riesgo de caída o vuelco, el borde de la pista se balizará convenientemente y se dispondrán de las oportunas señales de limitación de velocidad. En caso necesario, el Director Facultativo introducirá una Disposición Interna de Seguridad que contemple las medidas de seguridad y de restricción de operación en esa zona hasta la resolución del problema.

Para realizar el perfil final de la capa de las pistas en calizas, será necesario realizar pequeñas voladuras y cargar y transportar todo el material arrancado.

Una vez realizada la capa de las pistas, se procederá al afirmado de la zona de rodadura mediante capas de zahorras, gravas y gravillas.

Una vez preparado el cimientado, los materiales de relleno se extenderán por tongadas sucesivas de espesor suficiente y sensiblemente paralelas a la rasante establecida. El espesor de estas tongadas será lo suficientemente reducido para que, con los medios disponibles, se obtenga en todo su espesor un grado de compactación suficiente.

La compactación de la tongada se realizará de manera que, como mínimo, se alcance el 95% de la máxima obtenida en el ensayo *Proctor Normal* e incluso se llegue al 100% de la misma en los aproximadamente 30 cm últimos del relleno.

Finalmente, se procederá al desarrollo de las operaciones de terminación y refino, necesarias para conseguir el acabado geométrico de la explanada, operación que se llevará a cabo justo inmediatamente antes de la construcción del firme, mediante sucesivas pasadas de la motoniveladora.

En lo que respecta a los materiales de granulometría continua (tipo zahorra), tras el extendido y compactación del árido grueso, se procederá al recebado. El material de recebo se extenderá con motoniveladora procediendo a su vibro-compactación inmediatamente después. La metodología a seguir es:

- Sobre el árido grueso encajado se extiende un 50% del recebo previsto para rellenar el total de huecos. Tras la compactación por medio de vibrador, se extenderá a continuación una cantidad inferior al restante 50% que también será compactado. Esta operación se repetirá por tercera vez con la cantidad de recebo restante.
- El control de la compactación se realizará mediante el denominado "control de procedimiento", en el cual se fija el espesor máximo de la tongada compactada y el número mínimo de pasadas en función de las características del material finalmente elegido y del tipo de compactador.

9.1.6. Conservación

De forma periódica, y excepcionalmente cuando las condiciones de la pista lo aconsejen, se realizarán las oportunas operaciones de mantenimiento del firme de pistas, accesos, bancos y plataformas de trabajo, con especial atención a la reparación de baches, blandones, roderas, etc., y a la limpieza de cunetas y desagües, con el fin de que se conserven en todo momento en buenas condiciones de seguridad.

Se retirarán las piedras descalzadas de los taludes o caídas de las cajas de los vehículos y, en función de las inspecciones periódicas realizadas por el Director Facultativo, se desarrollarán las operaciones de saneo que se consideren oportunas.

En tiempo seco, se efectuarán riegos periódicos, para reducir la emisión de polvo que pueda limitar la visibilidad y aumentar los niveles de contaminación.

Cuando por cualquier circunstancia (como las inclemencias climatológicas, por ejemplo) se hubieran producido efectos de alteración de las condiciones de circulación de una pista, dando lugar a potenciales situaciones de riesgo, se establecerá el oportuno plan de reparación de la misma y se fijarán normas de circulación específicas aplicables en el tiempo que dure la reparación.

Asimismo, de manera también periódica se comprobará el estado de las señales de tráfico establecidas, procediendo a su reparación y sustitución cuando así se considere oportuno con el fin de mantener las necesarias cotas de seguridad en la operación diaria.

En el apartado de medios necesarios para mantener en perfecto estado las pistas, cunetas y el resto de los accesos, será necesario disponer de una pala de ruedas auxiliar, de tipo medio. En periodos no superiores a los seis meses, el afirmado de las pistas será ampliamente restaurado, para lo que se emplearán rodillos vibrantes y una motoniveladora.

10. VOLADURA TIPO

El método de arranque que se aplica en la actualidad en la cantera La Morena es mediante perforación y voladura y se mantendrá invariable durante toda la vida de la explotación. Dicho proyecto de voladura tipo fue aprobado por la resolución 2164D/2011, de 16 de noviembre y teniendo en cuenta que las voladuras tipo a efectuar son las siguientes:

- Banco de 60 metros, 7 barrenos y 14 zapateras
- Banco de 30 metros, 12 barrenos y 24 zapateras

Las entregas máximas serán de 3.678 kg por voladura, con un consumo específico de 129 gr/Tm.

Aunque el ángulo de los barrenos para la voladura tipo es de $81,5^{\circ}$, tal y cómo se señala en el plan de labores, la voladura realizada, tomando medidas reales en el frente, produce ángulos de talud en el macizo rocoso que rondan los 78° . Para el diseño de la cantera en este proyecto de explotación se ha utilizado este ángulo más restrictivo primando la seguridad de los taludes sobre el aumento de reservas al no utilizar ángulos más verticalizados.

El 8 de septiembre de 2010, la empresa MAXAM Europe S.A. realizó medida de vibraciones y onda aérea de la cantera La Morena durante una voladura con las características expuestas, llegando a la conclusión de que la velocidad de vibración y la onda aérea están por debajo de los límites según la NORMA UNE 22-381-93 y según la onda aérea (USBM), para cualquier estructura, en el punto donde se situó el sismógrafo. El estudio completo puede consultarse en el Anexo IV "Medida de vibraciones y onda aérea. Cantera de Echauri y Tiebas, S.A. Tiebas (Navarra)" realizado por MAXAM EUROPE, S.A.

11. MEDIOS DE PRODUCCIÓN. NECESIDADES DE MAQUINARIA Y PERSONAL

11.1. MAQUINARIA Y PERSONAL ACTUAL

11.1.1. Equipos de arranque y perforación

Se dispone de los siguientes equipos:

- Perforadora ATLAS COPCO/L6/(287 kw). Año de fabricación 2008
- Pala cargadora CAT 988H (373 kw). Año de fabricación 2007
- Pala cargadora CAT 988F (321 kw). Año de fabricación 2000
- Excavadora de cadenas CAT/322C (121 kw). Año de fabricación 1998

11.1.2. Equipos de carga, transporte y volteo

- Pala cargadora de ruedas CAT/992C (515 kw). Año de fabricación 1991
- Pala cargadora de ruedas CAT/988B (280 kw). Año de fabricación 1991
- Pala cargadora de ruedas CAT/928G (93 kw). Año de fabricación 2002
- Pala cargadora de ruedas CAT/992G (597 kw). Año de fabricación 2003
- Pala cargadora de ruedas CAT/972G (209 kw). Año de fabricación 2005
- Pala cargadora de ruedas CAT/972H (214 kw). Año de fabricación 2006
- Camión volquete CAT/777B (649 kw). Año de fabricación 1990
- Camión volquete CAT/777B (649 kw). Año de fabricación 1988
- Camión volquete CAT/777D (699 kw). Año de fabricación 2003
- Volquete articulado BELL/B30D (232 kw). Año de fabricación 2006

11.1.3. Equipos de la planta de beneficio

TIPO	MARCA, MODELO Y POTENCIA	Nº DE UNIDADES
Puente grua 3,2tn	JASO/BIRRAIL/12 KW.	1
Puente grua 2tn	JASO/MONORRAIL/3 KW.	1
Criba vibrante	BABTLESS/C66II7/11 KW	1
Criba vibrante	ALQUEZAR/CT-5/22 KW	1
Criba vibrante	LARON/C24-60-30/30 KW	6
Criba vibrante	MOGESEN/2066/8 KW	5
Criba vibrante	MOGESEN/SEL/2056/	2
Criba vibrante	MOGESEN/2036ME20/8 KW	1
Molino de barras	TRIMAN/TMI-3A/250 KW	3
Molino de barras	MFL VORTEX/8-10-4-BM/160 KW	1
Molino de barras	LARON/AC-3/250 KW	1
Trituradora de barras	LARON/IM-17/883 KW	1
Compresor de pistón	BETICO/ES-20/22 KW	2
Compresor de pistón	JOSVAL/MCAP500/4KW	3
Cinta transportadora de banda		68
Alimentadores de banda		10
Elevadores de canjilones		1

11.1.4. Personal actual

Directivos	2
Técnicos titulados	1
Otros técnicos	2
Administrativos	1
Conductores	4
Palistas	3
Mecánicos electricistas	3
Sondistas y perforistas	1
Otros trabajadores (mantenimiento subcontratado)	2

11.2. NECESIDADES DE MAQUINARIA

11.2.1. Equipos de arranque y perforación

Teniendo en cuenta que no se va a modificar el ritmo de explotación, no se considera necesario modificar los equipos de arranque y perforación.

11.2.2. Equipos de carga

El cálculo de los equipos requeridos se ha realizado teniendo en cuenta la producción anual prevista, el programa de trabajo y las previsiones de producción por relevo. Para la estimación del tiempo de operación real por relevo se ha considerado un tiempo total programado por relevo de 480 minutos y unos retrasos programados de 40 minutos, lo que supone un tiempo medido de 440 minutos. Con una eficiencia horaria del trabajo del 83,3 % (50 minutos por hora) se obtiene un tiempo neto productivo de 6,11 horas por relevo.

Para el cálculo del ritmo y requerimientos de producción se han considerado los datos que figuran en la tabla 11.1 adjunta.

TABLA 11.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA MAQUINARIA			
Equipo	Disponibilidad mecánica	Utilización de disponibilidad	Utilización máxima
Retroexcavadora	85 %	90 %	77 %
Dumper	90 %	90 %	81 %
Pala cargadora	85 %	90 %	77 %

Para la carga y transporte el proyecto prevé el empleo de palas cargadoras con cucharón de 14 m³ que vierte en cada banco y otros equipos de carga en la base del vertido. El factor de esponjamiento se estima en 1,30. La capacidad nominal del cucharón de la pala cargadora es de 26,92 t de material esponjado.

Para la pala cargadora de 14 m³ de capacidad, la carga de los volquetes de 90 t supone 4 ciclos de carga, con un tiempo nominal de 0,42 minutos por ciclo. El tiempo de carga de un volquete, incluida colocación del camión se estima por tanto en 0,03 horas.

Con la eficiencia horaria y utilidad máxima consideradas, se obtiene una capacidad real de carga por relevo y unidad cargadora de 15.028 t. Para las labores de carga del material calizo se necesitará una capacidad de 5.797 t/relevo inferior a la capacidad de carga real.

Con las palas cargadoras existentes se cubren los requerimientos de carga proyectados.

Durante la explotación serán necesarias dos palas en los frentes de trabajo para el vertido, una pala para la carga de los volquetes y una pala auxiliar para la creación del relleno.

11.2.3. Equipos de transporte

Para el cálculo de los equipos de transporte únicamente se calculan los equipos necesarios para el transporte desde la plataforma de carga hasta la planta.

Los ciclos de transporte medios se han calculado considerando la eficiencia horaria, la producción teórica por relevo, la disponibilidad mecánica, la utilización de la disponibilidad y la utilización máxima establecidas.

La distancia media de transporte a lo largo de la vida de la explotación asciende a 512 m.

Estimándose el ciclo medio de carga, transporte y vertido en 0,10 horas. Considerando la eficiencia horaria y la utilidad máxima, se obtiene una capacidad real de transporte por relevo y unidad de transporte de 4.385 t.

Se ha considerado una velocidad del volquete cargado de 15 km/h y descargado de 20 km/h.

Teniendo en cuenta estos condicionantes es suficiente la utilización de 2 volquetes con una utilización máxima del 50 %.

Durante los primeros años se ha de tener en cuenta el aumento de producción para la creación del relleno. Se ha tenido en cuenta, por tanto, que aunque la producción anual es de 1 Mt/año de caliza, se aumentará la producción para poder realizar el relleno inferior por el que se construirá la pista que comunica la plataforma a cota 755 con la plaza de cantera. Por lo tanto durante el primer periodo serán necesarios 4 volquetes que disminuirán a dos una vez realizado el relleno y siempre que se mantenga las necesidades de producción.

11.3. NECESIDADES DE PERSONAL

Conductores	4
Palistas	4
Sondistas y perforistas	1

12. DESAGÜE Y DRENAJE DE LA EXPLOTACIÓN

12.1. SUBCUENCAS DE PROYECTO Y FUNCIONAMIENTO HIDROLÓGICO

12.1.1. Subcuencas de proyecto en la situación actual

El área del proyecto afecta a una subcuenca natural en unas 61 ha de superficie, que drena al noroeste. El funcionamiento natural de toda la ladera sobre la que se realiza el proyecto es de una elevada tasa de infiltración en el macizo calcáreo.

En situación actual se han establecido tres subcuencas de drenaje tal y como se muestra en el plano nº 23 (Mapa de Subcuencas en Situación Actual). Las características y funcionamiento hidráulico de estas subcuencas se describen a continuación.

12.1.1.1. Subcuenca de drenaje de la corta (SO)

La subcuenca SO tiene una superficie de una 61 ha. Corresponde al sector de los bancos, plaza de cantera, planta de tratamiento e instalaciones auxiliares. Los caudales de precipitación sobre el hueco, generan las escorrentías con mayor arrastre de sólidos en suspensión.

La subcuenca SO, es también la que presenta un mayor coeficiente de infiltración debido a la existencia de fisuras de pequeña entidad y a las bajas pendientes de los bancos.

12.1.1.2. Subcuenca de la zona sur de la explotación (S1)

La subcuenca S1 tiene una superficie de unas 274 ha. Corresponde en toda su extensión a terreno natural de la subcuenca original.

Sólo un 5% de las aguas de la subcuenca S1 drenan hacia la subcuenca SO, el resto, se drenan por su cauce natural hacia el Oeste de la zona de explotación y no precisan por tanto ningún tipo de tratamiento.

12.1.1.3. Subcuenca de la zona norte de la corta (S2)

La subcuenca S2 tiene una superficie de 106 ha. Corresponde en toda su extensión a terreno natural.

Las aguas de la subcuenca S2 se drenan por su cauce natural hacia el Oeste de la zona de explotación. Las aguas de esta subcuenca no precisan ningún tipo de tratamiento.

12.2. CAUDALES PUNTA

Todos los cálculos justificativos de los caudales punta se encuentran en el Anexo III del presente informe.

12.2.1. Subcuencas de proyecto

A partir de las subcuencas definidas en el apartado 4.2 se han definido las subcuencas del nuevo proyecto que se presentan en el plano nº 13. La transformación de las subcuencas actuales en subcuencas finales afecta a la zona de la explotación, debido a la extensión y profundización, y también a las otras subcuencas en superficie.

En el caso de la nueva situación se definen tres subcuencas de drenaje, SO´, S1´ y S2´. Las características y funcionamiento hidráulico de estas subcuencas se describen a continuación.

12.2.1.1. Subcuenca de la zona de la corta (SO´)

La subcuenca SO´ tiene una superficie de 64 ha, correspondiendo al sector de los bancos, plaza de cantera, planta de tratamiento e instalaciones auxiliares en situación final. Los caudales de precipitación sobre el hueco generarán las escorrentías con mayor arrastre de sólidos en suspensión.

12.2.1.2. Subcuenca de la zona sur del proyecto (S1´)

Esta subcuenca tiene una superficie total 192 ha. Corresponden en toda su extensión a terreno natural de la subcuenca original.

Las aguas de la subcuenca S1´ se drenarán por su cauce natural hacia el Oeste de la zona de explotación

Las aguas de esta subcuenca no precisarán por lo tanto ningún tipo de tratamiento.

12.2.1.3. Subcuenca de la zona norte del proyecto (S2´)

La subcuenca S2´ abarca una superficie de 105 ha. Corresponden en toda su extensión a terreno natural de la subcuenca original

Las aguas de la subcuenca S2´ se drenan por su cauce natural hacia el Oeste situado al Oeste de la zona de explotación. Las aguas de esta subcuenca no precisan ningún tipo de tratamiento.

12.2.2. Características físicas de las subcuencas

Los parámetros de las características físicas de las subcuencas necesarios para la aplicación del método racional, son los siguientes:

- A: área de la cuenca de drenaje
- L: longitud del cauce principal
- J: pendiente media del cauce principal.

En la tabla siguiente se incluyen los valores de estos parámetros, obtenidos para el cálculo de caudales máximos sobre las subcuencas que afectan al proyecto.

TABLA 12.1.- DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DE SUBCUENCAS DEL PROYECTO MODIFICADO			
	Subcuenca SO´	Subcuenca S1´	Subcuenca S2´
Longitud máxima (m)	796	1.566	2.358
Área (m ²)	639.111	1.919.385	1.051.095
Desnivel máximo (m)	289	518	605
Pendiente media (m/m)	0,3631	0,3308	0,2566

12.3. CAUDALES PUNTA OBTENIDOS

Los caudales máximos se han calculado en función de los parámetros físicos de cada subcuenca incluidos en la tabla 6.1. Los resultados obtenidos de caudal punta para el periodo de retorno de 100 años son:

TABLA 12.2.- PARÁMETROS BÁSICOS DE ENTRADA EN EL MÉTODO RACIONAL Y CAUDALES PUNTA OBTENIDOS PARA CADA SUBCUENCA DE PROYECTO PARA UN PERIODO DE RETORNO T=100 AÑOS				
Subcuenca	C	K	K´	Q (m ³ /s)
SO´	0,9143	1,0159	3,5434	14,599
S1 parcial	0,9143	1,0144	3,5490	4,482

12.4. CÁLCULOS DE LA RED DE DRENAJE

A partir de los caudales máximos de avenida obtenidos se presentan ahora los cálculos justificativos de la estructura de la red de drenaje para dicho caudal.

Para el cálculo de estas cunetas se han aplicado las siguientes fórmulas:

$$Q = \frac{S}{n} i^{1/2} \cdot R_H^{2/3}$$

$$R_H = \frac{(b + z \cdot y) \cdot y}{b + 2 \cdot y \cdot \sqrt{1 + z^2}}$$

$$S = (b + z \cdot y) \cdot y$$

Siendo:

Q: Caudal que atraviesa la sección del canal (m³/s)

S: Sección mojada del canal (m²)

n: coeficiente de rugosidad de Manning, en este caso 0,012 si tiene revestimiento de hormigón y 0,04 si están excavadas en el terreno.

R_H: radio hidráulico (m)

z: talud, en este caso 1 porque es siempre 1V:1H.

b: ancho de la solera del canal (m)

y: calado del canal (m)

i: pendiente del canal (m/m)

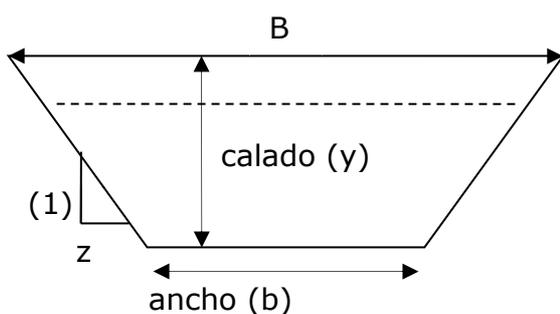
El sistema general de desagüe de las instalaciones se compone de un conjunto de cunetas que recogen y conducen las escorrentías generadas en las subcuencas de proyecto, cuyos caudales han sido calculados anteriormente. Estos caudales van a conducir a las diferentes balsas de decantación dimensionadas adecuadamente mediante la metodología establecida para este tipo de instalaciones cuyo objetivo es decantar las partículas en suspensión que puedan arrastrar las aguas de escorrentía antes de su vertido.

Subcuencas	Q	n	Longitud	Desnivel	(i)
					m/m
S0´	14,60	0,04	15.405	727	0.06
S1 parcial	4,48	0,04	488	63	0,13

En la tabla 12.4 se muestran los resultados obtenidos tras la aplicación de las fórmulas de Manning ajustando para las secciones del canal, siendo:

P: perímetro mojado (m)

v: velocidad media en la sección considerada (m/s).



$$v = \frac{1}{n} \cdot i^{1/2} \cdot R_H^{2/3}$$

$$R_H = \frac{(b+z \cdot y) \cdot y}{b+2 \cdot y \cdot \sqrt{1+z^2}}$$

$$P = b + 2y\sqrt{1+z^2}$$

$$B = b + 2zy$$

Subcuenca	Longitud	Pendiente	Caudal	Superf.	Base	Altura
	(m)	(i)	(m ³ /s)	(m ²)	m	m
S0´	15.405	0,06	14,60	3,75	1	1,5
S1´ parcial	799	0,08	4,48	1,5	1	0,5

Por lo tanto se obtiene unas cunetas de drenaje de base 1 y 0,5 m y altura 1,5 y 1 m.

En todos los bancos de explotación se situarán canales de drenaje a pie de banco que llevarán las aguas hacia la red de drenaje correspondiente a cada una de las subcuencas.

Las cunetas de drenaje se situarán en cada banco de explotación con una forma trapezoidal excavadas en la propia roca mediante retroexcavadora.

12.5. DIMENSIONAMIENTO DE LAS BALSAS DE DECANTACIÓN

Una balsa, situada en la base de la corta, será suficiente para recoger las aguas drenadas por la subcuenca S0', mientras que las aguas de no contacto que llegan a la cabeza de la explotación provenientes de la subcuenca S1' se verterán fuera de la zona de explotación. Los cálculos justificativos se presentan en el Anexo III del presente informe.

La figura 12.1 muestra el esquema de la balsa de decantación. La balsa está compartimentada mediante un muro de 2,6 metros de altura. Este muro frena la velocidad de la lámina de agua, esto permite que los tiempos de permanencia de las partículas para su sedimentación disminuyan. De esta forma las dimensiones teóricas necesarias disminuirán notablemente.

Por lo tanto la balsa existente es suficiente para las necesidades futuras de la explotación.

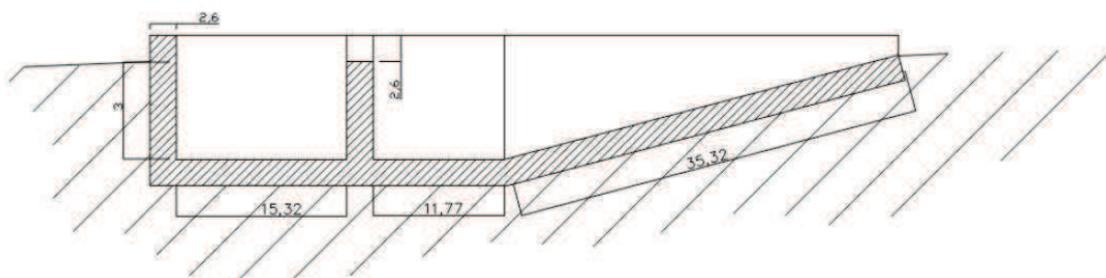


Figura 12.1.- Esquema de la balsa de decantación.

13. PREVENCIÓN Y CONTROL DE IMPACTOS

En este capítulo se analizan los potenciales impactos ambientales considerando la situación actual de la zona y se compara con las acciones del Proyecto. Las principales características del sistema de explotación diseñado son las siguientes:

- Optimización de la recuperación de reservas en relación con la superficie afectada por el Proyecto.
- El diseño final favorece la restauración final del hueco creado.
- El desarrollo de la explotación mantiene distancias de seguridad a los puntos habitados próximos.
- Como puede comprobarse, las implicaciones de los puntos anteriormente indicados son en general positivas para el medio ambiente, en relación a las condiciones existentes en el actual proyecto.

13.1. EMISIONES DE RUIDO

Las actividades de explotación producirán, durante el desarrollo de la operación, una serie de ruidos que pueden agruparse en tres tipos distintos, además de los producidos por las voladuras:

- Ruidos producidos por la perforación.
- Ruidos de las operaciones de carga, transporte y descarga.
- Ruidos procedentes de la planta de tratamiento.

Se adoptarán medidas correctoras concretas para reducir las emisiones de ruido.

En la perforación se utilizarán únicamente equipos dotados de compresores de bajo nivel sónico, ya que este componente del equipo es una de las fuentes fundamentales de ruidos en esta operación.

En las operaciones de carga, transporte y descarga se minimizará el ruido de los motores mediante el uso de silenciadores adecuados en los escapes y el mantenimiento periódico de la maquinaria, con el fin de eliminar ruidos procedentes del desajuste y desgaste de piezas móviles.

El plan de control de ruidos se basa en la evaluación de la viabilidad de actuaciones correctoras para reducir o eliminar el impacto del ruido, con medidas periódicas de los niveles de ruido existentes.

Hay que destacar que con motivo de la reducción de producción actual debida a la crisis, las voladuras han ido espaciándose más en el tiempo reduciéndose este impacto de manera significativa.

13.2. EMISIONES DE POLVO

Las explotaciones como la del presente proyecto producen una serie de emisiones de polvo que originan contaminación atmosférica y un impacto sobre los suelos y vegetación del entorno.

Como en el caso del ruido, la modificación del proyecto de explotación significará una mejora significativa en las emisiones de polvo producidas, por los siguientes motivos:

- Reducción de la relación estéril/mineral, con la consiguiente reducción de carga, transporte y depósito de estériles en escombrera.

Además, para paliar el impacto ambiental producido por la emisión de polvo existen y se tomarán una serie de medidas correctoras, especialmente de carácter preventivo, actuando directamente sobre la fuente emisora:

13.2.1. Pistas

Se realizará el riego periódico de pistas y accesos mediante aspersores o camiones cisterna. Se evitará por todos los medios producir encharcamientos. Asimismo, se dispondrá de una protección vegetal contra el viento de las áreas adyacentes mediante la repoblación.

13.2.2. Extracción y carga

La reducción de la altura de vertido entre bancos y su realización no sobre todo el frente sino sobre una zona más cerrada suponen la acción más importante para reducir las emisiones de polvo. Además se efectuará el control del polvo durante el transporte a la planta de tratamiento y, cuando se considere necesario, los vehículos circularán a baja velocidad por las pistas, bancos y plaza de mina. Se procurará reducir las áreas de excavación expuestas a la acción del viento y se disminuirá la producción en épocas de fuertes vendavales.

13.2.3. Perforación de barrenos

Los equipos de perforación estarán dotados de captadores de polvo que garantizarán la eliminación de la fracción más fina.

13.2.4. Voladura

Se usará el retacado adecuado. Previamente a las voladuras, se procederá a la eliminación de detritus sobrante de la perforación. El resto de las acciones que se ejerzan en la minimización de los efectos de las vibraciones y proyecciones, tienen efectos conjugados en la reducción del polvo.

13.2.5. Medidas de control

Para determinar el grado de eficacia de todas las medidas de lucha contra el polvo y conseguir una mejora paulatina de las condiciones medioambientales se realizarán medidas de los niveles de emisión y de inmisión.

Se deberá comprobar que a distancias superiores a 250 m ya no se depositan las partículas de 0,1 mm de tamaño.

En el entorno de la explotación se controlará que este nivel de emisión no supere los límites reglamentados:

Para partículas en suspensión, 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ de media aritmética y 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el percentil 95, ambos para los valores medios diarios registrados durante el periodo anual mediante el método gravimétrico (R.D.1321/92).

Para partículas sedimentables, 300 mg/m^2 de concentración media en 24 horas (D. 833/75).

Por su parte, para el nivel de emisión de partículas, el límite corresponde a 150 mg/m^3 (D.833/75).

Para realizar el control del nivel de inmisión de polvo se instalarán captadores de partículas sedimentables.

La frecuencia de muestreo será trimestral durante los dos primeros años y, a partir del tercer año, dependerá del nivel determinado, pudiendo aumentarse la periodicidad a semestral o anual si los resultados de las últimas cuatro muestras trimestrales no sobrepasaran la mitad de los valores límite fijados, previa conformidad de la autoridad minera (ITC 07.1.04. BOE del 16 de Octubre de 1991).

Además, se realizarán medidas complementarias de partículas en suspensión, mediante un medidor portátil de partículas en suspensión. Durante los dos primeros años las medidas tendrán periodicidad trimestral, realizándose en la plaza de la explotación y en los puntos establecidos para el control del nivel de inmisión.

Todos los resultados de las tomas de muestras quedarán debidamente registrados con el fin de conocer la evolución en la emisión de polvo.

Estos estudios se realizarán sin perjuicio de todos aquellos otros que oportunamente decida la autoridad minera que se deban llevar a cabo.

Con la periodicidad que la referida autoridad minera estipule, se le enviarán cuantos informes de resultados de lucha contra el polvo estime oportunos.

13.2.6. Memoria tipo anual de lucha contra el polvo

La Memoria de lucha contra el polvo tendrá periodicidad anual y, según lo especificado en la ITC MICT 07.1.04, constará de los siguientes capítulos:

- Equipos de lucha contra el polvo existentes en la maquinaria fija y móvil. Especialmente el equipo de perforación
- Aparatos de medición de polvo utilizados.
- Sistemas y medios para reducir, diluir, asentar y evacuar el polvo.
- Resultados de las mediciones realizadas el año anterior.

Para la determinación del riesgo pulvígeno, las muestras de polvo se tomarán por medio de aparatos personales, utilizándose aparatos estáticos únicamente cuando la medida sea representativa de la exposición de cada uno de los trabajadores. Los aparatos de medida estarán certificados y se revisarán periódicamente. La concentración de la fracción respirable se medirá en mg/m^3 .

La duración de la toma de muestras de polvo comprenderá toda la jornada de trabajo.

La toma de muestras de polvo en los puestos de trabajo se hará una vez por trimestre. Este número de muestras podrá ser reducido a una anual en el caso de que los resultados de las últimas cuatro muestras trimestrales no hayan sobrepasado la mitad de los valores límites fijados en la ITC, previa conformidad de la autoridad minera.

Relación nominal de los trabajadores diagnosticados de neumoconiosis en el último año, con sus diferentes grados.

13.3. VIBRACIONES Y ONDA AÉREA

Se respetará estrictamente el diseño de voladura tipo propuesto, sobre todo en cuanto a carga operante máxima, para mantener ésta dentro de los valores no molestos.

El retacado tendrá la longitud mínima indicada, y se realizará con materiales que tengan buena contención de los gases de la voladura, para así evitar los "bocazos".

El cordón detonante superficial y los detonadores se cubrirán con el material granular de retacado, evitando su estallido al aire.

Se medirán periódicamente algunas voladuras de producción para comprobar que los valores de vibración y onda aérea están por debajo de los mínimos considerados como seguros por la normativa.

13.4. PROYECCIONES

Para controlar las proyecciones producidas por las voladuras se tomarán las siguientes medidas:

- Previsión en el replanteo del esquema de perforación, especialmente la primera fila.
- Control en profundidad e inclinación de los barrenos perforados.
- Comprobación de existencia de coqueas en el macizo rocoso.
- Control de la carga del explosivo y su distribución a lo largo del barreno.
- Realización cuidadosa del retacado.
- Elección de una buena secuencia de encendido.

Todos estos efectos secundarios descritos tendrán mayor o menor importancia en función de la carga operante de cada pega, dependiendo sus efectos de la proximidad de las instalaciones que haya en el entorno del lugar donde se realice la voladura.

En líneas generales, la Dirección Facultativa de la cantera procurará minimizar los efectos en cada caso, actuando sobre las variables que la afectan y a partir de los resultados que se vayan obteniendo.

13.5. PREVENCIÓN DEL PROCESO DE EROSIÓN

Dadas las características litológicas de los materiales a explotar y la escasa cuenca de drenaje afectada por la cantera, no cabe prever riesgos de erosión. No obstante, en su prevención se han adoptado algunas medidas que, en cierto modo, coinciden con las de drenaje, expuestas anteriormente:

- Aplicación a las plataformas de trabajo de una pendiente aproximada del 2%, en sentido contrario a la de los taludes, para favorecer el drenaje y de una pendiente longitudinal mínima del 0,5%.
- Establecimiento de una red de canaletas favorecidas con suaves pendientes para evitar encharcamientos por acumulación de sus propias aguas y las procedentes del talud inmediato superior.
- En puntos de elevada pendiente se construirán escalonamientos para permitir una disipación de la energía aportada por el agua. Así mismo, las cunetas no irán revestidas.
- En las zonas de repoblación y de establecimiento de pantallas visuales vegetales se aplicarán las medidas oportunas para evitar el arrastre de tierra orgánica y de plántones.

13.6. PREVENCIÓN Y CONTROL DE AFECCIONES A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES

En relación con las aguas superficiales, son varias las acciones que contempla la modificación del proyecto y que suponen una clara reducción de afecciones.

El principal conjunto de medidas de prevención y control está orientado a la calidad de las aguas superficiales. Los elementos principales de dicho sistema de control son los siguientes:

- Red de drenaje. Impedirán la mezcla de aguas del hueco excavado y del drenaje natural por cauces y arroyada en el entorno de la mina. Se aprovechará la red de drenaje existente que garantizan la no entrada de la red exterior al interior del hueco, y que favorece la infiltración de las aguas limpias en el macizo rocoso.
- Balsas de decantación. La balsa de decantación que recibe el agua de cada subcuenca de proyecto se dimensionarán de manera que sean capaces de decantar las partículas de 0,01 cm en el caso de avenidas máximas con un período de retorno de 100 años.
- Control de los puntos de vertido. El punto de vertido al dominio público hidráulico se ajustará a la normativa vigente en materia de vertidos y estará integrado en el programa de control ambiental del proyecto.

