



PLAN DE RESTAURACIÓN DEL
PROYECTO DE EXPLOTACIÓN RIO
TINTO.
JULIO DE 2014

PROYECTO RIO TINTO

ÍNDICE

0	PARTE 0. INTRODUCCIÓN	1
0.1	Objeto del Plan	1
0.2	Antecedentes.....	1
1	PARTE I. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ENTORNO	3
1.1	Descripción del medio físico	3
1.1.1	Geología.....	3
1.1.2	Hidrología	3
1.1.3	Hidrogeología	4
1.1.4	Edafología	5
1.1.5	Climatología.....	6
1.1.6	Flora y vegetación.....	7
1.1.7	Fauna	9
1.1.8	Paisaje.....	13
1.1.9	Usos del suelo.....	14
1.2	Descripción del medio socio económico de la zona	15
1.2.1	Demografía	15
1.2.2	Empleo.....	16
1.2.3	Infraestructuras	17
1.2.4	Espacios de interés histórico	20
1.3	Descripción general del proyecto minero	24
1.3.1	Características básicas del proyecto.....	24
1.3.2	Zona de explotación minera del PRT.....	28
1.3.3	Zona de proceso	30
1.3.4	Infraestructura auxiliar al PRT	36
1.3.5	Otras instalaciones mineras (Pasivos ambientales)	39
1.4	Gestión del Patrimonio Histórico del PRT.....	45
1.4.1	Cerro Colorado	45
1.4.2	Escombreras Norte y Sur	46
1.4.3	Planta de tratamiento	47
1.4.4	Depósito de estériles.....	47

1.4.5	Corta Atalaya	48
1.4.6	Escombreras no operadas en el PRT	48
2	PARTE II. MEDIDAS PREVISTAS PARA LA REHABILITACIÓN DEL ESPACIO NATURAL AFECTADO POR LA EXPLOTACIÓN ACTUAL Y LAS ANTIGUAS EXPLOTACIONES MINERAS..	49
2.1	Introducción.....	49
2.2	Objetivos generales de la restauración proyectada	49
2.3	Descripción de los trabajos de restauración propuestos	50
2.3.1	Remodelado del terreno	51
2.3.2	Impermeabilización o sellado.....	51
2.3.3	Labores preparatorias del suelo	52
2.3.4	Siembras	53
2.3.5	Cuidados posteriores.....	55
2.3.6	Descripción de otras posibles actuaciones de rehabilitación.....	56
2.4	Medidas previstas para la rehabilitación de las áreas y superficies afectadas objeto de restauración	57
2.4.1	Área 1: Corta Cerro Colorado	57
2.4.2	Área 2 y Área 3: Escombrera Norte y Sur	60
2.4.3	Área 4: Depósito de estériles.....	62
2.4.4	Área 5: Planta de Tratamiento	64
2.4.5	Área 6: Infraestructuras asociadas	65
2.4.6	Área 7: Pasivos mineros existentes	65
2.5	Anteproyecto de abandono definitivo de labores.....	70
2.5.1	El uso público en la mina de Riotinto tras la clausura del PRT	71
2.5.2	Control sobre Cerro Colorado posterior al abandono.....	76
2.5.3	Control sobre Corta Atalaya posterior al abandono	80
3	PARTE III. MEDIDAS PREVISTAS PARA LA REHABILITACIÓN DE LOS SERVICIOS E INSTALACIONES ANEJOS A LA INVESTIGACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE RECURSOS.....	82
3.1	Introducción.....	82
3.2	Descripción general de la actuación	82
3.3	Metodología de desmantelamiento y deconstrucción.....	85
3.3.1	Trabajos previos	85
3.3.2	Ejecución material	86

3.4	Técnicas de desmantelamiento y demolición	86
3.4.1	Desmantelamiento	86
3.4.2	Demolición.....	87
3.5	Condiciones generales de ejecución.....	88
3.5.1	Desmantelamiento	88
3.5.2	Demolición.....	88
3.6	Medidas ambientales.....	90
3.6.1	Segregación de residuos.....	90
3.6.2	Inventario y clasificación de residuos.....	91
3.6.3	Almacenamiento y etiquetado	91
3.6.4	Gestión	92
4	PARTE IV. PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS MINEROS	93
4.1	Estudio de las condiciones del terreno afectado por las instalaciones de residuos ...	93
4.2	Caracterización de los residuos mineros	94
4.2.1	Estériles de mina (escombreras operativas)	94
4.2.2	Estériles de planta (depósito de estériles)	99
4.3	Clasificación propuesta para las instalaciones de residuos mineros.....	107
4.4	Descripción de la actividad que genera los residuos mineros y de cualquier tratamiento posterior al que éstos se sometan	108
4.5	Descripción de las afecciones negativas al medio ambiente y a la salud humana. Medidas preventivas que se deben tomar	109
4.5.1	Descripción de afecciones	109
4.5.2	Medidas preventivas	111
4.6	Procedimientos de control y seguimiento.....	114
4.6.1	Control y seguimiento de las labores de restauración	114
4.6.2	Controles sobre las escombreras Norte y Sur	115
4.6.3	Controles sobre el depósito de estériles	119
4.6.4	Control sobre escombreras no operadas en el PRT	121
4.7	Definición del proyecto constructivo y de gestión de las instalaciones de residuos mineros.....	127
4.7.1	Definición del proyecto constructivo de las escombreras Norte y Sur	127
4.7.2	Definición del proyecto constructivo del Depósito de estériles	143



4.7.3	Definición del proyecto constructivo de las escombreras no operadas en el PRT.....	168
4.8	Anteproyecto de cierre y clausura.....	183
5	PARTE V: CALENDARIO DE EJECUCIÓN Y COSTE ESTIMADO DE LOS TRABAJOS DE REHABILITACIÓN.....	185
5.1	Calendario de ejecución de los trabajos.....	185
5.2	Cuadro de precios unitarios.....	186
5.3	Cuadros de mediciones.....	190
5.4	Cuadros de importes.....	195
5.5	Cuadro resumen. Presupuestos globales de restauración del PRT	201

FIGURAS

Figura 1.1: Precipitaciones mensuales y temperaturas medias (Periodo 1917 a 2009).	6
Figura 1.2: Erica andevalensis afectada por el PRT.	8
Figura 1.3: Túneles mineros localizados en el ámbito del PRT.	11
Figura 1.4: Posible presencia de Collalba negra en el entorno del PRT.	12
Figura 1.5: Posible presencia de Cigüeña negra (Ciconia nigra) en el entorno del PRT.	12
Figura 1.6: Red de carreteras en el entorno del PRT.	18
Figura 1.7: Vías pecuarias.	19
Figura 1.8: Elementos patrimoniales en el ámbito del PRT.	23
Figura 1.9: Ciclo básico de operaciones de mina del PRT.	25
Figura 1.10: Componentes del PRT.	27
Figura 1.11: Corta del PRT.	28
Figura 1.12: Situación y diseño final de las escombreras del PRT.	30
Figura 1.13: Instalaciones industriales del PRT.	32
Figura 1.14: Plano general de la Planta HDS.	35
Figura 1.15: Red de viales tras el abandono.	38
Figura 1.16: Instalaciones mineras no operadas en el PRT.	40
Figura 1.17: Escombreras de Corta Atalaya fuera del derecho Minero otorgado.	42
Figura 1.18: Registros mineros sacados a concurso que comprenden las escombreras de corta Atalaya fuera del derecho Minero otorgado a EMED-T.	43
Figura 1.19: Vacie Marginal y Planta de Cementación.	44
Figura 2.1: Canales de desvío de aguas en Cerro Colorado en la fase de restauración.	58
Figura 2.2: Sellado de túneles en la clausura conjunta de las cortas del PRT.	59
Figura 2.3: Gestión de las aguas en la Corta Atalaya.	66
Figura 2.4: Rutas turísticas tras la clausura del PRT.	75
Figura 4.1: Comportamiento de consolidación de los lodos de alta densidad.	106
Figura 4.2: Granulometría de escombros.	130
Figura 4.3: Talud tipo de las escombreras del PRT.	132
Figura 4.4: Disposición de material clasificado para el dren sobre vaguada natural.	137
Figura 4.5: Disposición de material clasificado para el dren de fondo.	137
Figura 4.6: Secciones tipo de los canales perimetrales en las escombreras.	139
Figura 4.7: Balsas de decantación.	140
Figura 4.8: Flujos del sistema. Años 0-5.	150
Figura 4.9: Flujos del sistema. Años 5-10.	150
Figura 4.10: Características geométricas de los muros de la sección de Cobre.	155
Figura 4.11: Características geométricas de los muros de la sección de Aguzadera.	156



Figura 4.12: Características geométricas de los diques todo uno	156
Figura 4.13: Planta general del canal perimetral norte.....	160
Figura 4.14: Sección tipo del canal perimetral norte.....	160
Figura 4.15: Sección tipo del dique todo uno de la sección de Gossan.....	161
Figura 4.16: Sección tipo del canal paralelo a la carretera A-461.....	162
Figura 4.17: Desagüe del depósito de Cobre tras la clausura.....	162
Figura 4.18: Sección tipo del canal de evacuación de pluviales de Cobre.....	163
Figura 4.19: Sección tipo del canal de evacuación de pluviales de Cobre.....	164
Figura 4.20: Sección tipo del canal inicial.	164
Figura 4.21: Sección tipo del Tubo de 1.800 mm.	165
Figura 4.22: Sección tipo del canal final.	165
Figura 4.23: Planta y alzado de la arqueta/aliviadero final.	165
Figura 4.24: Escombreras de Corta Atalaya fuera del derecho Minero otorgado.	169
Figura 4.25: Secciones tipo de los canales perimetrales en las escombreras.....	179
Figura 4.26: Balsas de decantación.....	180
Figura 4.27: Drenajes profundos en escombreras no operadas en el PRT.....	180



TABLAS

Tabla 1.1: Precipitaciones y temperaturas medias (Periodo 1917 a 2009).	6
Tabla 1.2: Distintos tipos de uso del suelo en los municipios del entorno del PRT.	14
Tabla 1.3: Evolución del número de habitantes de los municipios del entorno del PRT....	15
Tabla 1.4: Trabajadores por sector de actividad (Datos de diciembre de 2010).	16
Tabla 1.5: Empresas por sector de actividad (Datos de diciembre de 2009).....	16
Tabla 1.6: Demandantes de empleo por tipo en municipios	17
Tabla 1.7: Demandantes de empleo por tipo en Área Territorial de Empleo.....	17
Tabla 1.8: Vías pecuarias en el ámbito del PRT.....	19
Tabla 1.9: Marco legal en materia de Patrimonio Histórico.	20
Tabla 1.10: Bienes patrimoniales en el ámbito territorial del PRT.....	21
Tabla 1.11: Superficies finales de ocupación de las escombreras del PRT.....	29
Tabla 1.12: Listado de instalaciones del complejo industrial.....	33
Tabla 1.13: Cronograma de operaciones previsto para las tres secciones.....	36
Tabla 2.1: Especies herbáceas seleccionadas para la revegetación.....	54
Tabla 3.1: Instalaciones del complejo minero.	83
Tabla 4.1: Resultados de caracterización de los residuos mineros en escombreras.....	96
Tabla 4.2: Códigos LER de los estériles de minas caracterizados.	97
Tabla 4.3: Conclusiones de la caracterización de residuos en el depósito de estériles....	100
Tabla 4.4: Códigos LER de los residuos del depósito de estériles caracterizados.....	101
Tabla 4.5: Estériles de flotación CCW.....	104
Tabla 4.6: Estériles de flotación CCE.	104
Tabla 4.7: Impactos por la operación en las escombreras del PRT.....	110
Tabla 4.8: Impactos por la operación en el depósito de estériles del PRT.	111
Tabla 4.9: Valores de los parámetros de perforación previstos.....	129
Tabla 4.10: Magnitudes geométricas principales.....	131
Tabla 4.11: Tipos de cuneta.....	138
Tabla 4.12: Canales perimetrales en las escombreras operadas en el PRT.....	139
Tabla 4.13: Caudales esperables tras la restauración de las escombreras del PRT.	141
Tabla 4.14: Factores a favor y en contra de cada una de las alternativas analizadas.	144
Tabla 4.15: Parámetros geotécnicos de los materiales en la construcción del depósito.	151
Tabla 4.16: Producción anual prevista.	158
Tabla 4.17: Descenso de filtraciones en el depósito de estériles tras la restauración....	166
Tabla 4.18: Propiedades del cálculo de estabilidad en escombreras no operadas.....	171
Tabla 4.19: Canales perimetrales en las escombreras no operadas en el PRT.	179
Tabla 4.20: Caudales esperables tras la restauración de las escombreras operadas.....	181



Tabla 5.1: Calendario de restauración en las instalaciones operadas en el PRT.	185
Tabla 5.2: Calendario de l restauración en las instalaciones no operadas en el PRT.....	186
Tabla 5.3: Cuadro de precios unitarios.....	186
Tabla 5.4: Cuadro de mediciones.....	190
Tabla 5.5: Cuadro de importes.	195
Tabla 5.6: Cuadro resumen de costes de restauración de instalaciones operadas.	201



ANEXOS

ANEXO I: INFORMES DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS MINEROS DEL PROYECTO DE EXPLOTACIÓN RIO TINTO CONFORME AL REAL DECRETO 975/2009



PLANOS

PLANO Nº 1: Plano de situación

PLANO Nº 2: Zonificación

PLANO Nº 3: Topográfico

PLANO 3.1: Topográfico Escombrera Norte e Instalaciones

PLANO 3.2: Topográfico Escombrera Sur

PLANO 3.3: Topográfico Corta Atalaya y Escombreras de Corta Atalaya

PLANO 3.4: Topográfico Depósito de Estériles

PLANO 3.5: Topográfico Corta Cerro Colorado y Filón Sur

PLANO Nº 4: Restauración

PLANO 4.1: Restauración Escombrera Norte y Filón Norte

PLANO 4.2: Restauración Escombrera Sur y Filón Sur

PLANO 4.3: Restauración Escombreras de Corta Atalaya

PLANO 4.4: Restauración Depósito Estériles

PLANO 4.5: Restauración Equilibrio de Cortas

PLANO Nº 5: Perfiles

PLANO 5.1: Perfil Restauración Escombreras

PLANO 5.2: Perfil Restauración Depósito de Estériles Aguzadera

PLANO 5.3: Perfil Restauración Depósito de Estériles Cobre

PLANO Nº 6: Desmantelamiento

PLANO Nº 7: Ruta Turística Proyectada

0 PARTE 0. INTRODUCCIÓN

0.1 Objeto del Plan

Se redacta el presente Plan de Restauración para el Proyecto de Explotación Rio Tinto (PRT en adelante) promovido por EMED Tartessus S.L.U. (EMED-T en adelante), cuyos datos sociales son:

- o Dirección: La Dehesa s/n
- o Localidad: Minas de Riotinto
- o Provincia: Huelva
- o Código Postal : 21660
- o Teléfono: 959 59 28 50
- o Fax: 959 59 10 26
- o Web: www.emed-tartessus.com

La presentación del Plan de Restauración del PRT se hace conforme a lo recogido en el Real Decreto 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.

Este Plan de Restauración debe presentarse ante la Autoridad Minera competente con carácter previo a toda autorización, permiso o concesión, regulada por la Ley 22/1973, de Minas. Este Plan incluye el Plan de Gestión de Residuos Mineros, y la ubicación propuesta de las instalaciones de residuos.

El objeto del Plan de Restauración, en cumplimiento del RD 975/2009, es establecer por parte de la entidad explotadora todas las medidas necesarias para prevenir o reducir en lo posible cualquier efecto negativo sobre el medio ambiente y sobre la salud de las personas derivado de la investigación y aprovechamiento de recursos minerales. Dichas medidas están basadas en las mejores técnicas disponibles e incluyen la gestión de los residuos mineros.

0.2 Antecedentes

Las peculiares características sociales e históricas de la Mina de Riotinto, de suma importancia, han hecho que este proyecto se haya convertido en clave para la nueva minería de Huelva y de la comunidad autónoma andaluza.

Este proyecto de reapertura de la mina ha suscitado mucho interés, dado que la sociedad demanda que esta reapertura se haga en condiciones de seguridad minera y ambiental adecuadas, y que ésta suponga una verdadera reactivación económica y social del su entorno más cercano.

Esto ha supuesto que el proceso administrativo haya sido largo, habiéndose iniciado en la obtención de los derechos mineros, cuya transferencia se formalizó el 11 de abril de 2014. El proceso ha venido marcado por un procedimiento ambiental complejo que finalmente se desentrañó con el otorgamiento favorable de la AAU al Proyecto Riotinto el día 27/03/2014, y que motivó la transferencia de los derechos mineros.

El Plan de Restauración del Proyecto de Explotación de Riotinto se presenta como el siguiente paso a dar, ineludible para poder iniciar la actividad en la mina.

El 10 de diciembre de 2009, la Delegación Provincial de Huelva de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, estableció para poder obtener la autorización de transmisión del derecho minero y el posterior inicio de la actividad, que el promotor debería llevar cabo *“la restauración del área afectada por el derecho minero del que solicita la transmisión, tanto en la parte afectada por el nuevo proyecto como por antiguos explotadores con posterioridad a 1982”*.

Es este requerimiento el que marca el presente Plan de Restauración que pretende la mejora ambiental y patrimonial del espacio afectado históricamente por la explotación de los recursos de la Mina de Riotinto, yendo más allá de las obligaciones que al Proyecto de explotación le vienen impuestas por la ley.

Para la elaboración del documento se ha tomado como base la información de los diferentes proyectos presentados para el procedimiento de autorización por el Organismo Sustantivo y que a su vez han sido sometidos a la evaluación del Organismo Ambiental en el procedimiento de autorización ambiental unificada. Los principales proyectos considerados han sido:

- Proyecto minero Rio Tinto. Proyecto de explotación. SADIM, Julio de 2010.
- Estudio geotécnico, e hidrogeológico y proyecto de rehabilitación de la explotación a cielo abierto cerro colorado. SUBTERRA, Julio de 2010.
- Proyecto de escombreras Norte y Sur del PRT. CGS, Julio de 2010.
- Anteproyecto de deposición de estériles en Minas de Riotinto. EPTISA, Junio de 2013.
- Anteproyecto para el desmantelamiento de las instalaciones industriales del PRT. EYGEMA, Febrero de 2012.

1 PARTE I. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ENTORNO

1.1 Descripción del medio físico

1.1.1 Geología

A nivel regional, la zona de actuación se sitúa en la Faja Pirítica Ibérica (FPI). Esta alberga varios depósitos minerales importantes de sulfuros masivos, y muchos otros de proporciones más pequeñas.

La Faja Pirítica Ibérica forma parte de la Zona Sud-Portuguesa del Macizo Hercínico Ibérico, y se interpreta como un terreno tectoestratigráfico acrecionado al Macizo Ibérico durante el Carbonífero Medio (Quesada, 1991).

Dentro de la FPI se distinguen, de muro a techo, tres unidades principales:

- El Grupo PQ, Devónico Superior, de filitas y cuarcitas, que constituyen las rocas más antiguas. Comprende una secuencia de pizarras y areniscas, con calizas lenticulares interestratificadas en el tramo superior de la secuencia.
- El Complejo Volcano-Sedimentario (VSC), Viseiense-Fameniense Superior, con rocas volcánicas félsicas y máficas interdigitadas con sedimentos detríticos. Esta unidad alberga los depósitos de sulfuros metálicos masivos. En las rocas félsicas predominan fundamentalmente las piroclastitas, en las máficas, sobre todo lavas almohadilladas espilíticas.
- El Grupo Culm, Carbonífero Inferior, compuesto por una secuencia de sedimentos turbidíticos, que se sitúa en el techo de la secuencia.

De acuerdo con lo indicado en el Instituto Geológico y Minero de España, existen hasta 90 depósitos conocidos que constituyen la provincia metalogenética de la Faja Pirítica Ibérica, entre los que sobresalen los yacimientos de Río Tinto y de Tharsis. Finalmente cabe destacar que Corta Atalaya está catalogada como Punto de Interés Geológico.

1.1.2 Hidrología

La zona de actuación se localiza en el Distrito Hidrográfico del Tinto, Odiel y Piedras. El Distrito Hidrográfico Tinto-Odiel-Piedras ocupa una superficie de aproximadamente 6.871 Km² e incluye las cuencas de los ríos Tinto, Odiel, Piedras y Chanza, en la provincia de Huelva.

El PRT se localiza en la mitad oriental del interfluvio alto de las cuencas de los ríos Tinto y Odiel (sistema fluvial de dirección predominante Norte-Sur), en las que se diferencian claramente tres ámbitos: la sierra, la campiña y la marisma. El PRT pertenece al tramo alto, la sierra, más próximo al cauce del Tinto, pero no lejos del Odiel.

Las cuencas de los ríos Tinto y Odiel constituyen un espacio de rasgos hidroclimáticos de tipo mediterráneo con influencias atlánticas, estructurado por un sistema fluvial bien desarrollado, mínimamente regulado en cabecera y altamente manejado desde el punto de vista hidráulico en su tramo bajo, donde el uso agrícola y forestal ha dejado escasamente representada la vegetación original.

El río Tinto nace en Peña del Hierro, al norte de la localidad onubense de Nerva, en plena Faja Pirítica, es decir, en formaciones geológicas del Complejo Volcano Sedimentario con yacimientos de sulfuros polimetálicos. Ya en las cercanías de las cabeceras que lo originan, el Tinto tiene las propiedades de extrema acidez y altísima concentración de metales que le caracterizan durante todo su recorrido, hasta llegar, 92 km después, a su desembocadura en el océano Atlántico.

El río Odiel nace en la Sierra de Aracena y recoge por su margen derecha las aportaciones de la Rivera de Santa Eulalia, Rivera de Olivargas, río Oraque y Rivera de Meca, y por la izquierda las del arroyo Agrio y la Rivera del Villar, desembocando en el océano Atlántico a la altura de Huelva capital, donde forma una marisma muy extensa.

1.1.3 Hidrogeología

La hidrogeología de la cuenca de los ríos Tinto y Odiel, entre los que se ubica el PRT, está supeditada a su configuración geológica, en base a la cual presenta dos dominios netamente diferenciados.

- Sector Norte: Sierra Morena.

Este sector, en el que se localiza el yacimiento minero explotado por el PRT, constituye la cabecera de la cuenca, en la que predominan materiales mayoritariamente pizarrosos y volcano-sedimentarios, caracterizados por su baja o nula permeabilidad.

Este sector es muy pobre en recursos hidrogeológicos. Los bajos valores pluviométricos, la escasa permeabilidad de los materiales y los posibles niveles acuíferos con poca potencia y extensión, son causa de que no existan pozos con rendimientos importantes y sí muchos dispersos y de caudal escaso e inconstante.

- Sector Sur. Depresión Terciaria.

Hacia el Sur, lejos del área de explotación del PRT, la cuenca se desarrolla sobre materiales detríticos del Mioceno Superior (Tortonense-Messiniense) que constituyen el relleno de la cuenca miocena, progresivamente más recientes y permeables.

Centrando el estudio en la zona de actuación, cabe destacar que el conjunto de formaciones geológicas descritas presentan un comportamiento hidrogeológico calificable

como acuífugo, pero la presencia de discontinuidades estructurales (diaclasas, fracturas, etc.) y las zonas de alteración hidrotermal, conceden a estas rocas una cierta capacidad para almacenar y transmitir el agua subterránea, de manera que se comportan como formaciones geológicas de baja a muy baja permeabilidad secundaria.

Por tanto, el flujo subterráneo queda condicionado por las estructuras geológicas descritas, que permiten la circulación de aguas subterráneas, por lo que puede calificarse como de un medio hidrogeológico discreto y con una manifiesta anisotropía de flujo, ya que éste se orienta de forma preferencial de acuerdo con los sistemas de discontinuidades.

Usualmente son las estructuras de tipo distensivo las que constituyen las vías preferenciales para el flujo subterráneos en este tipo de formaciones geológicas descritas en el entorno minero de la corta Cerro Colorado.

De acuerdo con la información geológica disponible, las direcciones de flujo preferenciales deben corresponder a las fracturas y diaclasas.

1.1.4 Edafología

La actividad minera desarrollada en el área que cubre el PRT, ha dado lugar a una transformación profunda de la superficie primitiva, de tal forma que la zona de estudio carece prácticamente de suelo desde la óptica edafológica.

De acuerdo con el Mapa de suelos de Andalucía (Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Escala 1:400.000. Año 2005), las unidades edáficas localizadas en la zona de estudio son:

- 5. Regosoles eútricos, Litosoles y cambisoles eútricos con Rankers, sobre materiales metamórficos. Suelos minerales sobre materiales no consolidados (excepto los flúvicos) de textura media, bien drenados, de perfil no diferenciado. Constituyen un grupo de suelos cuyas principales características lo son por exclusión.
- 32. Cambisoles éutricos, Regosoles éutricos y Luvisoles crómicos con Litosoles. Suelos limitados en profundidad por una roca continua, coherente y dura en una distancia de 10 cm a partir de la superficie.
- 33. Cambisoles éutricos, Rankers y Luvisoles órticos con Luvisoles crómicos. Suelos que tienen un horizonte B subsuperficial con evidencia de alteración (horizonte cámbico) respecto a los horizontes situados por debajo.

1.1.5 Climatología

La zona de estudio se localiza en la Sierra Morena Occidental, en la subregión fitoclimática mediterráneo subhúmedo atlántico. Se engloba en el tipo climático Continental Mediterráneo de inviernos fríos.

Este se caracteriza por ser un clima extremo con veranos calurosos (en torno a 24–5°C) e inviernos fríos cuyas temperaturas medias suelen situarse entre los 10 - 11 °C.

Las precipitaciones son del orden de los 750 mm, donde las precipitaciones primaverales ocupan un papel muy destacado y la sequía estival no es absoluta, registrándose algunas lluvias incluso en los meses de julio y agosto.

A continuación se adjunta una tabla donde se muestran las precipitaciones mensuales y las temperaturas medias, registradas en la estación termopluviométrica propia, durante el periodo de 1917 - 2009.

Tabla 1.1: Precipitaciones y temperaturas medias (Periodo 1917 a 2009).

MES	P	Tm
Enero	102,72	10,16
Febrero	86,131	11,29
Marzo	89,19	13,36
Abril	70,63	15,30
Mayo	49,24	18,79
Junio	21,75	23,19
Julio	2,781	26,76
Agosto	4,68	26,82
Septiembre	35,27	23,45
Octubre	90,40	18,67
Noviembre	103,68	13,83
Diciembre	114,23	10,84

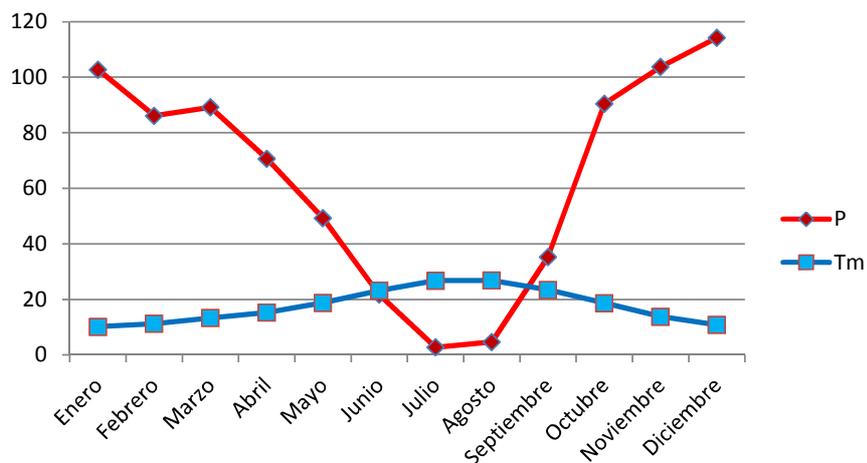


Figura 1.1: Precipitaciones mensuales (mm) y temperaturas medias (°C) (Periodo 1917 a 2009).

1.1.6 Flora y vegetación

La descripción de la vegetación se realiza conforme a dos criterios: la vegetación potencial y la vegetación real existente.

La vegetación potencial de la zona viene definida por las características bioclimáticas del entorno. En el caso del PRT corresponde con la serie: PbQr.t. *Pyro bourgaeanae-Querceto rotundifoliae* SS. *Facción termófila silícicola marianico-monchiquense*.

Esta facción aparece sobre suelos procedentes de rocas silíceas: pizarras, granodioritas y sedimentos polícenos, dentro del horizonte inferior del termotipo mesomediterráneo.

La etapa madura es un encinar (*Pyro bourgaeanae-Quercetum rotundifoliae myrtetosum communis*), seguida por las siguientes etapas de sustitución típicas:

- Coscojal Asparago albi-Rhamnetum oleoidis quercetosum cocciferae.
- Jarales termófilos Genisto hirsutae-Cistetum ladaniferi cistetosum monspeliensis.
- Comunidades permanentes de roquedos Genistetum polyanthi.
- Herbazales y pastizales de desigual importancia.

Por otro lado, debido a la elevada transformación sufrida en la zona, la vegetación natural es prácticamente inexistente. La escasa vegetación localizada en el ámbito de actuación del presente estudio se compone casi exclusivamente de especies introducidas, por colonización espontánea de zonas en desuso o bien por ser utilizadas en labores de restauración de escombreras y del depósito de estériles mineros.

Existe en el ámbito de la actuación propuesta una importante población de la especie de flora protegida *Erica andevalensis*, (incluida en el Listado Andaluz de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (Anexo X del Decreto 23/2012, de 14 de febrero, por el que se regula la conservación y el uso sostenible de la flora y la fauna silvestres y sus hábitats).

La *Erica andevalensis*, se encuentra asociada a zonas de actividad minera de la comarca del Andévalo (provincia de Huelva), siendo una especie endémica de la Faja Pirítica Ibérica. Se considera una especie protegida, por su escasez y su asociación con medios extremófilos (áreas fuertemente acidificadas, con altos contenidos de metales pesados y baja disponibilidad de nutrientes), lo que implica una baja actividad biológica y capacidad competitiva con otras especies.

En el área afectada por el Proyecto de explotación Riotinto, la mayoría de los individuos se ubican en zonas húmedas (zonas bajas de taludes, corrientes erosivas de ladera, cunetas de caminos y tuberías en desuso), terrenos sobre gossan y con escaso sustrato.



Figura 1.2: *Erica andevalensis* afectada por el PRT.

1.1.7 Fauna

A nivel general, podemos indicar que las particulares características de la zona, unido a la conservación de importantes extensiones de bosques, particularmente dehesas, ha posibilitado la llegada a nuestros días de una amplia variedad de especies, algunas en peligro de extinción, caracterizada por representantes típicos del bosque mediterráneo.

El entorno del Andévalo y Sierra onubense, alberga importantes poblaciones animales correspondientes a ecosistemas mediterráneos. Sin embargo, las actividades históricas sucedidas, como las talas, quemadas, repoblaciones etc., han traído consigo una notable merma de los efectivos de algunas especies y la desaparición de otras.

Centrándonos en la zona del PRT, la vegetación es meramente residual, y por lo tanto contiene muy pocos hábitats válidos para la fauna.

La presencia de aves, queda reducida a la utilización del área como zona de paso y las comunidades de mamíferos se han visto aún más afectadas.

Sin embargo, la desaparición de unos nichos ecológicos ha traído consigo la aparición de otros, las infraestructuras creadas para la explotación minera son el lugar de campeo y de nidificación de un grupo de mamíferos los quirópteros, protegidos en su mayoría por la normativa sectorial en materia de conservación de la biodiversidad.

Todos los quirópteros encontrados en la zona están incluidos en el listado Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (Anexo del Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero), y en el Listado Andaluz de Especies Silvestres en Régimen de Protección (Anexo X del Decreto 23/2012, de 14 de febrero, por el que se regula la conservación y el uso sostenible de la flora y la fauna silvestres y sus hábitats). Las especies observadas han sido:

- *Plecotus austriacus*
- *Tadarida teniotis*
- *Myotis daubentonii*
- *Rhinolophus hipposideros*
- *Rhinolophus ferrumequinum*
- *Myotis myotis*
- *Myotis blythii*
- *Pipistrellus pygmaeus*
- *Pipistrellus kuhulii*
- *Rhinolophus euryale*

- *Rhinolophus mehelyi*
- *Eptesicus isabellinus*
- *Rhinolophus hipposideros*

De las especies observadas, las especies están incluidas como Vulnerables en el Catálogo Español de Especies Amenazadas (Anexo del Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero):

- *Rhinolophus ferrumequinum*
- *Myotis myotis*
- *Myotis blythii*
- *Rhinolophus euryale*
- *Rhinolophus mehelyi*
- *Rhinolophus ferrumequinum*

Tras todos los inventarios realizados en el área del PRT, sólo se constata la existencia de una colonia reproductora de al menos 109 individuos de *Plecotus austriacus* en la galería subterránea TNPRT06 de la mina de Río Tinto y se comprueba que en las otras galerías hay escasa o nula presencia de murciélagos.

Al objeto de proteger la riqueza faunística de la zona se adecuarán refugios para quirópteros mediante la instalación de cierres permeables que protejan las zonas más interesantes para su conservación, esto es en las galerías TNPRT06, así como en las galerías TNPRT14 y TNPRT04.

Se instalarán también dos refugios artificiales para quirópteros de 200 metros lineales, con cámara central en lugares en los que estos animales puedan disponer de recursos de alimento y agua, y que no vayan a ser afectados por la ejecución del PRT

En los túneles que se prevean pudieran ser visitados por los quirópteros y que van a ser objeto de uso para la explotación se dispondrán cierres permeables en una sola dirección.

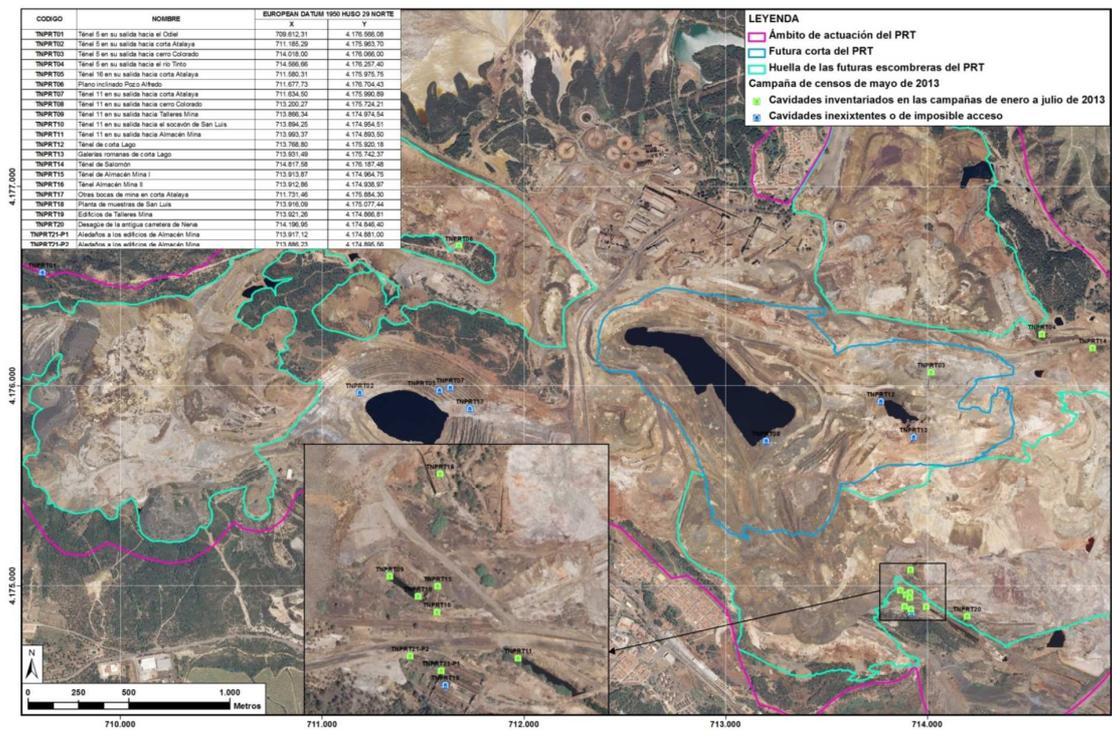


Figura 1.3: Túneles mineros localizados en el ámbito del PRT.

Existe constancia de la presencia de dos especies de aves en las inmediaciones del ámbito de la actuación:

Collalba negra (*Oenanthe leucura*). Se ha observado la presencia de esta especie en una zona al este de la actuación (Figura 1.4).

Cigüeña negra (*Ciconia nigra*). Existe constancia de la existencia de nidos de esta especie en una zona al noroeste de la actuación, en la denominada zona de Poderosa (Figura 1.5).



Figura 1.4: Posible presencia de Collalba negra (*Oenanthe leucura*) en el entorno del PRT.

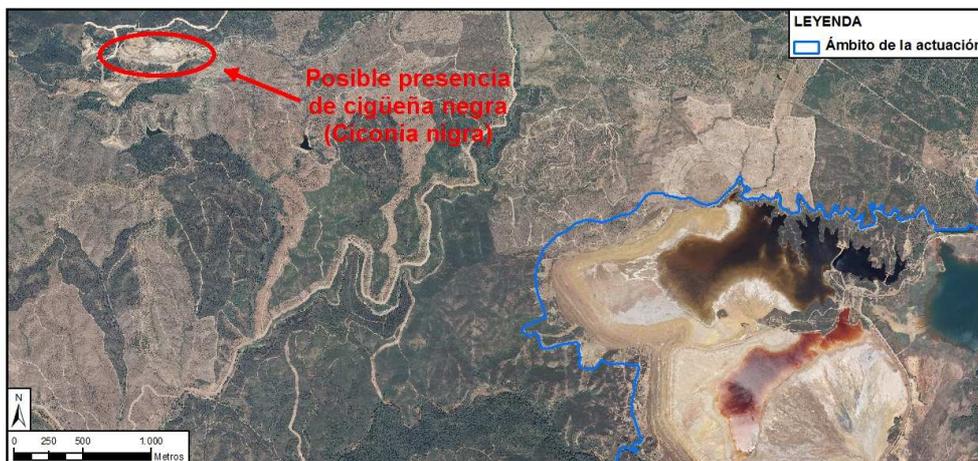


Figura 1.5: Posible presencia de Cigüeña negra (*Ciconia nigra*) en el entorno del PRT.

1.1.8 Paisaje

En la zona de explotación del PRT el paisaje se encuentra caracterizado por la intensa influencia de la actividad minera preexistente, configurando lo que se conoce como paisaje minero.

Dentro de la zona de estudio destacan por su importancia tres tipos de unidades paisajísticas:

- El paisaje del Sitio Histórico “Zona minera de Riotinto-Nerva”.
- El Paisaje Protegido de Río Tinto.
- Matorral mediterráneo y pinares.

Como descripción de la “Zona minera de Riotinto-Nerva” se transcribe la incluida en el Decreto 504/2012, de 16 de octubre, por el que se inscribe en el Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz como Bien de Interés Cultural, con la tipología de Zona Patrimonial, la Cuenca Minera de Riotinto-Nerva, en los términos municipales de Minas de Riotinto, Nerva y El Campillo (Huelva):

“La cuenca minera de Riotinto-Nerva conforma un territorio marcado por un conjunto patrimonial diverso y complementario integrado por bienes diacrónicos y sincrónicos representativos de la evolución humana en uno de los enclaves mineros más relevantes y representativos a nivel mundial. Este marco cultural y paisajístico ofrece actualmente un valor de uso y disfrute para la colectividad y está integrado por los distintos bienes materiales e inmateriales, localizados en el ámbito de las minas de Riotinto, que son testimonio y reflejo de las diversas culturas y sociedades mineras que han ocupado este territorio. Junto a la impronta cultural se integra un paisaje excepcional moldeado por una decidida y prolongada acción antrópica en torno a la explotación del subsuelo que ha derivado en un paisaje cultural único y que actualmente se circunscribe, principalmente, a los términos municipales onubenses de Minas de Riotinto y Nerva.

El medio natural transformado adquiere una dimensión cultural que se sustancia en alteraciones paisajísticas que en su geometría actual responden a la continuación de la explotación minera como poso y huella de las sucesivas transformaciones derivadas de los procesos productivos mineros superpuestos en un registro diacrónico, que imprimen unas señas de identidad común, otorgándole a través de la protección de la Zona Patrimonial el reconocimiento intrínseco y externo al propio colectivo minero.”

En cuanto al Paisaje Protegido de Río Tinto, en la misma línea de la anterior descripción, se transcribe la descripción del Decreto 558/2004, de 14 de diciembre, por el que se declara el Paisaje Protegido de Río Tinto:

“La zona que en el presente Decreto se declara paisaje protegido corresponde a un paisaje peculiar debido a la gestión del territorio en el que han alternado actividades agrícolas y mineras. Resulta de gran interés por las características que ofrece el Río Tinto, ligadas a la industria extractiva, un pH muy ácido y un alto contenido en sales ferruginosas que permite la vida de especies que sobreviven a estos parámetros extremos, y por la presencia de hábitats y especies de aves singulares. Hay que destacar también la importancia del Río Tinto para la existencia de especies acuáticas aisladas como consecuencia de la naturaleza fisicoquímica de las aguas.”

1.1.9 Usos del suelo

Los datos de los distintos tipos de uso del suelo, que completan la siguiente tabla, han sido extraídos de los registros del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, correspondientes al año 2010.

Tabla 1.2: Distintos tipos de uso del suelo en los municipios del entorno del PRT.

USOS DEL SUELO SUPERFICIE (ha) Y PORCENTAJE DE OCUPACIÓN						
Usos	Provincia	El Campillo	Campofrío	Minas de Riotinto	Nerva	Zalamea la Real
<i>Herbáceos</i>	153.827,4 15,19%	108,8 1,20%	50,8 1,08%	19 0,79%	31,3 0,57%	432,1 1,81%
Leñosos	75.212,5 7,42%	405,7 4,48%	9,2 0,19%	50,4 2,10%	395,7 7,15%	766,1 3,20%
Pastos	318.822,6 31,47%	3.002,1 33,14%	2.842,2 60,28%	300,7 12,54%	1.947,3 35,20%	11.251,6 47,03%
Especies forestales	373.654,7 36,89%	4.480,6 49,46%	1.448,8 30,73%	405,4 16,91%	2.148,3 38,84	10.394,5 43,44%
Otros espacios	91.462,3 9,03%	1.061,7 11,72%	363,7 7,71	1.622,2 67,66%	1.008,7 18,24%	1.081,7 4,52%
Superficies especiales	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%

1.2 Descripción del medio socio económico de la zona

1.2.1 Demografía

Los núcleos de población más próximos al proyecto y que son los susceptibles de verse afectados por el reinicio de la actividad minera son El Campillo, Campofrío, Minas de Riotinto, Nerva y Zalamea la Real.

A continuación se muestran los datos de evolución en la estructura demográfica entre los años 1996 y 2009, así como los datos globales registrados en toda la provincia de Huelva.

Téngase en cuenta que la actividad minera de la explotación entra en crisis a mediados de los años 90, produciéndose el cese de la actividad en las Minas de Riotinto en el año 2002.

Los datos del número de habitantes, que completan la siguiente tabla, han sido extraídos de los registros del Instituto Nacional de Estadística (INE), cuya actualización corresponde al año 2010 (Nota: Los datos correspondientes al año 1997 no han sido incluidos en la presente tabla por no contar con registros de ellos).

Tabla 1.3: Evolución del número de habitantes de los municipios del entorno del PRT.

EVOLUCIÓN DEMOGRÁFICA (NÚMERO DE HABITANTES)						
Año	Provincia	El Campillo	Campofrío	Minas de Riotinto	Nerva	Zalamea la Real
1996	454.735	2.452	871	5.212	6.594	3.545
1998	453.958	2.446	866	5.056	6.544	3.489
1999	457.507	2.424	861	5.027	6.475	3.497
2000	458.998	2.430	844	4.888	6.413	3.455
2001	461.730	2.402	832	4.825	6.291	3.547
2002	464.934	2.398	834	4.724	6.196	3.548
2003	472.446	2.335	845	4.567	6.101	3.534
2004	476.707	2.293	832	4.509	6.051	3.523
2005	483.792	2.318	810	4.478	5.936	3.547
2006	492.174	2.276	772	4.401	5.947	3.516
2007	497.671	2.237	799	4.281	5.991	3.477
2008	507.915	2.258	818	4.263	5.994	3.461
2009	513.403	2.220	808	4.221	6.000	3.414
2010	518.081	2.194	773	4.209	5.945	3.407

El análisis de los datos expuestos arroja las siguientes conclusiones:

- Se observan fuertes descensos demográficos en todas las poblaciones, muy superiores a los registrados en el conjunto de la provincia de Huelva. La población de Minas de Riotinto ha registrado el mayor descenso demográfico de todas las poblaciones de la provincia de Huelva en la última década.
- La desaparición de la principal actividad económica de la zona ha provocado la emigración de gran parte de las personas en edad de trabajar de los municipios de la Cuenca Minera estudiados.

1.2.2 Empleo

Los datos del número de trabajadores y de las empresas por sector de actividad, que completan las tablas siguientes, han sido extraídos de los registros del Ministerio de Trabajo e Inmigración.

Tabla 1.4: Trabajadores por sector de actividad (Datos de diciembre de 2010).

Sector	Provincia	El Campillo	Campofrío	Minas de Riotinto	Nerva	Zalamea la Real
Agricultura	2.659 2,1%	161 30,4%	76 40,2%	338 21,5%	281 26%	149 26,5%
Industria	14.093 10,9%	85 16,1%	11 5,8%	437 27,7%	85 7,9%	51 9,1%
Construcción	11.667 9%	44 8,3%	12 6,3%	180 11,4%	85 7,9%	79 14,1%
Servicios	101.489 78,1%	239 45,2%	90 47,6%	620 39,4%	628 58,2%	283 50,4%
Total	129.908 100%	529 100%	189 100%	1.575 100%	1.079 100%	562 100%

Tabla 1.5: Empresas por sector de actividad (Datos de diciembre de 2009).

Sector	Provincia	El Campillo	Campofrío	Minas de Riotinto	Nerva	Zalamea la Real
Agricultura	73 0,6%	3 8,3%	4 20%	3 3,1%	3 2,3%	16 23,5%
Industria	1.076 9,3%	3 8,3%	3 15%	16 16,5%	11 8,3%	9 13,2%
Construcción	1.532 13,2%	5 13,9%	3 15%	12 12,4%	19 14,4%	8 11,8%
Servicios	8937 76,9%	25 69,4%	10 50%	66 68%	99 75%	35 51,5%
Total	11.618 100%	36 100%	20 100%	97 100%	132 100%	68 100%

Tabla 1.6: Demandantes de empleo por tipo en municipios (Observatorio ARGOS, Diciembre de 2009).

Municipios	Parados		Otros		Otros DENOS ^I		TEAS ^{II}		Total	
Campillo (El)	266	66,50%	111	27,75%	21	5,25%	2	0,50%	400	100,00%
Minas de Riotinto	372	60,10%	205	33,12%	41	6,62%	1	0,16%	619	100,00%
Nerva	670	64,49%	312	30,03%	53	5,10%	4	0,38%	1.039	100,00%

^I DENOS: Personas Demandantes no ocupadas.

^{II} TEAS: Trabajadores eventuales agrarios subsidiados.

Tabla 1.7: Demandantes de empleo por tipo en Área Territorial de Empleo (Observatorio ARGOS, Diciembre de 2009).

Tipo	Centro-Huelva		Huelva		Andalucía	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Parados	5.165	53,39%	49.940	55,91%	851.493	65,03%
Otros	3.067	31,70%	24.832	27,80%	274.420	20,96%
Otros DENOS^I	494	5,11%	3.741	4,19%	64.079	4,89%
TEAS^{II}	949	9,81%	10815	12,11%	119.404	9,12%
Total demandantes	9.675	100,00%	89,328	100,00%	1.309.396	100,00%

^I DENOS: Personas Demandantes no ocupadas.

^{II} TEAS: Trabajadores eventuales agrarios subsidiados.

Como se observa, nos encontramos con unas elevadísimas tasas de desempleo en la zona. Se cuenta con un desempleo estructural muy importante, en el que predomina el paro de larga duración de mayores de 45 años, personas que en muchas ocasiones han trabajado en el pasado en la minería. A esto hemos de unir la muy escasa diversificación del tejido productivo de la cuenca minera.

1.2.3 Infraestructuras

En este apartado va a ponerse de manifiesto al conjunto de infraestructuras existentes en el entorno y que prestan servicio tanto a la población como a la explotación. El estudio va a centrarse en carreteras, instalaciones eléctricas y comunicaciones.

- **Carreteras.**

Dentro de la red de carreteras existentes destacan las siguientes:

- N-435: Principal carretera del entorno. Sale desde San Juan del Puerto, cruzando la provincia de Sur a Norte y conectándola con Extremadura. Se localiza a más de 10 Km al este de la parcela.
- A-461: Constituye uno de los principales accesos a la Sierra de Aracena desde el norte, conectando las poblaciones de Santa Olalla del Cala y Zalamea la Real pasando por La Granada de Riotinto antes de enlazar con la A-479 en Campofrío. A partir de aquí toma dirección sur cruzando La Dehesa y gira hacia el oeste en un cruce con la A-476 en Minas de Riotinto. Tras pasar por El Campillo, la A-461 termina en la N-435, en el término municipal de Zalamea la Real.
- A-479: Carretera que enlaza los municipios de Aracena y Campofrío.
- A-476: Carretera comarcal englobada también en el área objeto de estudio, desde El Castillo de las Guardas, bordeando Nerva hasta finalizar en Minas de Riotinto.

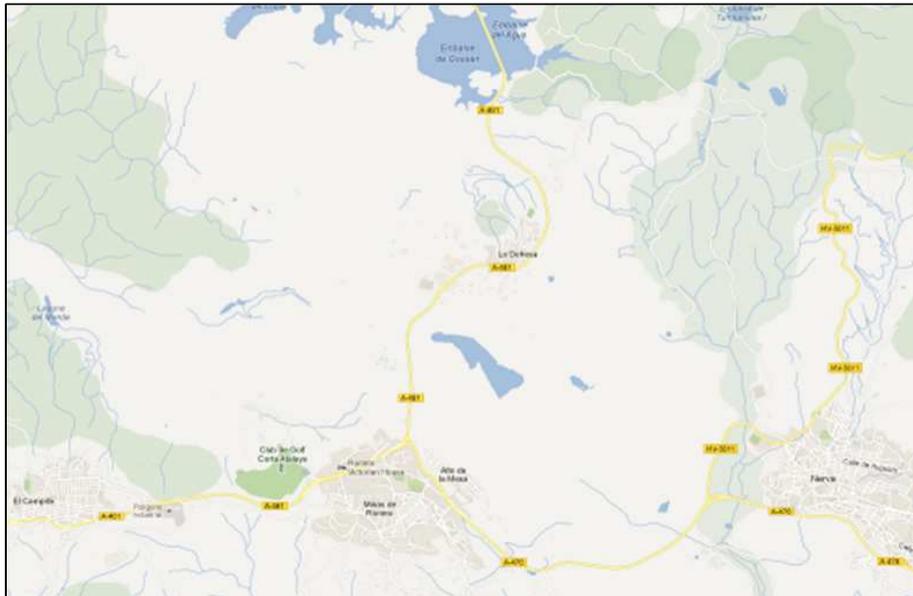


Figura 1.6: Red de carreteras en el entorno del PRT.

- **Suministro eléctrico.**

La electricidad necesaria será suministrada por Sevillana-Endesa, a través de la red de servicio público industrial hasta llegar a la subestación de La Dehesa, de donde nace una línea que conecta a la subestación principal de transformación de EMED-T. Una red interna distribuye el servicio eléctrico a las diferentes subestaciones, cuyos transformadores generan la tensión demandada en su área de influencia.

- **Comunicaciones.**

Las instalaciones industriales principales y oficinas estarán conectadas entre sí por una red de fibra óptica.

- **Red de vías pecuarias**

De acuerdo con el Inventario de vías pecuarias de Andalucía de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del mes de enero 2011, existirían las siguientes vías pecuarias localizadas en la zona de estudio:

Tabla 1.8: Vías pecuarias en el ámbito del PRT.

CÓDIGO	NOMBRE	CLASIFICACIÓN	LONGITUD (m)	MUNICIPIO
21018002	Vereda de las Ventas de Campofrío	Vereda	3.777	El Campillo
21018006	Vereda del Camino de Puerto Moral	Vereda	2.161	El Campillo
21049001	Vereda del Camino de los Lecheros o de Campofrío a Zalamea	Vereda	7.993	Minas de Riotinto

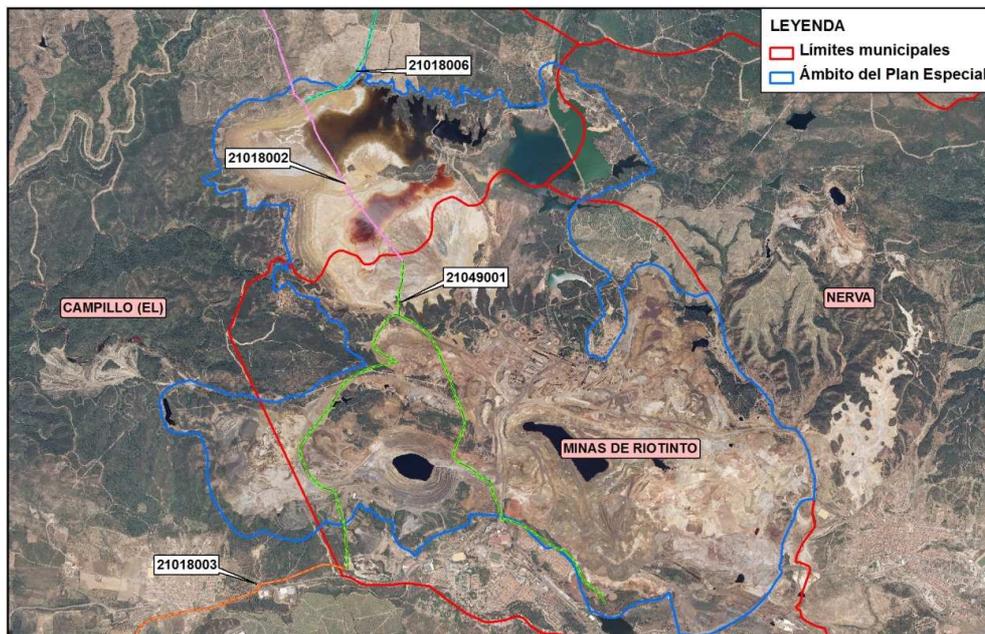


Figura 1.7: Vías pecuarias.

Pese a lo anterior, por Sentencias del Tribunal Superior de Justicia de Andalucía de 5 de diciembre de 2007 y de 5 de marzo de 2009 se anuló la clasificación de todas las vías pecuarias de los términos municipales de Minas de Riotinto y Campillo.

1.2.4 Espacios de interés histórico

Mediante el Decreto 504/2012, de 16 de octubre (BOJA 208/2012, de 23 de octubre), se inscribe en el Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz como Bien de Interés Cultural (BIC), con la tipología de Zona Patrimonial, la Cuenca Minera de Riotinto-Nerva.

Como descripción del paisaje se transcribe la incluida el preámbulo del Decreto 504/2012:

“El medio natural transformado adquiere una dimensión cultural que se sustancia en alteraciones paisajísticas que en su geometría actual responden a la continuación de la explotación minera como poso y huella de las sucesivas transformaciones derivadas de los procesos productivos mineros superpuestos en un registro diacrónico, que imprimen unas señas de identidad común, otorgándole a través de la protección de la Zona Patrimonial el reconocimiento intrínseco y externo al propio colectivo minero.”

El PRT se desarrolla dentro del ámbito de este BIC , de manera que todos los elementos que se encuentran dentro del ámbito de la actuación se encuentran protegidos jurídicamente, independientemente que algunos de ellos aparezcan con delimitación singularizada o no, por lo que cada actuación sobre ellos deberá ser informada previamente por la Consejería de Cultura que especificará aquellas cautelas, prescripciones y determinaciones convenientes para la correcta tutela de los Bienes Protegidos, por lo que no se podrán realizar, bajo ningún concepto, ningún tipo de actuación en ninguno de los elementos, ya sea mueble o inmueble, sin autorización expresa de la Consejería de Cultura.

A continuación se especifica el marco legal en relación con la legislación sectorial de aplicación en materia de Patrimonio Histórico.

Tabla 1.9: Marco legal en materia de Patrimonio Histórico.

NORMATIVA	COMENTARIOS
Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español.	Establece el marco jurídico para la protección, acrecentamiento y transmisión a las generaciones futuras del Patrimonio Histórico Español.
Real Decreto 111/1986, de 10 de enero, de desarrollo parcial de la Ley 16/1985.	Esta norma completa y precisa la Ley 16/1985, de 25 de junio.
Ley 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía.	Establece el régimen jurídico del Patrimonio Histórico de Andalucía con el fin de garantizar su tutela, protección, conservación, salvaguarda y difusión, promover su enriquecimiento y uso como bien social y factor de desarrollo sostenible y asegurar su transmisión a las generaciones futuras. (Artículo 1)
Decreto 19/1995, de 7 de febrero.	Aprueba el Reglamento de Protección y Fomento del Patrimonio Histórico de Andalucía.
Decreto 4/1993, de 26 de enero.	Aprueba el Reglamento de Organización Administrativa del Patrimonio Histórico de Andalucía.

NORMATIVA	COMENTARIOS
Decreto 168/2003, de 17 de junio.	Aprueba el Reglamento de Actividades Arqueológicas para la regulación de estas actividades en la Comunidad Autónoma de Andalucía.
Resolución de 15 de julio de 2008, de la Dirección General de Bienes Culturales.	Se delegan en las personas titulares de las Delegaciones Provinciales de la Consejería determinadas competencias en materia de Patrimonio Histórico.
Resolución de 4 de julio de 2006, de la Dirección General de Bienes Culturales.	Se delegan, en los titulares de las Delegaciones Provinciales de la Consejería de Cultura, determinadas competencias para la tramitación y autorización de las solicitudes de actividades arqueológicas no incluidas en un proyecto general de investigación.
Decreto 504/2012, de 16 de octubre.	Se inscribe en el Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz como Bien de Interés Cultural, con la tipología de Zona Patrimonial, la Cuenca Minera de Riotinto-Nerva.

Los bienes patrimoniales existentes en el ámbito territorial de la actuación proyectada, se reflejan en la siguiente tabla.

Tabla 1.10: Bienes patrimoniales en el ámbito territorial del PRT.

	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	OBSERVACIONES
01	Almacén mina nº1	007	
02	Asentamiento romano de Bella Vista		Yacimiento arqueológico
03	Cementación Planes	184	
04	Cementerio Minas de Río Tinto	082	
05	Cerro Colorado	102	
06	Clasificadora y tolva Estación de Enmedio	202	
07	Corta Atalaya	103	
08	Corta del Lago o Poblado Corta del Lago	316	Yacimiento arqueológico
09	Cuarto de capataces Estación de Enmedio	204	
10	Escorial de Bella Vista		Yacimiento arqueológico
11	Estación de Enmedio	173	
12	Fábrica de ácido	192	
13	Fundición Corral Cerda	024	
14	Fundición Mina	181	
15	Galería romana de Corta Dehesa		Yacimiento arqueológico
16	Galerías romanas de Corta Salomón		Yacimiento arqueológico
17	La Atalaya	172	
18	Malacate de pozo Alfredo	046	
19	Malacate pozo acceso	069	
20	Necrópolis de Bellavista	319	Yacimiento arqueológico
21	Necrópolis de la Dehesa		Yacimiento arqueológico
22	Necrópolis Huerta de la Cana		Yacimiento arqueológico
23	Necrópolis Oficinas Filón Norte		Yacimiento arqueológico
24	Oficinas de cementación Cerda	180	

	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	OBSERVACIONES
25	Planes	320	Yacimiento arqueológico
26	Planta clasificadora	113	
27	Planta de descarrillado de Cementación Planes	312	
28	Planta piloto masa San Antonio	079	
29	Planta trituradora de Mineral de Hierro	182	
30	Poblado de Tres Cruces	318	Yacimiento arqueológico
31	Puente almacén mina	199	
32	Puente carretera	114	
33	Puente ferroviario Estación de Enmedio	198	
34	Puente ferroviario junto a central eléctrica	203	
35	Represa de cobre	159	
36	Represa de gossan	160	
37	Semáforo eléctrico Puente Talleres Mina	306	
38	Semáforos fc expoliado	020	
39	Socavón San Luis	170	
40	Subestación eléctrica Bella Vista	193	
41	Subestación eléctrica Túnel 11	032	
42	Teleras	101	
43	Túnel 11	006	
44	Túnel San Luis	171	
45	Unidad industrial	327	
46	Vacías de estériles		
47	Yacimiento Romano Alto de la Mesa		Yacimiento arqueológico

La aparición de hallazgos casuales de elementos que posean los valores propios del Patrimonio Histórico Andaluz será notificada inmediatamente a la Consejería competente en materia de Patrimonio Histórico, según lo establecido en los artículos 81.1 del Reglamento de Protección y Fomento del Patrimonio Histórico de Andalucía y el artículo 50 de la Ley del Patrimonio Histórico de Andalucía.

En cuanto a las determinaciones necesarias para el fomento del conocimiento y difusión de la Zona Patrimonial deberá asegurarse el cumplimiento del artículo 14.3 de la Ley 14/2007, según el cual las personas propietarias, titulares de derechos o simples poseedoras de bienes afectos a la Zona Patrimonial están obligados a permitir y facilitar su visita pública gratuita, al menos cuatro días al mes, en días y horas previamente señalados, debiendo constar esta información de manera accesible y pública a los ciudadanos en lugar adecuado del Bien, sin perjuicio de que el cumplimiento de esta obligación pueda ser dispensado total o parcialmente por la Consejería competente en materia de Patrimonio Histórico cuando medie causa justificada. No obstante, de dicha obligación quedan excluidas las dependencias y otros ámbitos de actividades privadas ajenos a los valores protegidos, así como aquellas zonas afectas a la actividad minera en las que resulte de aplicación la normativa en materia de seguridad minera.

En la siguiente figura se muestran los elementos singularizados que se encuentran dentro del ámbito de actuación.

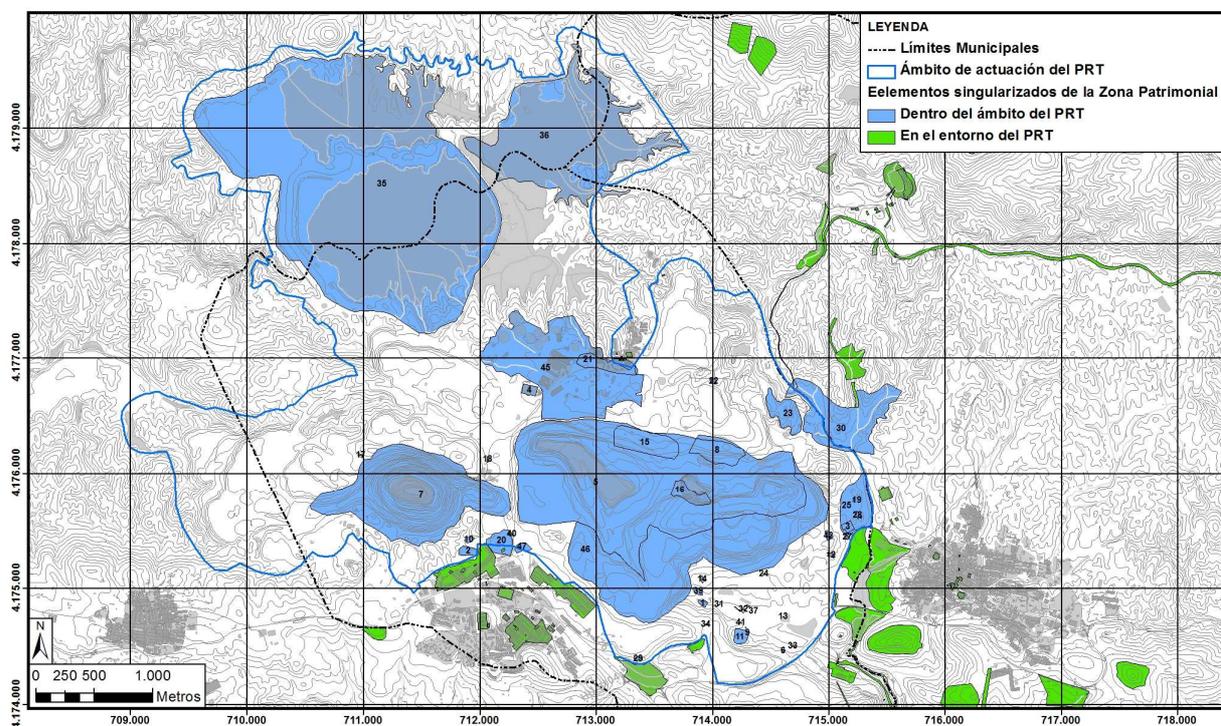


Figura 1.8: Elementos patrimoniales en el ámbito del PRT.

1.3 Descripción general del proyecto minero

1.3.1 Características básicas del proyecto

El proyecto planteado por EMED-T contempla la reapertura de la antigua explotación minera de Riotinto para la obtención de concentrados de cobre. Las principales características del proyecto se exponen a continuación:

- Superficie total de actuación del PRT de 2.070,51 ha
- 14 años de vida productiva.
- Reservas de 123,22 Mt con una ley media de 0,49% Cu.
- 2,6 Mt de concentrado de cobre con una ley media entre 21 y 23% Cu, es decir (585 Kt de Cu contenido)
- Ratio de explotación de 1,07.
- Generación de 2 nuevas escombreras de estéril de mina para albergar un total de 122 Mt a lo largo de la vida del proyecto.
- Adaptación y mejora de la planta de tratamiento existente para su reutilización y nueva puesta en marcha. El ritmo de producción previsto es de 5,0 Mt/año en una primera fase, para en un plazo de 18 meses desde la puesta en marcha, renovar los equipos necesarios y aumentar así la producción a un ritmo final de 9,0 Mt/año.
- Restauración progresiva de las nuevas estructuras creadas asociadas al PRT.
- Restauración y adecuación ambiental progresiva de los pasivos existentes en la zona del proyecto.
- Gestión integral del agua que contempla el tratamiento y vertido autorizado por AAU del agua de contacto, y desvío de la zona de proyecto de las aguas de escorrentía de no contacto.

El PRT fue sometido al trámite de AAU, según Ley 7/2007, de gestión GICA, y el 14 de mayo 2014 se publica en el BOJA la Autorización Ambiental Unificada del PRT promovido por EMED-T donde, tras la incorporación de un condicionamiento ambiental por parte de las autoridades competentes, se declara viable a los efectos ambientales.

Durante este procedimiento de autorización ambiental, se introduce una modificación en el sistema de deposición en el depósito de estériles mineros, que limita la capacidad de almacenamiento de residuos a 10 años. Por este motivo, el plan que se presenta considera una vida productiva de 10 años.

De forma genérica, el yacimiento a explotar se encuentra dentro del Complejo Volcano-Sedimentario, formado por rocas volcánicas máficas, félsicas, sedimentos intercalados de pizarrastufitas, y sulfuros masivos acompañados de un stockwork basal.

El PRT plantea la explotación en la parte oriental del yacimiento, donde existen actualmente varias cortas históricas (Lago, Isla, Salomón, Filón Sur y Cerro Colorado). El método de explotación seleccionado es el de cielo abierto, en el que mediante perforación y voladura utilizando palas cargadoras y volquetes, se transporte los materiales extraídos para su gestión, a escombrera si se trata de material estéril, o acopios temporales si se trata de mineral. A continuación, en la figura 1.10 se muestra un diagrama básico de operaciones del PRT:

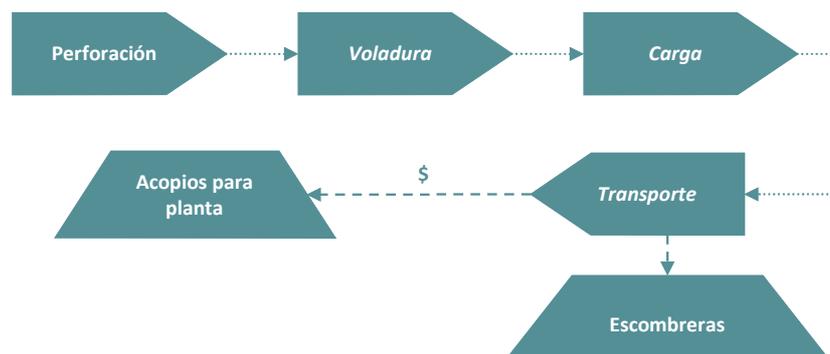


Figura 1.9: Ciclo básico de operaciones de mina del PRT.

Una vez extraído el mineral de la corta, se transporta a los acopios temporales previo a su entrada en la planta de tratamiento donde a través de una serie de procesos mineralúrgicos se obtiene el producto final: concentrados de cobre.

El proceso productivo en planta pasa por las siguientes etapas: Trituración, Molienda, Flotación, Espesado/Filtrado/Secado y almacenado de concentrado, existe una línea específica de espesado/ciclonado de los residuos mineros (estériles de planta) para su correcta deposición en el denominado “depósito de estériles”.

Aunque las instalaciones industriales existentes de la planta de tratamiento no son nuevas, las inspecciones y auditorías realizadas han determinado que se encuentran en buenas condiciones operativas y permitirán alcanzar el ritmo productivo planteado. No obstante, no todas las instalaciones existentes se pondrán en funcionamiento en el nuevo proyecto planteado PRT.

En cuanto a gestión de residuos mineros, el PRT va a generar dos tipos de residuos de esta naturaleza:

- Estéril de mina.
- Estéril de planta.

En cuanto a estéril de mina, el PRT tiene la necesidad de dar cabida a 122 Mt, para ello se aprovecharán las escombreras ya existentes, resultado de la actividad minera

anterior, con objeto de contribuir a la mejora ambiental de entorno a través de una restauración progresiva de las mismas. Al respecto se crearán dos nuevas escombreras denominadas en proyecto Norte y Sur.

En cuanto al estéril de planta, el PRT plantea la operación del depósito existente situado al NW de la corta Cerro Colorado, mediante el recredido de las secciones de Cobre y Aguzadera. El depósito de estériles cumple dos funciones principales dentro del proceso: el almacenamiento de los estériles de planta generados tras el tratamiento del mineral y el reciclado del agua usada en el proceso mineralúrgico.

Para la gestión del agua, el PRT plantea un sistema integral que contempla por un lado el tratamiento de las aguas de contacto, previo a su vertido a través del punto autorizado por el organismo de cuenca e indicado en la AAU del PRT, y por otro el desvío de las aguas de lluvia (consideradas de no contacto) en cada estructura del proyecto evitando nueva contaminación de las aguas. En el proceso de tratamiento se trabajará en circuito cerrado con un régimen de vertido cero.

A continuación, una vez explicado conceptualmente el proyecto promovido por EMED-T, se procede a la descripción básica de los componentes que forman parte del PRT y que serán objeto de restauración posterior.

En el presente apartado no se indican medidas de restauración, ya que las mismas están descritas en la parte II del Plan de Restauración, solamente se indican las características de cada instalación que condicionarán su restauración final.

Para una mejor comprensión del documento se distinguen las siguientes zonas dentro del PRT (ver Figura 1.10):

1. Zona de Explotación Minera:

- Corta Cerro Colorado
- Escombrera Norte
- Escombrera Sur

2. Zona de Proceso:

- Planta de Tratamiento
- Depósito de estériles

3. Infraestructuras Auxiliares:

- Red de pistas y caminos internos
- Suministro eléctrico
- Suministro de agua

4. Pasivos Mineros existentes:

- Corta Atalaya
- Escombreras no operadas por PRT

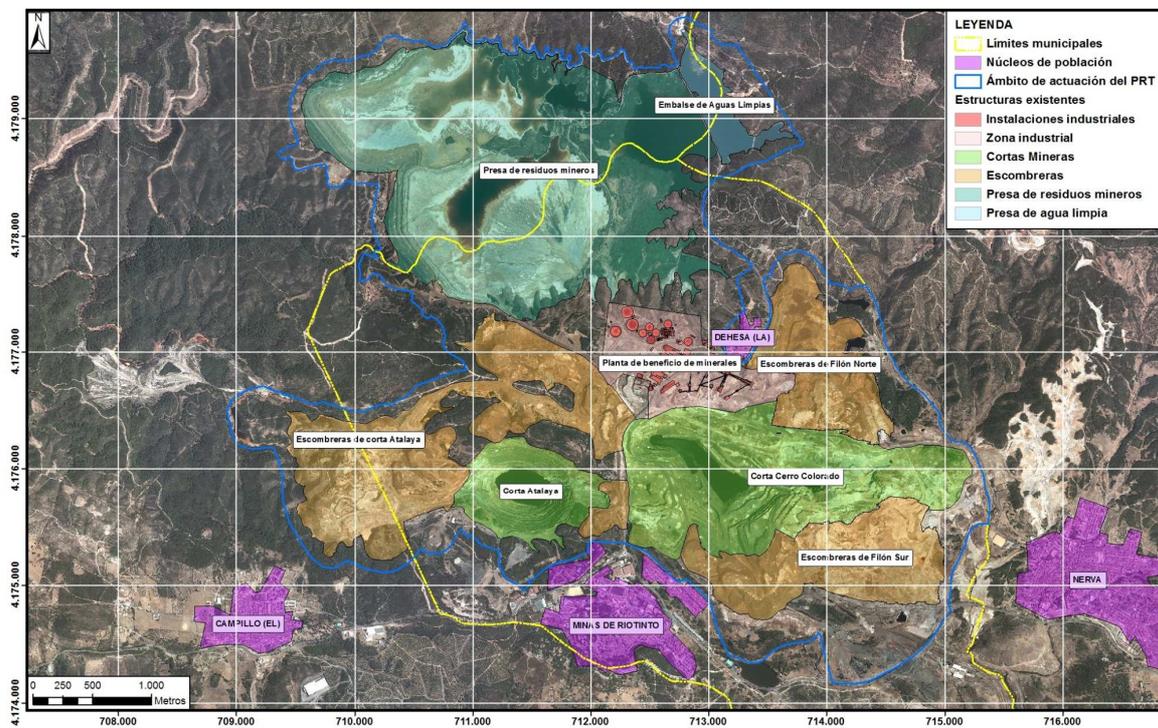


Figura 1.10: Componentes del PRT.

1.3.2 Zona de explotación minera del PRT

1.3.2.1 Corta Cerro Colorado

El área de explotación de mineral del PRT se circunscribe a Cerro Colorado y a su área de influencia. Esta corta minera es existente y es fruto de la actividad minera en el pasado. Según el Proyecto de Explotación, a fin de la vida de útil del yacimiento (año 14), la corta Cerro Colorado tras su ampliación tendrá un perímetro de 7,21 Km, unas dimensiones de ejes E-O de 2.237 m y N-S de 1.198 m y una superficie total de 148,27 Ha (ver Figura 1.11).

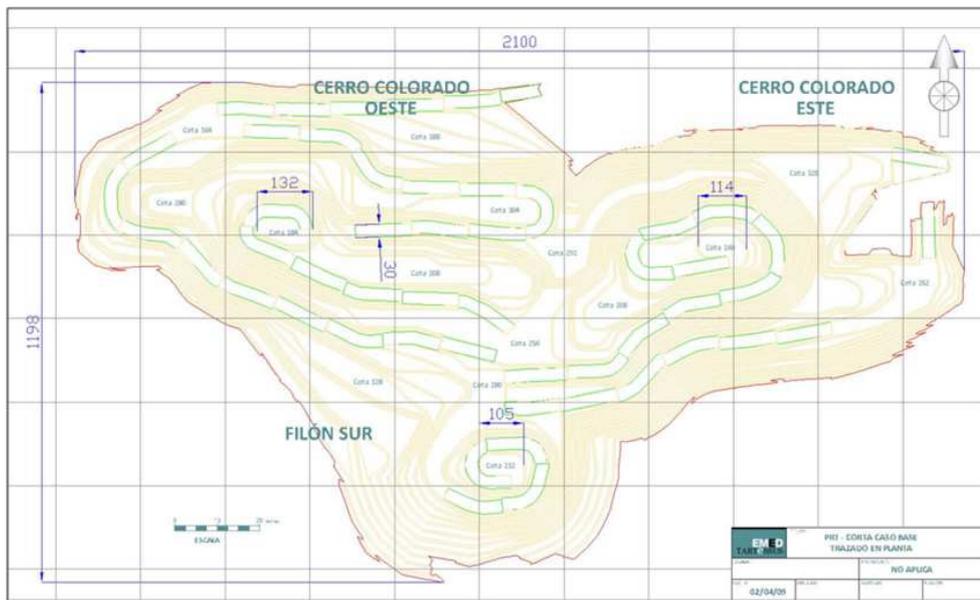


Figura 1.11: Corta del PRT.

Los criterios de diseño de la corta son los siguientes:

- Altura de Bancos: 12 m
- Ángulo Cara de Banco: 70º (rocas volcánicas y pizarras)
38º (rellenos)
45º (roca meteorizada)
- Ancho de Bermas: 5 m
- Ancho de pistas: 30 m
- Pendiente longitudinal: 9%
- Pendiente transversal: 2%
- Plataforma de trabajo: 40 m

Estos parámetros corresponden a un talud entre rampas de 52º, que da como resultado un talud general siempre inferior de 46º. Se utiliza un ángulo final de talud de 38º para las áreas rellenadas con material estéril en la zona FSUR.

La altura de los bancos responde a las necesidades de lograr aceptables niveles de productividad y está vinculada con el tamaño del equipo de excavación para asegurar la adecuada limpieza del frente y la seguridad de la operación de carga.

Previo al inicio de los trabajos de explotación en Cerro Colorado, o en paralelo con los mismos, será necesario realizar una correcta gestión del agua, para ello se contempla:

1. Bombeo del fondo de Corta de Cerro Colorado: el agua almacenada actualmente en Cerro Colorado será bombeada y acondicionada en una planta de tratamiento de aguas previo a su vertido. Tras su vaciado se procederá al sellado de túneles para evitar en un futuro aportes de aguas a cauces públicos. Tras el vaciado de corta cerro Colorado se procederá a vaciar Corta Atalaya (corta existente derivada de las actividades en el pasado) hasta llegar a la cota 232 msnm. Todas las aguas procedentes del bombeo serán previamente tratadas y acondicionadas antes de su vertido controlado a cauce, dando cumplimiento a la AAU del PRT.
2. Desvío de aguas de escorrentía: para impedir que las aguas de lluvia entren en la zona de trabajo en la corta, se crearán una serie de canales perimetrales que desvíen estas aguas evitando así la contaminación de las mismas.

1.3.2.2 Escombreras Norte y Sur

Como se ha mencionado anteriormente, el PRT debe gestionar alrededor de 122 Mt de material estéril procedente de la explotación minera en la corta. Para ello, el PRT aprovechará escombreras existentes resultado de la actividad minera anterior. Se trata de dos estructuras nuevas denominadas: Escombrera Norte y Escombrera Sur. Las superficies finales de ocupación y otros criterios de diseño para ambas escombreras se exponen a continuación:

Tabla 1.11: Superficies finales de ocupación de las escombreras del PRT.

	Ocupación actual (ha)	Ocupación final (ha)	Cota actual (m)	Cota final (m)	Capacidad (Mt)
Escombrera Norte	25,2	52,3	45	465	30,1
Escombrera Sur	45,3	88,5	470 zona este 415 zona oeste	465	82,1

Este diseño ha sido analizado detalladamente y desarrollado durante los últimos años por EMED-T hasta conseguir un equilibrio entre los diversos condicionantes existentes. Se elige un diseño de bancos y bermas, como solución de compromiso habitualmente elegida en casos similares, que logra conciliar los aspectos de estabilidad de la estructura, control de aguas, erosión, integración paisajística y rehabilitación posterior a la clausura. Se plantea una construcción de abajo arriba, que según los estudios disponibles no es la alternativa de menor coste pero reduce la generación de polvo y ruido, minimiza la generación del drenaje ácido al poder disponerse los materiales de manera selectiva, incrementa el control de la gestión de los vertidos y del confinamiento de los materiales más reactivos tanto a techo como a muro, en el interior de las escombreras y posibilita realizar las labores de rehabilitación al mismo tiempo que se desarrolla la construcción de las estructuras, en los bancos inferiores que se van finalizando.

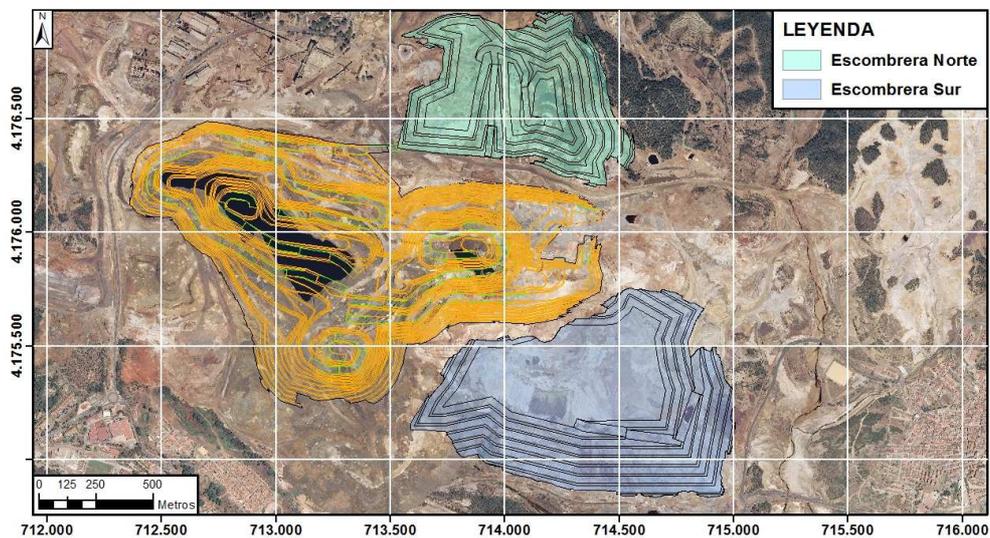


Figura 1.12: Situación y diseño final de las escombreras del PRT.

Las dimensiones de diseño se basan en una altura de banco de 20 m y un ángulo de vertido de 33° que permite mantener adecuados factores de seguridad que superan los coeficientes exigidos por la ITC SM.07.1.03. En este diseño la anchura (constructiva) de la berma se establece en 10 m. El ángulo global del talud, comprendidos los bancos y las bermas, es de 26°, asegurando con amplitud la seguridad de la estructura y permitiendo una adecuada gestión hidráulica y ambiental.

1.3.3 Zona de proceso

1.3.3.1 Planta de Tratamiento de minerales

El área de la planta de tratamiento de mineral se localiza al norte de la corta Cerro Colorado, ocupa una superficie de 73 Ha y se ubica en el sector más elevado del complejo minero.

El PRT prevé la puesta en marcha de la planta de tratamiento de mineral de cobre para que opere a un ritmo de producción de 5,0 Mt/año en una primera fase, para seguidamente, sin interferir en la producción, renovar los equipos necesarios para aumentar la producción a los 9,0 Mt/año, habiéndose planificado alcanzar este nivel de producción a los 18 meses de operación y mantenerla a partir de este instante.

La tecnología de proceso usada en el concentrador de las instalaciones es la usada por la mayoría de las instalaciones de proceso de depósitos de sulfuros de cobre del mismo estilo de mineralización, incluyendo proyectos de nueva creación.

No todas las instalaciones existentes en el complejo minero se pondrán en funcionamiento en el nuevo proyecto planteado por EMED-T, tal y como se observa en la Figura 1.13.

Así, la puesta en marcha de la planta de tratamiento incluye a grandes rasgos las siguientes áreas dentro del proceso, todas ellas ya existentes:

1. Trituración y cribado
 - a. Trituración primaria de cobre
 - b. Almacén de gruesos de cobre
 - c. Planta de cribado primario y secundario de cobre
 - d. Planta de trituración secundaria y terciaria
 - e. Almacén de finos
2. Área de concentrador
 - a. Área de molienda y remolienda
 - b. Flotación
3. Espesamiento, filtrado, secado y almacén final de concentrado

De forma auxiliar al proceso de tratamiento encontramos otras instalaciones, también existentes, como:

- Expedición y control de acceso.
- Planta de cal.
- Talleres y almacenes.
- Laboratorio.
- Planta piloto.
- Vestuarios, comedores y oficinas.

Como instalaciones de nueva construcción formando parte del PRT encontramos:

- Planta de tratamiento de aguas (Planta HDS).
- Planta de espesado de estériles (Planta HDT).
- Punto limpio.

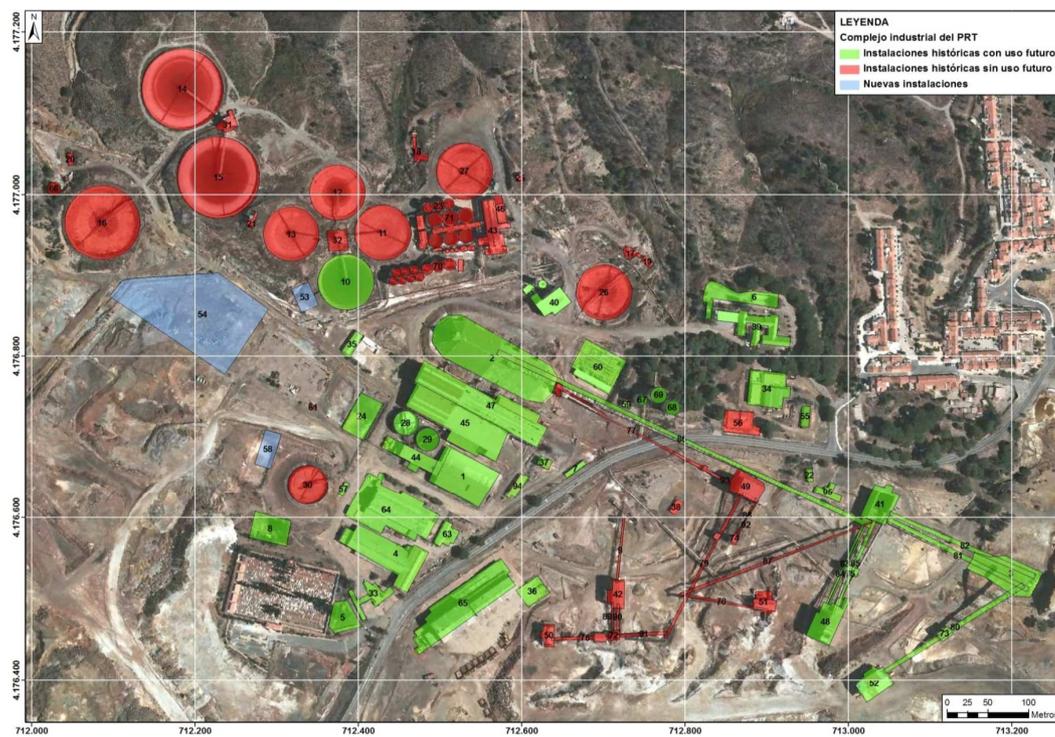


Figura 1.13: Instalaciones industriales del PRT.

Tabla 1.12: Listado de instalaciones del complejo industrial.

Nº	NOMBRE	Nº	NOMBRE	Nº	NOMBRE	Nº	NOMBRE
1	Almacén de concentrado de cobre (Área 09)	25	Dosificación de reactivos	49	Planta de trituración fina (Área 02)	73	Torre de transferencia
2	Almacén de finos (Área 03)	26	Espesador de cabeza N°1 (Área 11)	50	Planta de trituración primaria (Área 01)	74	Torre de transferencia
3	Almacén de gruesos (Área 30)	27	Espesador de cabeza N°2 (Área 11-A)	51	Planta de trituración primaria (Área 10)	75	Torre de transferencia
4	Almacén de planta (Área 20)	28	Espesador de concentrado de cobre	52	Planta de trituración primaria (Área 29)	76	Transportador N° 51
5	Aparcamientos de vehículos de planta	29	Espesador de concentrado de cobre	53	Planta HDS	77	Transportador N°10
6	Aparcamientos de oficinas Generales	30	Espesador de concentrado de cobre	54	Planta HDT	78	Transportador N°12
7	Aparcamientos	31	Estación de bombeo (Área 13-B)	55	Planta piloto	79	Transportador N°23
8	Área de geología	32	Estación de bombeo (Área 13)	56	Pozas de lixiviación (Planta piloto)	80	Transportador N°30
9	Bandeja de tuberías del Área 34	33	Expedición y control de acceso a planta	57	Punto Limpio	81	Transportador N°31
10	C.C.D. 1 (Área 13)	34	Laboratorio	58	Punto Limpio	82	Transportador N°32
11	C.C.D.2 (Área 13)	35	Laboratorio antiguo	59	Sala de bombas del sistema contra incendios	83	Transportador N°34
12	C.C.D.3 (Área 13)	36	Lavadero de vehículos pesados	60	Subestación eléctrica principal (Área 22)	84	Transportador N°36
13	C.C.D.4 (Área 13)	37	Oficina técnica del área de mineralurgia	61	Surtidor de vehículos ligeros	85	Transportador N°40
14	C.C.D.5 (Área 13-B)	38	Oficina técnica del área de trituración	62	Surtidor de vehículos pesados	86	Transportador N°43
15	C.C.D.6 (Área 13-B)	39	Oficinas generales	63	Taller de instrumentación	87	Transportador N°45
16	C.C.D.7 (Área 13-A)	40	Planta de Cal (Área 08)	64	Taller de planta (Área 20)	88	Transportador N°5
17	Caseta de control del Área 11	41	Planta de cribado (Área 31)	65	Taller y almacén de mina (Área 19)	89	Transportador N°52
18	Caseta de control del Área 11-A	42	Planta de deslamado (Área 34)	66	Tanque C.C.D.7 (Área 13-A)	90	Transportador N°54
19	Caseta de transformación (Área 11)	43	Planta de filtrado (Área 15)	67	Tanque de agua fresca (Área 21)	91	Transportador N°55
20	Caseta de transformación (Área 13-A)	44	Planta de filtrado y secado (Área 09)	68	Tanque de agua recuperada (Área 21)	92	Transportador N°6
21	Caseta para floculante (Área 13)	45	Planta de flotación (Área 05)	69	Tanque de agua recuperada (Área 21)	93	Transportador N°9
22	Comedor del área de trituración	46	Planta de fusión (Área 16)	70	Tanques de lixiviación (Área 12)	94	Vestuarios del área de mineralurgia
23	Conos de clarificación (Área 15-A)	47	Planta de molienda (Área 04)	71	Tanques de solución (Área 14)	95	Vestuarios del área de trituración
24	Decantadores de concentrado de cobre	48	Planta de trituración 2ª y 3ª (Área 32)	72	Torre de transferencia		

1.3.3.1.1 *Planta de tratamiento de aguas: Planta HDS*

Debido a las necesidades relacionadas con la gestión de agua ácida en el PRT, se ha considerado la implementación de una planta de tratamiento basada en la tecnología “High Density Sludge” (HDS) o Neutralización por lodos densos. El diseño de la planta constituye una configuración “tipo” de lodos de alta densidad (HDS) con la finalidad de reducir al mínimo la incrustación de yeso en los equipos y producir un efluente de alta calidad y una mayor densidad de lodos. Se proyecta una planta para el tratamiento de 83 l/s que incluye dos reactores de cal de 6,5 metros de diámetro para la neutralización, un tanque de almacenamiento de cal, un tanque mezclador de cal y lodos, un silo de cal con doble apagador de cal de 500 toneladas, y un clarificador convencional de 24m. Finalmente el efluente se tratará en filtros de arena antes de su vertido final.

La eliminación eficaz de los metales en el proceso HDS se debe principalmente a la formación de coprecipitados con hierro en las superficies de las partículas del lodo reciclado. La estabilidad de los precipitados es influenciada favorablemente por la alta presencia del hierro en proporción al total de metales contenidos en la alimentación de la planta. Los productos de las reacciones son hidróxidos de metales precipitados y sulfato de calcio (yeso).

Las características principales del proceso de HDS se resumen a continuación: Se añade cal y lodo reciclado al tanque mezclador de cal y lodos al inicio del proceso y esto se convierte en el factor principal de neutralización. Esta mezcla se descarga al tanque de mezclado rápido, donde se mezcla con los afluentes, consiguiéndose así la neutralización. Esta mezcla se descarga al reactor de cal principal donde una combinación de aireación agresiva y agitación de alto corte asegura un óptimo proceso químico y rendimiento del clarificador. La descarga del reactor de cal se trata con floculante en el tanque de floculación. El clarificador separa el efluente tratado del lodo, una porción de la cual se recicla al inicio del proceso.

El proceso HDS se ejecuta normalmente a un pH entre 8,5 y 9,5, ya que la mayoría de los metales se precipitan en o por debajo de esta concentración de iones hidróxidos. La oxidación del ferroso a hierro férrico se produce muy rápidamente a este pH y el oxígeno del aire es el agente oxidante más común.

El diseño y funcionamiento de esta planta ha sido sometido a evaluación del Organismo Ambiental durante el procedimiento de autorización ambiental unificada, y en la resolución de la misma se establecen las condiciones particulares y los límites de emisión establecidos para la operación de esta planta.

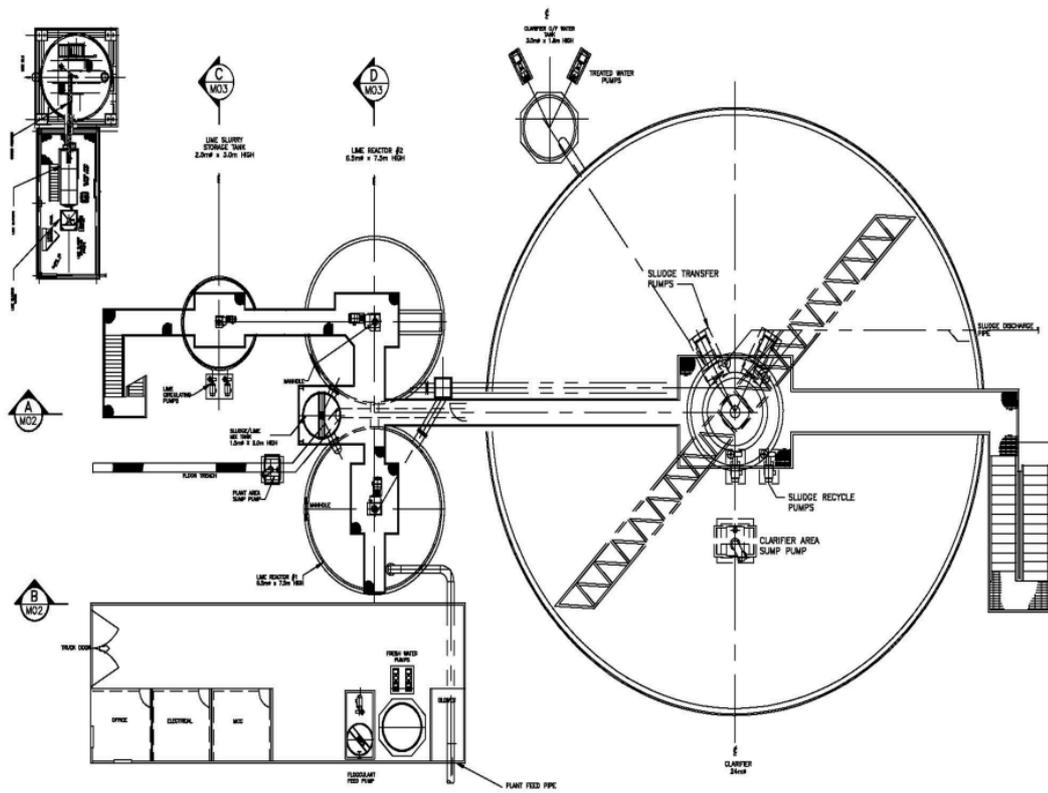


Figura 1.14: Plano general de la Planta HDS.

A través de esta planta, se tratarán para su posterior vertido, Inicialmente las aguas almacenadas en Cerro Colorado para poder extraer las masas de mineral bajo las zonas actualmente inundadas y durante el desarrollo del PRT, las aguas de contacto generadas en la corta Cerro Colorado y en las escombreras operadas, hasta que se produzca la restauración de estas instalaciones.

Adicionalmente, se tratarán las aguas almacenadas en Corta Atalaya para que en ningún momento los trabajos de extracción en Cerro Colorado se sitúen por debajo de las aguas almacenadas en Corta Atalaya.

1.3.3.2 Depósito de estériles mineros

Una vez el mineral es tratado en la planta de beneficio, se obtienen dos tipos de productos:

- Concentrado de cobre, que es el producto final que da el valor económico al Proyecto.

- Estériles de planta, es decir, el propio mineral tratado empobrecido en cobre, y que constituyen un residuo minero que es necesario gestionar de forma segura.

Existe actualmente en el emplazamiento minero una presa de residuos mineros, o depósito de estériles mineros.

Para la gestión de los residuos mineros generados tras el procesado del mineral en planta, el PRT operará las secciones de Cobre y Aguzadera dentro del depósito ya existente, tal y como se expone a continuación, en dos fases diferenciadas:

- 1) **Fase I:** Operación en las secciones de Cobre y Aguzadera mediante el sistema tradicional con lodos con porcentaje en sólido del 50%, hasta las cotas autorizadas en los proyectos vigentes:
 - En Cobre, desde su estado actual hasta cota de su proyecto vigente, con procedimiento de ciclonado de arenas: 17,8 Mt.
 - En Aguzadera, desde su estado actual hasta cota de su proyecto vigente, con procedimiento de ciclonado de arenas: 15,0 Mt.
- 2) **Fase II:** Operación en la sección de Cobre con el procedimiento de lodos de alta densidad, con una densidad seca de 1,65 t/m³, mediante la construcción de diques y la deposición de 52,3 Mt de lodos mediante "spigotting" (descarga controlada desde distintos puntos de vertido a lo largo de perímetro del depósito desde la coronación de los diques).

El cronograma de operaciones previsto se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1.13: Cronograma de operaciones previsto para las tres secciones.

FASE	AÑO	SECCIÓN	MÉTODO	COTA FINAL (m.s.n.m.)	ESTADO
I	0 - 3	COBRE	TRADICIONAL	380	VIGENTE
I	3 - 4	AGUZADERA	TRADICIONAL	373	VIGENTE
II	5 - 10	COBRE	LODOS DENSOS	405	POR AUTORIZAR

1.3.4 Infraestructura auxiliar al PRT

1.3.4.1 Red de pistas y caminos interiores

Para dar servicio al proyecto minero, existen una serie de pistas y caminos que conectan las diferentes partes del mismo. En la Figura 1.15 se observa esa red de caminos y pistas existentes.

1.3.4.2 Suministro eléctrico

El complejo minero de Riotinto cuenta con la infraestructura eléctrica necesaria, que se puede clasificar en 6 grandes grupos:

1. Línea Aérea a 132 KV que interconexiona eléctricamente a la Subestación Eléctrica “Dehesa”, propiedad de Endesa Distribución, con la Subestación Eléctrica existente en el complejo minero.
2. Subestación Eléctrica Transformadora “Mina” con relación de transformación 132-6,3 KV y potencia máxima instalada de 66,70 MVA en tres transformadores de potencia (20,0+20,0+26,7 MVA).
3. Líneas Aéreas y Subterráneas a 6,3 KV que interconexionan la citada Subestación Eléctrica Transformadora con los diversos Centros de Transformación existentes.
4. Líneas Aéreas a 15 KV (anillo de Cerro Colorado).
5. Centros de Transformación y sus correspondientes Cuadros de Mando y Distribución ubicados en las diversas zonas del complejo minero.
6. Líneas Aéreas y Subterráneas en Baja Tensión (400-230 V) que alimentan a los receptores existentes en el complejo.

1.3.4.3 Suministro de agua

Por necesidades inherentes al sistema de beneficio de la planta, ésta consume dos tipos diferentes de agua que notamos como agua fresca y agua recirculada o de proceso.

La infraestructura necesaria para transportar el agua fresca a las instalaciones del PRT será la usada en anteriores etapas de la explotación minera. Desde el embalse de Campofrío hasta las instalaciones del PRT, el agua es transportada por tuberías hasta los tanques de agua del complejo minero. El agua recirculada del depósito de estériles es conducida a través de la red de tuberías y se almacena en un tanque específico también presente en la zona industrial.

El agua sanitaria provendrá de la red comercial, a través de una acometida existente en la zona de las oficinas generales.

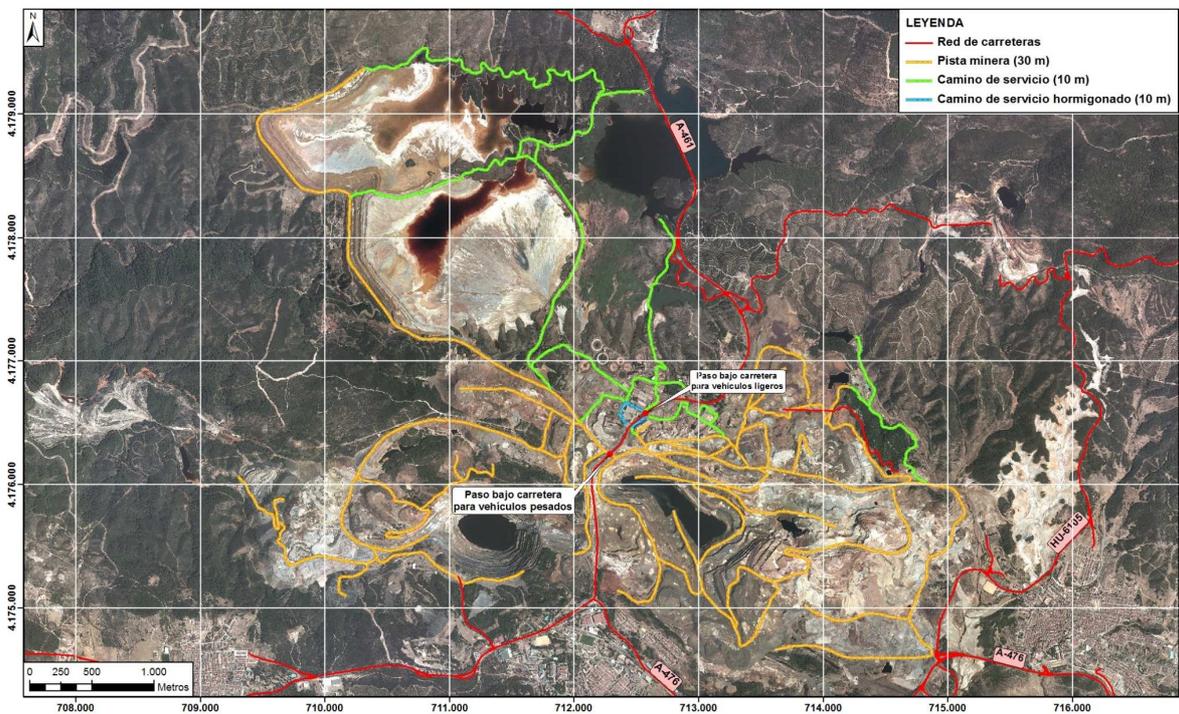


Figura 1.15: Red de viales tras el abandono.

1.3.5 Otras instalaciones mineras (Pasivos ambientales)

Por requerimiento de fecha 10 de diciembre del 2009 de la Delegación Provincial de Huelva de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, establece que para poder obtener la autorización de transmisión del derecho minero y el posterior inicio de la actividad, EMED-T debe considerar como parte del proyecto “la restauración del área afectada por el derecho minero del que se solicita la transmisión, tanto en la parte afectada por el nuevo proyecto como por antiguos explotadores con posterioridad a 1982”.

Aparte de las instalaciones mineras que serán operadas en el PRT, existe un conjunto de instalaciones mineras fruto de operaciones anteriores (ver Figura 1.16), y que se describen a continuación:

- Corta Atalaya.
- Escombreras no operadas durante el PRT.

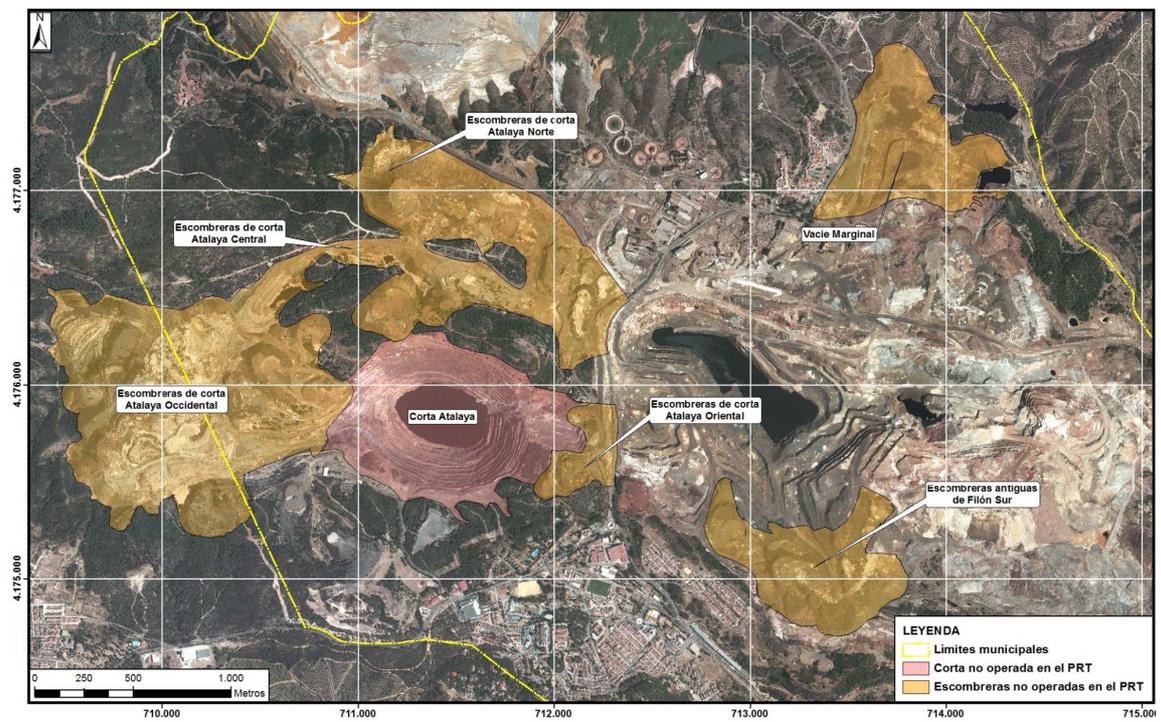


Figura 1.16: Instalaciones mineras no operadas en el PRT.

1.3.5.1 Corta Atalaya

Actualmente presenta una superficie total aproximada de algo más de 50 ha, y una profundidad máxima del orden de 235 m, entre las cotas 136 y 370 msnm (cota esta última de rebose de la corta).

Como en el caso de la corta Cerro Colorado, la ausencia de labores mineras en el complejo Riotinto ha supuesto un aumento progresivo del agua de fondo de la corta Atalaya.

Esta corta no va a ser explotada; sin embargo, se van a realizar labores de restauración sobre ella, teniendo en cuenta que cualquier actuación se encuentra condicionada por su protección como elemento del Patrimonio Histórico Andaluz, ya que es un elemento singularizado de la Zona Patrimonial de la Cuenca Minera de Riotinto-Nerva.

1.3.5.2 Escombreras no operadas durante el PRT

1.3.5.2.1 Escombreras de Corta Atalaya

Alrededor de los bordes este, norte y oeste de la corta Atalaya, se localizan las escombreras resultantes de las labores mineras en dicha corta. Ocupan en conjunto una superficie de algo menos de 250 ha, que se han dividido para su estudio en función de las cuencas hidrográficas que conforman.

La denominada escombrera de Corta Atalaya Oriental es la de menor superficie, escasamente unas 12,5 ha, localizándose al este de dicha corta minera. Por su ubicación topográfica, por encima de la corta Atalaya, drena tanto las aguas de escorrentía como las aguas infiltradas sobre la citada corta.

Al norte y oeste de la corta se ubican las denominadas escombrera de Corta Atalaya Norte y Central, que cuentan con una superficie conjunta aproximada de 155 ha.

Las escorrentías superficiales de estas escombreras se quedan en gran parte retenidas en las cuencas endorreicas existentes en las mismas o bien se drenan sobre la corta minera. Una pequeña parte escurre hacia la cuenca del Odiel, bien por el arroyo Rejoncillo, bien por el río Tintillo. En cambio los lixiviados, generados por las aguas infiltradas, sí que se drenan en su mayor parte hacia la cuenca del Odiel por los mismos cauces anteriormente mencionados, aunque una parte de los mismos se queda retenido en pequeñas cuencas endorreicas existentes en el límite norte de las escombreras.

Por último, encontramos las escombreras de Corta Atalaya Occidental. Ocupan una superficie de unas 80 ha, cuyas escorrentías superficiales se drenan bien hacia la corta, una pequeña parte, bien se quedan retenidas en pequeñas cuencas endorreicas, en menor medida, o bien, en su mayor parte, se dirigen hacia el río Tintillo. En cuanto a sus lixiviados,

se comprende que se drenan nuevamente hacia el río Tintillo, aunque una pequeña parte se queda retenida en las cuencas endorreicas existentes al sur de la escombrera.

Parte de las escombreras de Corta Atalaya que se sitúan fuera del Derecho Minero otorgado y de los terrenos propiedad de EMED-T, que van más allá del término municipal de Minas de Riotinto (en la denominada zona de "Majadillas").

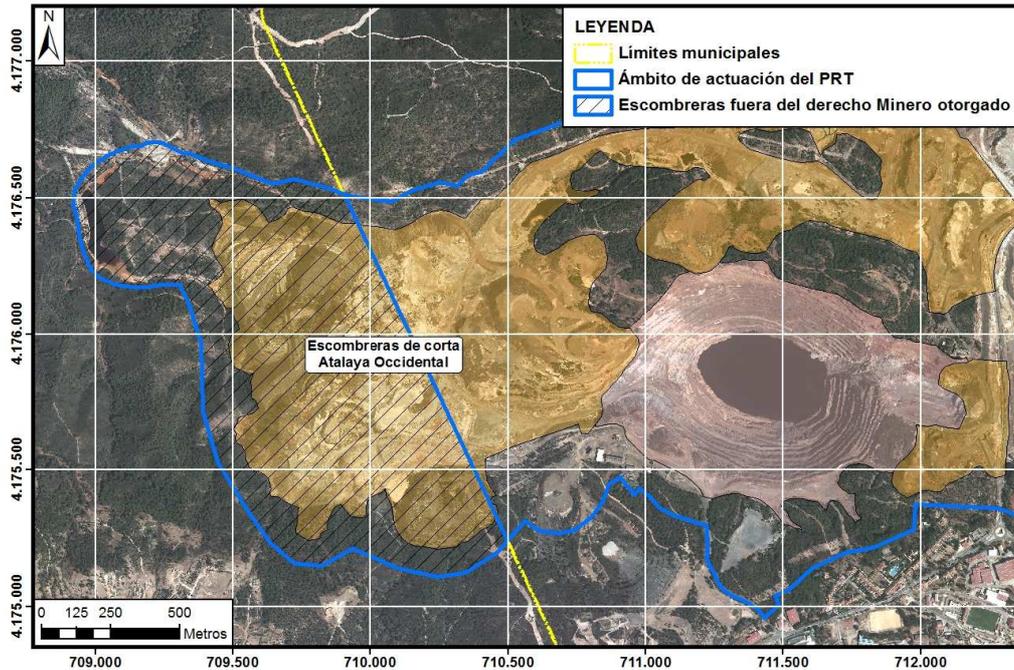


Figura 1.17: Escombreras de Corta Atalaya fuera del derecho Minero otorgado.

Gran parte de estas escombreras pertenecen a otros registros mineros, de manera que mediante Resolución de 8 de noviembre de 2013 de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, se declaran francos los terrenos y se convoca concurso público de varios registros mineros, algunos sobre estas escombreras.

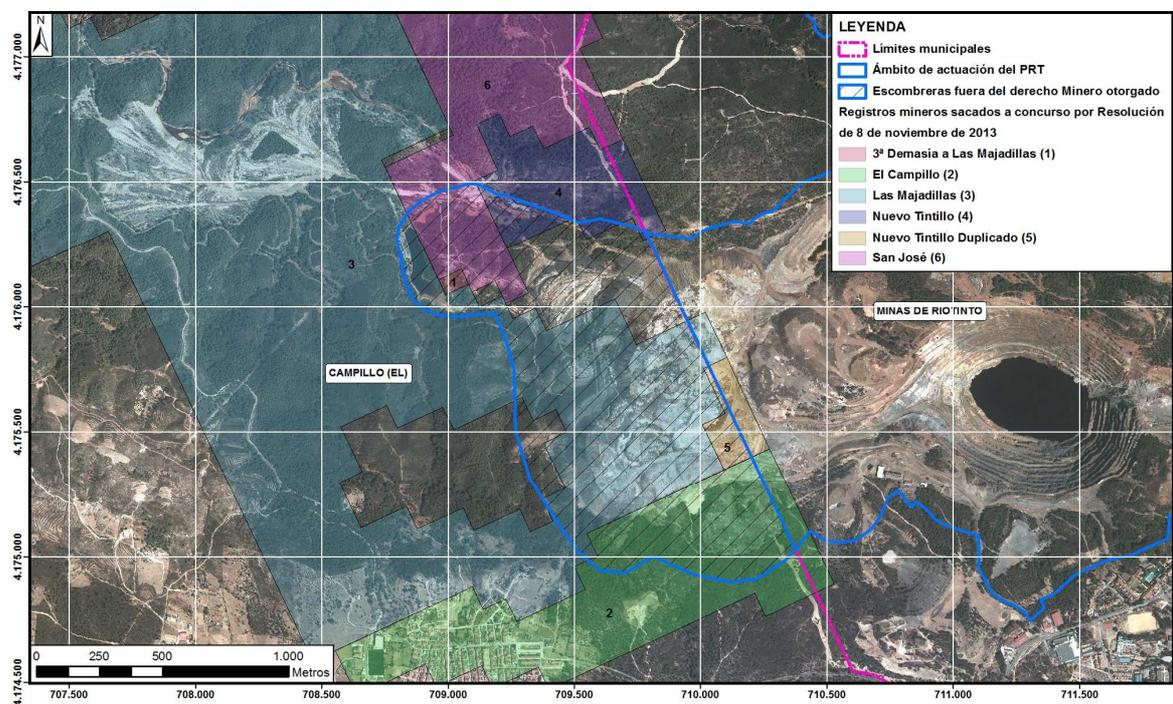


Figura 1.18: Registros mineros sacados a concurso que comprenden las escombreras de corta Atalaya fuera del derecho Minero otorgado a EMED-T.

En los estudios llevados a cabo para la restauración de las escombreras de Corta Atalaya, se ha analizado el problema en su totalidad. Y es que el análisis de los problemas ambientales que estas escombreras generan, así como sus soluciones, ha de realizarse respecto a las unidades morfológicas existentes y sus dinámicas y no en base a la existencia de límites puramente administrativos.

En todo caso, será responsabilidad de la Autoridad Minera determinar en quien recae la responsabilidad de restaurar estas escombreras que quedan fuera del derecho Minero otorgado a EMED-T.

1.3.5.2.2 Vacie Marginal

Junto al límite norte de la escombrera Norte, se localizan el Vacie Marginal y la zona de Cementación, las cuales albergan diferentes residuos mineros generados durante la anterior explotación de la mina.

El conjunto ocupa una superficie de 44 ha aproximadamente, cuyas escorrentías y aguas infiltradas se recogen en dos balsas existentes al este de esta zona. Si bien, estas balsas en situaciones de grandes precipitaciones acaban vertiendo sus aguas hacia el río Tinto.

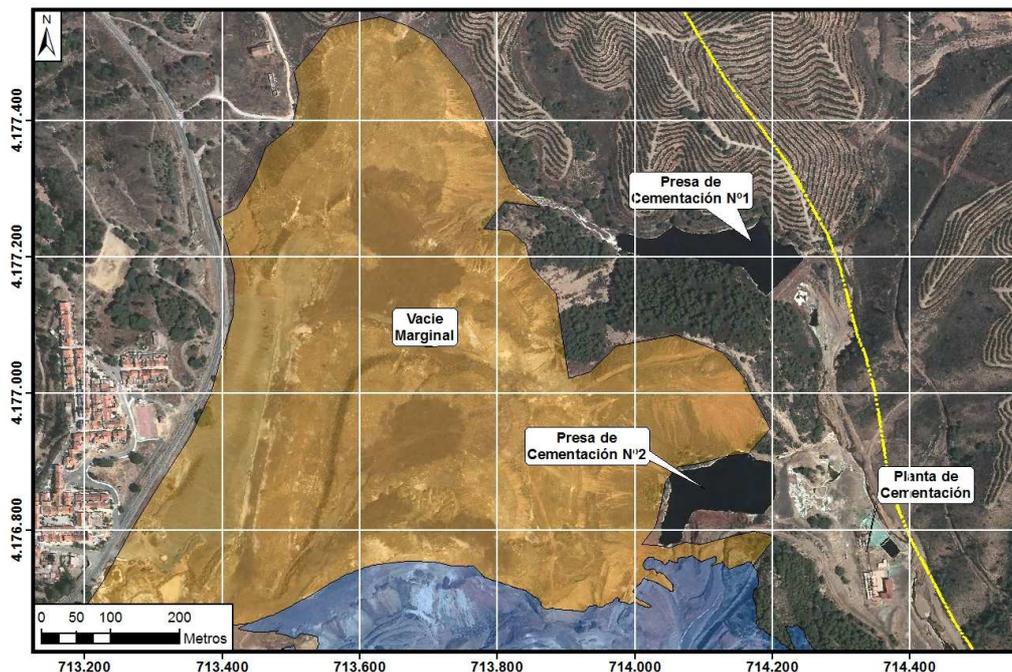


Figura 1.19: Vacie Marginal y Planta de Cementación.

En este caso, pese a situarse dentro del Derecho Minero otorgado a EMED-T, dichas instalaciones se corresponden al aprovechamiento minero denominado históricamente como de "AGUAS COBRIZAS DE CERRO COLORADO", situado en el paraje "CERRO

COLORADO-CEMENTACIÓN” y el mismo es calificado como Recurso Minero de la Sección B) de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.

Por ello y en virtud del artículo 88 de la Ley de Minas y 112 del Reglamento General para el régimen de la minería, únicamente cabría la restauración y desmantelamiento de las instalaciones asociadas previa tramitación de expediente de caducidad de la autorización de explotación de los Recursos de la Sección B) y tras ello, mediante la presentación de un Plan de Abandono para los trabajos que sea expresamente aprobado por la Autoridad Minera.

1.3.5.2.3 *Escombreras antiguas de Filón Sur*

La antigua escombrera de Filón Sur se localiza alrededor del borde sur de la Corta Cerro Colorado y recorre las inmediaciones del núcleo de Minas de Riotinto hasta el límite este del área de estudio, ocupando una área de unas 48,5 ha.

Las aguas de escorrentía y de infiltración, drenan a través del Túnel 11 que actúa como colector hasta el río Tinto 100 m aproximadamente aguas abajo del embalse de Marismillas.

1.4 Gestión del Patrimonio Histórico del PRT

A continuación, se dedica un apartado específico en materia de patrimonio histórico, ya que condiciona finalmente la restauración proyectada en cada estructura del PRT.

1.4.1 Cerro Colorado

La operación en la corta Cerro Colora prevista en el PRT implica la afección de varios elementos singularizados de la Zona Patrimonial Cuenca minera de Riotinto, como son las Galerías romanas de Corta Salomón, las Galerías romanas de Corta Dehesa, el Yacimiento romano Alto de La Mesa y el Poblado Romano Corta del Lago, además la propia corta Cerro Colorado (ver Figura 1.8).

La explotación de la corta Cerro Colorado constituye una de las principales actividades en que se sustentará el PRT. La consecuencia de tal actividad es que la actual corta de Cerro Colorado se expandirá hacia el oeste y hacia el sur, y con unas dimensiones que triplicarán las dimensiones actuales de Corta Atalaya.

Se considera por tanto que esta actuación se sumará a la historia minera de la cuenca de Riotinto.

Una vez finalizado el PRT, se ha planificado la integración del elemento en una ruta visitable.

En relación al patrimonio arqueológico contenido en la corta y afectado por el desarrollo de la misma, a continuación se describen las actuaciones que se plantean en aplicación de la normativa aplicable.

- **Galerías romanas de corta Salomón y de corta Dehesa**

El desarrollo del PRT implica la afección del área de Cerro Colorado y de los elementos que contiene, entre los que se encuentran las Galerías romanas de Corta Salomón y de corta Dehesa, como puede observarse en las siguientes figuras.

En relación al patrimonio arqueológico de estos yacimientos, se llevarán a cabo actividades arqueológicas tendentes a la documentación previa de estas Galerías.

De conformidad con lo previsto en el artículo 52 de la *Ley 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía*, será necesaria la previa autorización de la Consejería de Cultura para la realización de estas actividades arqueológicas.

EMED-T, en cumplimiento de las disposiciones del *Decreto 168/2003, de 17 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Actividades Arqueológicas*, efectuará los trámites necesarios para la autorización de la actividad arqueológica para la documentación previa de las Galerías, en las condiciones que estime la Consejería competente.

- **Poblado Romano Corta del Lago**

El Poblado Romano Corta del Lago está situado al norte de la antigua corta del Lago, como se observa en la siguiente figura.

De forma previa a cualquier actuación que se ejecute en desarrollo del PRT, se realizará una Actividad Arqueológica Preventiva de Prospección Arqueológica Superficial en la que se corrobore la delimitación del mismo, procediendo a la consolidación preventiva de sus límites así como al posterior tapado preventivo de la totalidad del yacimiento ante la posibilidad de que las voladuras de la Corta afecten a la consistencia del mismo.

Los límites de la Corta proyectada en ningún caso podrán coincidir con los límites de dicho yacimiento debiendo respetar un entorno de seguridad con respecto a los mismos que garantice en todo momento su estabilidad estructural.

Todas las actuaciones que se pretendan llevar a cabo en el área protegida deberán ser informadas previamente por la Consejería competente en materia de Patrimonio Histórico que especificará todas aquellas cautelas, prescripciones y determinaciones que considere convenientes para la correcta tutela del Bien.

1.4.2 Escombreras Norte y Sur

La operación en las escombreras del PRT implica la afección de varios de estos elementos singularizados.

Se procederá a la documentación previa de todos aquellos bienes patrimoniales afectados directamente por la operación de las Escombrera Sur y la Escombrera Norte, debiéndose presentar ante la Consejería competente en materia de Patrimonio Histórico los respectivos proyectos de actuaciones sobre los que se establecerán las cautelas arqueológicas necesarias de forma previa a cualquier actuación que afecte a los límites de dichos bienes.

En el caso de los yacimientos arqueológicos afectados, se realizará una Prospección Arqueológica Superficial previa a cualquier actuación en la que se evalúe la posibilidad de afección a estos yacimientos. En función de sus resultados se podría derivar cualquier otra actividad arqueológica conforme a las determinaciones establecidas en el Decreto 168/2003, de 17 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Actividades Arqueológicas, en base a las determinaciones que en su caso establezca la Consejería competente en materia de Patrimonio Histórico.

1.4.3 Planta de tratamiento

Las instalaciones industriales del complejo minero son uno de los elementos singularizados que forman parte de la Zona Patrimonial de la Cuenca Minera de Riotinto-Nerva. Estas instalaciones se encuentran por tanto protegidas en aplicación de la legislación de Protección del Patrimonio Histórico.

Por tanto, aunque en el Plan de Restauración se prevé el desmantelamiento de todas las instalaciones, el Organismo Competente en materia de Patrimonio Histórico determinará qué elementos significativos deben ser consolidadas, en lugar de plantear su desmantelamiento, para que dichas instalaciones formen parte del legado industrial del propio proceso minero de Minas de Riotinto como ejemplo del importante proceso de extracción de que se llevó a cabo en estas instalaciones.

1.4.4 Depósito de estériles

Las tres secciones del depósito de estériles se encuentran incluidas como elementos singularizados de la Zona Patrimonial de la Cuenca Minera de Riotinto-Nerva (Denominados "Represa de cobre", código 159 y "Represa de gossan", código 160).

Sin embargo, no será posible mantener esta instalación de residuos a largo plazo sin la existencia de actividad minera, en las condiciones de seguridad exigidas por la normativa vigente, ya que las labores de mantenimiento necesarias requieren de maquinaria minera específica y fuertes inversiones sostenidas en el tiempo.

Dado que no será posible el mantenimiento de estos elementos por razones de seguridad, se procederá a la realización de un Estudio e Integración Documental de las mismas según proyecto elaborado para tal fin de forma previa a cualquier actuación que pudiera afectar el estado actual de las mismas.

1.4.5 Corta Atalaya

En la actualidad, junto al río Tinto, la Corta Atalaya es la principal seña de identidad de toda una comarca dedicada de por vida a la minería.

Por esta razón, se propone que no se ejecuten operaciones de remodelación, ni trabajos generalizados de recubrimiento y/revegetación de los taludes del hueco minero.

Con las medidas propuestas se garantiza la preservación de los valores patrimoniales inherentes a la misma garantizando su estabilidad estructural global y estableciendo un nivel máximo admisible de la lámina de agua que en ningún momento genere afectación patrimonial ni vertidos a la cuenca del Río Tinto, tanto en el escenario final de clausura conjunta de las cortas Atalaya y Cerro Colorado como durante el transcurso de la explotación.

Por otro lado, se considera conveniente instalar cerramientos rústicos de tipo valla tejana, así como algunas siembras y plantaciones de especies autóctonas y pino piñonero en zonas culminantes, prudentemente separadas de los límites de los taludes de corta y accesibles.

Por este motivo, en la selección de especies para la revegetación se ha considerado únicamente el uso de especies vegetales herbáceas con las que lograr controlar los procesos erosivos y proteger los sustratos aportados para el sellado de las escombreras, limitar los efectos de las escorrentías por las aguas superficiales y la integración paisajística y ambiental de los espacios degradados, mediante la conservación de los valores paisajísticos característicos de la zona (el paisaje minero).

1.4.6 Escombreras no operadas en el PRT

Dado que todas las escombreras forman parte de la Zona Patrimonial de la Cuenca Minera de Riotinto-Nerva, uno de los objetivos de la declaración de este BIC la preservación del paisaje minero de la zona.

La revegetación de las escombreras puede suponer una distorsión paisajística de la Zona Patrimonial, por lo que se considera que desvirtúa los valores paisajísticos del lugar ligados a la fuerte antropización del medio físico. La imagen aportada por estas instalaciones mineras en la actualidad supone uno de los valores más relevantes del Paisaje Cultural de la Zona Patrimonial.

2 PARTE II. MEDIDAS PREVISTAS PARA LA REHABILITACIÓN DEL ESPACIO NATURAL AFECTADO POR LA EXPLOTACIÓN ACTUAL Y LAS ANTIGUAS EXPLOTACIONES MINERAS

2.1 Introducción

Esta Parte II del Plan de Restauración de las superficies afectadas por el PRT promovido por EMED-T, tiene por objeto la descripción de los trabajos de restauración en aquellas estructuras creadas o puestas de nuevo en funcionamiento durante la operación minera.

Para facilitar la comprensión del documento, se ha dividido la explotación minera en 6 áreas de actuación, tal como sigue:

- Área 1: Corta Cerro Colorado.
- Área 2: Escombreras Norte
- Área 3: Escombrera Sur
- Área 4: Depósito de estériles
- Área 5: Planta de Tratamiento
- Área 6: Infraestructuras asociadas
- Área 7: Pasivos mineros existentes

2.2 Objetivos generales de la restauración proyectada

El objetivo general de toda restauración es devolver al terreno todas y cada una de sus potencialidades iniciales previas a la ejecución del proyecto. Sin embargo, la actuación del PRT se desarrolla dentro de un Bien de Interés Cultural (BIC), con la tipología de Zona Patrimonial de la Cuenca Minera de Riotinto-Nerva, siendo uno de los objetivos de la declaración de este BIC la preservación del paisaje minero de la zona.

Por ello, los objetivos de la restauración de las estructuras mineras del PRT deben ser compatibles con una recuperación ecológica del entorno y su protección como BIC.

En este contexto, los objetivos finales que se pretenden alcanzar los la restauración del terreno afectado por el PRT son:

1. La integración paisajística y ambiental de las superficies afectadas, preservando los valores del paisaje minero, característico de la zona y protegido culturalmente por ello.

2. Contribuir a una mejora en la calidad de las aguas superficiales de la cuenca hidrológica afectada, mediante el sellado de túneles de corta, desvío de aguas de escorrentía y revegetaciones.
3. Controlar los procesos erosivos en las instalaciones remanentes, para garantizar que dichas estructuras no suponen un peligro para las personas ni para el medio ambiente.
4. Generar un uso final de los terrenos que sea beneficioso para el medio socioeconómico de la zona donde se ubica la explotación minera.

Además, con las actuaciones de revegetación planteadas se persigue una serie de objetivos complementarios, tales como:

- Integrar visualmente el recurso geominero dentro del espacio restaurado, debido a la catalogación de la Cuenca Minera de Riotinto- Nerva como Bien de Interés Cultural (BIC) dentro del Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz, con la tipología de Zona Patrimonial.
- Reforzar las medidas de prevención de AMD (drenajes ácidos de mina) y proteger la capa de sellado dispuesta sobre las instalaciones.
- Favorecer las condiciones para la colonización de especies de flora autóctona.
Favorecer las condiciones para la colonización de especies de fauna silvestre.

2.3 Descripción de los trabajos de restauración propuestos

Una vez descritos los trabajos generales a desarrollar en cada zona para la restauración de las superficies afectadas por la explotación minera de PRT, en este apartado pasamos a describir la ejecución de los mismos, en base al siguiente orden establecido:

- Remodelado del terreno.
- Impermeabilización o sellado de las instalaciones para la prevención de los drenajes ácidos.
- Labores preparatorias del suelo.
- Siembras.
- Cuidados posteriores.
- Descripción de otras posibles actuaciones de rehabilitación.

2.3.1 Remodelado del terreno

Dado que la actuación se desarrolla en un ámbito patrimonial protegido, no se contempla el relleno con residuos mineros propios o ajenos de los huecos de explotación creados.

Sí se contemplan medidas para lograr el equilibrio hidráulico en las cortas tras el abandono (canales de desvío de aguas pluviales y sellado de túneles mineros) que se describen en los capítulos correspondientes sobre las medidas de restauración previstas en las cortas Cerro Colorado (Capítulo 2.4.1.2) y Corta Atalaya (Capítulo 2.4.6.1.2).

2.3.2 Impermeabilización o sellado

Para el sellado de las superficies a restaurar en el PRT, se barajan distintas opciones tales como:

- **Sellado mediante el uso de pizarras:** Las pizarras son materiales inertes que podrían ser utilizadas para el recubrimiento y sellado de las superficies finales de vertido. Conforme avancen los trabajos en la corta las pizarras se acopiaran temporalmente por separado en las inmediaciones de las instalaciones mineras a sellar, hasta que sean utilizadas para el sellado de las superficies finales.

Este sellado consiste en colocar 0,75 m de pizarras compactadas al 95% del Próctor Modificado en bermas y plataformas horizontales. En los taludes, se colocarán 2,3 m de pizarras en tongadas de 1 m debiendo conseguirse una compactación del 90% PM.

- **Sellado mediante el uso de geocompuestos.** Sobre las superficies de las instalaciones a sellar se dispondrá como barrera impermeable una lámina de Polietileno termosoldado de alta densidad (Lámina PEAD) de 1 mm de espesor, con canal central de aire para comprobación de soldaduras, protegida en su cara inferior mediante una lámina de geotextil de 105 g/cm², como soporte antipunzonamiento, en caso de ser necesario.

- **Sellado mediante el uso de materiales oxidados (gossan).** Se trata de materiales de muy baja reactividad, y que podrían ser utilizadas para el recubrimiento y sellado de las superficies finales de vertido, por presentar bajos niveles de permeabilidad. Este tipo de materiales afloran en superficie en gran parte de los terrenos sobre los que se ubica el PRT, y en muchos casos conforman los horizontes superiores de los suelos inalterados que encontramos tanto en el recinto minero como en su entorno.

De esta forma, se dispondría sobre las superficies a restaurar una capa de 0,3 m de espesor de material oxidado proveniente de la explotación, como capa de sellado.

En cualquier caso, para la selección de la técnica idónea a emplear en el sellado de las instalaciones del PRT, se ejecutará antes del inicio de las operaciones un ensayo para la determinación de la mejor técnica o combinación de técnicas para el sellado de las superficies del PRT.

Para esto, se ejecutará el sellado de instalaciones piloto sobre las que se dispondrán las capas de sellado a ensayar y el equipamiento para la monitorización de los parámetros necesarios con los que determinar la efectividad y eficacia de los sellos estudiados, metodologías de puesta en obra, etc.

2.3.3 Labores preparatorias del suelo

Las superficies resultantes del sellado de las estructuras, será restauradas mediante el aporte de una capa de tierra vegetal de al menos 50 cm de espesor, como sustrato para las especies vegetales que posteriormente se implantarán. Dicha capa se podrá sustituir por una capa de tecnosuelo asimilable a tierra vegetal del mismo espesor, si bien dicho tecnosuelo no podrá ser un factor limitante para el elenco de especies vegetales a implantar la restauración.

Esta capa de tierra vegetal o suelo artificial o tecnosol tendrá las características de un suelo adaptado a las condiciones del entorno y que permita el crecimiento de las especies vegetales seleccionadas. Posteriormente, si se considera necesario, se ejecutarán labores de preparación del terreno.

La principal labor de preparación del terreno previa a la revegetación de la zona es la mejora del sustrato donde se asentarán las especies, con el fin de mejorar las propiedades fisicoquímicas para el arraigo y desarrollo de la vegetación, conseguir una estructura estable y una textura que garantice una adecuada capacidad de retención de agua.

Para ello se opta por la aplicación directa de materia orgánica sobre el terreno, consiguiendo con ello los siguientes beneficios:

- Las partículas minerales individuales del suelo forman agregados estables, lo que provoca la mejora de la estructura del suelo y facilita su laboreo.
- Se obtiene una adecuada porosidad, mejorando así la aireación y la penetración del agua, con el consiguiente aumento de la capacidad de retención de agua del suelo.
- Disminuye el riesgo de erosión.
- Proporciona partículas de tamaño coloidal con carga negativa (humus), con alta capacidad de retener e intercambiar cationes nutritivos, con lo que se reduce el lavado de nutrientes y aumenta la rentabilidad del abonado.
- Actúa como agente amortiguador al disminuir la tendencia a un cambio brusco del pH del suelo cuando se aplican sustancias de reacción ácida o alcalina.

- Hace posible la formación de complejos organo-metálicos, estabilizando así micronutrientes del suelo que de otro modo no serían inaprovechables.
- Es una fuente de elementos nutritivos, que son aprovechables por las plantas después que la materia orgánica haya sido descompuesta por los microorganismos.

En todo caso, los productos a utilizar en la mejora serán de origen orgánico, tipo compost, estiércol o similares, debido a la extensa superficie sobre la que realizar esta labor.

Previamente a la aplicación, se verificarán algunas prescripciones del producto, como la presentación de un aspecto homogéneo, la ausencia de semillas de malas hierbas y la presencia de metales pesados en concentraciones inferiores a los límites autorizados para la clasificación Tipo B en este tipo de productos, de acuerdo con el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes.

En cuanto al método de preparación del terreno a utilizar en los trabajos de implantación, se realizarán labores puntuales mediante técnicas areales para las siembras, pudiendo ser éstas tanto manuales como mecanizadas, tal y como se desarrollará más adelante.

2.3.4 Siembras

Una vez seleccionado el material vegetal a utilizar en la restauración y definidas las labores de preparación del terreno a realizar, es necesario elegir las técnicas de implantación con las que realizará la revegetación de la superficie. Concretamente se realizarán de la forma en que a continuación se especifica.

Las siembras tienen como fin implantar una cubierta vegetal de bajo crecimiento, densa y capaz de proteger el suelo de los procesos erosivos y de otros factores perjudiciales como deslizamientos, temperaturas extremas y superficies de escorrentía de manera rápida y eficaz. Además, tienen un importante papel como mejorador de suelos en la recuperación de zonas degradadas, produciendo el aumento de la proporción orgánica del suelo y la protección del sustrato edáfico aportado.

Como primer paso en el proceso de selección de especies vegetales a emplear en la revegetación, se han tenido en cuenta aquellas capaces de garantizar el cumplimiento de los objetivos marcados y que integren las comunidades de vegetación actual y potencial del entorno de la explotación. Así, los criterios de selección utilizados en la determinación de las especies a implantar han sido los siguientes:

- Especies adaptadas a las condiciones edafoclimáticas del área.

- Serán preferibles las especies que han colonizado superficies mineras, las que están presentes actualmente en la cuenca minera y las pertenecientes a la serie dinámica de vegetación potencial de área.
- Especies capaces de resistir un pH ácido y concentraciones de metales en el suelo anormalmente altas.
- Serán preferibles las especies de gran amplitud ecológica respecto a estos factores y las que pueden acumular elementos metálicos en sus tejidos sin ver alterado su desarrollo.
- Especies con un desarrollo radicular somero.
- Se utilizarán especies herbáceas y leñosas. Dentro de las leñosas, se elegirán las de porte arbustivo y subarborescente.
- Ser especies cuyos restos sean fácilmente humificables, preferentemente aquellas mejoradoras de suelo y capaces de fijar nitrógeno (leguminosas).
- Definir una mezcla equilibrada arbustos, matas y gramíneas/leguminosas.

Además de tener en cuenta estos criterios de selección como pautas generales de cara a la elección, se han tenido en cuenta los Criterios de restauración por factores bioclimáticos de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, así como las especies presentes en otras zonas de la Faja Pirítica Ibérica.

Por otro lado, a partir de la recopilación de datos de varias publicaciones editadas por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, así como por diversas prospecciones de campo realizadas en la zona por personal especializado, se han identificado aquellas especies que actualmente se encuentran en la mayor parte de estos espacios mineros, ya sea por colonización natural o restauraciones previas realizadas.

A partir de este análisis, se ha realizado una última discriminación, escogiendo aquellos taxones que tienen mayor probabilidad de éxito para la consecución de los objetivos planteados atendiendo a experiencias previas y teniendo en cuenta la disponibilidad del material vegetal, en el sentido de que sean especies comerciales y la condición prioritaria de lograr que la revegetación no altere los valores paisajísticos del lugar.

Por todo esto, la propuesta de especies para la revegetación de las instalaciones del PRT, consiste en el uso del conjunto de herbáceas listadas a continuación.

Tabla 2.1: Especies herbáceas seleccionadas para la revegetación.

ESPECIES HERBÁCEAS	
<i>Lolium rigidum</i> 15%	<i>Lolium perenn</i> 15%
<i>Festuca arundinacea</i> 15%	<i>Festuca rubra</i> 5%
<i>Dactylis glomerata</i> 10%	<i>Agrostis capillaris</i> 5%
<i>Ornithopus sativus</i> 10%	<i>Trifolium subterraneum</i> 10%
<i>Trifolium repens</i> 10%	<i>Poa compressa</i> 5%
<i>Piptatherum miliaceum</i> 10%	

El material vegetal a implantar estará por tanto compuesto por una mezcla de especies herbáceas de gramíneas y leguminosas de rápido crecimiento en diferentes proporciones, lo que garantiza una pronta colonización del suelo por estas especies adaptada a las diferentes condiciones de heterogeneidad del suelo.

La dosis de aplicación de la mezcla será de 10 g/m² de las especies especificadas en la tabla anterior.

Se realizarán siembras mecanizadas mediante pasadas de tractor dotado de sembradora centrífuga por toda la superficie, garantizando de esta manera un reparto homogéneo de la mezcla de semillas.

Posteriormente, una vez finalizada la labor de reparto de semilla, se efectuará una nueva pasada por toda la superficie con tractor dotado de rastra, al objeto de remover la parte más superficial del suelo y dejar enterrada la semilla.

En cuanto a las siembras manuales, éstas se destinan a las zonas de talud, donde la topografía del terreno impide el acceso de la maquinaria.

Se realiza mediante el barrido del terreno por parte de operarios de campo que esparcen la semilla a mano mediante siembra a voleo, lo que asegura un reparto homogéneo de la misma por la superficie de los taludes. Inmediatamente después de ésta operación, los operarios recorren por segunda vez la superficie sembrada efectuando un rastrillado ligero que garantiza el correcto asentamiento de la semilla en el terreno.

2.3.5 Cuidados posteriores

Tras la realización de las labores de revegetación es necesario realizar el mantenimiento del espacio durante los años inmediatamente posteriores. El tipo de labores, la calidad de las mismas y su frecuencia vienen condicionados por los objetivos de la restauración, el modelo de gestión forestal a realizar y las condiciones ambientales de la zona.

Para determinar exactamente qué tratamientos culturales han de hacerse a la vegetación implantada, con el fin de perpetuarla en el tiempo, se han de realizar continuas inspecciones de campo para supervisar el estado del área restaurada. En cada una de estas prospecciones se analizarán todos y cada uno de los tratamientos necesarios a realizar para la mejora del espacio y el mantenimiento de un estado de conservación favorable acorde con los objetivos marcados.

Entre las labores culturales proyectadas se encuentran:

- **Labrado**

Se trata de una roturación de la parte más superficial del terreno. Como norma general, se realizará en primavera con la finalidad de:

- Eliminar las malas hierbas o vegetación herbácea que produzca competencia con las especies sembradas.
- Hacer menos compacta la tierra, adecuándola así para un correcto desarrollo radicular.
- Mejorar la estructura y textura del suelo.
- Evitar el encharcamiento provocado por precipitaciones.
- Ejercer un control biológico sobre invertebrados defoliadores.

- **Abonado puntual**

Como labor complementaria al labrado, se realizará un aporte de abono químico de liberación lenta de nueve meses de acción sobre las superficies sembradas.

- **Riegos estivales**

Durante el estío del primer año tras la implantación de las especies, se realizarán riegos para asegurar la supervivencia de las plantas en los meses de máxima temperatura y sequía, ambiente acentuado por las propias condiciones de la explotación.

Durante esta labor, se procurará no descalzar las plantas ni provocar regueros en el terreno, asegurando el alcance de la capacidad de campo de los individuos regados.

2.3.6 Descripción de otras posibles actuaciones de rehabilitación

Atendiendo a lo especificado en concepto de señalización en el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, se minimizará el riesgo de accidentes mediante las siguientes actuaciones:

- Se mantendrán en adecuadas condiciones de uso el cerramiento perimetral de la instalación, así como todos los cerramientos parciales y accesos.
- Las instalaciones mineras y caminos que conducen a los mismos estarán eficazmente señalizados o separados de las propiedades vecinas, de manera que nadie, inadvertidamente, pueda entrar en ellas.
- El inicio de los accesos a la red de viales diseñados para el cierre y clausura, se dotará de cartelería indicativa de la zona minera a la que se accede y de las restricciones correspondientes.
- Se mantendrá en adecuadas condiciones de uso la señalización pertinente para evitar el acceso de personal no autorizado y aquella indicativa de todos los riesgos, al objeto de evitar el acceso de toda persona ajena a las operaciones de mantenimiento y control y de reducir los riesgos de accidente no previstos.

- Todas las señales que se establezcan deberán ser fáciles de ver e interpretar, debiéndose conservar y mantener durante el tiempo que persistan las condiciones que determinaron la necesidad o conveniencia de su colocación.
- El tráfico por pistas deberá estar debidamente señalizado. En zonas donde exista riesgo de caída o vuelco, el borde de la pista deberá balizarse convenientemente.
- Todas las fosas, canales, cubas, etc., estarán suficientemente señalizadas y protegidas para evitar el peligro de caída al personal.
- Se mantendrá así mismo el servicio de vigilancia, mantenimiento y control de instalaciones tanto a nivel de los condicionantes ambientales, como de seguridad estructural de las instalaciones.

2.4 Medidas previstas para la rehabilitación de las áreas y superficies afectadas objeto de restauración

En este apartado se describen las zonas objeto de restauración así como se detallan los trabajos generales propuestos para la consecución final de los objetivos de restauración.

2.4.1 Área 1: Corta Cerro Colorado

La corta Cerro Colorado, a diseño final tras su explotación, tendrá un perímetro de 7,21 Km, unas dimensiones de ejes E-O de 2.237 m y N-S de 1.198 m y una superficie total de 148,27 Ha.

2.4.1.1 Gestión de las aguas

Para evitar procesos erosivos, y para minimizar la entrada de agua procedente de escorrentías a la zona de la corta, durante la operación minera se proyecta la construcción de canales perimetrales que desviarán estas aguas, y seguirán operativos en las fases de restauración y clausura.

Estos canales de escorrentía favorecerán una mejora de la calidad de las aguas de la cuenca hidrográfica Tinto-Odiel-Piedras, ya que evita que las mismas entren en contacto con materiales susceptibles de generar aguas ácidas.

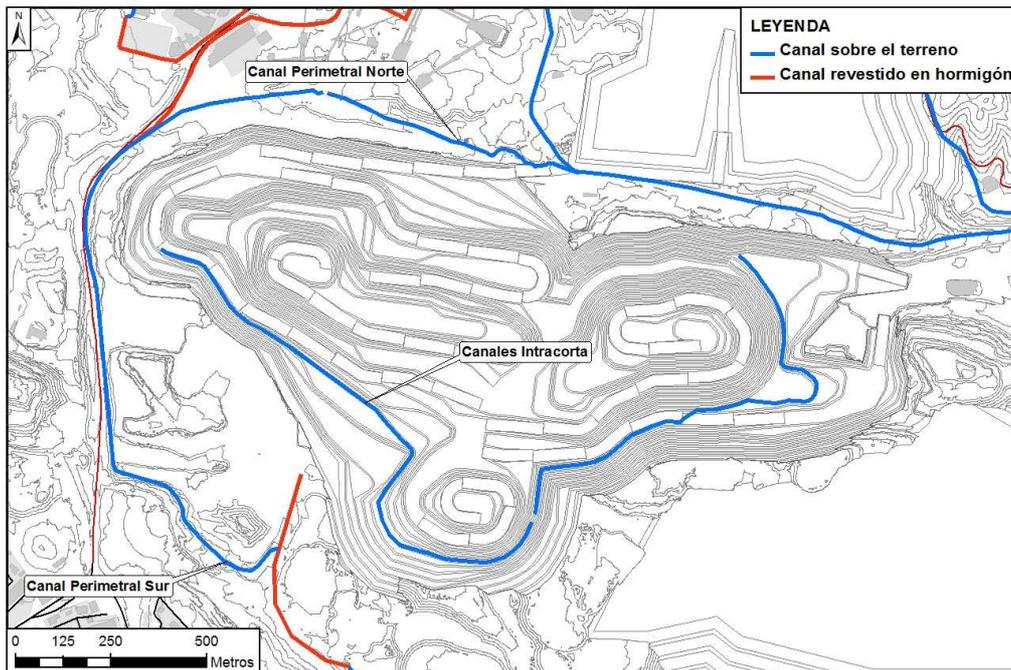


Figura 2.1: Canales de desvío de aguas en Cerro Colorado en la fase de restauración.

La potencialidad o riesgo de afección al medio hidrogeológico del PRT durante la Fase de Abandono debe considerarse como de muy baja a nula por las siguientes razones:

- El PRT se enmarca en una zona de muy limitado interés hidrogeológico; de hecho no ha sido definida ninguna Masa de Agua Subterránea en su entorno hidrogeológico que exija verificar unos objetivos cuantitativos y/o cualitativos determinados.
- Las afecciones cuantitativas al medio hidrogeológico (descenso piezométrico) como consecuencia de la excavación de la Corta Cerro Colorado durante la Fase de Operación para mantener los tajos mineros secos, se irán reduciendo a medida que progrese la lámina de agua en la corta, que, por otra parte, siempre se mantendrá por debajo del nivel piezométrico del entorno hidrogeológico.
- Las afecciones cuantitativas al medio hidrogeológico circundante a la corta minera será mínimo, ya que la mayor parte de las aguas subterráneas del perímetro se drenarán hacia el interior de la corta donde quedarán almacenadas.
- La adopción de medidas para asegurar el encapsulamiento hidráulico de la corta Cerro Colorado durante la clausura impedirá el desagüe externo de aguas almacenadas, impidiendo la eventual afección al río Tinto y por ende al acuífero Mioceno de Base en el tramo Villarrasa-Niebla (MASb 30593/Niebla), en los episodios en que este río actúe como influente respecto al acuífero.

- No existen posibles usuarios de aguas subterráneas que puedan verse afectados, por la imposibilidad de utilizar los escasos recursos hidrogeológicos de que disponen las formaciones geológicas circundantes debido a la contaminación remanente que poseen estas aguas subterráneas, tanto por el drenaje ácido de roca como por la infiltración de aguas ácidas de mina y los procesos de activación del drenaje ácido por disolución de sulfuros, tras más de 2.000 años de actividad minera.

En cuanto a los trabajos de restauración en esta zona de la corta de Cerro Colorado, se proyectan con el objetivo de proteger esta corta como elemento singular de la Zona Patrimonial de la Cuenca Minera de Riotinto-Nerva, tal y como está declarado actualmente. Por ello no se prevé el relleno de la corta minera para restaurar la morfología paisajista previa, sino que sólo se controlará su inundación de forma natural.

2.4.1.2 Inundación de las cortas. Equilibrio hidráulico

La Corta Cerro Colorado será encapsulada hidráulicamente en conjunto con la Corta Atalaya a través del denominado túnel 16, que conecta ambas cortas. Este túnel 16, conecta a su vez la corta Cerro Colorado con el río Tinto en la Aldea de la Naya (punto actual de vertido directo al río). Por eso, como parte de la restauración final y equilibrio hidráulico, para eliminar este punto de vertido directo a cauce, será cegado el túnel 16 entre Cerro Colorado y el río. Además del túnel 16 citado, será necesario sellar los túneles mineros 5 y 11 existentes en Corta Cerro Colorado y Corta Atalaya, procedentes de antiguas labores mineras, para garantizar la no afección al río tinto.

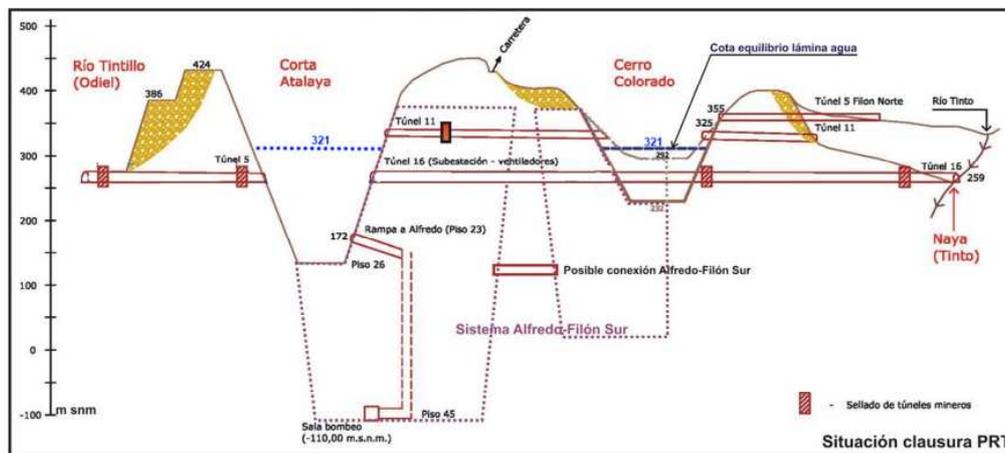


Figura 2.2: Sellado de túneles en la clausura conjunta de las cortas del PRT.

En esta hipótesis, tras el sellado de túneles, el conjunto de ambas cortas alcanzan el punto de equilibrio a la cota 321,15 msnm. Sobre el mismo el nivel de la lámina de agua variaría entre las cotas 320,95 y 324,79 msnm que se corresponden con unos volúmenes de almacenamiento de agua de 69,372 y 73,568 hm³. Estos datos reflejan que el agua almacenada se quedaría por debajo de la cota de desagüe actual al río Tinto (cota 325-túnel 11).

Los resultados del balance hídrico determinan que la entrada de agua promedio anual en las Cortas, incluidas las que se drenan por el canal Intracorta, es de 1,54 hm³, mientras que las pérdidas por evaporación promedio anual ascienden a 1,19 hm³.

El punto de equilibrio del que el nivel de agua se producirá 300 años después de la clausura de las cortas.

2.4.1.3 Estabilidad de taludes

Se ha realizado el cálculo de estabilidad de los taludes dentro del documento realizado por SUBTERRA INGENIERÍA denominado "INFORME DE ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD SÍSMICA EN LA ESTABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS MINERAS: CORTAS Y ESCOMBRERAS, DEL PROYECTO RIO TINTO", concluyéndose que prácticamente no hay riesgo de inestabilidad de taludes, aunque existen algunos desórdenes locales (por chineos, desprendimientos o meteorización).

Una vez finalicen los trabajos de explotación en la corta, se definirá un Plan de Vigilancia con el objetivo de asegurar el control de la estabilidad del área y, en su caso, la puesta en marcha de medidas preventivas y correctivas. El plan prevé la implantación de un programa de acumulación de datos recogidos mediante sistemas de instrumentación y levantamientos geológicos, y la gestión, tratamiento informático y análisis de los mismos por un equipo técnico.

El plan propuesto permitirá el control permanente de los siguientes aspectos operativos: cartografía geológica, litología, estructura y geotecnia de las excavaciones; medición de las propiedades de los materiales *in situ*; medición en superficie y en profundidad de la deformación de los taludes y su evolución en el tiempo; piezometría.

Todas estas medidas permitirán tener un control sobre el comportamiento de los taludes producido por los trabajos de explotación en la Corta Cerro Colorado sobre la población de Minas de Riotinto, teniendo así controlado las posibles variaciones en dichos taludes pudiendo prever el comportamiento de los mismos y evitar así cualquier catástrofe que pudiera producirse producto de los trabajos de explotación realizados en la zona.

2.4.2 Área 2 y Área 3: Escombrera Norte y Sur

Las medidas para la restauración de las escombreras del PRT, se incluyen en su totalidad en su capítulo correspondiente del Plan de gestión de residuos (Parte IV del documento).

Para evitar duplicidades en la información suministrada, se incluye ahora un breve resumen de las medidas previstas para la restauración de ambas escombreras.

Las denominadas Escombrera Norte y Escombrera Sur albergarán los estériles de mina a lo largo de los años de vida del PRT. Ocupará entre las dos estructuras una superficie aproximada de 140,8 ha.

Los trabajos de restauración proyectados en estas estructuras son similares por lo que se ha considerado oportuno agruparlas en cuanto a descripción de los mismos.

La restauración de estas escombreras se realizará de manera progresiva, siendo también progresivas las labores de sellado y clausura de las mismas.

Para la selección de la técnica idónea a emplear en el sellado de escombreras, se ejecutará antes de la construcción de las mismas un ensayo para la determinación de la mejor técnica de sellado para las escombreras del PRT (Sellado mediante el uso de pizarras, mediante el uso de geocompuestos o sellado mediante el uso de materiales oxidados).

Para esto, se ejecutará el sellado de escombreras piloto, con la geometría seleccionada para las escombreras del PRT, sobre las que se dispondrán las capas de sellado a ensayar y el equipamiento para la monitorización de los parámetros necesarios con los que determinar la efectividad y eficacia de los sellos estudiados, metodologías de puesta en obra, etc.

Las superficies resultantes del sellado de las estructuras, serán revegetadas mediante el aporte de una capa de tierra vegetal (o capa de tecnosuelo asimilable a tierra vegetal del mismo espesor) de al menos 50 cm de espesor, sobre la que posteriormente se realizará la siembra de las especies seleccionadas.

Para la gestión de las aguas, se aplicarán tres niveles de gestión durante la operación de las escombreras norte y sur para asegurar que la posible generación de AMD no tenga una incidencia significativa sobre el medio natural:

- 1^{er} NIVEL: se habilitarán cunetas de cabecera y perimetrales para evitar la entrada de aguas de escorrentía al núcleo que es la que puede entrar en contacto con los estériles reactivos y generar lixiviados ácidos, y conducirla de forma controlada a un punto de control.
- 2^o NIVEL: el agua que entre en contacto directo con la escombrera, generará un lixiviado que será conducido a una balsa, donde antes de ser vertido en los puntos autorizados, será sometido a un tratamiento para acomodar su calidad a los estándares de vertido fijados.
- 3er NIVEL: en la fase de clausura, tras la finalización de la vida útil de la escombrera, se procederá la cubrición completa de la superficie de las escombreras, con una barrera que limite el acceso del agua al núcleo interior y sea por tanto contaminada. No obstante, en esta fase de clausura, se mantendrá la recogida y tratamiento de posibles lixiviados hasta que se produzca el descenso en el volumen generado y los caudales sean tratables mediante sistemas pasivos, para su posterior descarga al Dominio Público Hidráulico.

2.4.3 Área 4: Depósito de estériles

Las medidas para la restauración del depósito de estériles del PRT, se incluyen en su totalidad en su capítulo correspondiente del Plan de gestión de residuos (Parte IV del documento).

Para evitar duplicidades en la información suministrada, se incluye ahora un breve resumen de las medidas previstas para la restauración del depósito.

Al finalizar la vida útil del depósito de estériles, se generará una superficie de restauración de 485,3 ha. Esta restauración se proyecta sobre el depósito ya clausurado donde para ello se contemplan las mismas opciones que para el sellado de las escombreras (sellado mediante el uso de pizarras, sellado mediante el uso de geocompuestos o sellado mediante el uso de materiales oxidados).

Las superficies resultantes del sellado de las estructuras, serán revegetadas mediante el aporte de una capa de tierra vegetal (o capa de tecnosuelo asimilable a tierra vegetal del mismo espesor) de al menos 50 cm de espesor, sobre la que posteriormente se realizará la siembra de las especies herbáceas seleccionadas.

En cuanto a la gestión de las aguas al cierre, las infraestructuras esenciales para garantizar la viabilidad del proyecto tras la clausura se han agrupado para su descripción como sigue:

- **Canal perimetral norte**

El canal perimetral norte debe garantizar la evacuación de los caudales con una probabilidad de ocurrencia anual correspondiente a un periodo de retorno de 500 años, que de acuerdo con el estudio de avenidas realizado se aproximan a los 30 m³/s, por tanto, resulta indispensable su ampliación.

La propuesta de ampliación, previo inicio de las operaciones, sigue un trazado similar al actual, manteniendo el cajero exterior y excavando sobre la ladera la ampliación de sección propuesta. Puntualmente se han suavizado los cambios bruscos de trazado (coincidentes con los cruces de vaguadas) comprobando, en cada caso, que la rasante del canal propuesto se apoya siempre en terreno natural.

Esta estructura permanecerá operativa en la clausura.

- **Derivación al sur del depósito de Gossan**

Esta infraestructura tiene por objeto desviar hacia el embalse de Aguas Limpias la escorrentía de las cuencas al sudeste de la sección de Gossan. Se consigue de este modo evitar el ingreso de un volumen importante de agua fresca en el sistema de aguas de proceso, mejorando sensiblemente el balance hídrico con el fin último de minimizar el riesgo de vertidos, durante la operación, a partir del quinto año.

- **Evacuación de pluviales en Cobre**

Al pie del talud de la sección de Cobre, se construye un canal trapezoidal de 5.123 m de longitud, envolviendo completamente dicha sección (véase la figura adjunta). Con objeto de disipar la energía, dicho canal tendrá tres zonas de desagüe de pluviales, hacia el Arroyo de la Gangosa (1), hacia la sección de Gossan (2) y hacia la sección de Aguzadera (3).

El canal de evacuación estará recubierto con el material de impermeabilización previsto para el sellado del depósito. En cada uno de los tres puntos de desagüe, se dispondrá un cuenco amortiguador para disipar la energía antes de evacuar la escorrentía de pluviales.

La sección transversal del canal queda conformada por la coronación del muro externo de la sección de cobre y el pie de talud del depósito de lodos de alta densidad.

- **Evacuación de pluviales en Aguzadera**

En fase de clausura, Aguzadera drenará la escorrentía al Arroyo del Tintillo. Para ello se realizará una obra hidráulica consistente en un desagüe de fondo mediante conducto circular cerrado (diámetro 1,8 m y pendiente del 0,001 m/m) diseñado para funcionar en lámina libre y un aliviadero de seguridad de pared gruesa, con una longitud de labio de 2 m.

- **Evacuación de pluviales en Gossan**

En fase de clausura, la zona de la sección de Gossan al norte del dique de derivación de pluviales drenará la escorrentía al Canal Perimetral Norte. Para ello se realizará un aliviadero de pared gruesa, con una longitud de labio de 2 m, a la misma cota del aliviadero actual, 378,7 m.s.n.m.

- **Lagunas de agua fresca**

Tras el sellado y restauración de las plataformas de los vasos del depósito, se ha planificado la creación de dos lagunas de agua fresca:

- Laguna en la poza de Aguzadera.
- Laguna en la sección de Gossan.

- **Dispositivos de tratamiento de filtraciones y lixiviados**

Existe un total de cuatro puntos de recogida de lixiviados anexos al pie del depósito.

Tras la finalización de la construcción, sellado y restauración del depósito, se mantendrá la recogida y tratamiento de estas aguas en la Planta HDS el tiempo necesario para que una vez se produzca el descenso en el volumen de lixiviados generados (por el secado del interior del depósito), hasta que los caudales sean tratables mediante sistemas pasivos, para su posterior descarga al Dominio Público Hidráulico.

2.4.4 Área 5: Planta de Tratamiento

Dentro del área 5, se enmarcan los trabajos de restauración en aquellas superficies resultantes de los trabajos de desmantelamiento de las instalaciones de proceso y auxiliares al mismo que determine la Autoridad Minera en consenso con el Organismo Competente en materia de Patrimonio Histórico. Estos trabajos de desmantelamiento forman parte de las actuaciones de clausura del proyecto minero.

Adicionalmente, la Parte III de este Plan de Restauración está enfocada a la descripción básica de las medidas previstas para el desmantelamiento de las estructuras asociadas a la explotación minera de PRT. Dentro de los trabajos de desmantelamiento, se incluirá tanto la retirada de la capa de hormigón como la investigación de suelos potencialmente contaminados, donde proceda conforme establece la *Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental* y el *Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo, y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados*.

Una vez ejecutado el desmantelamiento de las instalaciones, se realizará el estudio de los suelos en los que haya desarrollado la actividad industrial conforme establece la *Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental* y el *Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo, y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados*.

Este Estudio de caracterización de suelos, incluirá:

- Investigación preliminar.
- Plan de la caracterización.
- Caracterización exploratoria.
- Caracterización de detalle, en su caso.
- Determinación de los niveles genéricos de referencia para metales aplicables.
- En su caso, análisis cuantitativo de riesgos, que incluya la totalidad de la información de salida del software utilizado.

En el caso de que dicho estudio concluyera la existencia de un nivel de contaminación de suelos que genere un riesgo inaceptable para los ecosistemas o la salud humana, con anterioridad a la ejecución de la actividad, EMED-T, deberá proceder a la efectiva recuperación de los suelos conforme establezca la normativa aplicable.

Una vez ejecutados estos trabajos, en total se estima la restauración de un total de 90 ha mediante labores de:

- Descompactación de suelos.
- Reestructuración topográfica de la zona, encaminada a la integración paisajística y a la correcta gestión de las aguas que circulen por las zonas restauradas.

- Realización de enmiendas edáficas y/o aporte de tierra vegetal donde sea necesario.
- Revegetación de las superficies afectadas según proceda, aunque, a priori, no se propone revegetación alguna en esta zona, ya que esto supondría una alteración de los valores paisajísticos característicos del lugar.

2.4.5 Área 6: Infraestructuras asociadas

Dentro del área 6 encontramos las infraestructuras asociadas al PRT como:

- Suministro eléctrico
- Suministro de agua
- Pistas mineras

No se prevé el desmantelamiento de estas infraestructuras ya que servirán de soporte tanto en la fase de restauración como en la de clausura, abandono final del emplazamiento, y vigilancia post-clausura.

2.4.6 Área 7: Pasivos mineros existentes

2.4.6.1 Corta Atalaya

2.4.6.1.1 Gestión de las aguas de escorrentía en Corta Atalaya

Mediante la construcción de una serie de canales de desvío se consigue que las aguas de escorrentía no accedan a la Corta Cerro Atalaya.

Al respecto se propone la rehabilitación del canal de pluviales en roca situado al sur de Corta Atalaya, así como la construcción de unos canales de evacuación de las aguas de escorrentía superficial, también en roca, uno al norte y otro al oeste de Corta Atalaya. Con estos canales se trataría de impedir el acceso del agua a la corta durante la clausura. El canal propuesto al norte de Corta Atalaya tendría una sección de altura de 1 m, con una base de 0,5 m y un talud 1H:2V, mientras que el canal propuesto al oeste tendría una sección de altura de 1,5 m, con una base de 3 m y un talud 1H:2V.

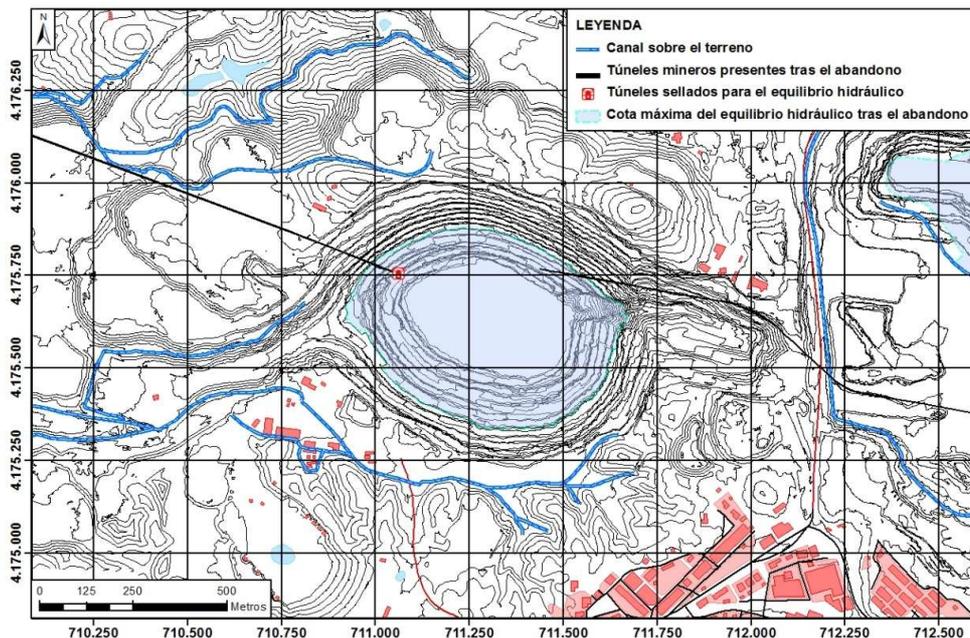


Figura 2.3: Gestión de las aguas en la Corta Atalaya.

- **Valoración de los riesgos de contaminación directa de las aguas subterráneas**

La Corta Atalaya se enmarca en el Distrito Hidrográfico Tinto-Odiel-Piedras, en una zona conformada por formaciones geológicas de escaso a nulo interés hidrogeológico (Faja Pirítica) en la que no se han definido Masas de Agua Subterránea que puedan verse afectadas por la actividad minera.

La potencialidad de afección o riesgo de afección al medio hidrogeológico desde la Corta Atalaya durante su abandono debe considerarse como muy baja a nula por las siguientes razones:

- La Corta Atalaya se enmarca en una zona de muy limitado interés hidrogeológico.
- Las afecciones cuantitativas al medio hidrogeológico circundante a la corta minera será mínimo.
- La adopción de medidas para asegurar el encapsulamiento hidráulico durante la clausura impedirá el desagüe externo de aguas almacenadas en la corta.
- No existen posibles usuarios de aguas subterráneas que puedan verse afectados.

2.4.6.1.2 Inundación de las cortas. Equilibrio hidráulico

La clausura de la Corta Atalaya persigue como objetivo implantar un escenario en el que se alcance un equilibrio hidrológico del sistema Corta Atalaya – Cerro Colorado entre las entradas (precipitación directa sobre la lámina de agua, escorrentía en la cuenca de recepción y por flujos subterráneos) con las salidas por evaporación en lámina libre.

Los túneles mineros 5, 11 y 16 que acceden a la corta Atalaya corresponden a antiguas labores mineras que sitúan su bocamina en bancos de la corta situados por encima de la cota actual de la lámina de agua (247,5 msnm en junio de 2014).

El túnel 5 parte de la pared nor-occidental de la corta y culmina en el río Tintillo, la cota de entronque con la corta es la 256 msnm.

A esta misma cota, pero en la pared opuesta, se sitúan el túnel 16, el cual conecta con el sistema Alfredo-Filón Sur y culmina en la zona de Naya al río Tinto. Actualmente constituye el dren de evacuación de aguas posiblemente almacenadas en labores mineras subterráneas de Filón Sur.

El túnel 11 se sitúa en la misma pared de la corta del túnel 16 pero algo más arriba, concretamente en la cota 325 msnm. Este túnel tiene salida a la Corta Cerro Colorado.

Todos estos túneles correspondían a túneles mineros a través de los que se extraía el mineral desde la Corta Atalaya y el Sistema Alfredo. Presentan una sección promedio de 6,48 m², con altura de gálibo de 2,40 m y luz de 2,90 m, y que están sin revestir.

La cota de lámina de agua en Corta Atalaya se sitúa en la cota 230 msnm, por tanto por debajo de la rasante de los túneles 5 y 16 (cota 259 msnm) y del túnel 11 (325 msnm), razón por la cual, actualmente, ninguno de estos túneles está drenando aguas de la Corta Atalaya. Una vez que la lámina de agua en la Corta Atalaya alcance estas cotas podrían producirse desagües procedentes de las aguas almacenadas en el conjunto corta Atalaya-Alfredo hacia el río Tinto y el río Odiel.

Asimismo, según los resultados de las simulaciones realizadas sobre la evolución de la lámina de agua en la Corta Atalaya, se alcanzaría la cota 259 msnm (túnel 5 con desagüe al río Tintillo y túnel 16, con desagüe al Río Tinto-Naya) en nov-2019, con desagües procedentes de la Corta Atalaya, a partir de este momento, de valor promedio anual 418.805 m³ y máximo anual de 1.231.299 m³.

El abandono de la Corta Atalaya implicará construir un tapón en el túnel 5 que impida el drenaje de aguas ácidas del sistema Atalaya-Alfredo al río Tintillo (cuenca del Odiel).

Estas actuaciones implicarán que la cota de rebose del sistema Atalaya-Alfredo-Cerro Colorado en la clausura del PRT corresponda al túnel 11 (cota 325 msnm), permitiendo una gestión integrada de todas estas infraestructuras mineras.

Los cerramientos a ejecutar (tapones en los túneles 5 y 16) deben ser estancos y deben soportar la presión hidrostática correspondiente a la columna de agua que se almacene en la Corta Atalaya durante la clausura.

2.4.6.1.3 Estabilización de taludes

El análisis de estabilidad del perfil analizado, (el de mayor altura, que compromete la estabilidad de un volumen importante de roca y pudiera afectar a núcleos habitados, en concreto la barriada de Bellavista), ha dado como resultado la obtención de un factor de seguridad superior al exigido por la ITC 07.1.03.

No obstante, existen problemas de estabilidad local en los taludes de los bancos del borde sur de pizarras de la Corta, lo que está produciendo la degradación del talud general. Para paliar los daños producidos por el agua en el talud sur en pizarra está previsto reparar los canales perimetrales recubiertos con lámina de poliuretano.

Con objeto de conocer de la evolución de la estabilidad de Corta Atalaya, se continuara con las mediciones anuales topográficas de los desplazamientos de los hitos instalados, además de cartografiar y hacer un seguimiento de las grietas existentes.

En función de los resultados obtenidos, se adoptarían las siguientes medidas en fase clausura:

- Retranqueo de los bancos superiores del Talud Sur para eliminar el peso en la cabecera y consecuente aumento del factor de seguridad. Además, con esta medida se aprovecharía el volumen de pizarras movilizado para el encapsulado de las escombreras de estériles mineros.
- Instalación de drenajes horizontales a lo largo del Talud Sur para rebajar el nivel freático y mantener el talud drenado.

2.4.6.2 Escombreras no operadas en el PRT (Escombreras pasivas)

Las medidas para la restauración de las escombreras pasivas del PRT, se incluyen en su totalidad en su capítulo correspondiente del Plan de gestión de residuos (Parte IV del documento).

Para evitar duplicidades en la información suministrada, se incluye ahora un breve resumen de las medidas previstas para la restauración de estas escombreras.

En el caso de las escombreras no operadas durante el Proyecto, pero que en todo caso serán restauradas como parte del mismo, será necesario realizar labores de remodelado del terreno previas, con las que dotar a estas instalaciones de una geometría que permita la posterior rehabilitación de las mismas.

El movimiento de tierras estará condicionado por las superficies que sea necesario actuar. Con carácter general, las actuaciones necesarias serán:

- Taluzado general hasta conseguir pendientes de bancos que permitan la restauración.

- Relleno de los puntos bajos para facilitar el drenaje.
- Adecuación morfológica de las plataformas finales para dirigir la escorrentía superficial hacia las cunetas.

El material removido del proceso de ataluzado se podrá aprovechar para las labores de relleno de los puntos bajos para facilitar el drenaje así como para las de adecuación morfológica de las plataformas para dirigir la escorrentía hacia las cunetas.

El movimiento de tierras variará tanto en volumen como en tiempos de ejecución, en función de las planificaciones de Mina.

Este diseño tiene, entre otras, las siguientes ventajas:

- La geometría de bancos y bermas dota a la escombrera de una mayor estabilidad al cierre y clausura de la instalación.
- Además, esta solución geométrica minimiza la erosión debida al agua y optimiza su integración paisajística y rehabilitación de cara a la clausura.

Esta restauración se realizará siempre de atrás hacia adelante, para ganar superficie restaurada que no se vea afectada por las zonas aún no restauradas.

En cuanto a la gestión de las aguas, se ha diseñado una red perimetral de cunetas, como medida preventiva para evitar la contaminación de las aguas de las cuencas adyacentes.

Debido a la orografía de las plataformas de coronación de las antiguas escombreras, se deberá realizar en determinadas zonas una adecuación morfológica a fin de regularizar la superficie del terreno a la vez que se le da una ligera pendiente que permite dirigir el agua hacia los elementos de drenaje diseñados.

El sistema de drenaje diseñado se encuentra integrado por cunetas perimetrales que recogen el agua de escorrentía sobre la superficie y taludes de las escombreras, así como las posibles cuencas de aportación que a ella desagüen. El agua recogida al pie será desaguada a los cauces naturales de ríos y arroyos más cercanos después de ser sometidas a un proceso de decantación.

Dichos elementos de drenaje han sido diseñados en base a un período de retorno de 500 años, tal y como que se prescribe en el real Decreto 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.

El sistema de cunetas de pie de escombrera se ha compartimentado en tramos de acuerdo a las direcciones de drenaje naturales para garantizar el correcto desagüe y evitar zonas de acumulación de agua.

Estas actuaciones permiten reducir el tiempo de contacto del agua con el escombros al evitar la acumulación de agua en el interior de la escombrera favoreciendo su

movimiento, lo cual se traduce en un incremento de la estabilidad de las instalaciones de residuos mineros.

Además se construirán balsas de decantación con capacidad suficiente para almacenar el agua transportada por las conducciones anteriores para su posterior tratamiento.

Adicionalmente, se ha definido una red de captación de drenajes ácidos que permitirá la conducción de los lixiviados hacia las líneas de tratamiento pasivo tipo DAS (Sustrato Disperso Alcalino) situadas al pie de las escombreras, del mismo tipo que el definido en las escombreras activas.

Tras la finalización de la restauración de estas escombreras, estos lixiviados se dirigirán para su tratamiento mediante sistemas pasivos, para su posterior descarga al Dominio Público Hidráulico.

2.5 Anteproyecto de abandono definitivo de labores

El presente Anteproyecto de Abandono Definitivo de las Labores de aprovechamiento del PRT (Río Tinto, Huelva), realizado a instancias de EMED TARTESSUS, S.L.U., se enmarca dentro de las exigencias del Real Decreto 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.

En este apartado sólo van a tratarse las cuestiones no abordadas en el resto del presente documento sobre el Plan de Restauración del PRT, en el que ya se ha hecho hincapié en las medidas previstas para la rehabilitación del espacio natural afectado por la investigación y la explotación de recursos minerales, relacionadas con los aspectos problemáticos de estabilidad de taludes y gestión de aguas en las cortas mineras. El Plan de Restauración está proyectado para, a través de medidas correctoras y compensatorias, conseguir la integración de la explotación minera en el contexto ambiental y social de la zona de influencia de la misma.

Desde la concepción inicial del Plan de Restauración, se ha tenido en cuenta no sólo el propio Real Decreto 975/2009 sino también la declaración de Bien de Interés Cultural, Zona Patrimonial de la Cuenca Minera de Riotinto-Nerva, por lo que no se ha previsto el relleno de la corta minera para restaurar la morfología paisajista previa sino que se sólo se controlará su inundación de forma natural, para preservar sus valores patrimoniales.

En este sentido, y en cuanto a la rehabilitación del espacio afectado por la explotación minera, se tratará en el presente apartado el único aspecto no abordado anteriormente, el uso público en el espacio ocupado por la explotación minera tras el abandono de las labores para poner en valor el patrimonio cultural y paisajístico del ámbito del PRT, articulándolo entorno a la Corta Cerro Colorado.

2.5.1 El uso público en la mina de Riotinto tras la clausura del PRT

El patrimonio minero-metalúrgico de la Mina de Riotinto ha sido reconocido como BIC y puesto en valor a través de la creación del Parque Minero de Riotinto, con el primer museo minero de España, impulsado por la Fundación Riotinto, que centraliza el conocimiento de la minería y la metalurgia en la comarca de Riotinto, desde la etapa prehistórica hasta nuestros días. El Museo Minero se complementa con el ferrocarril minero y con la visita organizada a otros puntos patrimoniales de interés.

La oferta cultural de la comarca para un visitante con apetencia por actividades al aire libre, y por actividades que le enriquezcan en experiencias y conocimientos sobre la actividad minera, se debe ver ampliamente favorecida por las actuaciones programadas para la clausura del PRT cuyo fin sea la puesta en valor del rico patrimonio cultural y paisajístico que custodiará EMED-T.

Se diseñarán los equipamientos para la puesta en valor del uso público de la Mina de Riotinto con la perspectiva de una prestación de servicios de calidad en un futuro, tras la clausura del PRT, sea esta asumida o no por la empresa explotadora, de manera directa o participada a través de la Fundación Riotinto u otra entidad.

Desde 1991 el Parque Minero de Riotinto ha pasado de los 5.983 visitantes hasta los 73.899 visitantes registrados en 2007; de ellos un 63% son visitas individuales o familiares y un 15% son organizadas por agencias de viajes. Estas cifras indican la potencialidad turística de la Cuenca Minera, siendo la puesta en valor del patrimonio cultural, material e inmaterial, y del patrimonio natural y paisajístico, la oportunidad de futuro de sus gentes una vez finalice la vida útil de la explotación minera.

EMED-T desea contribuir no sólo a la preservación del Bien de Interés Cultural y los elementos patrimoniales protegidos incluidos en el PRT, sino también al desarrollo socioeconómico futuro de la comarca minera de Riotinto, y se reconoce responsable de que la clausura de sus actividades se realice en las condiciones más idóneas para que se hagan efectivos estos objetivos.

El eje vertebrador de la puesta en valor de la Mina de Riotinto para el uso público será el establecimiento de una ruta para visitantes que conectará los dos elementos patrimoniales más importantes por su magnitud y por su importancia paisajística, las Cortas Atalaya y Cerro Colorado. Esta ruta se diseñará sobre los caminos preexistentes, manteniendo en todo momento las condiciones de seguridad para el visitante. Así se dispondrán vallados perimetrales acotando el camino, y los espacios visitables, para que el visitante no acceda a pie ni a las escombreras selladas ni a las cortas. Se establecerán miradores en Cerro Colorado y en Corta Atalaya, así como allí donde se pueda disponer de una panorámica de las secciones del depósito de estériles (Aguzadera, Cobre, Gossan), en la medida que sea posible tras la finalización del PRT. En los miradores se utilizarán materiales nobles como la madera que resulten en una percepción más natural.

En el discurrir de la ruta para visitantes, se deberá poder acceder a las inmediaciones de todos los elementos patrimoniales que no hayan sido afectados por el PRT. Dichos elementos deberán protegerse adecuadamente y deberá disponerse la visita en condiciones de seguridad. Deberán quedar enlazados con la ruta para visitantes al menos los elementos:

- Planta de Gossan. De aquellos elementos significativos restaurados tras el consenso entre EMED-T y la Delegación Territorial de la Consejería de Educación, Cultura y Deporte.
- Poblado romano de Corta del Lago. Deberá evitarse el deterioro del mismo por el trasiego de personas.
- Pala cargadora Rouston Bucyrus. Podrá moverse de su actual ubicación, pero deberá ser vallada para preservarla y para mantener la visita en condiciones de seguridad.
- Malacates y otros bienes patrimoniales inmuebles. Siempre y cuando estén en condiciones de conservación que merezcan su visita y no resulte redundante después de haber realizado una anterior. A este respecto, se primarán elementos patrimoniales significativos y en buen estado de conservación.

Al objeto de reutilizar las infraestructuras existentes, podrá utilizarse en la medida de lo posible, una vez clausurada la mina, el actual aparcamiento de las oficinas de EMED-T, así como parte del edificio que las alberga para dar recibimiento y acogida a los potenciales visitantes. Será en este lugar donde se dispondrá una maqueta que reproducirá la Mina de Riotinto, y se informará sobre los puntos de interés de la visita. La ruta partirá de estas instalaciones pasando por la Trituradora primaria, se podrán visitar ambas cortas, Corta Atalaya y Cerro Colorado, en su vertiente norte, para lo cual será fundamental conservar los pasos existentes bajo la carretera A-461.

Toda la ruta debe estar señalizada tanto en cuanto a los elementos observables, culturales, naturales y/o paisajísticos, como en cuanto a las medidas de seguridad que deben respetarse.

Las zonas no visitables cuyas especiales características constituyan un peligro de gravedad mayor deberán no solo tener paso franco, sino que deberán disponer de señalización explicando el origen del peligro.

La ruta estará dividida en dos:

- Ruta turística peatonal. Tendrá en conjunto 4 km., según la propuesta recogida en la figura siguiente. Esta ruta pasará por debajo de la carretera A-461 primero por un paso exclusivo para peatones, más estrecho, en dirección a la Corta Cerro Colorado, y luego por un paso más ancho compartido con la Ruta para Vehículos, en dirección a Corta Atalaya. Tendrá un mirador exclusivo para senderistas en Corta Atalaya y uno compartido con la segunda ruta en Cerro Colorado.

- Ruta turística para vehículos. Contará con 20 km. según el itinerario propuesto. Tendrá dos miradores exclusivos, uno sobre Corta Atalaya y otro sobre las Secciones de Aguzadera, Gossan y Cobre.

Existirán dos tramos en los que durante un recorrido total de más de 600 metros coexistirán el tránsito de vehículos y el de peatones, señalizado como Ruta turística mixta en la figura, por lo que deberán disponerse las medidas de seguridad necesarias para que no haya ningún accidente: señalización al efecto y disposición de una plataforma separada para el paso de los senderistas.

En el transcurso de toda la ruta, se deberán incluir paneles interpretativos sobre la geología del yacimiento minero de Riotinto (contexto geológico, geometría, metalogenia, métodos de explotación, etc.) en puntos estratégicos de contemplación, por ejemplo en los miradores de Cerro Colorado o de Corta Atalaya.

Se deberá potenciar la persistencia de aquellas características o rasgos naturales y antrópicos por los cuales este georrecurso tiene valor, por lo que:

- Se evitara la contaminación visual o perceptiva, así como cualquier interferencia que impida o distorsione la contemplación de aquellos elementos de interés geológico significativo compatibles con la explotación, ya sean afloramientos rocosos (cortas mineras, mineralizaciones masivas o fisurales tipo “stockwork”, gossan, etc.) o infraestructuras ligadas a su explotación.
- Estos elementos se señalizaran adecuadamente de manera que quede garantizada su integridad a lo largo de todo el periodo de restauración.

Las zonas en las que las visitas entren en contacto con rodales de *Erica andevalensis*, deberán disponer de cartelería en la que se explique pormenorizadamente las características singulares de la especie, su grado de protección y la prohibición de “destruir, recoger, cortar, talar o arrancar, en parte o en su totalidad” estos especímenes bajo riesgo de incurrir en una infracción tipificada como muy grave en materia de conservación de la biodiversidad.

Se intentará que la ruta pase por alguno de los túneles con presencia de quirópteros, a una distancia prudencial para no molestar a la fauna, o bien, y preferiblemente, que discurra cercano a alguno de los dos refugios para quirópteros que se prevé sean construidos. En los puntos en los que el visitante tenga la posibilidad de interactuar visualmente con quirópteros o sus lugares de refugio y anidación, se dispondrá cartelería adecuada al objeto de informar sobre la riqueza faunística de la Mina de Riotinto, explicando como la fauna se adapta a las especiales características del nicho ecológico que suponen los vestigios de la actividad minera.

En los lugares en los que se visualicen las aguas ácidas, bien en las cortas, bien en panorámicas sobre presas o sobre ríos con aguas ácidas, se establecerá cartelería cuyo fin sea explicar las peculiaridades químicas y biológicas del terreno y de las aguas que se generan. Deberá hacerse especial hincapié en su singularidad paisajística, y en la

importancia que tienen estas aguas ácidas como ecosistemas únicos en el mundo, ya que albergan microorganismos endémicos y exclusivos de esta Cuenca Minera de Riotinto.

Se recomienda, para enriquecer la ruta, que se cree un servicio de guías-intérpretes que esté compuesto no sólo por personal cualificado en las materias sobre patrimonio natural y cultural, sino por antiguo personal de la mina, ya que ellos en si constituyen una parte del patrimonio cultural a poner en valor en este singular espacio, el que constituye el patrimonio inmaterial: los saberes asociados al territorio y al aprovechamiento de sus recursos naturales, que tradicionalmente se han venido realizando a lo largo de la historia de la Mina de Riotinto.

2.5.1.1 El uso público en la Mina de Riotinto durante la fase operacional del PRT

La gestión de la explotación del yacimiento debe ser compatible con la conservación, promoción y difusión de este Georrecurso de relevancia internacional y así deberá ser garantizado por EMED-T. En este sentido, y siempre y cuando se realicen en condiciones de seguridad para las personas, una vez comenzadas las operaciones de explotación, se planificará un programa específico para permitir visitas gratuitas al área, al menos 4 días al mes, con el que facilitar el aprovechamiento de los valores del mismo (científico, didáctico y turístico). Adicionalmente, se establecerán mecanismos para permitir visitas excepcionales por parte de todo tipo de organizaciones (Universidades, colegios, asociaciones, etc.). Las normas específicas que regularan este programa serán públicas mediante canales de difusión adecuados.

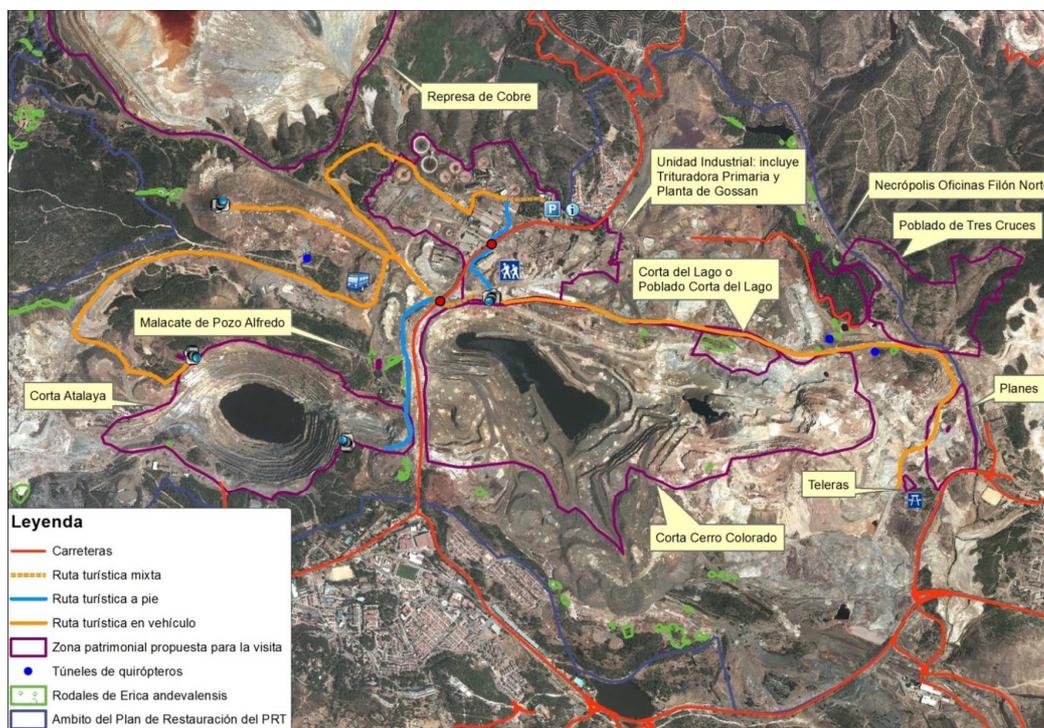


Figura 2.4: Rutas turísticas tras la clausura del PRT.

2.5.2 Control sobre Cerro Colorado posterior al abandono

El plan propuesto permitirá el control permanente de los siguientes aspectos operativos:

- Cartografía geológica, litología, estructura y geotecnia de las excavaciones.
- Medición de las propiedades de los materiales in situ.
- Medición en superficie y en profundidad de la deformación de los taludes y su evolución en el tiempo.
- Piezometría.

La mayor parte de los controles se ejecutarán desde el inicio de la operación en el yacimiento, manteniéndose este control por un mínimo de 30 años tras el abandono de la corta.

Se definirá la necesidad de contar con un equipo técnico (Unidad de Control Geotécnico), dedicado a realizar todas las tareas relacionadas con la auscultación y vigilancia de la corta.

El sistema de vigilancia dependerá en gran medida de los resultados de la vigilancia inicial. Sin embargo, es previsible que incorpore algunos o todos los sistemas y métodos de vigilancia que se recogen a continuación:

- **Control Geotécnico:** Se realizarán fichas de los taludes excavados en los que se reunirá la siguiente información:
 - Geometría de la excavación: el control geométrico de la excavación permitirá alertar sobre posibles desviaciones del diseño del previsto, tanto provocadas por las necesidades de la propia excavación como accidentales como consecuencia de inestabilizaciones locales.
 - Con objeto de llevar un adecuado control sobre la auscultación y reconocer el progreso de la corta se realizarán registros geológicos de los frentes excavados, incluyendo las incidencias observadas.
 - Fotointerpretación de los frentes: se realizará fotointerpretación con las fotografías digitales obtenidas de los frentes de excavación.
 - Mapeo o levantamiento de los frentes de excavación: con todos los datos disponibles del reconocimiento de campo y del estudio fotográfico se efectuará un análisis de los frentes de excavación, en el que se reflejará al menos lo siguientes datos geotécnicos:
 - Quedará reflejada la estructura del macizo y las principales familias de discontinuidades geológicas. A estos efectos los macizos rocosos se dividirán en dominios donde la estructura del macizo sea similar.
 - Estaciones geomecánicas: se procederá a la ejecución de estaciones geomecánicas clasificando geotécnicamente el terreno mediante el RMR de Bieniawski y realizando un levantamiento de las

- discontinuidades, obteniendo los datos necesarios para su caracterización siguiendo la metodología de Barton- Bandis.
- **Estereogramas:** se obtendrán estereogramas de las discontinuidades que, tras su análisis, proporcionarán el número y orientación de las principales familias de fracturación. Inventario de puntos de agua: se realizarán inventarios de los puntos de agua que surjan con la excavación de la corta.
 - **Control de fisuras y grietas:** se efectuará un archivo de todas aquellas fisuras y grietas que puedan surgir durante el desarrollo de la explotación, tanto en el interior de la corta como en su perímetro de influencia (al menos 100 m de anchura tras la coronación. En el historial de cada grieta figura la siguiente información:
 - Fecha en la que se observó por primera vez.
 - Descripción individual de la grieta.
 - Representación de la grieta en croquis con localización.
 - Fotografías periódicas fechadas.
 - Evolución de la separación de los lados de la grieta con indicación de la temperatura en el momento de la lectura, etc.

En los recorridos periódicos y para aquellas grietas que requieran un seguimiento más riguroso (en las que se colocaron previamente testigos de yeso), se podrán instalar bases de inserción en ambos labios de la grieta, para medir mediante un deformímetro su movimiento y representar en una gráfica la evolución de la grieta en función de la excavación de la corta y del tiempo. Si estos valores indicasen un claro movimiento, se estudiará un plan de actuación y las medidas a adoptar.

- **Control piezométrico:** Se deberán instalar 10 sensores de piezometría (en 5 sondeos con 2 sensores), los cuales permitirán controlar la evolución de la presión de poro en la zona saturada situada sobre el nivel freático regional. Posteriormente se dispondrá de los sistemas de control de la deformación del terreno afectados en las operaciones mineras de la corta, tanto en superficie mediante estación total y topografía convencional, como en profundidad, mediante 5 inclinómetros.
Para ello, se colocarán desde la superficie del terreno bases de nivelación/colimación (15 hitos topográficos) a distintas profundidades, aprovechando bermas o incluso las rampas de acceso a la explotación, de forma que sea siempre posible la toma de lectura y procurando que no se vean afectadas por el desarrollo de la excavación. Estos hitos topográficos estarán empotrados en el terreno y se protegen del tráfico de maquinaria mediante una tapa o arqueta metálica. De cada punto auscultado se presentarán gráficos que

muestren la velocidad con la que se están moviendo los terrenos a nivel superficial.

- **Control topográfico:** Así mismo, se contará un sistema de monitoreo remoto (GPS) para el control de deslizamientos, para medir los posibles desplazamientos de los taludes, los cuales pueden deberse a sismos, lluvias, causas antrópicas (voladuras, cambios en la geometría de la corta, paso de maquinaria pesada...). Este monitoreo consistirá en 15 estaciones móviles de medición que incluye un GPS, instaladas en los taludes, así como otras estaciones de referencia instaladas en posición fija alrededor de la Corta. Cada estación de medición recogerá los datos del GPS en intervalos de tiempo suficiente, los cuales serán transmitidos a la estación de control para su procesamiento. Todos estos datos se procesarán juntos y los resultados consistirán en las posiciones relativas de las estaciones móviles respecto a la estación de referencia.
- **Información y reporte:** A partir de la información obtenida, se emitirán hasta tres tipos de informes diferentes:
 - Informe quincenal: será de acción inmediata para validar la continuidad de la excavación, recogerá la siguiente información:
 - Instalación y mantenimiento de los sensores: Localización de los sensores activos en un plano actualizado, Indicación de los nuevos sensores instalados Indicación de los sensores que han dejado de estar operativos, se representará en una tabla las características de los nuevos sensores instalados y la causa de fallo de los sensores eliminados y/o reemplazados, desarrollo de la corta; se ubicará en un plano actualizado todas las áreas activas de excavación ocupadas por la corta. Para cada área se indicará la cantidad de material excavado así como la profundidad alcanzada en cada banco
 - Representación en un gráfico las nuevas lecturas de inclinómetros, piezómetros e hitos topográficos y prismas de nivelación. Se compararán los valores alcanzado con los valores esperados en los modelos predictivos. Además, en dichos gráficos, se mostrará la tendencia de los datos de las últimas 4 semanas. Se explicará la aparición de cualquier valor anómalo
 - Informe Mensual: incorporará la siguiente información:
 - Instalación y mantenimiento de los sensores: Localización de los sensores activos en un plano actualizado; indicación de los nuevos sensores instalados; indicación de los sensores que dejen de estar operativos; se representará en una tabla las características de los nuevos sensores instalados y la causa de fallo de los sensores

eliminados o reemplazados; se indicará la proporción de sensores estropeados, así como la causa de fallo. En el caso de que los errores que se estén produciendo sean del tipo sistemático, se deberán proponer las correspondientes acciones correctivas; desarrollo de la corta; se ubicará en un plano actualizado todas las áreas activas de excavación ocupadas por la corta. Para cada área se indicará la cantidad de material excavado así como la profundidad alcanzada en cada banco; se representarán los levantamientos geológicos de los frentes activos de la excavación; se incluirá la cartografía geológica y geotécnica de la corta. A su vez, se mostrará cualquier variación detectada de la calidad del macizo rocoso (mediante el índice RMR).

- Representación en un gráfico las nuevas lecturas de inclinómetros, piezómetros e hitos topográficos. Dichos gráficos deben mostrar la evolución de los desplazamientos y las presiones de poro, al menos, de los últimos 6 meses. Se explicará la aparición de cualquier valor anómalo
 - Ensayos de laboratorio: Los resultados de los ensayos de laboratorio quedarán registrados en tablas y/o gráficos. El informe mensual será remitido a la Dirección Facultativa, dentro de los siete primeros días del mes siguiente al que corresponda el Informe
- o Informe de Actuación Urgente: Cada vez que surja algún imprevisto, como el caso de producirse desviaciones simultáneas en dos sensores, se elaborará un informe de actuación urgente que se remitirá a la Dirección Facultativa, en un plazo no mayor de 24 horas.

Los tres tipos de Informes se firmarán por el responsable de la Unidad de Control Geotécnico (U.C.G.) a la Asistencia Técnica para su revisión, en el caso de que detecten algún tipo de anomalía en las mediciones estos recomendarán el nivel de alarma a activar. La Asistencia Técnica recomendará la periodicidad y alcance de sus informes en función de los valores de las mediciones que se vayan obteniendo.

Como recordatorio, las funciones de esta UCG dedicada al control geotécnico, son las siguientes:

- Elaboración del Plan de Vigilancia actualizada para cada fase.
- Definición de los Niveles de Alerta.
- Diseño de los programas de auscultación.
- Planificación y realización de trabajos de campo especiales para completar el conocimiento geotécnico en puntos concretos.
- Realización de ensayos de laboratorio especiales para la comprobación de parámetros geotécnicos no convencionales.

- Desarrollo y puesta a punto de un sistema integrado de Tratamiento de Datos, en el que se almacenen los datos de la auscultación, insertándolos en aplicaciones informáticas adecuadas para visualizarlos fácilmente.

La U.C.G. deberá presentar antes del comienzo de los trabajos los procedimientos a poner en marcha para cada nivel de alerta considerado.

El equipo técnico que se encargará de realizar las mediciones y el análisis de los mismos será dimensionado para responder adecuada y eficazmente a las funciones descritas.

2.5.3 Control sobre Corta Atalaya posterior al abandono

El Plan de Vigilancia tiene por objeto asegurar el control de la estabilidad de la corta y del área afectada por ésta, tras la clausura de la misma, a través del conocimiento de las condiciones de estabilidad, cambios en el diseño, si fuera necesario, y la puesta en marcha de medidas preventivas y correctivas.

El plan prevé la implantación de un programa de acumulación de datos recogidos mediante sistemas de instrumentación y levantamientos geológicos, y la gestión, tratamiento informático y análisis de los mismos por un equipo técnico.

Los objetivos que se persiguen con las medidas recogidas en el plan de vigilancia son:

- Control Geotécnico, el cual incluye la planificación y realización de trabajos de campo especiales para completar el conocimiento geotécnico en puntos concretos.
- Instrumentación y Auscultación (control de tensiones y deformaciones).
- Organización de la Unidad de Control Geotécnico (UCG).

El plan propuesto permitirá el control permanente de los siguientes aspectos operativos:

- Cartografía geológica, litología, estructura y geotecnia de las excavaciones.
- Medición de las propiedades de los materiales in situ, si fuera preciso.
- Evaluación de la meteorización y desmoronamiento superficial, mediante el seguimiento visual de su evolución en el tiempo
- Medición en superficie y en profundidad de la deformación de los taludes y su evolución en el tiempo.
- Control piezométrico.

El sistema de vigilancia dependerá en gran medida de los resultados de la vigilancia inicial. Sin embargo, es previsible que incorpore algunos o todos los sistemas y métodos de vigilancia que se recogen a continuación:

- **Control Piezométrico:** se deberán instalar sensores de piezometría, los cuales permitirán controlar la evolución de la presión de poro en la zona saturada situada sobre el nivel freático regional. Posteriormente se dispondrá de los sistemas de control de la deformación del terreno afectados en las operaciones mineras de la corta en superficie mediante estación total y topografía convencional. Para ello, se colocarán desde la superficie del terreno bases de nivelación/colimación (hitos topográficos) a distintas profundidades, aprovechando bermas o incluso las rampas de acceso a la explotación, de forma que sea siempre posible la toma de lectura y procurando que no se vean afectadas por el desarrollo de la excavación. Estos hitos topográficos estarán empotrados en el terreno. De cada punto auscultado se presentarán gráficos que muestren la velocidad con la que se están moviendo los terrenos a nivel superficial.

Se ha previsto tras la clausura y abandono, la instalación de 2 piezómetros con dos sensores cada uno a diferente profundidad. Ambos piezómetros se ubicarán en la coronación del talud Sur alineados con la grieta de Bellavista.

- **Control Topográfico:** Así mismo se recomienda que se continúe el seguimiento de los hitos topográficos mediante topografía convencional, tal y como viene haciéndose hasta la actualidad.

En el "Proyecto de Auscultación y Control del Proyecto Minero de Cerro Colorado", se definirá la necesidad de contar con un equipo técnico (UCG), dedicado a realizar todas las tareas relacionadas con la auscultación y vigilancia de la corta.

Se ha previsto tras la clausura y abandono, la instalación de 19 prismas topográficos controlados con estación total ubicados en el perímetro de coronación de la corta, bermas, rampas y plataformas, incrementando el número en el talud Sur y en la zona de los rellenos al Este de la corta.

3 PARTE III. MEDIDAS PREVISTAS PARA LA REHABILITACIÓN DE LOS SERVICIOS E INSTALACIONES ANEJOS A LA INVESTIGACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE RECURSOS

3.1 Introducción

Esta Parte III del Plan de Restauración, está dedicada a identificar las medidas previstas para la rehabilitación de los servicios e instalaciones anejos a la explotación de recursos minerales.

Por todo ello, se expone en este capítulo una breve descripción de las estructuras que serán objeto de desmantelamiento, una descripción básica de los trabajos de desmantelamiento y una identificación de los trabajos previstos para la rehabilitación del espacio afectado por estas instalaciones.

Al final de la vida útil de las instalaciones asociadas a la explotación minera, se presentará para su aprobación por la autoridad competente un **Proyecto Técnico de Desmantelamiento de las Estructuras** dando cumplimiento a la normativa vigente. Este proyecto garantizará por un lado una correcta gestión de los residuos generados durante los trabajos de desmantelamiento, y por otro contemplará la realización de todos los trabajos necesarios para garantizar que el emplazamiento queda en las condiciones adecuadas para la rehabilitación final del mismo acorde con el Plan de Restauración (por ejemplo, la realización de una campaña de investigación de suelos contaminados en zonas críticas del recinto).

Las instalaciones industriales del complejo minero son uno de los elementos singularizados que forman parte de la Zona Patrimonial de la Cuenca Minera de Riotinto-Nerva. Estas instalaciones se encuentran por tanto protegidas en aplicación de la legislación de Protección del Patrimonio Histórico. Aunque en el Plan de Restauración se prevé el desmantelamiento de todas las instalaciones, el Organismo Competente en materia de Patrimonio Histórico determinará qué elementos significativos deben ser consolidadas, en lugar de plantear su desmantelamiento, para que dichas instalaciones formen parte del legado industrial del propio proceso minero de Minas de Riotinto como ejemplo del importante proceso de extracción de que se llevó a cabo en estas instalaciones.

3.2 Descripción general de la actuación

Los distintos elementos a desmantelar se localizan en una parcela de una superficie aproximada de 90 Ha. Esta parcela se encuentra dividida en dos sectores por la carretera A-461, existiendo a ambos lados de la carretera estructuras a desmantelar.

De forma genérica, pueden distinguirse dos tipos principales de estructuras a demoler, si bien este aspecto se desarrolla más detenidamente en apartados posteriores. En la zona de actuación se identifican:

- Estructuras metálicas y de hormigón con funciones de almacenamiento y operacional.
- Espesadores.

Para describir las distintas partes en que se divide el desmantelamiento, se ha empleado la misma nomenclatura de áreas y edificios definida actualmente para el proceso operacional.

- La parcela se encuentra dividida en áreas. Cada área tiene asignado un número identificativo que la distingue del resto de las áreas.
- En ocasiones un área, por dimensiones o por elementos a los que da cobijo, se encuentra dividida en sub-áreas, a las que se les asigna un subíndice.
- Finalmente, cada instalación tiene asignado un nombre que lo define.
- En ocasiones estas instalaciones tienen asociadas otras instalaciones que en cada caso individual se nombrarán de forma inequívoca.

Las distintas instalaciones pueden observarse en la siguiente tabla.

Tabla 3.1: Instalaciones del complejo minero.

Nº	NOMBRE	Nº	NOMBRE
1	Almacén de concentrado de cobre (Área 09)	49	Planta de trituración fina (Área 02)
2	Almacén de finos (Área 03)	50	Planta de trituración primaria (Área 01)
3	Almacén de gruesos (Área 30)	51	Planta de trituración primaria (Área 10)
4	Almacén de planta (Área 20)	52	Planta de trituración primaria (Área 29)
5	Aparcamientos de vehículos de planta	53	Planta HDS
6	Aparcamientos de oficinas Generales	54	Planta HDT
7	Aparcamientos	55	Planta piloto
8	Área de geología	56	Pozas de lixiviación (Planta piloto)
9	Bandeja de tuberías del Área 34	57	Punto Limpio
10	C.C.D. 1 (Área 13)	58	Punto Limpio
11	C.C.D.2 (Área 13)	59	Sala de bombas del sistema contra incendios
12	C.C.D.3 (Área 13)	60	Subestación eléctrica principal (Área 22)
13	C.C.D.4 (Área 13)	61	Surtidor de vehículos ligeros
14	C.C.D.5 (Área 13-B)	62	Surtidor de vehículos pesados
15	C.C.D.6 (Área 13-B)	63	Taller de instrumentación
16	C.C.D.7 (Área 13-A)	64	Taller de planta (Área 20)
17	Caseta de control del Área 11	65	Taller y almacén de mina (Área 19)
18	Caseta de control del Área 11-A	66	Tanque C.C.D.7 (Área 13-A)
19	Caseta de transformación (Área 11)	67	Tanque de agua fresca (Área 21)
20	Caseta de transformación (Área 13-A)	68	Tanque de agua recuperada (Área 21)

Nº	NOMBRE	Nº	NOMBRE
21	Caseta para floculante (Área 13)	69	Tanque de agua recuperada (Área 21)
22	Comedor del área de trituración	70	Tanques de lixiviación (Área 12)
23	Conos de clarificación (Área 15-A)	71	Tanques de solución (Área 14)
24	Decantadores de concentrado de cobre	72	Torre de transferencia
25	Dosificación de reactivos	73	Torre de transferencia
26	Espesador de cabeza Nº1 (Área 11)	74	Torre de transferencia
27	Espesador de cabeza Nº2 (Área 11-A)	75	Torre de transferencia
28	Espesador de concentrado de cobre	76	Transportador Nº 51
29	Espesador de concentrado de cobre	77	Transportador Nº10
30	Espesador de concentrado de cobre	78	Transportador Nº12
31	Estación de bombeo (Área 13-B)	79	Transportador Nº23
32	Estación de bombeo (Área 13)	80	Transportador Nº30
33	Expedición y control de acceso a planta	81	Transportador Nº31
34	Laboratorio	82	Transportador Nº32
35	Laboratorio antiguo	83	Transportador Nº34
36	Lavadero de vehículos pesados	84	Transportador Nº36
37	Oficina técnica del área de mineralurgia	85	Transportador Nº40
38	Oficina técnica del área de trituración	86	Transportador Nº43
39	Oficinas generales	87	Transportador Nº45
40	Planta de Cal (Área 08)	88	Transportador Nº5
41	Planta de cribado (Área 31)	89	Transportador Nº52
42	Planta de deslamado (Área 34)	90	Transportador Nº54
43	Planta de filtrado (Área 15)	91	Transportador Nº55
44	Planta de filtrado y secado (Área 09)	92	Transportador Nº6
45	Planta de flotación (Área 05)	93	Transportador Nº9
46	Planta de fusión (Área 16)	94	Vestuarios del área de mineralurgia
47	Planta de molienda (Área 04)	95	Vestuarios del área de trituración
48	Planta de trituración 2ª y 3ª (Área 32)		

Todas las instalaciones industriales del Proyecto se consideran protegidas por la legislación de protección del patrimonio histórico (Ley 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía y sus modificaciones), dado que la Consejería de Cultura, en noviembre de 2011, a través de la Dirección General de Bienes Culturales ha incoado el procedimiento para inscribir en el Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz, como Bien de Interés Cultural (BIC) con la tipología de Zona Patrimonial, la Cuenca Minera de Riotinto-Nerva, localizada en los términos de Minas de Riotinto, Nerva y El Campillo, por tratarse de un conjunto patrimonial "único y excepcional" integrado por bienes diacrónicos y sincrónicos representativos de la evolución humana, y que son "reflejo de las diversas

culturas y sociedades que han ocupado este territorio minero, uno de los más relevantes a escala mundial".

Entre los elementos singularizados que justifican la inscripción del bien, se encuentran "todas las instalaciones modernas de la empresa minera".

Estas instalaciones por tanto se consideran protegidas en el marco de aplicación de la legislación de Protección del Patrimonio Histórico, por lo que, se tiene en cuenta que cuando se presente el Proyecto de abandono definitivo de labores de aprovechamiento (Artículo 15 del Real Decreto 975/2009, de 25 de junio), el desmantelamiento de las instalaciones estará sujeto a la autorización previa de la Consejería competente en materia de Patrimonio Histórico en los términos establecidos en el art 33.3 de la Ley 14/2007, de 26 de noviembre, de Patrimonio Histórico de Andalucía, a efectos de establecer si existe alguna instalación singular que deba ser conservada y determinar las condiciones en las que tal conservación deba realizarse.

Ya en el presente Plan de Restauración se contempla el especial interés de la Planta de Gossan para el conocimiento del procesado del mineral que históricamente se ha venido realizando en la Faja Pirítica onubense. Así, mediante un consenso previo con la Delegación Territorial de la Consejería de Cultura, se restaurarán ciertos elementos significativos de la planta de tratamiento y transporte, señalados por dicha administración y de la manera que en ese momento quede definida. Estas instalaciones restauradas deberán integrarse en el aprovechamiento para el Uso Público futuro de todo el conjunto patrimonial incluido ahora en el Proyecto de explotación Riotinto.

3.3 Metodología de desmantelamiento y deconstrucción

En el proceso de ejecución de la demolición selectiva se identifican dos fases:

- Trabajos previos de preparación.
- Ejecución material de la demolición.

3.3.1 Trabajos previos

El objetivo de los trabajos previos es establecer medidas genéricas de seguridad previas a la ejecución del derribo.

Las acciones a realizar en esta primera fase son:

- Comunicación a los organismos que puedan resultar afectados, como compañías de servicios, servicios municipales, etc.
- Anulación de los servicios de suministro existentes y vaciado de depósitos.
- Apuntalamiento previo.
- Disposición de andamios.
- Previsión de medios de protección colectiva y personal.

3.3.2 Ejecución material

El desarrollo ordenado de la demolición selectiva en distintas etapas hace posible que el aprovechamiento de los materiales y de los elementos constructivos sea compatible con la imprescindible seguridad del proceso.

El orden a seguir en el proceso de deconstrucción es el siguiente:

- Desmantelamiento de equipos.
- Desmontaje de materiales de revestimiento y acabado.
- Desmantelamiento de instalaciones eléctricas, fontanería, etc.
- Desmontaje de cubiertas.
- Demolición de tabiques y paredes interiores.
- Demolición de paredes de fachadas.
- Demolición de elementos de la estructura.

3.4 Técnicas de desmantelamiento y demolición

3.4.1 Desmantelamiento

De manera general, los equipos que puedan tener cierta utilidad y no sean considerados como residuos, serán desmontados y vendidos directamente o reducidos a chatarra para su recogida posterior por un gestor de residuos en el caso de que tuvieran tal condición

Los equipos que estén en contacto con sustancias peligrosas tendrán la consideración de residuos peligrosos, tal como establece la normativa vigente en la materia

Se vaciarán los depósitos, extraerá el aceite de aquellos equipos que lo contengan, desgasificarán los almacenamientos de gasoil, retirarán posibles productos químicos residuales, etc.

En el proceso de desmantelamiento de los equipos no reutilizables se podrán emplear las mismas técnicas que las empleadas en la demolición.

El desmantelamiento de equipos y elementos metálicos se realizará usando las siguientes técnicas y maquinarias:

- Cizallas hidráulicas.
- Cizallas mecánicas.
- Técnicas de oxicorte.

3.4.2 Demolición

Como los edificios e instalaciones presentan diferentes tipologías y combinaciones de elementos estructurales, es difícil establecer la idoneidad de un método de demolición único y específico.

Se empleará el procedimiento mecánico más adecuado de los expuestos a continuación:

- Manual: Desde un andamio previamente instalado en el exterior, independientemente del muro, estando la plataforma de trabajo un máximo de 0,25 m por encima o 1,50 m por debajo del nivel superior del muro.
- Por tracción: Mediante maquinaria o herramienta adecuada, cortando el paramento en paños de ancho no superior a 1,50 m y efectuando una roza en la parte inferior del elemento. La tracción debe realizarse desde una distancia mínima a una vez y media la altura del muro, después de haber alejado al personal de la zona de acción.
- Por empuje: Cuando la altura del edificio o parte a demoler sea inferior a 2/3 de la alcanzable por la máquina y ésta pueda maniobrar libremente sobre suelo con suficiente consistencia. Cuando la altura del edificio sea superior a la alcanzable por la maquinaria, éste se debe demoler por procedimiento manual, hasta un nivel que facilite el acceso y maniobra de la misma.

Independientemente de la técnica de demolición a utilizar, será necesaria una preparación previa de los elementos a demoler que comprenden operaciones de corte, perforaciones y técnicas de desamiantado, etc.

Una vez efectuada la demolición, la evacuación de los escombros podrá realizarse de las siguientes formas:

- Apertura de huecos en el forjado.
- Mediante grúa.
- Mediante canales.
- Lanzamiento libre del escombros.
- Desescombros mecanizado.

Todos los residuos de la construcción y demolición (RCD's) serán puestos, en principio, en manos de gestores autorizados

Deberá tenerse en cuenta lo establecido en el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, en lo referente a la excepción que realiza sobre el ámbito de aplicación del mismo sobre las tierras y piedras no contaminadas por sustancias peligrosas reutilizadas en la misma obra, en una obra distinta o en una actividad de restauración, acondicionamiento o relleno, siempre y cuando pueda acreditarse de forma fehaciente su destino a reutilización.

3.5 Condiciones generales de ejecución

Las condiciones de ejecución de las tareas de desmantelamiento y demolición serán efectuadas según las características propias de cada actuación. A continuación describimos de forma independiente cada una de ellas.

3.5.1 Desmantelamiento

- En un primer paso, se desmantelarán las pasarelas, tuberías, accesorios de equipos y depósitos de subproductos para facilitar las maniobras de la maquinaria que será utilizada en los trabajos posteriores. La estructura principal de estos elementos quedará libre facilitando los trabajos de cizallamiento y oxicorte, y se eliminarán los elementos que puedan desprenderse y caer tras el corte.
- Las tuberías y conductos se ventilarán de forma previa al corte por si contienen sustancias o gases nocivos.
- Para el desmantelamiento de equipos de altura elevada (depósitos de subproductos, torres de refrigeración, etc.) se utilizará el oxicorte hasta la altura en que los equipos de cizallamiento puedan actuar.
- Los equipos serán desmantelados desde arriba hacia abajo, mediante el corte sucesivo de piezas. Si presentan algún tipo de revestimiento o de elemento no metálico, deberá eliminarse mecánicamente previamente al inicio del oxicorte.
- Cuando el desmantelamiento interior esté avanzado, se podrá demoler una zona puntual en el cerramiento de la nave respetando los elementos estructurales de la misma, de forma que permita introducir maquinaria para trasladar el material desmantelado a la zona exterior de acopios y proceder a su achatarramiento.

3.5.2 Demolición

A continuación presentamos las acciones a llevar a cabo en la demolición según tres etapas: antes, durante y después de la demolición.

- **Antes de la demolición**
 - Antes del inicio de las operaciones de demolición, se realizarán las de desamiantado, sobre todo de las naves y edificaciones que contengan placas de fibrocemento, con objeto de que no se partan o fragmenten durante la demolición.
 - Las edificaciones se rodearán de una valla de protección de al menos 2 m de altura y a una distancia no menor de 1,5 m. Cuando dificulte el paso, se dispondrán luces rojas, a una distancia no mayor de 10 m y en las esquinas.

- Se protegerán los elementos de Servicios Generales, como bocas de riego, tapas y sumideros de alcantarillas, etc.
 - En fachadas se situarán protecciones como redes, lonas, así como una pantalla inclinada, rígida, que sobresaldrá de la fachada al menos 2 m para recoger los escombros o herramientas que puedan caer.
 - Se dispondrá en obra de elementos de seguridad para los operarios que pudieran accidentarse.
 - No se utilizará el fuego con propagación de llama como medio de demolición.
 - Se neutralizarán las acometidas de las instalaciones, se taponará el alcantarillado y se comprobará que no haya materiales combustibles o peligrosos almacenados, habiéndose vaciado todos los depósitos y tuberías.
 - Se dejarán previstas tomas de agua para el riego con objeto de evitar la formación de polvo durante los trabajos.
 - En la instalación de grúas o maquinarias a emplear se mantendrá la distancia de seguridad a las líneas de conducción eléctrica.
- **Durante la demolición**
 - La demolición se efectuará, en general, de arriba hacia abajo, sobre elementos del mismo nivel y evitando que hayan personas situadas en la misma vertical y en la proximidad de elementos que abatan o vuelquen.
 - Siempre que el riesgo de caída en altura del operario sea superior a 3 m, se utilizarán cinturones de seguridad, anclados a puntos fijos o se dispondrán andamios. Se dispondrán pasarelas para la circulación entre viguetas o nervios de forjados a los que se haya quitado el entrevigado.
 - Se mantendrán dos accesos independientes, uno para vehículos y otro para personal.
 - En elementos metálicos en tensión, se tendrá presente el efecto de oscilación al realizar el corte o al suprimir las tensiones.
 - Se apuntalarán los elementos en voladizo, antes de aligerar sus contrapesos.
 - En general, se desmontarán sin trocear los elementos que puedan producir cortes o lesiones, como vidrios o aparatos sanitarios.
 - El vuelco sólo podrá realizarse para elementos desplazables, no empotrados, situados en fachadas hasta una altura de dos plantas.
 - Los compresores, martillos neumáticos o similares, se utilizarán previa autorización de la Dirección Técnica.
 - Se arrancarán los clavos o doblarán las puntas en los elementos de madera.
 - Las grúas no se utilizarán para realizar esfuerzos horizontales u oblicuos.
 - No se desprenderán las cargas bajo el solo control del freno.
 - Se evitará la formación de polvo regando ligeramente los elementos y/o escombros.
 - No se acumularán escombros con peso superior a 100 kg/m² sobre forjados, ni tampoco elementos contra vallas, muros y soportes mientras éstos deban permanecer en pie. Tampoco se depositarán escombros sobre los andamios.

- Al finalizar la jornada, no deben quedar elementos de los edificios en estado inestable, de manera que el viento, las condiciones atmosféricas y otras causas puedan provocar su derrumbamiento. Se protegerán de la lluvia mediante lonas de plásticos las zonas o elementos de los edificios que puedan resultar afectados por esta.
- Después de la demolición
 - Alcanzada la cota cero, se comprobará si las construcciones y edificaciones vecinas han sufrido lesiones.
 - Las vallas, sumideros, arquetas, pozos y apeos quedarán en perfecto estado de servicio.

3.6 Medidas ambientales

Durante el proceso de desmantelamiento se llevarán a cabo un conjunto de medidas, relacionadas principalmente con la gestión de residuos, con el objetivo de reducir o eliminar los efectos ambientales producidos por la actuación.

Las medidas empleadas son:

- Segregación de residuos.
- Inventario y clasificación de residuos.
- Almacenamiento y etiquetado.
- Gestión.

3.6.1 Segregación de residuos

La segregación de residuos permite optimizar el transporte por parte del gestor autorizado, abaratando los costes de gestión.

Es importante realizar una buena segregación de los residuos en origen, manteniendo el principio de jerarquía que establece el art. 8 de la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados:

- Preparación para la reutilización;
- Reciclado;
- Otro tipo de valorización, incluida la valorización energética; y
- Eliminación

Para ello es necesario que previamente al desmantelamiento se realice una inspección detallada de los elementos, identificando a priori los distintos materiales que se generarán, así como valorar el grado de contaminación de los mismos.

La determinación de los residuos que han de considerarse como residuos peligrosos y no peligrosos se hará de conformidad con la lista establecida en la Decisión 2000/532/CE de la Comisión, de 3 de mayo de 2000.

Se realizará un proceso de demolición selectivo permitiendo desde el inicio separar los residuos en estos 2 grandes grupos en función de sus características:

Dentro de cada grupo, se clasificarán los residuos según su naturaleza, almacenándose y gestionándose de forma independiente, para lo cual se habilitarán dos zonas de acopio diferenciadas.

La zona habilitada para los residuos peligrosos deberá estar diseñada para evitar la contaminación del suelo, situarse próxima a las obras pero protegida de las mismas y ser de fácil acceso.

Se podrá realizar un acopio temporal de residuos por el tiempo máximo que marca la normativa vigente, con objeto de optimizar la gestión de los mismos.

3.6.2 Inventario y clasificación de residuos

El inventario y codificación de los residuos se realizará de acuerdo con la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero.

De forma genérica los residuos se clasificarán en:

- Inertes/No peligrosos:
 - Hormigón, ladrillos, materiales cerámicos.
 - Madera, vidrio y plástico.
 - Metales y aleaciones.
 - Suelos no contaminados.
 - Residuos mezclados de las tipologías anteriores.
- Peligrosos:
 - Cualquiera de los materiales anteriores contaminados por alguna sustancia peligrosa.
 - Placas de fibrocemento y aislamientos con amianto (acopio independiente).
 - Aceites usados.
 - Absorbentes y trapos contaminados.

3.6.3 Almacenamiento y etiquetado

En las zonas habilitadas para el almacenamiento temporal de los residuos, se señalarán distintos sectores para la reagrupación de los residuos de igual naturaleza, identificándose claramente mediante una ficha que contendrá como mínimo los siguientes datos: nombre, Código LER, productor, fecha de inicio del almacenamiento.

3.6.4 Gestión

La gestión de los residuos se realizará a través de gestor autorizado. Se solicitará, registrará y conservará archivo de las evidencias de transporte y gestión de los mismos al objeto de asegurar su correcto tratamiento.

Además se velará por:

- Mantener los residuos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad.
- Clasificar los residuos correctamente.
- Evitar la mezcla de residuos.
- Respetar las zonas designadas de almacenamiento.
- No eliminar los residuos por combustión directa e incontrolada de los mismos.

De todo el proceso se mantendrá un adecuado seguimiento y registro, tanto de la tipología de los residuos generados, como de la cantidad de los mismos, los gestores y su destino final.

4 PARTE IV. PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS MINEROS

Conforme a lo indicado en el Capítulo IV del Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, y concretamente al Artículo 17, el objetivo de esta cuarta parte es la de garantizar la correcta gestión de los residuos mineros, de forma que no supongan peligro para la salud de las personas y sin utilizar procesos o métodos que puedan dañar el medio ambiente.

Por ello y de acuerdo con la legislación de referencia, el contenido del presente plan da respuesta a los siguientes puntos:

- Estudio de las condiciones del terreno afectado por las instalaciones de residuos.
- Caracterización de los residuos mineros.
- Clasificación propuesta para las instalaciones para los residuos mineros.
- Descripción propuesta para las instalaciones de residuos mineros.
- Descripción de la actividad que genera los residuos mineros y de cualquier tratamiento posterior al que se sometan.
- Descripción de las afecciones al medio ambiente y la salud humana.
- Procedimiento de control y seguimiento.
- Definición del proyecto constructivo.

4.1 Estudio de las condiciones del terreno afectado por las instalaciones de residuos

Fruto de la intensa actividad minera realizada en la zona, encontramos un entorno muy alterado, en el que junto a la existencia de las dos cortas mineras, podemos observar grandes extensiones de terrenos ocupadas con instalaciones de residuos mineros (depósito de estériles y escombreras).

Antes del inicio de la producción de mineral, será necesario realizar limpiezas de material existente de voladuras realizadas en el pasado, así como el acondicionamiento de pistas, frentes de excavación, accesos, escombreras, etc.

Como se describe más adelante, el nuevo proyecto prevé el aprovechamiento de parte de las escombreras ya existentes en el entorno del yacimiento a explotar, con el objeto de optimizar las distancias de transporte y contribuir a la mejora ambiental del entorno, tras su rehabilitación ambiental. El mismo caso se da con el depósito de estériles ya existente, que será operado en el marco del nuevo Proyecto.

En el desarrollo del actual proyecto de explotación, se ha querido diferenciar entre dos tipologías de escombreras:

- Las escombreras activas u operativas, que serán aquellas escombreras que se irán generando durante el avance del nuevo proyecto.
- Las escombreras pasivas, que son aquellas escombreras existentes antes del inicio del proyecto, y que no serán operadas (pasivos ambientales).

En el desarrollo de las escombreras activas, se han considerado para su diseño todos los requisitos aplicables a las instalaciones de residuos mineros, según regula el Real Decreto 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.

En el caso de las escombreras pasivas situadas dentro del derecho minero a transmitir, a petición expresa de la Administración, se ha previsto la restauración progresiva de las mismas durante el desarrollo del proyecto, aun cuando se trate de instalaciones no relacionadas con la nueva actuación.

En el caso del depósito de estériles, se llevarán a cabo una serie de obras necesarias para su construcción a partir del recrecimiento de las secciones del antiguo depósito de estériles de Riotinto. Principalmente comprende las obras de recrecimiento de las secciones de Cobre y Aguzadera, de forma que su capacidad de almacenamiento cubra las necesidades de almacenamiento de para, al menos, una explotación de 10 años.

Además, la elección de este emplazamiento se basa en el cumplimiento de todas las restricciones legales vigentes, y se ve favorecido en lo que respecta a factores geológicos, hidrológicos, hidrogeológicos, sísmicos y geotécnicos.

4.2 Caracterización de los residuos mineros

Los residuos mineros que se generarán durante la explotación del PRT se gestionarán a través de dos tipos de instalaciones de residuos mineros:

- Escombreras.
- Depósito de estériles.

4.2.1 Estériles de mina (escombreras operativas)

4.2.1.1 Rellenos existentes en la actualidad

La caracterización de las escombreras existentes se ha basado en las observaciones realizadas sobre la situación actual.

Las escombreras actuales son del tipo en ladera y se apoyan sobre zonas minadas anteriormente, antiguos rellenos (antes mencionados) y sobre las pizarras del Culm, con unas pendientes del orden del 8%.

El material tipo pedraplén o todo-uno, obtenido a partir de las excavaciones en las cortas y labores de interior constituye la mayor parte de los escombros.

Encontramos una gran heterogeneidad de escombros y rellenos, que pueden agruparse en los siguientes tipos:

- Escombros de primario.
- Escombros de secundario.
- Escombros de gossan.
- Escombros de pizarras.
- Escombros mixtos.

Por otra parte, existen diversos tipos de rellenos en la zona de ampliación de la futura escombrera que son productos de desecho de la antigua minería. Destacan los denominados Morrongos, que son el residuo de la tostación de la pirita, y las lamas constituidas por depósitos de finos acumulados en las antiguas balsas de decantación. Otros rellenos de interés constituyen las masas de azufrones, que contienen cantos y bolos de pirita masiva.

La caracterización de todos estos tipos de residuos mineros fue elaborada a través de la empresa Labs & Technological Services AGQ. El informe completo se adjunta como anexo al presente documento.

Del estudio previo de gabinete, se hace la distinción entre 8 tipologías de material, con diversas proporciones, y se estima un número total de 42 muestras, distribuidas de la siguiente forma y número:

- Escoria de fusión (ES): 1 muestra
- Sulfuros primarios (PR): 8 muestras.
- Sulfuros secundarios (SC): 5 muestras.
- Sulfuros masivos (SM): 6 muestras.
- Pizarras (PZ): 5 muestras.
- Gossan (GS): 5 muestras.
- Morrongos (MR): 5 muestras.
- Material oxidado (OX): 7 muestras.

Tras esto, se planificaron las distintas tipologías de ensayo que se detallan a continuación de cara a poder determinar todas las características de los materiales a catalogar, en base a cada uno de los requisitos que se establece en el R.D. 975/2009, para la caracterización de residuos de industrias extractivas:

- Conjunto de análisis nº 1: Estudio del contenido de S total, S en forma pirítica y del potencial de generación de aguas ácidas, mediante determinación directa del contenido de S total por analizador elemental, y mediante el ensayo descrito en la prEN 15875. El objetivo de esta caracterización es la

determinación de estos parámetros para su comparación con los puntos descritos en el RD 975/2009 que transpone la Decisión 359.

- Conjunto de análisis nº 2: Estudio del contenido total de metales que se establece en la modificación al R.D. 975/2009 y comparación con los valores límite de referencia para suelos contaminados de la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Conjunto de análisis nº3: Estudio de las características de ecotoxicidad que producen las aguas en contacto con el material, mediante la realización de un ensayo de lixiviación mediante un ensayo de generación de lixiviados con una relación L/S=10 según norma UNE-EN 12497-4 y el posterior ensayo de crecimiento de *Dafnia Magna* sobre el lixiviado obtenido.
- Conjunto de análisis nº 4: Estudio de las características de geotécnicas de las muestras, mediante ensayos para evaluar el % de disolución de la muestra, ensayos para evaluar la degradabilidad de la muestra (Slake degradability index) y ensayos para determinar el carácter inflamable si lo hubiera así como las propiedades oxidantes de la muestra, mediante procedimientos descritos en el reglamento REACH en los apartados A.10 y A.17.

Una vez evaluados todos los parámetros que nos conducen a la caracterización de cada uno de los materiales, se hace un resumen de los resultados obtenidos:

Tabla 4.1: Resumen de resultados de ensayos de caracterización de los residuos mineros en escombreras.

Cód. Muestra	Contenido de S pirítico	NPR	Ecotoxicidad	Contenido metálico total	Degradabilidad	Inflamabilidad / Prop. Oxidativas	Carácter
MR-1	Conforme	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
MR-2	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
MR-3	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
MR-4	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50, R61)
MR-5	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50)
ES-1	Conforme	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
SC-1	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
SC-3/1	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
SC-3/2	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
SC-3/3	Conforme	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
SC-3/4	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
PZ-1	Conforme	-	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	INERTE
PZ-2	Conforme	-	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	INERTE
PZ-3	Conforme	-	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	INERTE
PZ-4	Conforme	-	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	INERTE
PZ-5	Conforme	-	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	INERTE
OX-1	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
OX-2	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50, R61)
OX-3	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50, R40, R61)
OX-4	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50)

Cód. Muestra	Contenido de S pirítico	NPR	Ecotoxicidad	Contenido metálico total	Degradabilidad	Inflamabilidad / Prop. Oxidativas	Carácter
OX-5	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50)
OX-6	Conforme	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
OX-7	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50, R40, R61)
PR-2	Conforme	-	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	INERTE
PR-3	Conforme	No	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
PR-4	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
PR-5	Conforme	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
PR-6	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
PR-7	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
PR-8	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
PR-9	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
SM-1	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R38)
SM-2/1	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R38)
SM-2/2	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R38)
SM-2/3	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R38)
SM-3/1	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
SM-3/2	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
GS-1	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50)
GS-2	Conforme	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50, R40, R61)
GS-3/1	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50, R61)
GS-3/2	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50)
GS-3/3	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50)

En base a la caracterización realizada, podemos establecer la siguiente clasificación de los residuos en función de su código LER:

Tabla 4.2: Códigos LER de los estériles de minas caracterizados.

RESIDUO	CÓDIGO LER	DESCRIPCIÓN
Sulfuros masivos (SM)	01 03 04*	Residuos de la transformación física y química de minerales metálicos. Estériles que generan ácido procedentes de la transformación de sulfuros.
Gossan (GS)		
Morrongos (MR)		
Material oxidado (OX)		
Escoria de fusión (ES)	01 03 05*	Residuos de la transformación física y química de minerales metálicos. Otros estériles que contienen sustancias peligrosas.
Sulfuros primarios (PR)		
Sulfuros secundarios (SC)		
Pizarras (PZ)	01 03 06	Residuos de la transformación física y química de minerales metálicos. Estériles distintos de los mencionados en los códigos 01 03 04 y 01 03 05.

4.2.1.1.1 *Otros residuos identificados en las actuales escombreras*

- **“Escombrera Ilmenita-piritas”**

En las escombreras al norte de Corta Atalaya, encontramos la instalación de residuos mineros denominada “Escombrera Ilmenita-piritas”, en la que es posible que se encuentren depositado residuos de origen no minero.

La Delegación de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de Huelva el pasado 19 de marzo de 2014, realizó una inspección y toma de muestras de los residuos allí depositados, con el objetivo de identificar estos residuos así como su posible procedencia.

- **Residuos en el vacie marginal**

De manera análoga al caso anterior, es posible en esta escombrera se dé la presencia de residuos industriales de origen no minero.

Igualmente, la Delegación de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de Huelva realizó una inspección y toma de muestras de los residuos allí depositados, el pasado 19 de marzo de 2014, con el objetivo de identificar estos residuos así como su posible procedencia.

4.2.1.2 *Escombreras operadas en el PRT*

Durante los años de explotación previstos se generarán un total de 122 Mt de **escombros procedentes de la voladura en la corta**. Sus principales características se exponen a continuación.

- **Granulometría:** los materiales estériles que constituirán el escombro de las nuevas escombreras serán rocas volcánicas, mayoritariamente de la unidad Félsica, sin meteorizar, en su gran mayoría bloques de gran tamaño (granulometría comprendida entre 10 y 10.000 mm, un tamaño medio (d50) de 450 mm), angulosos, arrancados mediante voladura. Estos materiales constituirán un todo uno con un porcentaje de finos que se estima no rebasará el 10%. La fracción mayor de 1.000 mm será reducida en el frente mediante martillo hidráulico, por lo que no aparecerá en la escombrera. Por su parte las pizarras del Culm, que también se obtendrán en la voladura y que serán empleadas en la restauración de diferentes superficies de vertido, presentan un tamaño d50 será de 28 cm.
- **Densidad.** La densidad del escombro que se depositará en escombreras está en torno a 2,83 t/m³ que, tras el proceso de esponjamiento (que puede alcanzar hasta un 30%) y la propia compactación provocada por los equipos mineros pesados y el propio peso de los materiales, llegará a alcanzar un valor de la densidad aparente de 2,18 t/m³.

- Ángulo de rozamiento y cohesión. Ángulo de rozamiento estimado para un ángulo de depósito de 33° y una altura de banco de 20 m = $45,1^\circ$. A efectos del cálculo de estabilidad se considera una cohesión nula.
- Tipificación en base a su reactividad:
 - Estériles de alta reactividad: contenido de azufre S superior al 2%.
 - Estériles de baja reactividad: contenido de S es inferior al 2%.
 - Estériles no reactivos: pizarras con nulo o muy bajo contenido en S.

4.2.2 Estériles de planta (depósito de estériles)

Por su parte, se generarán un total de 85,77 Mt de **estériles procedentes de la fase de flotación del proceso productivo**.

Los estériles constituyen una mezcla de la ganga (mineral desechado) con diferentes reactivos o productos aplicados para la obtención de la mena:

- Cal añadida a la entrada del molino de barras para adecuar el pH de la cabeza de las celdas de flotación de desbaste al tipo de mineral a tratar.
- Agentes colectores y modificadores (espumantes, activantes y depresores) necesarios para obtener por flotación diferencial a través de aire la separación de la mena.

Los principales reactivos y floculantes usados son:

- T-22: es el colector primario y está destinado específicamente a la flotación selectiva de minerales sulfurosos de cobre y pirita.
- IXNa (Isopropil Xantato Sódico): se utiliza como colector secundario, es un excelente activador de minerales sulfurosos.
- $ZnSO_4$: el sulfato de zinc es un agente modificante utilizado como depresor del sulfuro de zinc en la flotación selectiva.
- DOWFROTH-250/ACEITE DE PINO: una mezcla al 25/75 de ambas sustancias se usa como agente espumante.
- AXK (Amil Xantato Potásico): potente activador utilizado como colector en los circuitos de flotación de desbaste y apure.

En relación a las propiedades geotécnicas del material evacuado al depósito de estériles, debe diferenciarse entre las arenas del underflow (residuos que constituyen el dique en los metros superiores) y las lamas (materiales que rellenarán el embalse) que se

generarán en la primera fase de la operación del depósito, mediante el método tradicional y lodos espesados que se generarán en la segunda fase.

4.2.2.1 Caracterización de los residuos del depósito de estériles

Se realizó la el estudio de muestras procedentes de sondeos realizados sobre las secciones del depósito de estériles denominadas "Gossan", "Cobre" y "Aguzadera" para su caracterización como residuo según los criterios incluidos en el R.D. 975/2009.

La caracterización de todos estos tipos de residuos mineros fue elaborada a través de la empresa Labs & Technological Services AGQ. El informe completo se adjunta como anexo al presente documento.

Las muestras fueron tomadas de sondeos realizados en dichas balsas, y donde se puede disponer de muestras en las diferentes profundidades que cada una de las balsas posee. Se realizaron 4 muestras integradas (que representan la totalidad del perfil de profundidad), correspondientes a los sondeos "AGUZADERA 235-2", "AGUZADERA 1405-1", "COBRE 4175" y "GOSSAN 11-BIS". Adicionalmente sobre la muestra "AGUZADERA 1405-1", se tomaron muestras de dos segmentos diferenciados de profundidad, que corresponderían a diferentes materiales que dispuestos en momentos diferentes.

A las muestras se les realizó las distintas tipologías de ensayo definidas anteriormente en el capítulo de caracterización de rellenos existentes en escombreras.

Tabla 4.3: Resumen de las conclusiones de la caracterización de residuos en el depósito de estériles.

	AGUZADERA 1405-1	AGUZADERA 1405 0-11,20m	AGUZADERA 1405 Gossan	AGUZADERA 235	GOSSAN 11-BIS	COBRE 4175
Características	Arenas y lamas de cobre	Arenas de cobre	Lamas de gossan	Arenas y lamas de gossan	Arenas y lamas de gossan	Arenas y lamas de cobre
Inflamabilidad	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme
Degradabilidad	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Baja	Muy baja
S sulfuro (%)/NPR	Potencial formador de ácido	Potencial formador de ácido	No Formador	No Formador	No Formador	Potencial formador de ácido
Ecotoxicidad	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme
Potencial de disolución	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme
Contenido metálico total	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme
Carácter	No inerte	No inerte	Inerte	Inerte	Inerte	No inerte

En base a la caracterización realizada, podemos establecer la siguiente clasificación de los residuos en función de su código LER:

Tabla 4.4: Códigos LER de los residuos del depósito de estériles caracterizados.

RESIDUO	CÓDIGO LER	DESCRIPCIÓN
Arenas y lamas de cobre	01 03 05*	Residuos de la transformación física y química de minerales metálicos. Otros estériles que contienen sustancias peligrosas.
Arenas y lamas de gossan	01 03 06	Residuos de la transformación física y química de minerales metálicos. Estériles distintos de los mencionados en los códigos 01 03 04 y 01 03 05.

4.2.2.2 Arenas y lamas (método tradicional)

- **Arenas.** Las principales características se recogen a continuación:
 - Granulometría. Tamaño máximo de partículas inferior a 5 mm. La práctica totalidad de los tamaños está comprendida entre los 0,4 mm y los 0,04 mm. Existe además elevada uniformidad. Los porcentajes de finos están comprendidos entre el 15 y el 30%, siendo el valor medio del 22%. Se trata de unas arenas muy uniformes con tamaños medios (D50) del orden de 0,2 mm. Se trata de unos materiales con una granulometría muy cerrada, muy homogénea. No se ha detectado comportamiento plástico alguno.
 - Los finos que forman parte en proporciones reducidas pero apreciables de estas arenas no son plásticos; aspecto importante, no sólo en cuanto a la definición y valoración de la permeabilidad y del comportamiento resistente a corto y largo plazo, sino también en cuanto a su susceptibilidad frente a la tubificación, es decir frente a la erosión interna regresiva.
 - Permeabilidad. A efectos prácticos, y tras diversos ensayos realizados, se puede considerar una cifra única representativa del conjunto del lado de la seguridad: 10^{-4} cm/s.
 - Densidad. En los resultados se producen fuertes dispersiones, pues los valores individuales obtenidos oscilan entre un mínimo de 1,3 y un máximo próximo a 2,2 t/m³, siendo el valor medio de 1,78 t/m³.
 - Si se tienen en cuenta los valores de densidad máxima y mínima que se han obtenido en laboratorio se deduce que el valor de la Densidad Relativa (índice de Densidad) que le corresponde es del 62 %. El valor del Próctor Normal medio representa un 92%.
 - Humedad natural. Los valores individuales han oscilado entre un mínimo próximo al 7% y un máximo inferior al 16%. El valor medio es del 11,3%.
 - Resistencia. Las variaciones del ángulo de rozamiento interno oscilan entre un mínimo individual de 28° para una densidad relativa mínima, nula y un valor máximo de 43,5° para el 100% de la densidad relativa. No obstante los valores

medios oscilan entre 32° para el valor correspondiente a la densidad mínima y 43° para el valor correspondiente a la densidad máxima. Los valores para el 60% de densidad relativa, densidades secas del orden de 1,75, oscilan entre los 34° y 41°. Este último puede considerarse anómalo por excesivo, motivo por el cual para un 50% y 60% de densidad relativa se deberían considerar, en definitiva del lado de la seguridad, cohesión nula y ángulo de rozamiento interno en efectivas entre 33° y 35°.

- Densidad máxima y mínima. Los resultados obtenidos para la densidad máxima presentan un valor medio de 2,08 t/m³. Los resultados obtenidos para la densidad mínima presentan un valor medio de 1,43 t/m³.
- Peso específico de las partículas sólidas. Los valores oscilan entre 3,17 y 3,46 t/m³, con un valor medio de 3,30 t/m³.
- Clasificación. Se trata de arenas limosas, en general pobremente graduadas y con finos no plásticos. A partir de esta clasificación se pueden extrapolar características generales para este tipo de materiales: resistencia aceptable, permeabilidad ligeramente elevada, deformabilidad elevada para densidades relativas reducidas, un comportamiento indiferenciado de sus características resistentes a corto y a largo plazo y una elevada susceptibilidad frente a la erosión y al sifonamiento por lo que frente a esta posibilidad son materiales muy críticos.
- **Lamas.** Las principales características se recogen a continuación:
 - Granulometría. Materiales con una granulometría muy fina y heterogénea. Tamaño máximo de las partículas inferior a los 5 mm. En definitiva se trata de unos limos con arenas muy finas y tamaños medios (D50) del orden de 0,04 mm.
 - Plasticidad. Comportamiento plástico muy reducido, siendo incluso nulo en algunos casos.
 - Permeabilidad. Permeabilidad de las lamas del orden de 10⁻⁵ cm/s.
 - Densidad. Se producen también fuertes dispersiones, pues los valores individuales oscilan entre un mínimo de 1,39 y un máximo próximo de 1,78 t/m³, siendo el valor medio de 1,53 t/m³. La Densidad Relativa (índice de Densidad) que le corresponde es del 60 %. El valor del Próctor Normal medio representa un 83 %.
 - Humedad natural. Para una densidad media de 1,53 t/m³ y un peso específico de las partículas sólidas de 3,25 el valor de la humedad de saturación es próximo al 35%.

- o Resistencia. Los ángulos de rozamiento interno oscilan entre un mínimo de 25° para la densidad mínima y un máximo de 39° para la densidad máxima. Para un valor próximo al 60% se deduciría un ángulo de 33°; sin embargo, a efectos de cálculo se deberá suponer un valor de 25° en efectivas.
- o Densidad máxima y mínima. Los resultados obtenidos para la densidad máxima presentan un valor medio de 1,90 t/m³. Los resultados obtenidos para la densidad mínima presentan un valor medio de 1,34 t/m³.
- o Clasificación. Se trata de limos o arenas muy finas, con plasticidad muy reducida o nula. A partir de esta clasificación se pueden extrapolar características generales para este tipo de materiales: resistencia al corte aceptable, permeabilidad reducida, deformabilidad elevada para densidades relativas reducidas, un comportamiento indiferenciado de sus características resistentes a corto y a largo plazo, susceptibilidad al sifonamiento, etc.

4.2.2.3 Lodos de alta densidad

Un lodo espesado es un material sólido compuesto de agua y fracciones gruesas y finas en la cual, existe un contacto entre las partículas de la fracción más fina. Esta definición teórica se traduce en que el lodo espesado es un material que una vez obtenido, tiene un contenido en sólidos superior al 50% (ya que por debajo de esto se considera un lodo convencional) y con un cierto valor de tensión de fluencia (Yield stress).

Dentro de los lodos espesados se encuentran los lodos de alta densidad (lodos espesados), porcentaje en sólido superior al 65%, con una tensión de fluencia que puede llegar a los 100 Pa, en función de las características del material, no segregante y que genera una menor cantidad de agua sobrenadante. El empleo de la tecnología de espesado de lodos proporciona principalmente las siguientes ventajas:

- o Una menor cantidad de agua sobrenadante a gestionar en el depósito. Esto es debido a que parte de la misma se retira antes de su deposición.
- o La posibilidad de traficar encima del lodo en un período de tiempo menor.
- o Se aumentan las opciones para el cierre y la clausura de la instalación

Se tiene previsto el tratamiento de mineral procedente de dos zonas de minado Cerro Colorado Este (CCE) y Cerro Colorado Oeste (CCW), de las cuales se obtendrán dos líneas de estériles de tratamiento procedentes de la flotación primaria y de la línea de desbaste.

Las características de ambos estériles y para ambas líneas de tratamiento así como las producciones de esperadas para ambos se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 4.5: Estériles de flotación CCW.

Estéril de Flotación CCW	Unidades	Fracción gruesa	Fracción fina	Total
Distribución de tamaño de partículas (PSD)		$P_{80}=200 \mu m$	$P_{80}=45 \mu m$	Grueso $P_{80}=200$ PSD 16% <20 $\mu.m$
Sólido	tph	1178	48	1226
Agua	tph	1767	192	1959
Lodo	tph	2945	240	3185
% de sólidos en peso	%	40%	20%	38,5%
Sólido	m^3/h	393	16	409
Agua	m^3/h	1767	192	1959
Lodo	m^3/h	2160	208	2368
Sólido	S.G.	3	3	3
Agua	S.G.	1	1	1
Lodo	R.D.	1.36	1.15	1.35

Tabla 4.6: Estériles de flotación CCE.

Estéril de Flotación CCE	Unidades	Fracción gruesa + Fina
Distribución de tamaño de partículas (PSD)		$P_{80}= 125 \mu m$
Sólido	tph	992
Agua	tph	1975
Lodo	tph	2967
% de sólidos en peso	%	34%
Sólido	m^3/h	283
Agua	m^3/h	1975
Lodo	m^3/h	2259
Sólido	S.G.	3,5
Agua	S.G.	1
Lodo	R.D.	1,31

A efectos de cálculos y diseño conceptual de la instalación se van a emplear siempre los datos referentes al mineral explotado en Cerro Colorado Oeste (CCW); ya que presenta la mayor cantidad de estéril generado y el menor peso específico.

Además se han realizado una serie de asunciones relativas al estéril generado y a las propiedades reológicas del mismo (al no disponerse de ensayos específicos) son las siguientes:

- Una tensión de fluencia menor del 100 Pa.
- El consumo de floculante para la operación de espesado se considera de 30g/t para el 37% de sólidos en peso inicial en la alimentación del espesador.

El proceso de espesado y las características del equipo propuesto, quedan recogidas en el anejo correspondiente.

4.2.2.3.1 Características geotécnicas de los lodos de alta densidad

Se considera que las siguientes características aproximadas pueden ser empleadas para los lodos espesados que se esperan obtener en el Proyecto de Río Tinto:

- Parámetros resistentes:
 - Ángulo de fricción efectiva: 30–35°
 - Cohesión: Nula

En el caso de considerar cargas muy rápidas la resistencia se debe de evaluar bajo condiciones no drenadas.

- Índices de Plasticidad: En general estos materiales no presentan comportamiento plástico.
- Conductividad Hidráulica: 10^{-4} a 10^{-6} cm/seg
- Densidades:
 - Densidad seca inicial (lodo recién depositado) = $1,24 \text{ t/m}^3$
 - Porcentaje de sólidos en peso (en la deposición) 68%

Una vez **depositado** se estima que la densidad seca media en el depósito será de aproximadamente **$1,65 \text{ t/m}^3$**

- Pendientes de deposición: 2-2,5%
- Parámetros de consolidación:
 - Coeficiente de compresión (Cc): 0,06 – 0,3
- Coeficiente de recompresión (Cr): 0,003 – 0,03
- Coeficiente de Consolidación (Cv):
 - Fracción gruesa: $10^2 - 10^{-1} \text{ cm}^2/\text{s}$
 - Fracción fina: $10^{-1} - 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$
- Agua expulsada. se estima que el agua sobrenadante generada por los procesos de consolidación estará en el entorno del 20% (respecto al peso seco). Es decir de cada tonelada de lodo colocado en el depósito un 20% será agua que habrá que almacenar y desaguar.

Los valores indicados se basan en la experiencia de una empresa con amplia experiencia (Golder) en la gestión lodos espesado y pastas de proceso. El comportamiento reológico y geotécnico depende de un gran número de factores, algunos inherente al material, por lo que ensayos de laboratorio in situ (piezoconos) ayudarán a determinar de manera más precisa los valores mostrados anteriormente etc.

A continuación se muestra un gráfico, en el cual se ve el comportamiento esperado para los lodos de Río Tinto, debido al proceso de consolidación de los mismos.



Figura 4.1: Comportamiento esperado en el proceso de consolidación de los lodos de alta densidad.

Debido a que no se conocen las características exactas de los materiales que se van a extraer, EMED-T llevará a cabo los trabajos necesarios para la realización de una caracterización en firme, una vez que se comience con la explotación, de esta manera se podrá tener un conocimiento más exacto de los residuos a gestionar. Mientras se tomarán como base los datos basados en la experiencia de la empresa anteriormente mencionada (Golder), de renombre en el sector minero, y en las características actuales de los materiales acumulados debido a los trabajos realizados durante la anterior época de explotación de la mina.

4.3 Clasificación propuesta para las instalaciones de residuos mineros

Conforme al artículo 18, punto 1 apartado b, del Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, se incluye una propuesta de clasificación para las instalaciones de residuos mineros.

En el citado artículo se hace referencia a los criterios de clasificación de instalaciones de residuos mineros que se enumeran en el Anexo II del citado Real Decreto y que se reproducen a continuación:

“Una instalación de residuos se clasificará en la categoría A, si:

- a) Conforme a una evaluación del riesgo realizada teniendo en cuenta factores tales como el tamaño actual o futuro, la ubicación y el impacto medioambiental de la instalación de residuos, pudiera producirse un accidente grave como resultado de un fallo o un funcionamiento incorrecto, por ejemplo el colapso de una escombrera o la rotura de una presa, o*
- b) Si contiene residuos clasificados como peligrosos con arreglo a la Directiva 91/689/CEE por encima de un umbral determinado, o*
- c) Si contiene sustancias o preparados clasificados como peligrosos con arreglo a las Directivas 67/548/CEE ó 1999/45/CE por encima de un umbral determinado.”*

Atendiendo a los criterios indicados, se propone que las estructuras en proyecto, tanto escombreras como el depósito de estériles mineros, sean **clasificadas como A**. Los motivos que justifican su clasificación en esta categoría se desarrollan en los correspondientes proyectos constructivos de estas instalaciones de residuos mineros presentados ante la administración competente.

La clasificación de una instalación como de categoría A, implica la necesidad de documentar los siguientes aspectos:

- Aplicación de una política de prevención de accidentes graves.
- Aplicación de sistema de gestión de la seguridad.
- Implantación de un plan de emergencia interior.

Todos estos documentos se incluyen como anejos a los correspondientes proyectos constructivos de estas instalaciones de residuos mineros presentados ante la administración competente.

4.4 Descripción de la actividad que genera los residuos mineros y de cualquier tratamiento posterior al que éstos se sometan

El proceso productivo ha sido desarrollado en apartados anteriores; por lo tanto, en este, solo se va a hacer un breve resumen y centrándonos en las operaciones básicas generadoras de los residuos mineros, que son arranque, carga y transporte, trituración y molienda, flotación y filtración.

- **Arranque**

El arranque es la primera de las operaciones y consiste en desprender y fragmentar el mineral y la roca circundante a un tamaño adecuado para su posterior manipulación.

En la operación de arranque del material se emplearán las técnicas convencionales de voladuras en banco a cielo abierto y engloba dos sub operaciones: la perforación y la voladura mediante el uso de explosivos.

Los residuos mineros generados en este proceso son los residuos de mina, que son transportarlos a las escombreras.

- **Carga y transporte**

Dependiendo de la naturaleza de los materiales, estos tendrán un destino final distinto. El mineral es cargado y transportado a trituración para que entre en el proceso de beneficio, mientras que los residuos mineros serán conducidos a las escombreras.

- **Trituración y molienda**

El mineral pasa a través de 3 fases de trituración (primaria, secundaria y terciaria) y posteriormente se muele en unos molinos hasta la obtención de la granulometría requerida por el circuito de flotación.

- **Flotación y filtración**

El material entra en fase de flotación. Este proceso se realiza mediante el soplado de aire y la adición de distintos agentes, obteniéndose por un lado el concentrado húmedo y por otro los residuos húmedos.

El concentrado húmedo se somete a un último proceso de filtración y secado para originar el concentrado final.

Los residuos obtenidos en el proceso de flotación, se dirigen a la Planta de espesado de estériles y finalmente al depósito.

Ya en el depósito de estériles, se produce una sedimentación de partículas por gravedad y la subsecuente liberación de gran parte del agua contenida, que queda almacenada superficialmente en el depósito de estériles para su reincorporación al proceso.

4.5 Descripción de las afecciones negativas al medio ambiente y a la salud humana. Medidas preventivas que se deben tomar

En el proceso de otorgamiento de Autorización Ambiental Unificada (AAU) para el proyecto minero de Rio Tinto, culminado mediante Resolución de 27 de marzo de la Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, sobre el denominado "proyecto de explotación rio tinto", promovido por EMED TARTESSUS S.L.U. (exp. AAU/SC/003/13), se ha aportado por parte de la empresa abundante documentación relacionada con las afecciones que la actividad a desarrollar pudiera producir sobre el medio ambiente.

En el exhaustivo y detallado condicionado de la citada AAU, impuesto por la Administración Ambiental, se refleja el resultado del proceso de evaluación ambiental practicado, quedando sobradamente identificados los impactos y efectos que sobre el medio ambiente pudiera tener esta actividad minera, así como las medidas y directrices para su corrección.

Por ello, no creemos necesario reproducir íntegramente el documento ambiental que ya se aportó en su día y que ha sido evaluada por la Consejería de medio Ambiente y Ordenación del Territorio, limitándonos en este apartado a llevar a cabo una síntesis de las afecciones sobre el medio ambiente y la salud humana.

Para ello se analizarán individualmente cada uno de los siguientes puntos:

- Descripción de afecciones.
- Medidas preventivas a tomar.
- Evaluación de riesgos sobre la salud humana.

4.5.1 Descripción de afecciones

Debido a la naturaleza de los residuos existentes en la zona de explotación y los que se obtendrán del proceso de transformación mineral, se diferenciarán las afecciones que puedan tener ambos sobre el medio ambiente y la salud humana, distinguiéndose los residuos almacenados en las escombreras y los que se recogerán en el depósito de estériles.

Cabe mencionar que habrá residuos generados por la planta de tratamiento mineral en el proceso de transformación de los minerales extraídos, que serán recepcionados por las instalaciones de gestión de residuos propias enumeradas en el primer párrafo.

4.5.1.1 Escombreras

Según se justifica a lo largo del Proyecto de Ejecución y del Estudio de Impacto Ambiental, para la construcción de las escombreras se tendrán en cuenta diversos criterios que aseguren la minimización de las posibles afecciones negativas que pudiesen provocar al medio ambiente y la salud humana. Según estos criterios se define el emplazamiento de las escombreras, las características y materiales a verter, la estabilidad de las mismas, las medidas de control a desarrollar, el mantenimiento que se debería llevar a cabo para la buena conservación de las escombreras y, en su caso, las medidas a implementar cuando finalice su vida activa y se proceda a su abandono definitivo.

En relación al emplazamiento, las zonas previstas para las escombreras son zonas muy alteradas por la actividad minera, de manera que no existirá la posibilidad de afectar a terreno natural no degradado. Las escombreras se localizan en las proximidades de los límites finales de la corta, lo cual, además de minimizar los costes de transporte, reducirá los posibles impactos ambientales que pudiesen producirse durante el transporte de los residuos.

En ambas escombreras, se tendrán en cuenta los posibles impactos producidos por la creación de una rampa de acceso así como los viales de comunicación de las mismas con la corta de explotación. De este modo, los posibles impactos a tener en cuenta son los producidos por la construcción de los nuevos viales de acceso a las escombreras antes mencionados, por la explotación de las mismas durante toda la vida útil del PRT y por el abandono definitivo una vez rehabilitadas.

Tabla 4.7: Impactos por la operación en las escombreras del PRT.

IMPACTO	CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS VIALES
EFECTO	Alteración morfológica del terreno
CARACTERÍSTICAS	Posible contaminación por el agua de contacto al tener el estrato natural del terreno descubierto
	Generación de Polvo
	Erosión y deposición en las masas de agua donde confluya la escorrentía
	Posible afección al Paisaje Protegido de las aguas de escorrentía
IMPACTO	EJECUCIÓN DE ESCOMBRERAS
EFECTO	Sepultamiento de suelos por el avance de las escombreras
CARACTERÍSTICAS	Modificación de la morfología del terreno original
	Vibraciones por los vertidos
	Generación de aguas de contacto
	Removilización de los materiales por la acción del viento
	Ruido por las labores de vertido en las escombreras
	Erosión producida por el agua de escorrentía
	En caso de no construirse adecuadamente se pueden producir deslizamientos de las mismas
	Posible invasión por especies vegetales protegidas del suelo afectado por el avance de las escombreras
	Posible afección al Paisaje Protegido de las aguas de escorrentía
Un posible fallo en la escombrera puede provocar daños a terceros	

4.5.1.2 Depósito de estériles

A continuación se muestran los posibles impactos identificados por la deposición de residuos húmedos en el depósito de estériles (presas), tanto durante la vida útil de la presa como una vez clausurada la misma:

Tabla 4.8: Impactos por la operación en el depósito de estériles del PRT.

IMPACTO	EXPLOTACIÓN DEL DEPÓSITO DE ESTÉRILES
EFFECTOS	Alteración morfológica del terreno
CARACTERÍSTICAS	Degradación del agua que entre en contacto con la presa
	Almacenamiento del agua que recoja la presa
	Posible generación de partículas en las zonas no inundadas desprovistas de vegetación
	Las posibles filtraciones pueden arrastrar materiales aguas abajo
	Posibles inestabilidades en el terreno si no se opera de forma adecuada
	Riesgo inherente de rotura, escapes, inestabilidad del terreno, etc

La forma de operar el depósito será con la sistemática de lodos espesados al 50% en peso, en una primera fase y mediante lodos espesados al 65% en peso en una segunda fase, como método más ventajoso para reducir/evitar el Drenaje Ácido de Mina. Además, se estima que el peligro de roturas y filtraciones en la presa aumenta al depositar residuos con mayores volúmenes de agua.

El depósito de estériles constituye un sistema cerrado en el que, con la explotación en situación de parada, la única vía de salida de aguas es la producida por el proceso de evaporación, por posibles filtraciones a través de los muros de presa o por rebose por el aliviadero existente en el caso de la sección de Gossan.

4.5.2 Medidas preventivas

Se procederá de la misma forma que en el punto anterior, ya que se tratarán de forma individualizada las medidas a adoptar en las Escombreras y en el depósito de estériles.

4.5.2.1 Escombreras

La principal medida preventiva que se aplica en las escombreras operativas durante el PRT, es el propio diseño constructivo de las mismas, diseñándose para prevenir los principales impactos ambientales durante su tiempo de operación, siendo la generación de drenajes ácidos de mina (AMD) una de las principales cuestiones ambientales que deben ser contempladas y solucionadas.

De esta manera, se plantea aplicar tres niveles sucesivos de intervención para asegurar que la operación en las escombreras no tenga una incidencia significativa sobre el medio natural.

El planteamiento conceptual y los objetivos genéricos de cada uno de estos tres niveles de intervención y su aplicación práctica en las escombreras Norte y Sur, son los siguientes:

- **Primer nivel de intervención: Prevención en la generación de AMD**

Ante el riesgo de que en las escombreras se generen aguas ácidas, el primer paso es adoptar medidas para evitar que esto ocurra y/o para minimizar el volumen de AMD, eliminando con ello el riesgo de que los productos contaminantes se introduzcan en el medio natural. La mayoría de las medidas de prevención de la generación de AMD se basa en limitar su formación mediante la exclusión de uno o varios de los elementos protagonistas de las reacciones de oxidación: agua, material reactivo y oxígeno.

- **Segundo nivel de intervención: Control del movimiento de AMD**

Ante la posibilidad de que, incluso con las medidas de prevención adoptadas, no se consiga evitar totalmente la generación de AMD, el siguiente paso es incorporar medidas encaminadas a evitar que los lixiviados ácidos lleguen al medio natural de forma descontrolada. Para ello, una medida fundamental es la construcción de cunetas de cabecera, para evitar la entrada de aguas de escorrentía a los depósitos, y drenajes de fondo, para captar el agua de infiltración, que es la que puede entrar en contacto con los residuos reactivos y generar lixiviados ácidos, y conducirla de forma controlada a un punto de desagüe. Esta medida, además, reduce el tiempo de contacto del agua con el residuo reactivo, al evitar la acumulación de agua en el interior de la escombrera, y favorece su movimiento vertical y horizontal, lo que repercutirá positivamente sobre los procesos de formación de aguas ácidas y la calidad final de los lixiviados generados.

- **Tercer nivel de intervención: Tratamiento de los lixiviados**

Una vez recogidos los lixiviados, el último paso, será reconducirlos a la planta de tratamiento de aguas para su depuración donde se aplicarán técnicas de descontaminación o tratamiento para acomodar su calidad a los estándares de vertido que se fijen.

En la fase de clausura, se mantendrá la recogida y tratamiento de posibles lixiviados hasta que se produzca el descenso en el volumen generado y los caudales sean tratables mediante sistemas pasivos, para su posterior descarga al Dominio Público Hidráulico.

Como se ha descrito con anterioridad, la disposición de los residuos de mina se realizará mediante confinamiento de los materiales con capacidad de generar AMD con otros de baja o nula acidez y posterior recubrimiento y revegetación progresiva y ejecución de redes de canales de evacuación de escorrentía y de control de lixiviados. Esto permitirá reducir, limitar e incluso eliminar procesos erosivos y generación de AMD.

El sepultamiento de ciertas áreas por el recrecimiento de las escombreras se mitigará con las restauraciones planteadas, que compensarán ampliamente el impacto e incluso mejorarán sustancialmente la situación actual ya que las existentes son escombreras sobre las que no se ha aplicado ningún tratamiento o acción de restauración

Con la restauración final se compatibilizará una mejora notable del entorno natural y la preservación y puesta en valor del BIC, ya que el resultado conseguirá conciliar la conservación ambiental, paisajística y patrimonial de acuerdo con las pautas y directrices finales que marque el Organismo Competente en Patrimonio Histórico.

Se prevé la ejecución de un programa de investigación sobre métodos de sellado y revegetación en las escombreras, a través de la entrada en funcionamiento de diversas parcelas experimentales.

En las zonas revegetadas se establecerá una base herbácea. Esta medida, además de otros efectos positivos, conllevará la minimización de las filtraciones del agua de lluvia al cuerpo de la estructura, ya que ésta es absorbida por el sistema radicular vegetal y posteriormente expelida en forma de evapotranspiración.

Por su parte, la descarga del residuo proveniente de las voladuras de Cerro Colorado se realizará de forma directa desde camiones basculantes y mediante un sistema constructivo de abajo a arriba, puesto que se concibe ésta como la forma de operación que minimiza posibles deslizamientos y que proporciona una mayor estabilidad a las escombreras formadas.

Las escombreras se diseñan con pendientes adecuadas para evitar acumulaciones superficiales del agua de lluvia, saliendo rápidamente al exterior como escorrentía. Estas aguas son recogidas en cunetas y canales de cintura desde donde son evacuadas, previo paso por diferentes sistemas de tratamiento de aguas que minimizan el aporte de material sedimentable y de cargas contaminantes.

En relación al proceso de ejecución y recrecimiento de escombreras, se realizará un uso racional de los medios de transporte y la maquinaria pesada, tanto en la etapa de construcción de los viales como de explotación de las escombreras, reduciendo los impactos al entorno y comunidades próximas debidos a la generación de emisiones pulvígenas y la generación de ruidos.

Además de todas las medidas planteadas inicialmente, se prevé la continuación de la investigación sobre métodos de revegetación en las escombreras durante la vida de la mina para identificar las mejores técnicas, métodos y especies que establezcan un

ecosistema autónomo. También de los diferentes sistemas de tratamiento posibles para las aguas.

Asimismo, a pesar de que los estudios de EMED-T permiten clasificar las dos escombreras como de **bajo riesgo de rotura**, y por tanto **altamente estables**, la empresa seguirá llevando a cabo un control sobre los posibles efectos que puedan perjudicar dicha estabilidad a lo largo de la vida del PRT.

4.5.2.2 Depósito de estériles

Las medidas que se plantean para reducir los impactos ambientales y sobre la seguridad de las personas y bienes durante la fase de cierre y clausura de la actividad son los siguientes:

- Programa de control de la estabilidad.
- Programa de control de aguas (niveles de aguas interiores almacenadas, caudales de aguas de escorrentía, calidad de aguas en cauces superficiales).
- Restauración y revegetación de toda la superficie de todas las secciones de la presa: Cobre, Aguzadera y Gossan.
- Reforzamiento de los muros de arena mediante nuevos tacones de escollera.
- Revegetación de los muros de arenas desnudos.
- Ejecución de canales perimetrales en todas las cuencas de recepción para minimizar las aguas de escorrentía que son recogidas.
- Ejecución de sistemas de tratamiento de lixiviados en la clausura.
- Al igual que para el caso de escombreras, se prevé la continuación de la investigación sobre métodos de sellado y revegetación en el depósito a través de la entrada en funcionamiento de diversas parcelas experimentales.

4.6 Procedimientos de control y seguimiento

Se llevarán a cabo una serie de procedimientos de control sobre las diferentes infraestructuras objeto de producir residuos en la zona. Los controles previstos son:

- Control y seguimiento de las labores de restauración.
- Controles sobre las escombreras.
- Controles sobre el depósito de estériles.

4.6.1 Control y seguimiento de las labores de restauración

Los trabajos de restauración no terminan con las operaciones de revegetaciones, sino que será necesaria la realización de una serie de trabajos posteriores para garantizar el

adecuado desarrollo de la vegetación implantada hasta que ésta pueda mantenerse por sí sola.

Un correcto control y seguimiento de las labores de restauración permitirá seguir las actuaciones ya ejecutadas, así como detectar posibles desviaciones que serán corregidas en el desarrollo de las actuaciones futuras.

A continuación se detallan los tipos de actuaciones en materia de control y seguimiento de las labores de restauración:

1. Inspecciones y registros de la ejecución de los trabajos:

Encaminadas a la comprobación de que la ejecución de las labores se desarrollan conforme a lo establecido en el Plan de Restauración en cuanto a:

- Correcta finalización del aporte de tierra vegetal o tecnosuelo.
- Composición y proporciones en la mezcla de semillas de la siembra.
- Adecuación de las épocas y realización de trabajos de restauración, a fin de evitar fracasos.
- Se vigilará la evolución de los trabajos y ajuste con los objetivos marcados en restauración.

2. Vigilancia de la evolución y eficacia de la siembra y la revegetación:

Dicha vigilancia se basará en visitas periódicas a la zona para realizar anotaciones de todos los aspectos de la vegetación y suelo que permitan definir la evolución en el tiempo de la restauración. Ello permitirá detectar cualquier problema imprevisto y la solución del mismo.

Algunos aspectos que deberán ser registrados son:

- Germinación de las semillas y análisis de los resultados.
- Controles fitosanitarios, podas necesarias y eliminación de maleza.
- Grado de cubierta total de las superficies.
- Indicios de erosión del suelo; presencia de regueros, lenares, etc.

4.6.2 Controles sobre las escombreras Norte y Sur

Los objetivos específicos que cabe considerar para el plan de mantenimiento y control de las Escombreras Norte y sur son, siguiendo los contenidos que la normativa específica, los siguientes:

- Establecer el procedimiento de control de las instalaciones desde el punto de vista de su estabilidad geotécnica.
- Determinar el procedimiento de control hidroquímico de las aguas afluentes a los emplazamientos y concretamente de sus lixiviados.

- Especificar las pautas de mantenimiento de las infraestructuras: cunetas de drenaje, superficies revegetadas y sistemas de tratamiento pasivo.
- Indicar los requerimientos del plan para transmisión de información a la autoridad competente.

Adicionalmente se debe remitir el plan de mantenimiento y control a las actuaciones en materia de vigilancia y seguimiento de las mismas, ya que proveen de medios de control que continuarán siendo utilizados durante la fase posterior. El correspondiente anexo del “*Proyecto de Escombreras*”, detalla sus características y utilización y se enumeran a continuación:

- Instalación de inclinómetros, **tres** en la escombrera Sur y **dos** en la escombrera Norte. Hasta el momento del cierre, los inclinómetros se inspeccionan de manera manual con frecuencia quincenal.
- Instalación de prismas topográficos conectados a sendas estaciones totales robotizadas, con envío de datos vía radio y frecuencia diaria. Serán un total de **14 prismas** en la escombrera Sur ubicados sobre su talud Sur, y **9 prismas** en la escombrera Norte, ubicados sobre su talud Este.

Además durante el proceso de clausura se llevarán una serie de controles en diferentes ámbitos, como son:

- Control Geotécnico: Para el control geotécnico de la estabilidad física de las estructuras se hará uso de la infraestructura de control existente, siguiendo las siguientes pautas:
 - Recepción de datos, con frecuencia diaria, de la red de prismas topográficos.
 - Medición de inclinómetros, con frecuencia mensual, mediante técnicos in situ.
 - Remisión de informes mensuales a la autoridad competente, detallando las mediciones obtenidas tanto topográficas como de los inclinómetros, incluyendo en los mismos tanto los valores absolutos registrados como conclusiones acerca de la evolución temporal con respecto al anterior informe y también hasta el origen de la fase de clausura.
- Control Hidroquímico: se realizará mediante la toma periódica de muestras del contenido de los sistemas de tratamiento pasivo y del efluente a la red de drenaje natural. Se seguirá para ello las siguientes pautas operativas:
 - Muestreo de las aguas de los sistemas de tratamiento y de sus efluentes, mediante procedimientos normalizados, con una periodicidad semestral.
 - Medición in-situ de parámetros no conservativos: pH, potencial redox, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura.

- Inspección de elementos relacionados con la gestión de las aguas: verificación del estado de cunetas de drenaje de pluviales y sistemas de tratamiento pasivo, incluyendo los elementos de conducción, labios y desagües y canales de alivio. Esta tarea se realizará con periodicidad semestral.
- Análisis en laboratorio, mediante cromatografía de gases y de acuerdo a la normativa de calidad aplicable, de los metales representativos que se determinen en función del conocimiento adquirido durante la fase operativa.
- Remisión de informes semestrales a la autoridad competente, detallando las mediciones obtenidas in-situ y los resultados analíticos. Deberá incorporarse a los informes tanto los resultados del período como sus evoluciones temporales y aportar las correspondientes conclusiones y medidas correctoras.
- Mantenimiento de las infraestructuras: Se afrontará a partir de un proceso continuo de inspección de las mismas, prevención de daños y su eventual corrección.
 - *Cunetas*: La red de cunetas se inspeccionará con periodicidad semestral por equipo competente de técnicos en campo. En concreto habrá de verificarse los siguientes elementos:
 - Estado de las cunetas hormigonadas, incluyendo sus juntas de dilatación, presencia de elementos que las puedan obstruir, arraigamiento y proliferación de vegetación.
 - Estado de conservación de los elementos de conexión de cunetas y bajantes, en los términos expresados anteriormente.
 - Estado de conservación de las bajantes, especialmente la continuidad de las piezas prefabricadas de hormigón que pueden ser indicativas de inestabilidades en los taludes de las estructuras.
 - Inspección de los caminos de acceso y en particular, verificación de la ausencia de grietas que puedan indicar signos de inestabilidad geotécnica de las escombreras.
 - *Sistemas de Tratamiento Pasivo*: En cuanto a los sistemas de tratamiento pasivo (DAS), las medidas de mantenimiento y control habrán de abordar los siguientes:
 - Estado de las conducciones que acceden a y desde las balsas de tratamiento, verificando la ausencia de elementos que puedan obstruir el normal proceso de flujo de los lixiviados.
 - Inspección de las balsas, atendiendo a las señales de niveles máximos de llenado alcanzados en las mismas y verificando el estado general de

sus aspectos constructivos (estado de los materiales y mantenimiento de las geometrías).

- Verificación del estado operativo de los sustratos reactivos, inspeccionando su estado desde el punto de vista de la potencial colmatación por sedimentos o encostrado de los bolos. Se plantea una periodicidad semestral para la realización de las tareas antedichas. El dimensionamiento de las estructuras requiere la renovación de los reactivos una vez que transcurran 10 años desde el momento de su entrada en actividad. Este plazo puede modificarse al alza (si la eficiencia de la instalación se mantiene) o a la baja (encostramiento prematuro de los bolos calizos) en función del estado de las estructuras.
- *Elementos de control geotécnico:* Se establece, con periodicidad semestral, la verificación del estado de los elementos de control geotécnico, concretamente incluyendo los siguientes aspectos:
 - Verificación del estado de los prismas topográficos y de las estaciones de control. Concretamente debe verificarse el apoyo de los pilares hormigonados para descartar la posibilidad de su desajuste, por asentamientos o movimientos de otra naturaleza.
 - Inspección del equipamiento de los inclinómetros, mediante inspección visual in-situ.
- Información y Reporte: Con periodicidad anual se remitirá a la autoridad competente un parte de información del estado de las mismas, incluyendo los siguientes aspectos concretos:
 - Estado de los inclinómetros y prismas topográficos.
 - Estado de la red de cunetas y derivación de pluviales.
 - Estado de los sistemas de tratamiento pasivo y sus elementos auxiliares.
 - Incidencias reseñables correspondientes al período.
 - Propuesta de actuaciones preventivas o correctoras, si procede.
 - Valoración de la evolución del estado de los equipos desde el inicio de la fase de clausura.

La duración que se propone para la actividad de información y reporte a la autoridad competente es de tres años a partir de la fecha de clausura de las estructuras.

4.6.3 Controles sobre el depósito de estériles

Para garantizar el correcto funcionamiento del almacenamiento a lo largo del período de construcción y una vez que ha finalizado este, y obtener la información necesaria para cualquier actuación que se requiera durante dicho período, se ha diseñado un programa de controles que tienen una doble finalidad:

- Verificar el cumplimiento de las hipótesis geotécnicas del proyecto.
- Comprobar el buen comportamiento de las instalaciones a lo largo del tiempo, en lo referente a movimientos, nivel piezométrico y filtraciones.

El primer objetivo, y de modo análogo a como se había establecido en los proyectos vigentes, se ha programado la realización periódica con muestras de los residuos, del dique y del embalse, de ensayos de identificación, (granulometría, plasticidad), estado (densidad y humedad natural), resistencia (triaxiales) y permeabilidad, para garantizar que sus características geotécnicas se mantienen en los mismos valores adoptados en el Proyecto constructivo o bien poder adaptar el diseño a las nuevas características obtenidas.

Para cubrir el segundo objetivo, se ha previsto el control de movimientos (horizontales y verticales), y sobre todo la medida de la posición del nivel piezométrico en el cuerpo de arenas cicladas y en los lodos, así como el control de la estanqueidad del depósito, mediante el aforo de las posibles filtraciones aguas abajo del mismo. Para ello, se colocará y mantendrá la instrumentación necesaria: inclinómetros, tubos piezométricos, piezómetros cerrados y aforadores.

Además, se llevarán una serie de controles en diferentes ámbitos, como son:

- Control de las propiedades geotécnicas de los materiales: Los controles irán encaminados a garantizar que los materiales colocados responden a lo adoptado en los cálculos de estabilidad (densidad, resistencia al corte) ya que no se producen variaciones sensibles del material vertido en el depósito o que forma el dique de cierre (ensayos de identificación). Los controles consistirán en la toma de muestras y la realización de ensayos de laboratorio.
- Control del comportamiento de las instalaciones: Se deberá realizar una inspección exhaustiva del depósito con periodicidad semestral. Esta inspección, además de permitir observar todas las incidencias ocurridas a lo largo del periodo desde la inspección anterior, tendría por objeto: documentar fotográficamente el estado del depósito y programar los ensayos para el semestre siguiente. Además se ajustará el programa de recrecimiento durante los meses posteriores o se introducirán las modificaciones en el Proyecto para armonizarlo con la situación real.
- Control topográfico: Ejecutar un levantamiento topográfico (2 – 4 veces al año) de perfiles del depósito con un espaciamiento no mayor de 80 m. El control de la topografía se llevará a cabo también mediante el control de la posición de los

hitos colocados en la coronación del depósito (cuando se alcance la cota de coronación) y en cada berma a medida que se alcancen las cotas de las mismas.

- Control de movimientos horizontales: En el caso de los movimientos horizontales, se llevará a cabo un control en las diferentes secciones del depósito. Se realizará mediante el control de tubos inclinómetros en las secciones que se establecen en el plano correspondiente del Proyecto constructivo. Se establece una ejecución de lecturas con el inclinómetro con un espaciamiento máximo de 4 meses, reduciéndose si los resultados obtenidos justifican un control más frecuente
- Control de las aguas: Durante la fase de clausura se llevará a cabo un control exhaustivo de la calidad de las aguas, basado en los siguientes puntos:
 - Control de la calidad de agua en el depósito.
 - Control del caudal y calidad del agua filtrada en los muros para descartar posibles filtraciones.
 - Control de la calidad del agua del canal perimetral norte.
 - Control de la calidad de las aguas de la cuenta vertiente al depósito.
 - Control de las filtraciones locales del depósito.
 - Control de la calidad del agua antes de la entrada en la zona de influencia del PRT, en su paso por dicha zona y tras su paso por la misma.
- Control del nivel piezométrico: se llevará a cabo la implantación de piezómetros cerrados en sondeos ejecutados a tal efecto, dentro de la masa de residuos. Se deberán mantener operativos los piezómetros actualmente disponibles reparando o sustituyendo los que actualmente no están en funcionamiento. Si alguno de ellos dejase de dar información se sustituirá por uno nuevo, en sus inmediaciones.
- Control de caudales de filtración: Se controlarán los caudales globales de filtración en las zonas de bombas, con periodicidad inicialmente semanal, pero si hubiese algún factor de incertidumbre la periodicidad debería ser claramente más intensa (diaria), tanto en la vaguada principal como en las laterales, a fin de conocer los órdenes de magnitud habituales y detectar rápidamente si hubiese algún fenómeno extraordinario.
- Sistemas de Tratamiento Pasivo: En cuanto a los sistemas de tratamiento pasivo (DAS), las medidas de mantenimiento y control habrán de abordar los siguientes:

- o Estado de las conducciones que acceden a y desde las balsas de tratamiento, verificando la ausencia de elementos que puedan obstruir el normal proceso de flujo de los lixiviados.
- o Inspección de las balsas, atendiendo a las señales de niveles máximos de llenado alcanzados en las mismas y verificando el estado general de sus aspectos constructivos (estado de los materiales y mantenimiento de las geometrías).
- o Verificación del estado operativo de los sustratos reactivos, inspeccionando su estado desde el punto de vista de la potencial colmatación por sedimentos o encostrado de los bolos. Se plantea una periodicidad semestral para la realización de las tareas antedichas. El dimensionamiento de las estructuras requiere la renovación de los reactivos una vez que transcurran 10 años desde el momento de su entrada en actividad. Este plazo puede modificarse al alza (si la eficiencia de la instalación se mantiene) o a la baja (encostramiento prematuro de los bolos calizos) en función del estado de las estructuras.

4.6.4 Control sobre escombreras no operadas en el PRT

Las fases de auscultación y vigilancia de las escombreras no operadas en el PRT (escombreras pasivas), y que y que en todo caso serán restauradas, están ligadas al propio desarrollo de las actuaciones de restauración a llevar a cabo. En este caso, se parte del estado actual del resto de escombreras existentes, cuya observación directa nos ha proporcionado información importante, pues destaca su elevada estabilidad, a pesar de la gran heterogeneidad de escombros y rellenos presentes, lo cual pone de manifiesto que actualmente se encuentran totalmente consolidadas. Esto ha permitido evaluar los ángulos de reposo, al haberse construido mediante vertido libre, y deducir parámetros geotécnicos.

El Plan de Auscultación y Vigilancia se completa con un seguimiento visual a lo largo de todo el desarrollo de la mina y de un modelo predictivo retroalimentado que permite la toma de decisiones así como la elaboración de un plan de emergencia.

De esta forma el diseño conceptual de la escombrera queda justificado a partir de los resultados de cálculos realizados en el diseño de la restauración planificada.

Durante las labores de restauración y posterior cierre y clausura de las instalaciones se debe hacer un seguimiento de los desplazamientos que pudieran originarse, mediante su medida en el sistema de auscultación.

Si las medidas procedentes de la instrumentación arrojan datos esperables respecto a la fase de actuación en la que se encuentren las labores, puede afirmarse que no existe problema geotécnico alguno.

Si, por el contrario, las medidas son superiores a las esperadas, el sistema debe ser retroalimentado puesto que el terreno, natural o remodelado, no responde según los parámetros adoptados.

En este caso habría que realizar cálculos retrospectivos que arrojasen valores de desplazamientos del orden de los proporcionadas por la instrumentación.

- **Elementos externos:** La importancia y complejidad de las diferentes tareas a desarrollar, exige disponer de un equipo técnico (Unidad de Control Geotécnico, U.C.G.) dedicado a la realización de todas las actividades relacionadas con la auscultación de las escombreras. En apartados posteriores se describirán las funciones de la U.G.C.

Ligado a la Unidad de Control Geotécnico (UCG), se extenderá el control meteorológico y el control geométrico, a la totalidad de la Escombreras.

- **Fase de rehabilitación:** Los trabajos a desarrollar durante la fase de rehabilitación serán los siguientes:
 - Control geotécnico: El control geotécnico a desarrollar durante la fase de rehabilitación, retirada de material suelto y/o zonas de meteorización intensa, prestando especial atención a zonas donde se hubieran detectado grietas, se concreta en los dos aspectos siguientes:
 - Cartografía de la superficie: comprobándose en todo momento que se cumplen los requisitos marcados en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares (PPTP) de este proyecto.
 - Inventario de puntos de agua, controlando los aspectos ligados a la hidrología e hidrogeología en la superficie a preparar.
 - Control de fisuras y cárcavas: Reflejar en un archivo todas las grietas de tracción, fisuras por asiento diferencial o cárcavas por erosión, que pudieran surgir durante la fase de vertido, o que se hayan observado en zonas de rellenos existentes.

En el historial de cada grieta figurará la siguiente información:

- Fecha en la que se observó por primera vez.
- Descripción individual de la grieta.
- Representación de la grieta en croquis con localización.
- Evolución de la separación de los lados de la grieta.
- Fotografías periódicas fechadas.

En los recorridos periódicos y para aquellas grietas que requieran un seguimiento más riguroso (en las que se hubieran colocado previamente testigos de yeso), se podrán instalar bases de inserción en ambos labios de la grieta, para medir mediante un deformímetro su movimiento y representar en

una gráfica la evolución de la grieta en función del vertido de la escombrera y del tiempo.

Si estos valores indicasen un claro movimiento, se estudiará un plan de actuación y las medidas a adoptar.

- o Desplazamientos: Inspecciones visuales periódicas en el pie del talud y coronación de las escombreras, a fin de detectar posibles signos de movimiento.

- o Control de la contaminación difusa: Según se indica en resolución de la Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, sobre el proyecto denominado “Proyecto de Explotación Rio Tinto”, promovido por EMED TARTESSUS S.L.U. (EXP. AAU/SC/003/13), con relación a la contaminación difusa derivada de los drenajes ácidos de mina procedentes de toda la superficie minada que no forman parte de su proyecto de explotación mineralúrgica y que deben restaurarse, se establece que dicha restauración debe realizarse con el objetivo de corregir estos defectos de contaminación derivada en el tiempo, de modo que se asegure el cumplimiento a largo plazo de los objetivos de calidad de las masas que reciben estos drenajes.

Esto implica que deberá presentarse un Proyecto de Restauración con el objetivo particular de reducción y eliminación de la carga contaminante derivada de la situación actual.

Con fecha 20 de junio del 2014 se presentó en la Delegación Provincial de Huelva de la de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio la “propuesta técnica para el estudio de la carga contaminante del medio hídrico del PRT” que tiene como objetivo la descripción de todos los aspectos técnicos necesarios para la planificación del estudio de caracterización de las aguas ácidas de mina derivadas de las diferentes zonas de restauración, así como del correspondiente plan de seguimiento de la evolución de su calidad hasta el cumplimiento de los objetivos de reducción de carga contaminante establecidos.

Como parte de las actividades de gestión orientadas a la prevención, reducción y control de la contaminación, resulta esencial establecer un procedimiento a través del cual, sea posible conocer el estado actual de esta problemática y evaluar de forma ulterior las tendencias que se manifiestan en la calidad del medio, como resultado de la aplicación de un conjunto de alternativas de solución dirigidas a mitigar el impacto ambiental causado por la contaminación difusa hacia diversos cuerpos receptores.

El proyecto tiene por tanto como objeto el cálculo de la carga contaminante base (situación de partida) y su seguimiento en el tiempo para la comprobación de la reducción de dicha carga, que deberá lograrse con la ejecución de las actuaciones previstas de restauración.

- **Fase de control posterior a la clausura:** Los trabajos a desarrollar durante la fase de mantenimiento y control posterior a la clausura serán los siguientes:

- Control de fisuras y cárcavas: Reflejar en un archivo todas las grietas de tracción, fisuras por asiento diferencial o cárcavas por erosión, que pudieran surgir durante la fase de vertido, o que se hayan observado en zonas de rellenos existentes.

En el historial de cada grieta figurará la siguiente información:

- Fecha en la que se observó por primera vez.
- Descripción individual de la grieta.
- Representación de la grieta en croquis con localización.
- Evolución de la separación de los lados de la grieta.
- Fotografías periódicas fechadas.

En los recorridos periódicos y para aquellas grietas que requieran un seguimiento más riguroso (en las que se hubieran colocado previamente testigos de yeso), se podrán instalar bases de inserción en ambos labios de la grieta, para medir mediante un deformímetro su movimiento y representar en una gráfica la evolución de la grieta en función del vertido de la escombrera y del tiempo.

Si estos valores indicasen un claro movimiento, se estudiará un plan de actuación y las medidas a adoptar.

- Desplazamientos: Los hitos topográficos se colocarán en las plataformas de coronación de las escombreras. Se repondrán en caso de pérdida.

Además, se realizarán inspecciones visuales periódicas en el pie del talud y coronación de las escombreras, a fin de detectar posibles signos de movimiento.

- Control Hidroquímico: se realizará mediante la toma periódica de muestras del contenido de los sistemas de tratamiento pasivo y del efluente a la red de drenaje natural. Se seguirá para ello las siguientes pautas operativas:

- Muestreo de las aguas de los sistemas de tratamiento y de sus efluentes, mediante procedimientos normalizados, con una periodicidad semestral.
- Medición in-situ de parámetros no conservativos: pH, potencial redox, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura.
- Inspección de elementos relacionados con la gestión de las aguas: verificación del estado de cunetas de drenaje de pluviales y sistemas de tratamiento pasivo, incluyendo los elementos de conducción, labios y desagües y canales de alivio. Esta tarea se realizará con periodicidad semestral.

- Análisis en laboratorio, mediante cromatografía de gases y de acuerdo a la normativa de calidad aplicable, de los metales representativos que se determinen en función del conocimiento adquirido durante la fase operativa.
- o Mantenimiento de las infraestructuras: Se afrontará a partir de un proceso continuo de inspección de las mismas, prevención de daños y su eventual corrección.
- Cunetas: La red de cunetas se inspeccionará con periodicidad semestral por equipo competente de técnicos en campo. En concreto habrá de verificarse los siguientes elementos:
 - Estado de las cunetas hormigonadas, incluyendo sus juntas de dilatación, presencia de elementos que las puedan obstruir, arraigamiento y proliferación de vegetación.
 - Estado de conservación de los elementos de conexión de cunetas y bajantes, en los términos expresados anteriormente.
 - Estado de conservación de las bajantes, especialmente la continuidad de las piezas prefabricadas de hormigón que pueden ser indicativas de inestabilidades en los taludes de las estructuras.
 - Inspección de los caminos de acceso y en particular, verificación de la ausencia de grietas que puedan indicar signos de inestabilidad geotécnica de las escombreras.
- Sistemas de Tratamiento Pasivo: En cuanto a los sistemas de tratamiento pasivo (DAS), las medidas de mantenimiento y control habrán de abordar los siguientes:
 - Estado de las conducciones que acceden a y desde las balsas de tratamiento, verificando la ausencia de elementos que puedan obstruir el normal proceso de flujo de los lixiviados.
 - Inspección de las balsas, atendiendo a las señales de niveles máximos de llenado alcanzados en las mismas y verificando el estado general de sus aspectos constructivos (estado de los materiales y mantenimiento de las geometrías).
 - Verificación del estado operativo de los sustratos reactivos, inspeccionando su estado desde el punto de vista de la potencial colmatación por sedimentos o encostrado de los bolos. Se plantea una periodicidad semestral para la realización de las tareas antedichas. El dimensionamiento de las estructuras requiere la renovación de los reactivos una vez que transcurran 10 años desde el momento de su entrada en actividad. Este plazo puede modificarse al alza (si la eficiencia de la instalación se mantiene) o a la baja (encostramiento prematuro de los bolos calizos) en función del estado de las estructuras.

- **Emisión de informes:** A partir de la información obtenida, se emitirán hasta dos tipos de informes diferentes:
 - Informe mensual: se incluirá un análisis gráfico comparativo de los resultados obtenidos con los valores esperados, justificando su admisibilidad o no-admisibilidad. Así mismo, en base a los datos recopilados, se irá construyendo un banco de datos.
 - Informe de actuación urgente: se remitirá en un plazo no mayor de 24 horas cuando surja algún imprevisto.

Los dos tipos de Informes deberán estar firmados por el responsable de la U.C.G. a la Asistencia Técnica para su revisión, en el caso de que detecten algún tipo de anomalía en las mediciones estos recomendarán el nivel de alarma a activar.

La periodicidad de estos informes se irá reduciendo si una vez ejecutada la restauración, se comprueba la inexistencia de anomalías.

- **Periodicidad de las lecturas:** En cuanto a la frecuencia de lecturas en fase operacional se establece lo siguiente:
 - Se deberá realizar una lectura cero fiable de los sensores nuevos instalados, mediante dos lecturas en los primeros quince días.
 - A partir de la lectura cero, la frecuencia será semanal durante el siguiente mes.
 - A partir de aquí, la frecuencia de lecturas será quincenal durante el primer semestre, aunque ésta podrá reducirse siempre y cuando los sensores nuevos instalados no se encuentren en zonas de trabajo activas y/o deba darse prioridad a la medida de otros sensores en casos justificados.
 - A partir del primer semestre, la frecuencia de lecturas pasará a ser mensual.
 - No se considerarán sensores nuevos aquéllos que se hayan instalado como reposición de otro existente y estén ubicados sensiblemente en la misma posición que su predecesor. De esta forma, la frecuencia de lecturas vigente en el sensor inoperativo se mantendrá en el sensor de reposición que lo sustituya, aunque será necesario establecer una lectura cero fiable mediante dos lecturas dentro de los primeros quince días desde su instalación.

La frecuencia de lecturas establecida se cumplirá siempre y cuando las condiciones de operatividad, seguridad y/o meteorológicas lo permitan, de tal forma que se considerará aceptable la omisión de una lectura dentro de cada nivel de seguimiento, excepto en los sensores con periodicidad mensual. No obstante, dicha lectura deberá realizarse una vez que se recuperen las condiciones normales de operatividad, seguridad o meteorológicas.

En cuanto a la frecuencia de lecturas se establece lo siguiente:

- Durante el primer año la frecuencia de lecturas será mensual.
- Durante los siguientes dos años la frecuencia pasará a carácter semestral.
- A partir del cuarto año, la frecuencia de las lecturas será anual.

4.7 Definición del proyecto constructivo y de gestión de las instalaciones de residuos mineros

En este documento se detallan aspectos relativos a la ubicación de las instalaciones, y se determinan los riesgos que pueden resultar de la ejecución de las mismas. A continuación se describen una serie de aspectos comunes a los diferentes proyectos presentados en las administraciones competentes, así como algunas especificaciones de cada uno de ellos.

4.7.1 Definición del proyecto constructivo de las escombreras Norte y Sur

4.7.1.1 Elección de emplazamiento

Las futuras escombreras del PRT constituirán una ampliación de las antiguas situadas al Norte y al Sur de la Corta Cerro Colorado. Se opta por esta localización con objeto de contribuir a la mejora ambiental de entorno a través de una restauración progresiva de las mismas y porque al estar en el entorno del yacimiento a explotar, se minimizan las distancias de transporte del estéril.

La ubicación de las actuaciones se indica en la colección de planos adjuntos al presente documento.

4.7.1.2 Estudios del área elegida para la ubicación de la instalación

4.7.1.2.1 Geología

La inspección previa del emplazamiento ha puesto de manifiesto el notable estado de conservación de las estructuras actualmente existentes, poniendo de manifiesto la buena competencia geotécnica de los materiales ya depositados. Estos materiales comprenden estériles de primario, secundario, gossan, pizarras y mixtos.

Las zonas de avance o de recrecimiento de las escombreras actuales se caracterizan por mostrar el sustrato natural pizarroso con leves niveles de meteorización. Sobre dichas zonas se han identificado otros materiales como morrongos, lamas o azufrones, así como zonas de relleno con finos probablemente relacionados con anteriores operaciones de cementación. Algunos de estos materiales serán retirados previamente a la deposición de estériles, para no comprometer la estabilidad de las estructuras.

4.7.1.2.2 Hidrogeología

La zona objeto del estudio se ubica en el sector centro-oriental de la provincia de Huelva, en la Zona Sud-Portuguesa del Macizo Hercínico Ibérico, en concreto dentro de la Faja Pirítica Ibérica (Devónico Superior-Carbonífero Inferior), constituida fundamentalmente por una secuencia de materiales detríticos en su base (Grupo PQ), un complejo volcano-sedimentario (CVS) de rocas volcánicas básicas, ácidas y sedimentarias, entre las que se intercala la gran mayoría de los yacimientos de sulfuros metálicos, y una

formación final turbidítica, característica de la facies Culm, con íntima alternancia de bancos potentes de pizarras y delgados lechos de areniscas.

La meteorología, descrita anteriormente, responde a los efectos de un clima de tipo mediterráneo con influencias atlánticas. El régimen pluviométrico implantado se distingue por su acusada irregularidad, con inviernos relativamente lluviosos en contraste con un estiaje muy marcado.

El dibujo geomorfológico sitúa el PRT en la mitad oriental del interfluvio alto de las cuencas de los ríos Tinto y Odiel (sistema fluvial de dirección predominante Norte-Sur), en las que se diferencian claramente tres ámbitos: la sierra, la campiña y la marisma. Las escombreras de Cerro Colorado pertenecen al tramo alto, la sierra, más próximo y drenante sobre el cauce del Tinto, pero no lejos de la cuenca del Odiel. El sistema hidrogeológico que rige el PRT, función directa de la geología (brevemente apuntada líneas arriba), se articula sobre unas formaciones geológicas de litología muy heterogénea, cuya permeabilidad primaria es baja a origen (limos y lavas) y aún más disminuida por la diagénesis y bajo metamorfismo posteriores.

Únicamente la dislocación de las unidades geológicas por el plegamiento hercínico (primera aparición de planos de discontinuidad en forma de esquistosidad de plano axial), y los movimientos de ajuste (familias de fracturas transversales a la estructura hercínica y sus conjugadas) y posterior relajación (diaclasado oblicuo a las fracturas) dan lugar a la instauración de una permeabilidad secundaria en el conjunto geológico (discontinuidad planar), que permitiría un cierto flujo de aguas subterráneas, de escasa relevancia por la mínima continuidad lateral. Debe constatar que dentro del área involucrada en el PRT no existen ni surgencias naturales ni captaciones antrópicas testigo de acuíferos. La única agua que interviene en la zona es la proveniente de aportaciones por precipitaciones directas y por escorrentías superficiales de sus respectivas cuencas vertientes.

Por tanto, puede afirmarse que en el área del proyecto, no existen acuíferos ni masas de agua subterránea que puedan verse afectadas negativamente por la actividad minera.

4.7.1.2.3 Hidrología

Se trata de una zona con clima mediterráneo subtropical, con inviernos moderados y veranos calurosos y una pluviometría anual en torno a 800 mm. Se ha dispuesto de series meteorológicas restituidas desde el año 1917, con las que se ha caracterizado tanto el régimen ordinario (mediante medias mensuales) como el régimen de avenidas (valores punta para el período de retorno de 500 años).

En régimen ordinario, se ha puesto de manifiesto que durante el período comprendido entre los meses de mayo y septiembre la infiltración es prácticamente inexistente. Por el contrario, los máximos caudales afloran en los meses de diciembre y enero, con tasas de flujo de, respectivamente, 13 y 18 l/s para las escombreras Norte y Sur.

En cuanto a los regímenes extremos o de aguaceros intensos, calculando para dicho período de retorno de 500 años, tal y como la normativa exige, se han evaluado caudales totales, para ambas escombreras, de 17 y 21 m³/s respectivamente, adoptando hipótesis del lado de la seguridad.

4.7.1.3 Diseño y construcción de la instalación

4.7.1.3.1 Características geotécnicas de los materiales

- **Escombro**

Los materiales estériles que constituirán el escombro de las nuevas escombreras serán rocas volcánicas, mayoritariamente de la unidad Félsica, sin meteorizar, en su gran mayoría bloques de gran tamaño (decimétrico a métrico), angulosos, arrancados mediante voladura. Estos materiales constituirán un todo uno con un porcentaje de finos que se estima no rebasará el 10%.

La granulometría de los escombros se ha obtenido a partir del modelo Kuz-Ram (Cunningham, 1983), que determina el tamaño medio d50 de los fragmentos producidos en la voladura, a partir de los siguientes parámetros:

- Factor de roca, que depende de la resistencia a compresión.
- Carga específica y carga por barreno.

La distribución granulométrica se deduce a partir del índice de uniformidad, que depende de la distribución geométrica y de cargas de la voladura. Los valores de los parámetros de perforación previstos en la explotación que se han aplicado en este modelo son los que aparecen en la siguiente tabla:

Tabla 4.9: Valores de los parámetros de perforación previstos.

DIÁMETRO:	127 mm
RELACION S/B:	1,19
CARGA ESPECÍFICA:	0,65 Kg/m³
RENDIMIENTO:	18 m³/m

Con este modelo se obtienen los siguientes perfiles granulométricos tanto para roca volcánica como para pizarras:

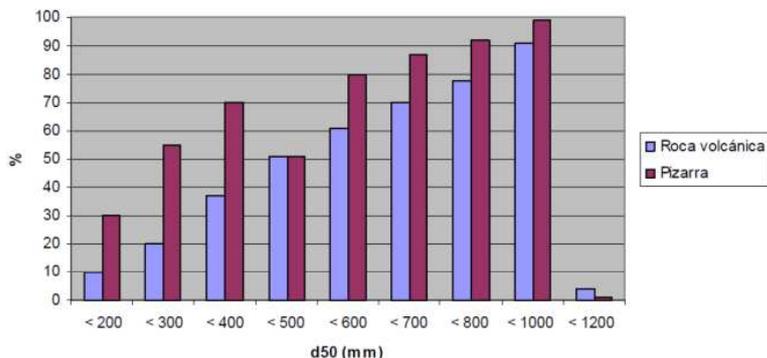


Figura 4.2: Granulometría de escombros.

A partir de estos datos el tamaño d50 para la roca volcánica será de 48 cm. La fracción mayor de 1.000 mm (bolo), será reducida en el frente mediante taqueo, por lo que no aparecerá en la escombrera.

Para las pizarras del Culm, el tamaño d50 será de 28 cm.

A efectos del cálculo de estabilidad de los taludes es preciso conocer los siguientes parámetros del escombro:

- Densidad: La densidad de estos materiales está en torno a $2,9 \text{ t/m}^3$, que tras el proceso de esponjamiento (que puede alcanzar hasta un 35%) y la propia compactación provocada por los equipos mineros pesados y el propio peso de los materiales, se obtendrá un valor de la densidad aparente de $2,18 \text{ t/m}^3$.
- Angulo de rozamiento y cohesión efectivos: A efectos del cálculo de estabilidad se considera una cohesión nula.
- **Substrato o zona de apoyo**

La zona de apoyo de las escombreras constituye un macizo rocoso representado por los materiales esencialmente pizarrosos del Culm.

Las características geotécnicas de estos materiales han sido descritas por Subterra Ingeniería en su informe de 2010, del cual se extraen los valores empleados.

A partir de los datos obtenidos en campo se trata de un macizo anisótropo pizarroso, moderadamente meteorizado, con una esquistosidad penetrativa que influye notablemente a la hora de determinar la resistencia a compresión (RCS) de la roca intacta, puesto que se produce la rotura a favor de estos planos dando un valor inferior al real. Los valores obtenidos de RCS en los ensayos de laboratorio oscilan entre 31 Kp/cm^2 y 99 Kp/cm^2 , con un promedio de 65 Kp/cm^2 . El resultado más bajo se debe a que se produjo rotura a favor de discontinuidad.

En lo que respecta al comportamiento geomecánico del macizo rocoso, Subterra Ing. obtuvo en campo valores del RMR de 42-58 por lo que se clasifica como macizo de

clase III, calidad Media (rango de RMR entre 41-60). Estos valores de RMR suponen una cohesión de 2-3 kg/cm² y un ángulo de rozamiento entre 25-35°.

4.7.1.3.2 Características geométricas

Se da la circunstancia de que en ambas escombreras coinciden las magnitudes geométricas principales que son las que en la tabla adjunta se refieren.

Las escombreras se han diseñado con el objetivo de asegurar su estabilidad a lo largo de la fase de construcción y tras su cierre y clausura.

El diseño geométrico se basa en un concepto de bancos y bermas, que se comprueba que aporta las mejores condiciones de estabilidad y mantenimiento. En concreto y de acuerdo a la topografía, tipología de los materiales y en el seno del proyecto minero, se plantea un sistema de vertido por fases sucesivas retranqueadas y superpuestas, de manera que se van completando sucesivamente los bancos desde las cotas inferiores a las superiores

Las dimensiones de diseño se basan en una altura de banco de 20 m y un ángulo de vertido de 33° que permite mantener adecuados factores de seguridad que superan los coeficientes exigidos por la ITC SM.07.1.03. En este diseño la anchura (constructiva) de la berma se establece en 10 m. El ángulo global del talud, comprendidos los bancos y las bermas, es de 26°, asegurando con amplitud la seguridad de la estructura y permitiendo una adecuada gestión hidráulica y ambiental.

Tabla 4.10: Magnitudes geométricas principales.

PARÁMETRO GEOMÉTRICO	UNIDAD	MAGNITUDES
Altura máxima	m	140
Altura de banco	m	20
Anchura de berma	m	10
Ángulo de banco	°	33
Ángulo general de la estructura	°	26

El diseño de las rampas y accesos de las escombreras se ha hecho acorde a las Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento General de Normas Básicas y Seguridad Minera. Para ello se ha considerado una anchura de 10 m para el vehículo mayor que circule por la pista, según lo cual, para una pista de dos carriles la anchura, será tres veces la del vehículo más ancho. Además se dejará un arcén de separación entre el borde de la pista y el pie del talud de 2 m, y un arcén de seguridad de 5 m de anchura, quedando por tanto una anchura total de 37 m.

Con el objetivo de conseguir la adecuada integración paisajística de las escombreras, en un entorno tan singular y condicionado por la existencia del BIC, se ha diseñado la rehabilitación medioambiental de las escombreras manteniendo, en la medida de lo posible, la apariencia estética que actualmente aportan la Zona Patrimonial de

Riotinto-Nerva, ya que los Vacies de estéril de la explotación de Cerro Colorado, se encuentran catalogados como uno de los elementos singularizados de este BIC.

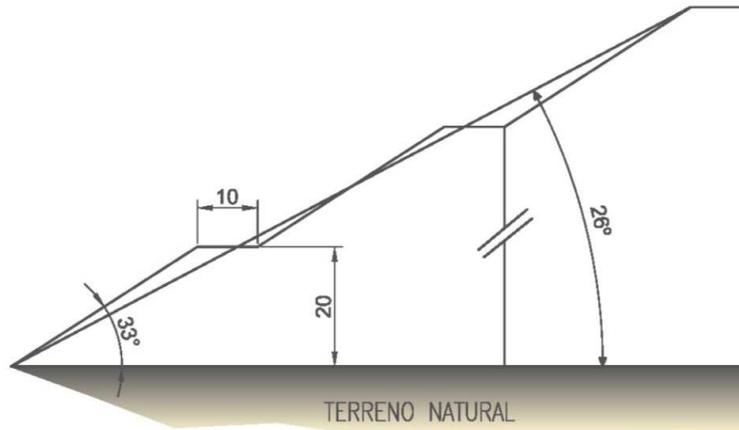


Figura 4.3: Talud tipo de las escombreras del PRT.

4.7.1.3.3 Sismicidad y cálculo de la estabilidad

En los modelos de cálculo analizados se han tenido en consideración los efectos sísmicos con una aceleración sísmica de cálculo superior a la inicialmente asumida en los diferentes estudios realizados anteriormente para las estructuras del PRT, pasando de 0,056 g a 0,0728 g.

Además se ha realizado una comprobación sobre las consecuencias de la torrencialidad en los taludes de escombreras y sus implicaciones en la estabilidad de taludes de dichas estructuras. En el caso de las escombreras este fenómeno se ha modelizado como un aumento en la lámina de agua dentro del propio cuerpo de la escombrera para representar un posible episodio de excesiva pluviosidad.

Para el cálculo de la estabilidad de los taludes de las escombreras de Cerro Colorado se han analizado un total de siete perfiles, tres en la escombrera Norte y cuatro en la Sur, representativos de la geometría real de las estructuras.

Todos los análisis se han realizado considerando todas las configuraciones posibles, es decir, taludes en condiciones estáticas y en condiciones dinámicas (con efecto sismo), con el terreno seco y considerando la posición del nivel piezométrico.

En el caso del análisis de estabilidad de los taludes de las escombreras de Cerro Colorado, se ha tenido en cuenta en los cálculos el efecto que tiene una subida en el nivel de agua en la estabilidad global de los taludes.

En cuanto a la acción sísmica, de cara a adoptar un criterio menos restrictivo que lo contemplado en la normativa sismorresistente vigente, así como lo indicado en el RD 975/2009, y situándonos del lado de la seguridad, se ha realizado una revisión, más

conservadora, de los parámetros y coeficientes adoptados para definir la aceleración sísmica de cálculo (ac).

Con la finalidad de acotar un fenómeno tan incierto como son los sismos, y aumentar, de este modo, la seguridad de los taludes, se ha tomado en consideración, además de la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSR – 02), el Proyecto de “Peligrosidad y Riesgo Sísmico en Andalucía” SISMOSAN, desarrollado en el año 2007 y, por tanto, más actualizado.

En el Proyecto SISMOSAN, se recogen los mapas de peligrosidad sísmica, considerando el tipo de suelo, que reflejan el movimiento esperado para periodos de retorno de 475 y 975 años.

Teniendo en cuenta el mapa de movimiento esperado para un periodo de retorno de 475 años, considerando el efecto del suelo, se obtiene en la zona de ubicación del Proyecto Río Tinto una aceleración sísmica básica máxima de 0,071g, razonable para el diseño de los taludes de los huecos y escombreras mineros, puesto que asumir un valor mayor sería inviable desde el punto de vista económico y operativo para el proyecto minero.

Partiendo de dicha aceleración básica y tomando un coeficiente del terreno de $C=1,3$, correspondiente a un terreno tipo II (Roca muy fracturada), para posicionarnos del lado de la seguridad, se han obtenido una aceleración sísmica de cálculo horizontal de 0,0728 y vertical de 0,0364.

Todos los círculos de rotura global de los taludes de escombreras superan los coeficientes de seguridad mínimos exigidos por la ITC SM.07.1.03, por lo que queda garantizada la estabilidad global de las estructuras mineras del PRT. Sólo en algunos casos se han obtenido factores de seguridad inferiores a 1,1 en condiciones dinámicas, pero éstos corresponden a pequeños círculos de rotura muy superficiales y de carácter local que en ningún caso comprometen la estabilidad global del talud.

4.7.1.4 Explotación u operación de la instalación

El método de vertido será el relleno ascendente mediante tongadas horizontales combinado con una geometría de bancos y bermas, lo cual está del lado de la seguridad tal y como contempla la Guía de Escombreras de la Junta de Andalucía.

Este método constructivo tiene, entre otras, las siguientes ventajas:

- La geometría de bancos y bermas dota a la escombrera de una mayor estabilidad, tanto durante la fase de construcción como al cierre y clausura de la instalación.
- Además, esta solución geométrica minimiza la erosión debida al agua y optimiza su integración paisajística y rehabilitación de cara a la clausura.

- El sistema de vertido ascendente por tongadas horizontales permite el comienzo en paralelo de las labores de restauración en los bancos inferiores que se van finalizando, esto es, desde las primeras etapas de construcción de las escombreras. Esto a su vez conlleva una reducción en la generación de lixiviados.
- Supone una minimización importante de la generación de polvo y ruido.

El diseño adoptado para las escombreras surge del compromiso de garantizar la estabilidad global de las mismas y la minimización de los costes de ejecución derivados de la posible compactación del material colocado.

Las escombreras se construirán según dos zonas diferenciadas:

- Zona de apoyo sobre las escombreras existentes.
- Zona de apoyo sobre el terreno natural.

En las zonas de apoyo sobre escombreras existentes se realizará un abancalamiento de los taludes para conseguir una adecuada unión con el nuevo relleno, excavando el terreno de apoyo hasta conseguir una pendiente no mayor de $1V/2H$. Asimismo, se eliminará todo suelo de baja capacidad portante puesto que se ha observado la presencia de grietas en algunas zonas de la superficie de los rellenos existentes.

Para la conducción de los lixiviados se llevarán a cabo captaciones de los puntos topográficamente más bajos de la escombrera y de las zonas de solape con el nuevo relleno, mediante drenajes en espina de pez, y conducción a las balsas de recogida de filtraciones.

En las zonas donde el relleno repose sobre el terreno natural se procederá en primer lugar a la retirada del suelo vegetal y/o zona meteorizada, un mínimo de 0,5 m.

Posteriormente se realizará un escarificado de lo que constituirá la base de la nueva escombrera de 0,6 m y compactación posterior al 95% del Próctor Modificado. Si el terreno se encuentra en pendiente se llevará a cabo el mismo proceso que en el caso de apoyo sobre rellenos existentes.

Tras finalizar la construcción de cada fase, se llevará a cabo un sellado y encapsulado de las superficies expuestas. Posteriormente, sobre la capa de sellado, se realizará la adecuación morfológica mediante el extendido de una capa de 0,5 m de tierra vegetal y revegetación de ambas escombreras hasta alcanzar la cota final e instalación de los sistemas de drenaje de la superficie mediante cunetas y bajantes.

La capa de tierra vegetal se podrá sustituir por una capa de tecnosuelo asimilable a tierra vegetal del mismo espesor, si bien dicho tecnosuelo no podrá ser un factor limitante para el elenco de especies vegetales a implantar en la restauración.

Las opciones estudiadas para el sellado de las escombreras son las siguientes:

- **Sellado mediante el uso de pizarras:** Las pizarras son materiales inertes que podrían ser utilizadas para el recubrimiento y sellado de las superficies finales de vertido. Conforme avancen los trabajos en la corta las pizarras se acopiarán temporalmente por separado en las inmediaciones de las escombreras, hasta que sean utilizadas para el sellado de las superficies finales de vertido. El resto de los estériles se transportarán directamente a escombrera para su depósito selectivo.

Sobre el relleno se colocarán 0,75 m de pizarras compactadas al 95% del Próctor Modificado en bermas y plataformas horizontales. En los caballones adosados a los bancos, se colocarán 2,3 m de pizarras en tongadas de 1 m debiendo conseguirse una compactación del 90% PM.

El extendido se programará y realizará de tal forma que los materiales de cada tongada sean de características uniformes y, si no lo fueran, se conseguirá esta uniformidad mezclándolos convenientemente con maquinaria adecuada para ello. No se extenderá ninguna tongada mientras no se haya comprobado que la superficie subyacente cumple las condiciones adecuadas.

Deberá conseguirse que todo el perfil del relleno quede debidamente compactado, para lo cual, se podrá dar un sobreancho a la tongada del orden de un metro (1 m) que permita el acercamiento del compactador al borde.

Durante la ejecución de las obras, la superficie de las tongadas deberá tener la pendiente transversal necesaria, en general en torno al 4%, para asegurar la evacuación de las aguas sin peligro de erosión y evitar la concentración de vertidos.

- **Sellado mediante el uso de geocompuestos.** Sobre las superficies de las escombreras se dispondrá como barrera impermeable una lámina de Polietileno termosoldado de alta densidad (Lámina PEAD) de 1 mm de espesor, con canal central de aire para comprobación de soldaduras, protegida en su cara inferior mediante una lámina de geotextil de 105 g/cm², como soporte antipunzonamiento.
- **Sellado mediante el uso de materiales oxidados (gossan).** Se trata de materiales de muy baja reactividad, y que podrían ser utilizadas para el recubrimiento y sellado de las superficies finales de vertido, por presentar bajos niveles de permeabilidad. Este tipo de materiales afloran en superficie en gran parte de los terrenos sobre los que se ubica el PRT, y en muchos casos conforman los horizontes superiores de los suelos inalterados que encontramos tanto en el recinto minero como en su entorno.

De esta forma, se dispondría sobre las superficies de las escombreras una capa de 0,3 m de espesor de material oxidado proveniente de la explotación, como capa de sellado.

En cualquier caso, para la selección de la técnica idónea a emplear en el sellado de escombreras, se ejecutará antes de la construcción de las mismas un ensayo para la determinación de la mejor técnica de sellado para las escombreras del PRT.

Para esto, se ejecutará el sellado de escombreras piloto, con la geometría seleccionada para las escombreras del PRT, sobre las que se dispondrán las capas de sellado a ensayar y el equipamiento para la monitorización de los parámetros necesarios con los que determinar la efectividad y eficacia de los sellos estudiados, metodologías de puesta en obra, etc.

4.7.1.4.1 *Sistemas de drenaje y desagüe*

- **Drenes de fondo**

El drenaje de fondo ha de ejecutarse previamente a la deposición de materiales en el emplazamiento.

Su trazado se adjunta en los planos adjuntos a este informe. Se ha diferenciado entre zonas de excavación y zonas de drenaje natural, además de las conducciones exteriores.

Las zonas de drenaje natural se corresponden con las vaguadas existentes en la topografía actual. Verificando caso por caso el grado de encajamiento de la vaguada puede requerirse alguna tarea previa de cajado. En cualquier caso, la preparación del dren consiste en la deposición de materiales inertes clasificados, con una granulometría adecuada hasta una altura aproximada de 1,5 m sobre el fondo de la vaguada.

Para los interfluvios o zonas donde la vaguada es excesivamente llana se plantea el cajado del dren, con unas dimensiones de 1x1 m. El dren se rellena con material estéril clasificado hasta una cota que supere la de la rasante, a fin de evitar el aterramiento del dren.

Las conducciones exteriores, desde el interior de las estructuras hasta las zonas de tratamiento, se plantea realizar por medio de tubería PEAD de 400 mm, donde debe instalarse en la embocadura un filtro de gruesos. Las conducciones se disponen en superficie, no se considera necesaria la preparación de zanja y cama para las mismas. No obstante puede ser necesario un cajado previo del terreno para el asiento de la tubería.

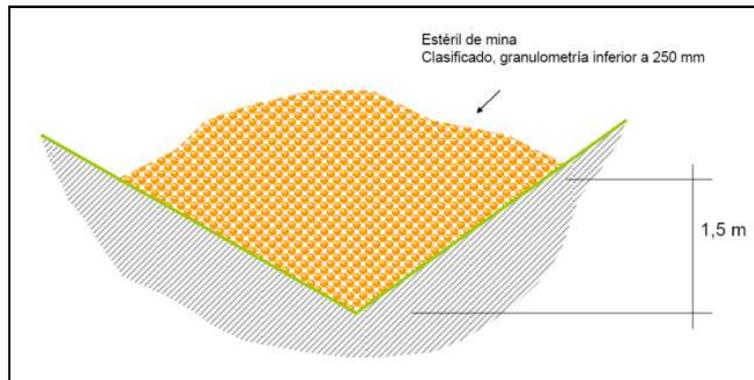


Figura 4.4: Disposición de material clasificado para el dren sobre vaguada natural.

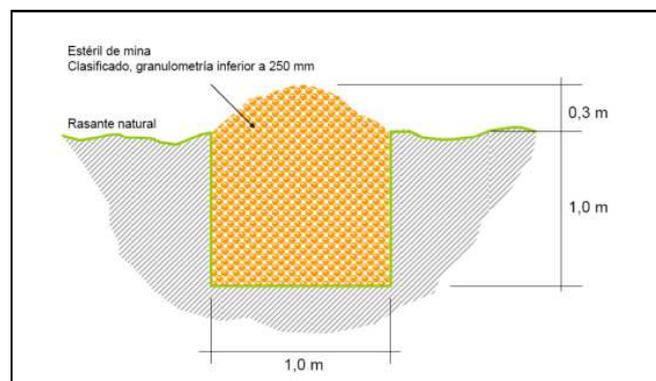


Figura 4.5: Disposición de material clasificado para el dren de fondo sobre excavación en interfluvios.

- **Cunetas y canales**

Una vez concluida cada fase de las escombreras, las aguas de escorrentía que se generen en cada una de ellas se recogerán mediante un sistema de cunetas y bajantes que dirigirán las aguas a la red perimetral de drenaje.

Con objeto de evitar que el agua de lluvia descalce la cabecera de los taludes remodelados y que la escorrentía se dirija apropiadamente hacia las cunetas de drenaje, las bermas se construirán con una contrapendiente del 0,5% hacia los puntos de desagüe, determinados por los bajantes.

Las cunetas se abrirán en la base de los taludes. La apertura de estos drenajes consiste en la excavación de zanjas de sección triangular o trapezoidal. Para evitar tanto la filtración de las aguas en el cuerpo de la escombrera como el deterioro de las mismas serán revestidas de hormigón.

El dimensionamiento de estas estructuras se ha según las subcuencas vertientes y su división en bancos y bermas. Se han diseñado 4 tipos de cunetas, cuyas medidas de áreas y caudales para cada una ellas se resumen seguidamente.

Tabla 4.11: Tipos de cuneta.

CUNETA	PROFUNDIDAD (m)	ANCHURA CORONACIÓN (m)
TIPO 0	0,5	1
TIPO 1	0,5	1,5
TIPO 2	0,5	1,75
TIPO 3	0,5	3,5

El sistema de cunetas se ha compartimentado al objeto de obtener una mayor garantía en el drenaje de las escorrentías en supuestos de asientos diferenciales de la escombrera y/o colmatación de la cuneta por caída de bloques desde el frente del talud.

Respecto a las bajantes de banco, tienen como objetivo conducir la escorrentía desde la cabecera de las escombreras hasta el canal de cintura. Para garantizar su funcionalidad en caso de asientos diferenciales en el cuerpo de la escombrera o movimientos en el frente del talud se ha optado por bajantes flexibles excavados y protegidos con geotextil y geomembrana PEAD de 1,5 mm de espesor. Su trazado permitirá la bajada de las aguas de berma a berma, teniendo por origen y destino sendos disipadores de la energía de las corrientes de la berma diseñados para evitar velocidades excesivas de flujo.

Los disipadores se instalarán en cada una de las bermas y dado que éstas disponen de un espacio limitado debido a que están parcialmente ocupadas en su mitad interior por plantaciones, cunetas y camino de servicio, serán cubetos alargados en la dirección de flujo y construidos con hormigón.

Con carácter general cada disipador recibe el flujo controlado de dos cunetas de berma más otro flujo de agua a gran velocidad de la bajante de la berma superior. Una vez remansadas las corrientes, la salida del agua se produce por rebose por el extremo contrario al de la llegada.

El tamaño del cubeto o disipador estará en función de los caudales a recoger por lo que sus dimensiones se incrementarán de arriba hacia abajo. Conforme al caudal máximo a desaguar, calculado igualmente en el mencionado Anexo 2, las bajantes en ambas escombreras tendrán una profundidad de 0,5 m y una anchura de coronación de 1,5 m.

Por último, se ha diseñado una red perimetral de drenaje, al objeto de canalizar las aguas de escorrentía recogidas en las escombreras, enlazadas con la red de cunetas y bajantes descrita.

Tabla 4.12: Canales perimetrales en las escombreras operadas en el PRT.

ESCOBRERA NORTE				ESCOBRERA SUR			
CANAL	SECCIÓN	TIPO	LONGITUD (m)	CANAL	SECCIÓN	TIPO	LONGITUD (m)
EN-CT-06	3	En roca	1.031,82	ES-CT-01	5	En roca	1.188,63
EN-CT-07	4	En roca	108,95	ES-CT-02	6	En roca	269,18
EN-CT-08	5	En roca	1.437,02	ES-CT-03	5	En roca	640,52
EN-CT-09	5	En roca	527,58				

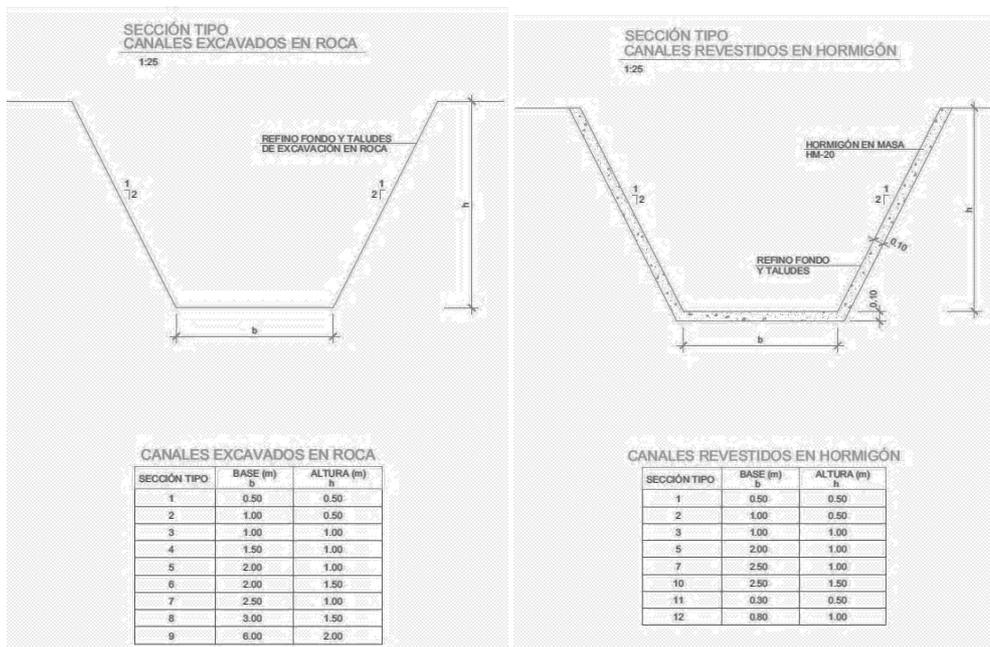


Figura 4.6: Secciones tipo de los canales perimetrales en las escombreras.

Además se construirán balsas de decantación con capacidad suficiente para almacenar el agua transportada por las conducciones anteriores para su posterior tratamiento.

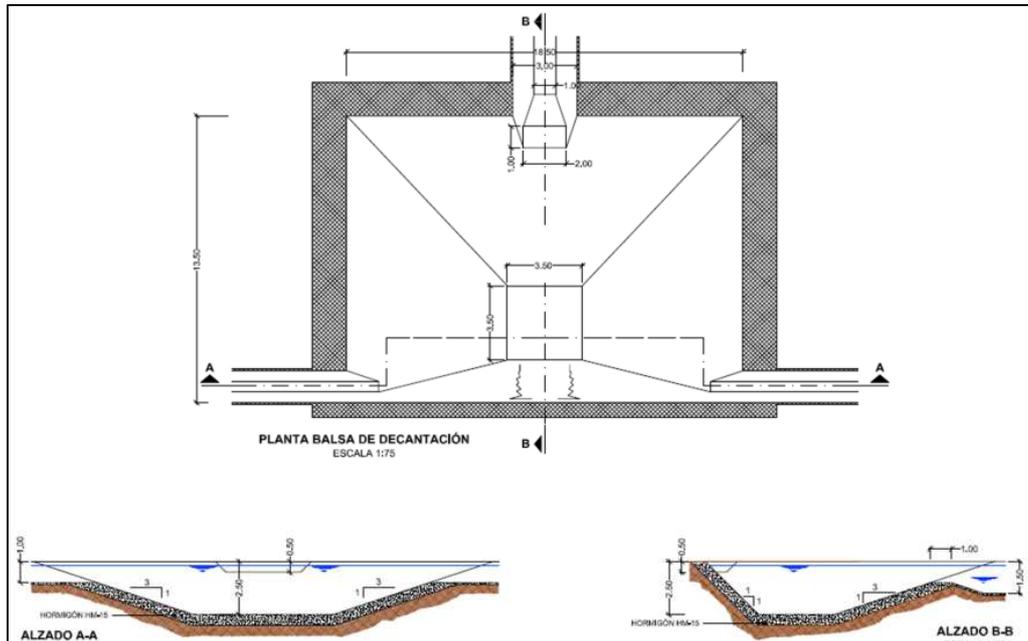


Figura 4.7: Balsas de decantación.

- **Recogida de lixiviados**

El lixiviado generado en las escombreras es conducido a unas balsas de lixiviados (Balsa Norte y Balsa Sur 1), a través de la red de drenajes de fondo.

Desde estas balsas, los lixiviados serán bombeados hasta la planta de tratamiento de aguas ácidas (Planta HDS), durante toda la vida del Proyecto. Éstas balsas, y los equipos de bombeo, están dimensionadas para mantener las balsas con la capacidad suficiente para albergar los lixiviados producidos en el peor escenario, con una capacidad de almacenamiento de 30 días.

Se ha previsto para cada balsa la instalación de 2 bombas; una operativa, y otra de reserva activa; con el fin de solventar cualquier parada por avería o mantenimiento y así garantizar el bombeo ante cualquier imprevisto.

Dadas las muy diferentes alturas manométricas existentes, derivadas de cotas de implantación de las balsas muy diferentes entre sí, y estas con la Planta HDS se ha proyectado un sistema en cascada.

La capacidad de las balsas de lixiviados será la siguiente:

- Balsa Norte: 43.500 m³.
- Balsa Sur 2: 19.500 m³.

La estación de bombeo situada en la “Balsa Sur 1” impulsa el caudal de dicha balsa, hacia la siguiente, denominada “Balsa Norte”. El caudal de diseño es de 51 l/s (4.406,4 m³/día; 183,6 m³/h). Se prevén 2 bombas, 1 unidad operativa, más otra unidad de reserva, del tipo sumergible semiaxial, con una altura manométrica de 59,5 mca; y una potencia instalada de 37 kW. El diámetro de la impulsión será de Ø300 mm, con una longitud de 2.224 m.

La estación de bombeo situada en la “Balsa Norte” impulsa el caudal de dicha balsa y la que viene de la anterior hacia la planta de tratamiento “HDS”. El caudal de diseño es de 85 l/s (7.344 m³/día; 306 m³/h). Se prevén 2 bombas, 1 unidad operativa, más otra unidad de reserva, del tipo sumergible semiaxial, con una altura manométrica de 100 mca; y una potencia instalada de 110 kW. El diámetro de la impulsión será de Ø 400 mm, con una longitud de 3.294 m.

- **Tratamiento de lixiviados tras la clausura**

Una vez finalizado el Proyecto, a pesar del paquete de medidas implementadas para prevenir la generación de AMD, aún permanezcan pequeños volúmenes de lixiviados procedentes de las instalaciones restauradas.

Al objeto de conocer la situación al cierre, se ha elaborado por la ingeniería responsable del estudio de los balances hídricos en las diferentes partes del Proyecto, AYESA, la elaboración de informe relativo a la generación de lixiviados en el PRT.

En dicho informe se establece los volúmenes máximos de lixiviados esperables en las escombreras tras la restauración:

Tabla 4.13: Caudales máximos esperables tras la restauración de las escombreras operadas en el PRT.

MES	CAUDAL (l/s)	
	ESCOMBRERA NORTE	ESCOMBRERA SUR
OCTUBRE	6,37	5,06
NOVIEMBRE	6,18	4,90
DICIEMBRE	5,80	4,60
ENERO	5,81	4,61
FEBRERO	5,63	4,47
MARZO	4,94	3,92
ABRIL	5,31	4,22
MAYO	4,99	3,96
JUNIO	5,00	3,97
JULIO	4,69	3,72
AGOSTO	4,70	3,73
SEPTIEMBRE	4,56	3,62
MAXIMO	6,37	5,06

Dado que para el abandono no es deseable la necesidad de mantener costosos sistemas de tratamiento activo de las aguas, se previó la instalación de sistemas de tratamiento pasivo de los lixiviados que aún permanezcan.

Se ha estimado que el descenso del volumen tras el sellado de las estructuras, requerirán la realización del bombeo durante 2 años, de estos lixiviados para su tratamiento y vertido mediante la planta de tratamiento de aguas (Planta HDS), hasta los caudales de las filtraciones alcancen caudales tratables mediante sistemas de tratamiento pasivos (en torno a los 2 l/s).

Las líneas de tratamiento pasivo se construirán situadas al pie de las escombreras, en los puntos de salida de las aguas ácidas.

Dadas las características de las aguas existentes, así como las restricciones debidas a las necesidades de espacio, se han seleccionado los sistemas de tratamiento pasivo DAS (Sustrato Alcalino Disperso).

El tratamiento pasivo tipo DAS consiste en un gran contenedor en el que se dispone sobre un sustrato drenante, un material reactivo compuesto por un 80% de virutas de madera y un 20% de un material alcalino de grano fino, polvo calizo u óxido de magnesio dispuestos en sendos tanques reactivos, que queda cubierto por una lámina de agua (sobrenadante).

Las virutas de madera proporcionan una elevada conductividad hidráulica a la mezcla, reduciendo en gran medida los problemas de pérdida de permeabilidad debidos a la precipitación mineral dentro del material reactivo. Por otro lado el pequeño tamaño de los granos del material alcalino, caliza u óxido de magnesio, proporciona una gran superficie específica, incrementándose la capacidad de reacción del sustrato.

En la parte caliza del sistema de tratamiento (DAS-Caliza) la disolución de la calcita eleva el pH a valores entre 6-7. Se produce la retirada en forma de Fe, As, Al, Cu y Pb.

En la sección final del sistema de tratamiento, la disolución del óxido de magnesio (DAS-Magnésico) eleva el pH a valores próximos a 8,5. Esto produce la precipitación de metales divalentes como el Zn, Mn, Cd, Co y Ni.

La validez de este tipo de tratamiento deberá ser confirmada mediante la realización de ensayos a escala. Recientemente, la Comisión Europea ha aprobado el proyecto LIFE ETAD (Ecological Treatment of Acid Drainage) LIFE12 ENV/ES/000250, que tiene por objeto desarrollar e implantar este método de depuración de las aguas procedentes de minas. En este proyecto, que cuenta con un presupuesto de 2.650.738 millones de euros y un plazo de ejecución hasta diciembre de 2017, participan la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía, a través de la Agencia de Medio Ambiente y Agua, SACYR Construcción y la Universidad de Huelva.

4.7.2 Definición del proyecto constructivo del Depósito de estériles

4.7.2.1 Elección de emplazamiento

Para la justificación de la elección del emplazamiento del depósito de estériles de planta del PRT se realizó un examen multicriterio de las distintas alternativas más adecuadas, incluida la alternativa cero, o de no actuación, y que sean técnicamente viables, y una justificación de la solución propuesta que tiene en cuenta diversos criterios como el económico, funcional y el ambiental.

Las alternativas propuestas al proyecto deben de ser siempre técnicamente viables y económicamente asumibles. Un estudio de casos hipotéticos, pero sin solución posible dentro de la ingeniería o construcción, o que cuestionen la viabilidad económica de un proyecto, carece de ninguna utilidad, ya que en ningún caso podrán finalmente ejecutarse.

Los resultados del análisis de alternativas llevado a cabo se muestran en la siguiente página.

A la vista del análisis realizado, se considera que la opción que presenta una mejor combinación de beneficios tanto ambientales, como económicos y sociales, consiste en el desarrollo de un Proyecto minero, mediante el uso del actual depósito de estériles, y mediante el uso del sistema de deposición con estériles espesados o con lodos no segregantes.

La ubicación de las actuaciones se indica en la colección de planos adjuntos al presente documento.

Tabla 4.14: Principales factores a favor y en contra de cada una de las alternativas analizadas.

ALTERNATIVA		A FAVOR	EN CONTRA
ALTERNATIVA 0 O DE NO ACTUACIÓN			<ul style="list-style-type: none"> - Impacto muy negativo sobre la calidad de las aguas, por los vertidos del actual depósito de estériles. - Coste económico elevado para la recogida de filtraciones del actual depósito de estériles. - Riesgos importantes para la seguridad por episodios catastróficos. - No se ejecuta la restauración del actual depósito. - Pérdida de los 363 empleos directos y más de 1.200 indirectos que se estima se crearán por el Proyecto.
ALTERNATIVAS A LA UBICACIÓN DEL DEPÓSITO	Deposición en la corta Cerro Colorado		<ul style="list-style-type: none"> - Técnica económicamente restrictiva por las cargas de presión. - No es compatible con el inicio de las operaciones mineras. - Inviabile técnicamente: impermeabilización y estabilidad, por labores subterráneas
	Deposición de estériles en antiguas labores mineras		<ul style="list-style-type: none"> - En todo caso, sería necesaria la construcción de un depósito en la superficie. - La inversión para la investigación, implementación y operación es inviable, pues no se contempla la explotación de recursos por minería subterránea.
	Co-deposición de estériles de planta junto con los estériles de roca en las escombreras	<ul style="list-style-type: none"> - Permite la integración de diferentes tipos de residuos en una sola instalación de deposición. 	<ul style="list-style-type: none"> - No sería posible implementar un sistema eficaz que previniera los problemas de contaminación por drenajes ácidos. - Dificultad para precisar la mezcla proporcional de materiales más apropiado para garantizar la estabilidad química y física a largo plazo. - Podría tener efectos adversos sobre el Paisaje Protegido del Río Tinto.

ALTERNATIVA		A FAVOR	EN CONTRA
	Construcción de un nuevo depósito	<ul style="list-style-type: none"> - Implicaciones positivas en cuanto a la reducción de drenajes ácidos y en cuanto a la seguridad del nuevo depósito. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento de la afección a terrenos no afectados por actividades mineras, algunos de ellos con alto valor ecológico. - Pérdida global muy considerable de calidad ambiental en los terrenos afectados. - Incremento considerable de las emisiones a la atmósfera durante la construcción. - Dificulta la gestión de las aguas del depósito de estériles existente. - Impacto adicional en cantera externa para escollera. - Impacto social por retrasos en el inicio de la operación. - Hace que el proyecto en su conjunto sea inviable económicamente
	Utilización del depósito de estériles existente	<ul style="list-style-type: none"> - Permite la recuperación del área afectada por las antiguas labores mineras. - Permite una gestión adecuada de las aguas. - Garantiza la seguridad estructural del actual depósito. - Se eliminan los vertidos contaminantes al DPH. - Permite un inicio de las actividades en un breve espacio de tiempo. - Es la opción más favorable desde el punto de vista económico. 	
ALTERNATIVAS AL PROCESO DE DEPOSICIÓN DE RESIDUOS	Deposición mediante estériles espesados	<ul style="list-style-type: none"> - Permite eliminar la generación de aguas ácidas. - Es una metodología muy contrastada. - Se considera, el método más efectivo en cuanto al coste 	<ul style="list-style-type: none"> - Se reduce la seguridad en cuanto a prevención de accidentes catastróficos.
	Deposición de lodos no segregantes	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento considerable de la seguridad en cuanto a prevención de accidentes catastróficos. - Las capas de lodo actúan como barrea del oxígeno, previniendo la generación de aguas ácidas. - Permite la realización de una restauración progresiva - Reducción de costes por rebombeo de aguas de proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento de las emisiones a la atmósfera (polvo) por la construcción de los diques de cierre. - Mayor coste económico de la operación. - Incremento en el consumo de recursos.
	Deposición en seco	<ul style="list-style-type: none"> - La seguridad estructural del depósito, queda garantizada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor posibilidad de generación de aguas ácidas. - Imposible evitar el contacto con el agua de lluvia. - Foco contaminante intenso por la generación de polvo. - Es completamente inviable desde el punto de vista económico.

4.7.2.2 Estudios del área elegida para la ubicación de la instalación

4.7.2.2.1 Estudio geológico-geotécnico del emplazamiento

Las secciones del depósito se emplazan en el sinclinorio de Rio Tinto, dentro de la Faja Pirítica Ibérica, en la Zona Surportuguesa del Macizo Hespérico o Ibérico. El sinclinorio de Riotinto tiene unos 8 km de anchura y su núcleo está constituido por una formación pizarroso-grauváquica (Facies Culm) de edad Carbonífero Inferior.

La Facies Culm constituye un conjunto litológico replegado (pliegues de escala métrico-decamétrica), muy débilmente metamórfico, que presenta una orientación general prácticamente este-oeste y una inclinación subvertical o fuertemente buzante al norte. Esta orientación está marcada por la esquistosidad principal y/o por la estratificación, que son las estructuras dominantes a escala micro y mesoscópica.

Las secciones de Aguzadera y Cobre se disponen sobre la Facies Culm, ocupando prácticamente toda la anchura de la misma en el sinclinal de Riotinto. El Culm está afectado por fallas y fracturas, de direcciones variables (NNE-SSO, NE-SO y NNOSSE), que suponen rupturas generalmente frágiles, y de las que la más importante es la Falla Eduardo, desgarre dextral NO-SE antiguo (probablemente tardihercínico) con desplazamiento lateral variable entre 200 y 700 m, que cruza oblicuamente el sinclinal, pasando bajo ambas secciones.

Sobre el Culm existen escasos restos de una superficie erosiva a 340-360 m de cota (restos de la superficie apalachiana original, de edad terciaria) en la que se ha encajado la red hidrográfica actual. El Culm presenta una meteorización superficial, que suele originar una disgregación a favor de los planos de esquistosidad/ estratificación. En algunos replanos altos, así como en los fondos de valle de algunos arroyos, existen localmente depósitos elu/coluviales y aluviales, poco importantes.

En general, el Culm presenta baja permeabilidad, ausencia de plasticidad y de planos potenciales de deslizamiento. Es decir, corresponde a litologías muy estables y no reactivas con los estériles almacenados.

La Falla Eduardo es antigua (probablemente tardihercínica y de edad Pérmica) y sin signos que puedan indicar movimientos o actividad reciente, así que no cabe esperar inestabilidad en el entorno de las balsas mineras debidas a movimientos de la Falla.

4.7.2.2.2 Estudio hidrogeológico del emplazamiento

El nivel de meteorización superficial del Culm se puede considerar semipermeable, con valores que oscilan entre 0,5 y 2 cm/s. El Culm, a profundidades mayores de 5 m, se presenta como de muy baja permeabilidad ($3,8 \cdot 10^{-6}$ cm) a prácticamente impermeable. En las zonas de fractura, la permeabilidad aumenta, presentando valores de permeable a semipermeable, lo que se acentúa en las zonas de vaguada superpuestas a dichas fracturas, donde se puede llegar a 10^{-3} y 10^{-4} cm/s.

En cuanto a los materiales de los depósitos de estériles, la escollera tiene una permeabilidad máxima, razón por la cual comporta en su dorso o espaldón una pantalla impermeabilizante. Las arenas cicladas de Aguzadera (arenas underflow) tienen una permeabilidad media. Las lamas de los depósitos se indicaron como menos permeable, lo que hizo innecesaria la impermeabilización del vaso. Respecto a la base de los diques, previamente a su construcción se decidió un apoyo en el Culm “suficientemente sano”, poco meteorizado.

En condiciones naturales (previas a la construcción de los depósitos de estériles), cabía suponer la existencia de un nivel freático en el Culm, a favor de la fracturación que presenta, recargado por pluviometría en las zonas de interfluvios, y con flujos moviéndose hacia los cauces de los barrancos. Las fracturas más importantes (tales como la Falla Eduardo), con mayores permeabilidad y transmisividad, podrían haber funcionado a modo de canales preferentes de flujos.

La implantación de los depósitos de estériles supuso una modificación sobre este funcionamiento natural, situando un importante volumen de materiales sobre la topografía previa, que comportan un nivel freático nuevo, asociado a las láminas de agua de los depósitos. Las variaciones del nivel piezométrico de los depósitos y la presencia de filtraciones en diversos puntos, en la base y aguas abajo de las presas, indican que este nuevo nivel freático está en contacto con dicha superficie topográfica previa y que, por tanto, el nivel freático original del Culm infrayacente puede (y debe, dependiendo de la eficacia transmisiva de las fracturas) estar involucrado en el de los depósitos.

El funcionamiento hidrogeológico previsible tras el recrecido del Proyecto será similar al descrito, con una mayor diferencia de cotas entre el nivel freático de dentro y de fuera de las balsas, lo que se traduce en un incremento de las presiones y, por tanto, del volumen de filtraciones.

La Falla Eduardo podría actuar, pues, como un drenaje lateral preferencial hacia puntos topográficos más bajos, fuera de los depósitos. No obstante, los datos de los piezómetros cercanos descartan esta posibilidad.

En general, la piezometría actual corrobora el funcionamiento hidrogeológico descrito, presentando un nivel descendente desde las láminas de agua de las secciones de Aguzadera y Cobre hacia la base de sus diques. Entre ambas secciones, el nivel piezométrico es asimismo, descendente desde la lámina de agua de Cobre (más alta) a la de Aguzadera (más baja).

4.7.2.2.3 Estudio hidrológico del emplazamiento

Los estudios hidrológicos realizados han consistido por un lado en la realización de un Estudio de Aportaciones y un Estudio de Avenidas de las subcuencas vinculadas al PRT, para lo cual ha sido necesario realizar previamente una caracterización morfológica de la zona de estudio, que ha consistido en delimitar las subcuencas drenantes al PRT y/o en su zona de influencia, identificando los cauces principales de cada una.

Para la elaboración del estudio de Aportaciones, se emplea el modelo hidrológico de evaluación de recursos hídricos en régimen natural (SIMPA), cuyo fundamento teórico para realizar el balance de agua en el suelo, se basa en el método de Témez.

Previamente se ha hecho una Validación del Modelo SIMPA en el ámbito de estudio, para lo cual se han contrastado los datos de la serie SIMPA con la estación termopluviométrica existente en el propio recinto del PRT.

Tras su validación, se realizan los balances hídricos en el suelo para cada uno de los sectores del PRT, obteniendo las Aportaciones de agua fresca y de agua de proceso.

La aportación en el PRT con la configuración actual (0,247 hm³/mes), tras la solución adoptada para cada escenario, pasaría a ser 0,259 hm³/mes para el inicio de la explotación por la modificación en las secciones de Cobre y Aguzadera (AÑO 0), 0,285 hm³/mes por el recrecimiento de Cobre en el AÑO 2 y, a 0,158 hm³/mes para el AÑO 10, fundamentalmente debido a la configuración de la sección de Cobre de cara a su vaciado en fase de Clausura.

El estudio hidrológico de avenidas se ha realizado aplicando un modelo hidrometeorológico de evento que transforma una tormenta de diseño en un hidrograma de avenida. El cálculo de la precipitación neta se ha efectuado mediante el método del número de curva del Soil Conservation Service (SCS) de los EE.UU. y la transformación de la lluvia neta en caudal mediante la técnica del hidrograma unitario de Clark. Para ello se ha utilizado el programa HEC-HMS, de uso habitual en este tipo de estudios, del cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU.

La calibración se ha realizado a nivel estadístico en lugar de la simulación de eventos de avenida reales, utilizando la metodología expuesta en el capítulo 3 de la "Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables", (SNCZI) publicada en 2011 por el Ministerio de Medio Ambiente.

Por otro lado, en cumplimiento de la normativa vigente en presas mineras (Real Decreto 975/2009), en relación con la Seguridad en cuestiones hidrológicas, se ha considerado en las simulaciones que debe garantizarse hasta eventos con una probabilidad de ocurrencia anual correspondiente a un periodo de retorno de 500 años (Depósito de estériles de categoría A).

La precipitación máxima instantánea en 24 horas sería el 112.59% de la precipitación diaria, y la de 72 horas del 139.19%. Asimismo, en la hora central se recogería el 37.50% de la precipitación diaria, y en la siguiente hora el 12.84%, por lo que en sólo dos horas se acumularía el 50.34% de la precipitación diaria correspondiente a cada periodo de retorno.

En relación con los principales resultados obtenidos en la simulación hidrológica de la avenida de 500 años de periodo de retorno en la zona de estudio, se concluye que:

- El volumen acumulado de la avenida de 500 años de periodo de retorno, en las Secciones de Cobre y Aguzadera, sería de 0,52 y 0,89 hm³, respectivamente. Y en la Sección de Gossan, de 1,11 hm³.
- Dejando como mínimo los resguardos estimados, Gossan no vertería agua de proceso al canal perimetral norte para las avenidas iguales o inferiores a 500 años de periodo de retorno.
- El volumen de la escorrentía de agua fresca al sudeste de Gossan es de 0,39 hm³ para la avenida de 500 años de periodo de retorno, con un caudal punta de 31,6 m³/s.
- El caudal máximo que ha de desaguar el canal perimetral norte para la avenida de 500 años de periodo de retorno, es de 27,2 m³/s, con un volumen acumulado de 1,93 hm³.
- En las futuras normas de explotación de Campofrío y Aguas Limpias, se deberán adoptar las actuaciones necesarias para mantener indefinidamente los resguardos estimados, 0,81 y 0,22 hm³, respectivamente, ya que además de optimizar la capacidad hidráulica del canal perimetral norte sin pérdida considerable del volumen máximo regulado por el Sistema Campofrío – Aguas Limpias, estas actuaciones también reducirían el riesgo de vertido de la Presa de Aguas Limpias sobre la carretera A-461.

Por último, se ha realizado el Estudio del Balance Hídrico del depósito de estériles, para dar respuesta a las solicitudes formuladas por la administración.

El funcionamiento del Sistema es conocido, y la relación de los distintos elementos del mismo, puede verse en los siguientes esquemas, uno para los primeros cinco años, y el segundo para los cinco últimos años.

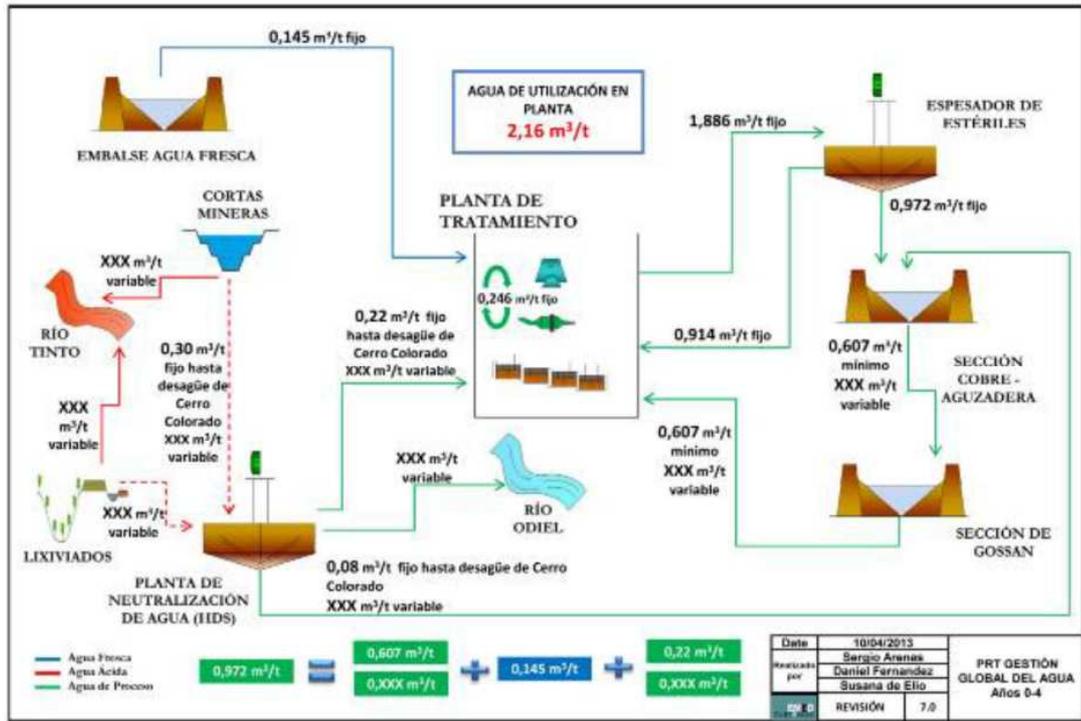


Figura 4.8: Flujos del sistema. Años 0-5.

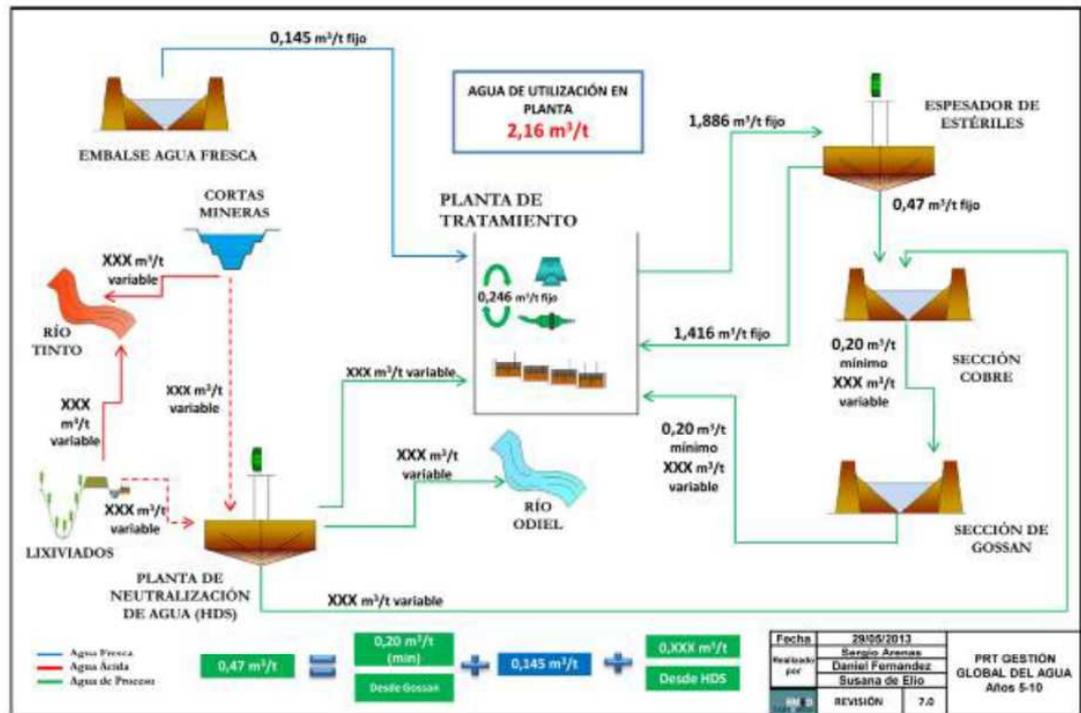


Figura 4.9: Flujos del sistema. Años 5-10.

4.7.2.3 Diseño y construcción de la instalación

4.7.2.3.1 Estudio de los materiales a emplear en la construcción

Se ha desarrollado un estudio geotécnico para la caracterización de los materiales que conforman los diques, especialmente los residuos mineros. Dicho análisis es esencial para el estudio de la estabilidad estructural de depósito compuesto por estos materiales.

La caracterización geotécnica de los material se ha realizado a partir de los datos obtenidos en los reconocimientos de campo y laboratorio llevados a cabo durante el año 2013, y con los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras de materiales obtenidas en los sondeos.

Se han empleado también los resultados de ensayos procedentes de las campañas de sondeos y ensayos de laboratorio realizados en 2010 y 2012, y los ensayos de identificación y estado, que se han llevado a cabo como parte del mecanismo de control y seguimiento de la obra a lo largo de los años.

Se cuenta además con algunos resultados de ensayos de los Proyectos de Aguzadera y Aguzadera reformado, y con las caracterizaciones de los materiales desarrolladas en todos los proyectos previos.

A partir de estos datos se ha realizado un análisis de los parámetros y características geotécnicas de estos materiales, para establecer los valores de cálculo que se emplearán en los estudios de estabilidad de la obra.

Para cada material se han analizado los aspectos relacionados con su granulometría y plasticidad, peso específico, densidad seca y humedad, así como los parámetros de resistencia (cohesión, ángulo de rozamiento, resistencia al corte sin drenaje), de deformabilidad, permeabilidad y consolidación.

La caracterización incluye la descripción y análisis estadístico de los datos, así como la observación de tendencias y la correlación entre parámetros, con el objeto de definir los valores representativos de cada parámetro, para ser empleados en los cálculos de consolidación y estabilidad.

Los parámetros de cálculo estimados entonces a partir del análisis y caracterización de los materiales se resumen en la tabla siguiente:

Tabla 4.15: Parámetros geotécnicos de los materiales a emplear en la construcción del depósito.

	γ_d (KN/m ³)	γ (KN/m ³)	k_{Vsat} (m/s)	C_v (cm ² /día)	E_m (MPa)	ϕ' (°)	c' (kPa)
Arenas CU	17,00	21,00	1,00E ⁻⁰⁷	1,20E ⁺⁰⁵	30 · σ'	32	0
Arenas GO	17,00	21,00	1,00E ⁻⁰⁷	1,20E ⁺⁰⁵	40 · σ'	33	0

	Yd (KN/m ³)	γ (KN/m ³)	k _{Vsat} (m/s)	C _v (cm ² /día)	E _m (MPa)	φ' (°)	c' (kPa)
Lamas CU	16,50	20,50	2,50E ⁻⁰⁸	4,20E ⁺⁰³	50 · σ'	33	0
Lamas GO (Aguzadera)	16,50	20,50	2,50E ⁻⁰⁸	4,20E ⁺⁰³	50 · σ'	33	0
Lodos de alta densidad	16,50	20,50	2,50E ⁻⁰⁸	4,20E ⁺⁰³	50 · σ'	33	0
Escollera	22,00	24,00			134	33	0
Núcleo		20,70	3,00E ⁻⁰⁸	1,94E ⁺⁰²	75	35	20
Gossan		19,90	3,00E ⁻⁰⁸	1,30E ⁺⁰²	50	35	12
Pizarras		26,00	1,00E ⁻¹¹		5890	40	200

4.7.2.3.2 Estudios de estabilidad geotécnica

El análisis de estabilidad estructural para los distintos perfiles de cálculo establecidos, los cuales representan las principales tipologías de las secciones que comprenden el actual diseño vigente del depósito y el futuro recrecido con las lamas de alta densidad, se ha basado en lo siguiente. En primer lugar, y considerando como aspecto esencial la naturaleza de rellenos hidráulicos de los materiales empleados como residuos, en continuo proceso de auto consolidación, se ha desarrollado un estudio hidromecánico del proceso constructivo desarrollado hasta la fecha, contemplando la serie temporal de recrecidos del depósito, con el fin de conocer el estado actual del proceso de consolidación de los materiales y la acumulación de sobrepresiones. De idéntica manera se ha procedido a futuro con el recrecimiento propuesto con las lamas de alta densidad para proyectar a final de recrecido el estado de sobrepresiones y de consolidación de materiales.

Para la ejecución de estos cálculos hidromecánicos se ha contado con el software PLAXIS, basado en el método de los elementos finitos, con formulación hidromecánica acoplada, con presiones de poro y desplazamientos como incógnitas. Conocidos los estados de sobrepresiones para los diferentes estados de recrecido de las secciones, como es el estado actual, a cota final de los proyectos vigentes, y a cota final de recrecido de lamas, se procede al estudio de estabilidad estructural clásico, mediante la metodología de equilibrio límite, empleando un software que emplea el método de las rebanadas, como se trata del software SLIDE. Este programa permite la inclusión de las sobrepresiones que acechan a cada material y que afectan al confinamiento de los materiales en su análisis en equilibrio límite, representando situaciones intermedias al corto plazo o cálculos en totales (bastante conservadores) o cálculos a largo plazo o en efectivas (demasiado arriesgados).

Además, con la ayuda del software SEEP/W, basado en el método de los elementos finitos y aplicando un modelo basado en la ley de Darcy y en el principio de la conservación de masa del fluido, se han desarrollado cálculos de redes de flujo para cada una de las secciones, con el fin de verificar la línea de presión cero que se ha empleado como entrada en los cálculos con PLAXIS y que, a su vez, es información de salida (mapa de presiones) y de partida para los cálculos de estabilidad.

El estudio de estabilidad se ha llevado a cabo para las distintas situaciones que marca la normativa vigente. Las situaciones a considerar son las siguientes: Situación Normal, Situación Accidental y Situación Extrema. Para cada una de estas situaciones la normativa actual marca unas limitaciones del Factor de Seguridad a alcanzar para los cálculos de estabilidad. De manera general, estos factores de seguridad calculados para cada perfil y situación han alcanzado los valores normativos.

En lo que respecta a la sección de Aguzadera, a cota final de proyecto, todos los casos de cálculo comportan factores de seguridad superiores a los admisibles o valores normativos e inicialmente no están pendientes de medidas correctoras.

4.7.2.3.3 Estudios sismológicos y sismorresistentes

Se ha llevado a cabo un estudio tanto en la situación normal estática, como en las situaciones accidentales o extremas que incluyen el análisis bajo sismo de dichas instalaciones.

Dicho estudio dinámico se ha efectuado mediante un estudio pseudo-estático, a través de los denominados coeficientes dinámicos correspondientes, tanto en la situación accidental de terremoto “de Proyecto” como extremo con el terremoto “extremo”.

Los análisis se han realizado siguiendo las recomendaciones actuales, vigentes para este tipo de estudios, teniendo en cuenta las últimas recomendaciones internacionales al respecto, tanto en la consideración de las aceleraciones de cálculo en los seísmos correspondientes, como para los coeficientes sísmicos a aplicar en los cálculos de equilibrio límite (como se había hecho en los Proyectos antiguos vigentes).

En cuanto a la caracterización de los materiales, se ha procedido también según las últimas recomendaciones tanto nacionales como internacionales con dicha metodología de cálculo, a la estimación de sus propiedades dinámicas (o respuesta resistente en condiciones de sismo)

En resumen, la metodología seguida está totalmente reconocida en la buena práctica internacional. No obstante, este tipo de análisis dinámico se puede realizar acudiendo a una metodología más cercana al fenómeno dinámico real, acudiendo a un análisis dinámico, en vez del pseudo-estático, con procedimientos de cálculo que tengan en cuenta los espectros de respuesta de los terremotos (aceleración-tiempo, o velocidades, / movimientos-tiempo) con códigos de programación de elementos o diferencias finitas, así como una caracterización de la respuesta resistente y deformacional de los materiales

basada en ensayos dinámicos de los mismos en laboratorio. Sobre todo para diques de mucha altura.

4.7.2.4 Explotación u operación de la instalación

4.7.2.4.1 Diseño de las instalaciones

Los criterios para el diseño del depósito de estériles se basan en la peligrosidad del mismo, la cual viene marcada en este caso por la categoría de la presa. En este caso el depósito de estériles ha sido considerado de categoría A, por lo que los criterios de diseño corresponden a los más estrictos.

El diseño del depósito tanto en planta como en perfiles tipo está condicionado por la presencia de los antiguos depósitos de lodos, y por las prescripciones geométricas y estructurales marcadas por los antiguos proyectos vigentes de cada sección, Cobre y Aguzadera. Además del diseño de las secciones, la elección del emplazamiento geométrico ha supuesto un claro proceso interactivo con las estructuras ejecutadas, afectado en este caso por la previa determinación del emplazamiento del depósito y las consideraciones en relación a las secciones tipo de partida.

El diseño de la sección tipo comprende desde la altura de dique a alcanzar, el cual es la cota de los proyectos vigentes para ambas secciones y el recrecido con lodos de alta densidad en el caso de la sección de Cobre, la distribución de materiales, los taludes de la sección, el sistema constructivo, etc.

Los estudios llevados a cabo hasta exponer los diferentes criterios de diseño son los siguientes:

- Adaptación de las secciones tipo ejecutadas a las de los antiguos proyectos vigentes.
- Presentación y/o desarrollo de los factores que condicionan los parámetros de diseño de la sección tipo, tales como la altura de dique, el resguardo, los taludes, los materiales, etc.

- **Altura de las instalaciones**

Tanto la cota de coronación para los diques de arenas en Cobre y Aguzadera, además de la cota final con el recrecido con lodos de alta densidad en Cobre, se ha establecido a partir de las necesidades de almacenamiento según la producción de las instalaciones mineras y con la curva de cotas-volúmenes de almacenamiento, tonelaje de embalse.

Los resguardos establecidos buscan garantizar la seguridad de la obra, considerando el balance de agua que se produce en las diferentes secciones del depósito de estériles a lo largo de su proceso constructivo. El balance hídrico confirma la posibilidad de mantener el volumen de agua de operación indicado, con la correspondiente limitación

de playa de lamas, lo que supone una garantía del mantenimiento del resguardo fijado en el embalse.

Según esto, se ha adoptado como cota de coronación final para la sección de Cobre con lodos de alta densidad la 404 en talud con diques de apoyo todo-uno (403 en lodos), con un resguardo de 1,0 m; lo que significa que el resguardo total sobre el nivel normal de almacenamiento de agua, sin avenidas, es de 2,0 m, contando con la playa de lamas en la disposición final y la pendiente media de estas. (404-402 m).

En las fases iniciales de recredido según proyectos en vigor tanto para Cobre como para Aguzadera, se mantienen las cotas máximas en los diques de dichos proyectos, 380 y 373, respectivamente y sus resguardos de 2,0 m.

- **Sección Tipo**

Son varios los factores que confeccionan las secciones tipo del depósito.

El primer paso es la zonificación de las secciones debido a que cada una presenta unos condicionantes de partida marcan su diseño.

A pesar de que cada sección tiene un diseño propio debido a los condicionantes que se le presentan, se ha pretendido conseguir una universalización de la sección, para facilitar y hacer más operativo el proceso constructivo, mejorar la accesibilidad, etc.

Los taludes se han establecido en función de la caracterización geotécnica y los resultados de los estudios de estabilidad. En otros casos se han seguido las pautas establecidas por los proyectos vigentes en cuanto a taludes, anchuras de coronación, anchuras de bermas, y altura libre del dique de arenas.

A continuación se muestran varias figuras con la geometría de los diques.

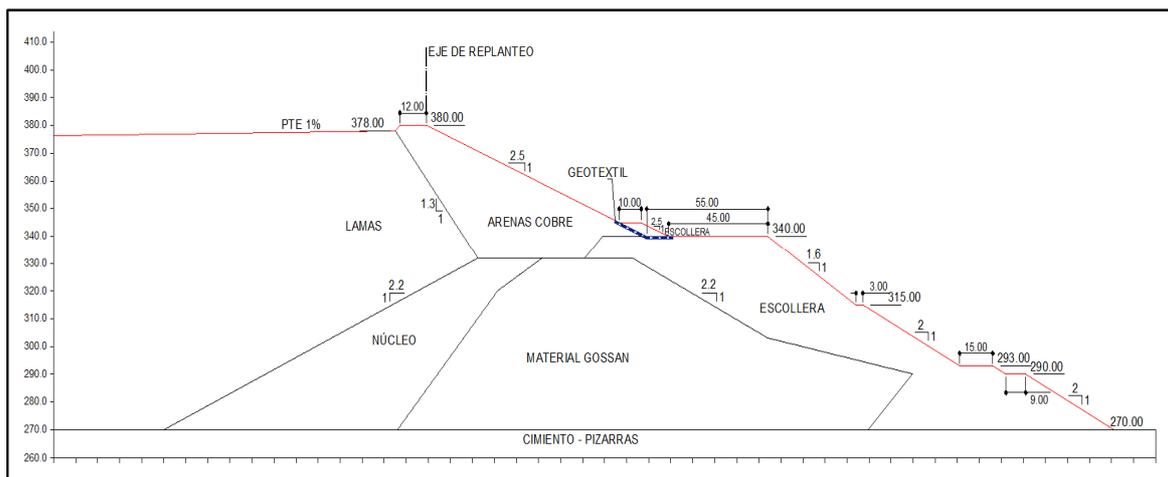


Figura 4.10: Características geométricas de los muros de la sección de Cobre del sistema tradicional (perfil principal).

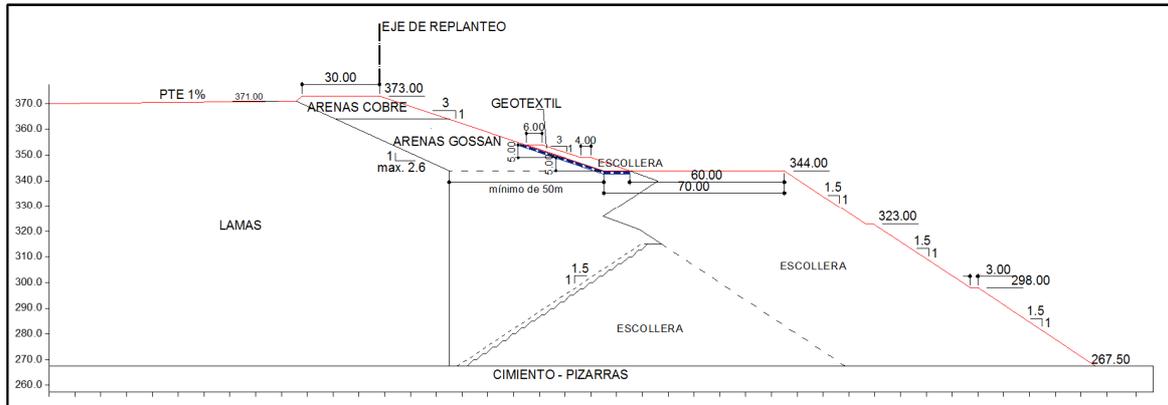


Figura 4.11: Características geométricas de los muros de la sección de Aguzadera del sistema tradicional (perfil principal).

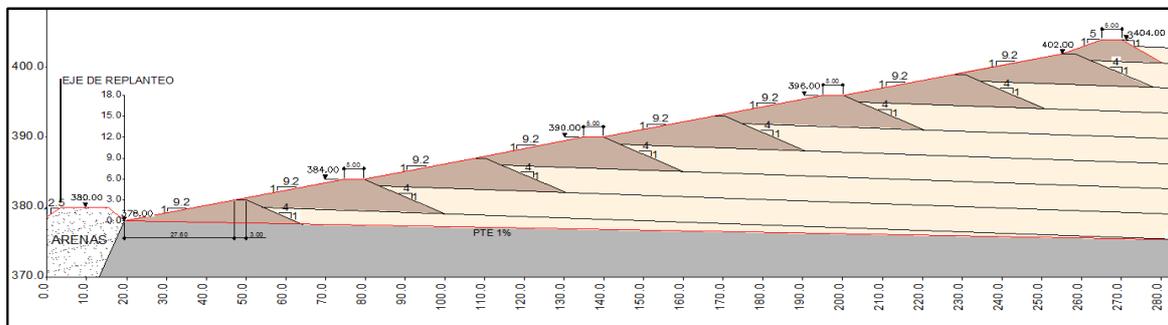


Figura 4.12: Características geométricas de los diques todo uno del sistema con lodos densos en la sección de Cobre.

- **Diseño en planta**

La composición de la geometría en planta ha sido una compleja tarea en el desarrollo de este proyecto. Se ha pretendido alcanzar el mejor ajuste de la sección tipo y los ejes de replanteo con la geometría ejecutada.

Tras un proceso iterativo se ha diseñado un nuevo eje de replanteo, que corresponde al extremo exterior de la coronación final de cada sección del depósito de estériles (según término de los proyectos vigentes) y que respetara en gran medida todos los aspectos descritos anteriormente. Se trata de un eje algo quebrado, con alineaciones rectas unidas por arcos circulares de pequeño radio.

La disposición en planta de las bermas de los diferentes perfiles de las dos secciones del depósito de estériles se ha planteado buscando una continuidad con los accesos a las instalaciones de residuos.

En cuanto a la disposición de las lamas hasta la cota de los proyectos vigentes para ambas secciones (Aguzadera y Cobre) se han dispuesto con una pendiente media del 1%

desde la zona de dique de arenas donde se realiza el proceso de ciclonado de los residuos mineros.

En cuanto al diseño en planta de los lodos de alta densidad en la sección de Cobre, se disponen de manera concéntrica con una pendiente del 2%, desde todos los extremos de la presa, y partiendo siempre de una cota igual o menor a la 378, que es la final del almacenamiento con ciclonado, de su proyecto vigente.

4.7.2.4.2 *Proceso constructivo*

Para las primeras fases de recrecimiento según los proyectos en vigor, los residuos serán sometidos a un proceso de ciclonado, antes de su vertido al depósito, obteniéndose un porcentaje determinado de material arenoso que se colocará de modo que formará un espaldón resistente.

En el estudio de estabilidad de los diferentes perfiles ya se ha comprobado que queda garantizada la seguridad del depósito. Por lo tanto, analizando la geometría propuesta en la sección tipo y a partir de la cantidad de material requerida se comprueba que con un volumen recuperado medio de arenas desorden de un 6,5 % respecto al del total de residuos queda garantizado alcanzar sin problemas el diseño previsto.

Para la fase de almacenamiento con lodos de alta densidad, es necesario una cantidad importante de material todo-uno, para el recrecimiento continuo del almacén mediante diques con una altura media de 3 m, y los taludes necesarios para ir conformando el talud general, que se ha definido de 10H: 1V de media. Se ha estimado, que el material necesario para estos diques supone del orden de un 4% del total de volumen a almacenar en este almacenamiento con lodos de alta densidad.

En las diferentes situaciones que se den durante el proceso constructivo deben cumplirse dos principales requisitos, alcanzar una cota de coronación con suficiente resguardo frente al nivel del embalse y no interferir en el vertido de los residuos.

Cuando se habla de cota de coronación en las distintas fases, se trata de la cota superior del muro de arenas ciclonadas, o de diques todo-uno, ya que son los que estarán en contacto directo con las lamas del embalse.

Para evaluar la evolución de los recrecimientos en tiempo, se cuenta con los siguientes datos:

- La producción anual prevista viene marcada por la siguiente tabla, alcanzándose un valor medio anual de 9 Mt y un horizonte útil de almacenamiento mínimo de 10 años.

Tabla 4.16: Producción anual prevista.

Año	Mt/año	Mt, acumuladas
0	0,02	0,00
1	5,50	5,52
2	8,25	13,77
3	9,0	22,77
4	9,0	31,77
5	9,0	40,77
6	9,0	49,77
7	9,0	58,77
8	9,0	67,77
9	9,0	76,77
10	9,0	85,77

- Se han calculado los volúmenes que se pueden almacenar durante el almacenamiento previsto, en las sucesivas etapas:
 - 1) En Cobre, desde su estado actual hasta cota de su proyecto vigente, con procedimiento de ciclonado de arenas: 17,8 Mt.
 - 2) En Aguzadera, desde su estado actual hasta cota de su proyecto vigente, con procedimiento de ciclonado de arenas: 15,0 Mt.
 - 3) En Cobre, con el procedimiento de lodos de alta densidad, hasta 25 m más de lodos, con una densidad seca de 1,65 t/m³: 52,3 Mt.

Se podrá así, almacenar:

- 1) Cobre con ciclonado, los años 0, 1, 2 y parte del 3 (17,8 Mt),
- 2) Pasando a continuación a Aguzadera, los años 3 y 4, para completar un almacenamiento de 17,8 +15,0= 32,8 Mt; y después,
- 3) Se pasa a Cobre, con lodos de alta densidad, cubriendo los años 5, 6, 7, 8, 9 y 10, almacenando 55,3 Mt; lo que supondría un total de 32,8 + 55,3 = 88,1 Mt.

Los trabajos de restauración planificados para esta zona, se ejecutarán una vez el depósito de estériles haya sido clausurado según el Proyecto Técnico de Cierre y Clausura de la instalación. La redacción de este proyecto forma parte de las actuaciones de clausura de la explotación minera y se han recogido en apartados anteriores las líneas conceptuales para el mismo.

Previsiblemente los trabajos de clausura lleven asociados tareas de sellado o aislamiento del material contenido en la balsa, lo cual limita las alternativas de restauración a realizar en la zona. Debido a esto, no se considera viable la plantación de árboles y/o arbustos, puesto que las propias raíces y el peso de los mismos podrían alterar las labores de clausura.

Las opciones estudiadas para el sellado de las escombreras son las siguientes:

- **Sellado mediante el uso de pizarras:** Las pizarras son materiales inertes que podrían ser utilizadas para el recubrimiento y sellado de las superficies finales de vertido. Conforme avancen los trabajos en la corta las pizarras se acopiarán temporalmente por separado en las inmediaciones del depósito, hasta que sean utilizadas para el sellado de las superficies finales.
Sobre los residuos se colocarán 0,75 m de pizarras compactadas al 95% del Próctor Modificado.
El extendido se programará y realizará de tal forma que los materiales de cada tongada sean de características uniformes y, si no lo fueran, se conseguirá esta uniformidad mezclándolos convenientemente con maquinaria adecuada para ello. No se extenderá ninguna tongada mientras no se haya comprobado que la superficie subyacente cumple las condiciones adecuadas.
Durante la ejecución de las obras, la superficie de las tongadas deberá tener la pendiente transversal necesaria, en general en torno al 1-2%, para asegurar la evacuación de las aguas sin peligro de erosión y evitar la concentración de vertidos.
- **Sellado mediante el uso de geocompuestos.** Sobre los residuos se dispondrá como barrera impermeable una lámina de Polietileno termosoldado de alta densidad (Lámina PEAD) de 1 mm de espesor, con canal central de aire para comprobación de soldaduras.
- **Sellado mediante el uso de materiales oxidados (gossan).** Se trata de materiales de muy baja reactividad, y que podrían ser utilizadas para el recubrimiento y sellado de las superficies finales de vertido, por presentar bajos niveles de permeabilidad. Este tipo de materiales afloran en superficie en gran parte de los terrenos sobre los que se ubica el PRT, y en muchos casos conforman los horizontes superiores de los suelos inalterados que encontramos tanto en el recinto minero como en su entorno.
De esta forma, se dispondría sobre las superficies una capa de 0,3 m de espesor de material oxidado proveniente de la explotación, como capa de sellado.

En cualquier caso, para la selección de la técnica idónea a emplear en el sellado de del depósito, se ejecutará antes del inicio de la operación un ensayo para la determinación de la mejor técnica de sellado a aplicar.

4.7.2.4.3 *Sistemas de drenaje y desagüe*

Las infraestructuras esenciales para garantizar la viabilidad del proyecto tras la clausura se han agrupado para su descripción como sigue:

- Canal perimetral norte.
- Derivación al sur de la sección de Gossan.
- Evacuación de pluviales en Cobre.
- Evacuación de pluviales en Aguzadera.
- Evacuación de pluviales en Gossan.

- **Canal perimetral norte**

Esta estructura es, además del canal de evacuación de excedentes del sistema Aguas Limpias – Campofrío, el canal receptor de todas las aguas procedentes de la escorrentía de la vertiente norte de las secciones de Gossan y Aguzadera. Por tanto, se trata del canal de desvío del cauce por el que de forma natural discurrirían las avenidas, por lo que es fundamental su consideración de cara a la clausura.

El canal actual discurre a media ladera a lo largo de 3.660 m. La sección hidráulica está completamente excavada en la roca. El trazado es sinuoso (véase la figura adjunta), ajustado a las curvas de nivel con radios de curvatura muy pequeños. La pendiente media es de 0.001 m/m.

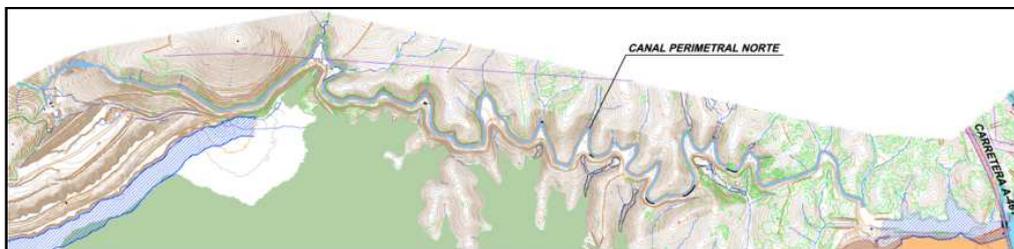


Figura 4.13: Planta general del canal perimetral norte.

En la siguiente figura se muestra una sección tipo representativa con 4,5 m de base, altura de 2,0 m y talud de 0.6H:1V.

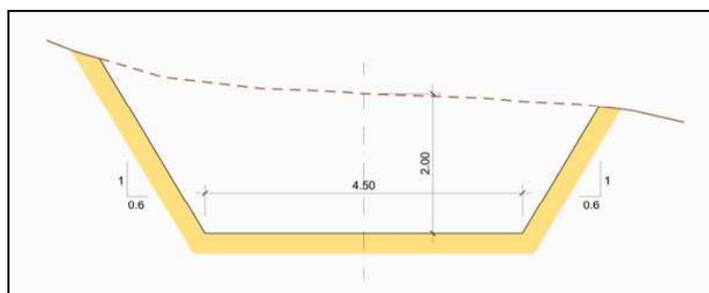


Figura 4.14: Sección tipo del canal perimetral norte.

La capacidad máxima sin considerar ningún tipo de resguardo es de $8 \text{ m}^3/\text{s}$, con calado medio de 2 m y velocidades máximas en algunas secciones de 1,2 m/s.

El canal perimetral norte debe garantizar la evacuación de los caudales con una probabilidad de ocurrencia anual correspondiente a un periodo de retorno de 500 años, que de acuerdo con el estudio de avenidas realizado se aproximan a los $30 \text{ m}^3/\text{s}$, por tanto, resulta indispensable su ampliación.

La propuesta de ampliación, previo inicio de las operaciones, sigue un trazado similar al actual, manteniendo el cajero exterior y excavando sobre la ladera la ampliación de sección propuesta. Puntualmente se han suavizado los cambios bruscos de trazado

(coincidentes con los cruces de vaguadas) comprobando, en cada caso, que la rasante del canal propuesto se apoya siempre en terreno natural.

La sección propuesta tiene 7 m de base, altura de 3,5 m y mantiene los taludes de 0.6 H:V. La capacidad calculada es de 30 m³/s, con un calado de 2,75 m. (resguardo de 0,75 m.) y velocidad de 1,27 m/s. La pendiente se incrementa ligeramente hasta un 0,0012 m/m gracias a la reducción en la longitud total de la obra.

- **Derivación al sur del depósito de Gossan**

Tiene por objeto desviar hacia el embalse de Aguas Limpias, la escorrentía correspondiente a las cuencas ubicadas al sudeste de la sección de Gossan. Se consigue de este modo evitar el ingreso de un volumen importante de agua fresca en el sistema de aguas de proceso, mejorando sensiblemente el balance hídrico con el fin último de minimizar el riesgo de vertidos, durante la operación en la Fase II (deposición de lodos densos).

El volumen de la avenida de 500 años de periodo de retorno correspondiente a las cuencas que se pretenden derivar es de 0,39 hm³, con un caudal punta de entrada de 31.6 m³/s

Las obras de derivación incluyen:

- Dique que divide la sección actual de Gossan en dos sectores, separando aguas frescas y aguas de proceso.
- Restauración del sector ubicado al sur del dique.
- Canal que conecte el sector de aguas frescas con el embalse de Aguas Limpias.

El dique propuesto es de material todo uno, con 5 m de ancho en coronación, taludes 1,5H:1V y coronación a la cota 380 m (altura máxima de 5 m).

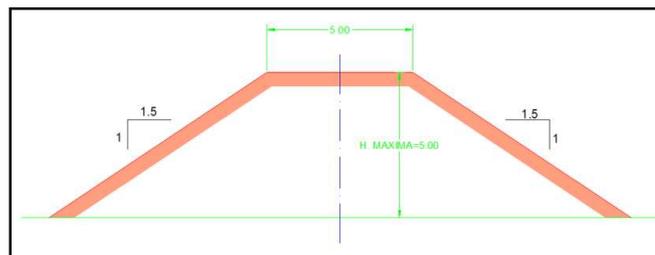


Figura 4.15: Sección tipo del dique todo uno de la sección de Gossan.

La restauración de la sección ubicada al sur del dique consiste básicamente en el sellado y revegetación de toda la zona al sur del dique todo uno, siguiendo lo especificado en los apartados correspondientes de este proyecto. Este tratamiento de impermeabilización deberá extenderse sobre el talud del dique hasta la cota 178, con objeto de evitar posibles filtraciones de agua de proceso procedentes del sector norte.

El canal se proyecta con un trazado paralelo a la carretera A-461 a lo largo de 170 m, con una pendiente de 0,002 m/m. La sección, excavada en roca, tiene 4,5 m de base, 4 m de altura y taludes 0,6H:1V. La rasante hidráulica en la desembocadura se sitúa a la misma cota que la válvula del desagüe de fondo de Aguas Limpias (376,19 m).

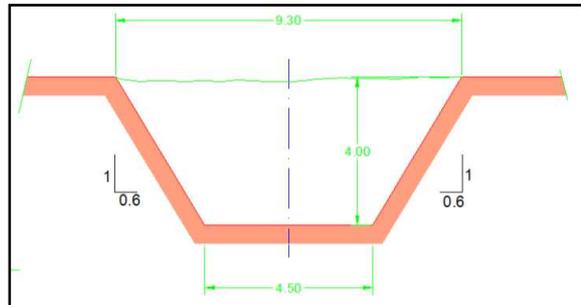


Figura 4.16: Sección tipo del canal paralelo a la carretera A-461.

Dadas las condiciones hidráulicas y geométricas, el desagüe de dicho canal será siempre en lámina libre, y estará condicionado por la altura de la lámina en Aguas Limpias. En la situación más desfavorable, el régimen será subcrítico, y se alcanzará una cota en Aguas Limpias igual a la altura máxima durante la laminación de la avenida de 500 años de periodo de retorno, 378,79 m.

- **Evacuación de pluviales en Cobre**

Inicialmente se había considerado como solución para el desagüe al cierre de la sección de un sistema de evacuación consistente en una red de canaletas y canales abiertos excavados sobre el material del dique y en la zona interna de la sección, se realizaría un desmonte con un 1 m de base, taludes 2,5H:1V y pendiente del 2% para la construcción de un canal en la coronación del dique al cierre.

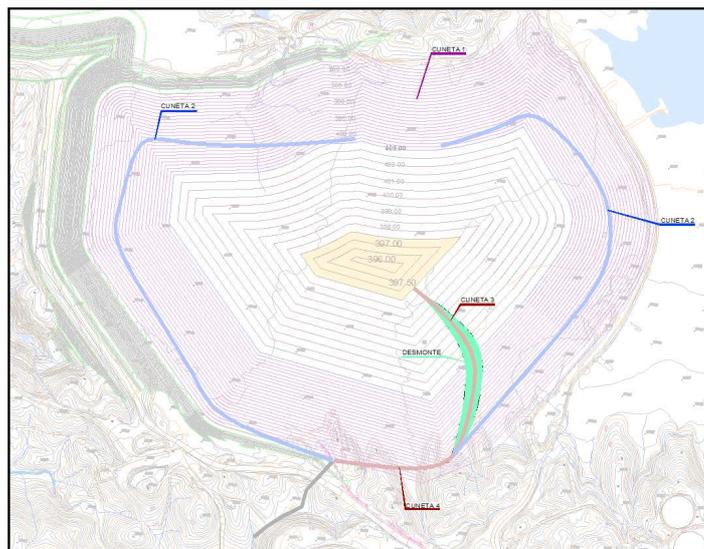


Figura 4.17: Desagüe del depósito de Cobre tras la clausura.

Dado que en la revisión del Proyecto efectuada por el Departamento de Hidrogeología del CEDEX, se ponía de manifiesto ciertas dificultades en la adopción de esta solución, se ha llevado a cabo un análisis de alternativas a este sistema, por lo que finalmente se decidió considerar una solución diferente.

En la alternativa seleccionada, al pie del talud de la sección de Cobre, se construye un canal trapezoidal de 5.123 m de longitud, envolviendo completamente dicha sección (véase la figura adjunta). Con objeto de disipar la energía, dicho canal tendrá tres zonas de desagüe de pluviales, hacia el Arroyo de la Gangosa (1), hacia la sección de Gossan (2) y hacia la sección de Aguzadera (3).

El canal de evacuación estará recubierto con el material de impermeabilización previsto para el sellado del depósito. En cada uno de los tres puntos de desagüe, se dispondrá un cuenco amortiguador para disipar la energía antes de evacuar la escorrentía de pluviales.

La sección transversal del canal queda conformada por la coronación del muro externo de la sección de cobre y el pie de talud del depósito de lodos de alta densidad.

Por tanto, la rasante hidráulica de dicho canal trapezoidal de 4,00 m de base estará a la cota 378.45 m y tendrá una coronación en la margen izquierda a la cota 380.40 m, (se ha considerado un revestimiento mínimo con el material de impermeabilización de 0.40 m). El talud de la margen izquierda será 2.5H:1V, y el de la derecha, 9.2H:1V, por lo que a la cota 380.40 m tendrá una anchura total de 26.815 m. (véase la figura adjunta).

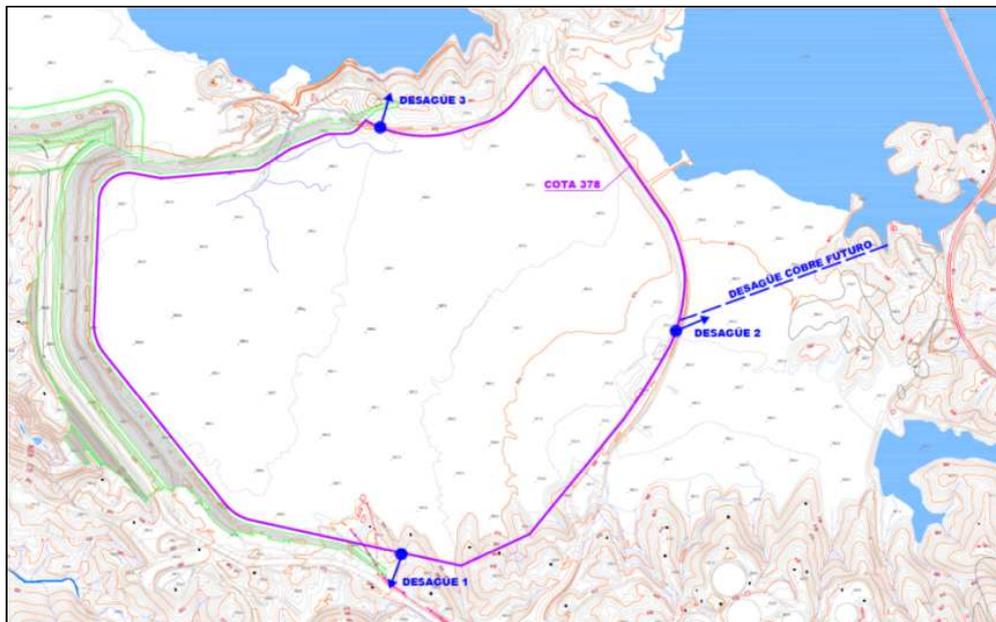


Figura 4.18: Sección tipo del canal de evacuación de pluviales de Cobre.

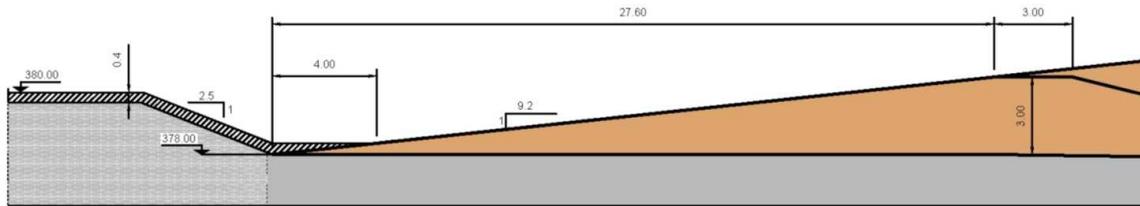


Figura 4.19: Sección tipo del canal de evacuación de pluviales de Cobre.

Como hidrograma total de entrada se ha considerado la lluvia directa. La lluvia acumulada en 72 horas, para el evento de 500 años de periodo de retorno, sería de 258,9 mm, y dado que la superficie de aportación total a la sección de Cobre en fase de clausura será de 1,74 km², el volumen total de la avenida sería de 0,45 hm³, con un caudal punta de entrada, sin ningún tipo de laminación, de 33,7 m³/s.

- **Evacuación de pluviales en Aguzadera**

En fase de clausura, Aguzadera drenará la escorrentía al Arroyo del Tintillo. Para ello se realizará una obra hidráulica consistente en un desagüe de fondo mediante conducto circular cerrado (diámetro 1.8 m y pendiente del 0.001 m/m) diseñado para funcionar en lámina libre y un aliviadero de seguridad de pared gruesa, con una longitud de labio de 2 m.

La obra tiene una longitud total de 1.280 m y se apoya a lo largo de todo el trazado en terreno natural, sobre la ladera norte de la sección de aguzadera.

El tramo inicial, de 163 m de longitud, se ha diseñado como canal de aproximación/decantación, en lámina libre, con la rasante hidráulica a la cota 361 m.s.n.m. y una sección amplia con 2 m de base y taludes 1,5H:1V.

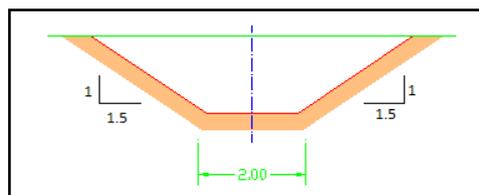


Figura 4.20: Sección tipo del canal inicial.

En el PK 0+163 se localiza la embocadura de la tubería de hormigón de 1.800 mm de diámetro, con la rasante hidráulica a la cota 362, que discurre enterrada en zanja con pendiente de 0,001 m/m hasta superar el dique de Aguzadera.

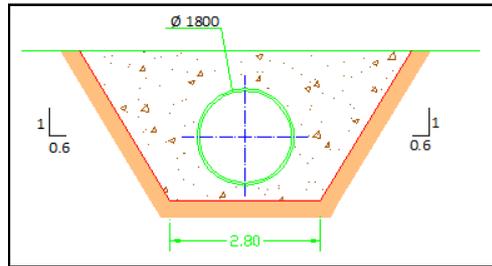


Figura 4.21: Sección tipo del Tubo de 1.800 mm.

El último tramo de 183 m se proyecta como canal abierto, excavado a media ladera, con un trazado paralelo al canal perimetral norte. La sección tiene 2 m en la base, 2 m de altura y taludes 0,6H:1V.

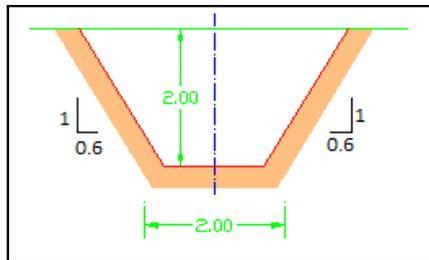


Figura 4.22: Sección tipo del canal final.

A 50 m de la coronación (nivel máximo permitido en la sección de estériles), se localiza una arqueta/aliviadero cimentada sobre terreno natural y conectada directamente al conducto de 1.800 mm. La arqueta tiene 2x2 m en planta y el labio del aliviadero, con una longitud de 2 m, se sitúa a la cota 369,5.

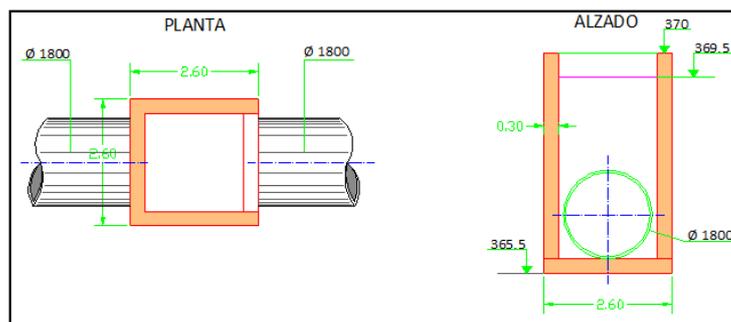


Figura 4.23: Planta y alzado de la arqueta/aliviadero final.

El desagüe de fondo, se ha diseñado para funcionar en lámina libre y en régimen subcrítico.

- **Evacuación de pluviales en Gossan**

En fase de clausura, la zona de la sección de Gossan al norte de este dique drenará la escorrentía al Canal Perimetral Norte. Para ello se realizará un aliviadero de pared

gruesa, con una longitud de labio de 2 m, a la misma cota del aliviadero actual, 378,7 m.s.n.m.

- **Lagunas de agua fresca**

Tras el sellado y restauración de las plataformas de los vasos de la presa, se ha planificado la creación de dos lagunas de agua fresca:

- Laguna en la poza de Aguzadera
- Laguna en la sección de Gossan

Tras el abandono se crean de esta forma dos lagunas de agua limpia que aportarán los siguientes beneficios ambientales:

- Diversificación del paisaje.
- Diversificación del hábitat.
- Facilita la colonización por parte de flora y fauna.
- Aumenta la humedad relativa del entorno.
- Disminuye el polvo ambiental (por aumento de la humedad y por actuar como secuestrador de polvo).

- **Tratamiento de lixiviados tras la clausura**

Una vez finalizado el Proyecto, a pesar del paquete de medidas implementadas para prevenir la generación de AMD, aún permanezcan pequeños volúmenes de lixiviados procedentes de las instalaciones restauradas.

Al objeto de conocer la situación al cierre, se ha elaborado por la ingeniería responsable del Proyecto del depósito de estériles un informe técnico sobre estimación de filtraciones de lixiviado del depósito de estériles de Riotinto.

En dicho informe se establece la curva de descenso de filtraciones esperable una vez se produzca el sellado y restauración de las superficies del depósito.

Tabla 4.17: Descenso de filtraciones en el depósito de estériles tras la restauración.

AÑO	CAUDAL (l/s)			
	AGUZADERA		COBRE	
	VAGUADA NORTE	MURO PRINCIPAL	REJONCILLO	ENTRONQUE
0,00	4,33	4,41	8,69	3,51
0,00	3,56	3,52	8,00	3,25
0,00	3,57	3,52	8,01	3,26
0,00	3,61	3,55	8,02	3,27
0,00	3,64	3,59	8,03	3,28

AÑO	CAUDAL (l/s)			
	AGUZADERA		COBRE	
	VAGUADA NORTE	MURO PRINCIPAL	REJONCILLO	ENTRONQUE
0,00	3,60	3,53	8,04	3,29
0,00	3,65	3,53	8,05	3,32
0,00	3,67	3,53	8,06	3,33
0,01	3,68	3,53	8,06	3,34
0,01	3,70	3,53	8,07	3,35
0,01	3,84	3,53	8,08	3,45
0,02	3,87	3,53	8,09	3,47
0,03	3,85	3,52	8,11	3,47
0,04	3,85	3,52	8,12	3,48
0,07	3,85	3,50	8,14	3,49
0,10	3,90	3,48	8,15	3,54
0,15	3,88	3,44	8,12	3,53
0,22	3,83	3,37	8,01	3,49
0,34	3,71	3,27	7,67	3,35
0,51	3,56	3,15	7,13	3,13
0,76	3,39	3,04	6,28	2,78
1,14	3,14	2,87	5,34	2,38
1,71	2,88	2,71	4,25	1,91
2,56	2,61	2,54	3,18	1,44
3,84	2,26	2,26	2,20	1,02
5,76	1,84	1,90	1,55	0,72
8,65	1,43	1,50	0,95	0,45
12,97	1,06	1,13	0,61	0,29
19,46	0,75	0,81	0,31	0,16
29,19	0,48	0,53	0,18	0,09
43,78	0,33	0,34	0,11	0,07
65,67	0,21	0,21	0,04	0,03
98,50	0,12	0,13	0,02	0,02
147,75	0,08	0,09	0,01	0,01

Dado que para el abandono no es deseable la necesidad de mantener costosos sistemas de tratamiento activo de las aguas, se previsto la instalación de sistemas de tratamiento pasivo de los lixiviados que aún permanezcan.

Una vez finalizada la restauración del depósito, los lixiviados serán enviados para su tratamiento y vertido mediante la planta de tratamiento de aguas (Planta HDS), de 2 a 3 años, hasta los caudales de las filtraciones alcancen caudales tratables mediante sistemas de tratamiento pasivos (en torno a los 2-3 l/s).

Las líneas de tratamiento pasivo se construirán situadas al pie de las filtraciones del depósito, en los puntos de salida de las aguas ácidas.

Dadas las características de las aguas existentes, así como las restricciones debidas a las necesidades de espacio, se han seleccionado los sistemas de tratamiento pasivo DAS (Sustrato Alcalino Disperso).

El tratamiento pasivo tipo DAS consiste en un gran contenedor en el que se dispone sobre un sustrato drenante, un material reactivo compuesto por un 80% de virutas de madera y un 20% de un material alcalino de grano fino, polvo calizo u óxido de magnesio dispuestos en sendos tanques reactivos, que queda cubierto por una lámina de agua (sobrenadante).

Las virutas de madera proporcionan una elevada conductividad hidráulica a la mezcla, reduciendo en gran medida los problemas de pérdida de permeabilidad debidos a la precipitación mineral dentro del material reactivo. Por otro lado el pequeño tamaño de los granos del material alcalino, caliza u óxido de magnesio, proporciona una gran superficie específica, incrementándose la capacidad de reacción del sustrato.

En la parte caliza del sistema de tratamiento (DAS-Caliza) la disolución de la caliza eleva el pH a valores entre 6-7. Se produce la retirada en forma de Fe, As, Al, Cu y Pb.

En la sección final del sistema de tratamiento, la disolución del óxido de magnesio (DAS-Magnésico) eleva el pH a valores próximos a 8,5. Esto produce la precipitación de metales divalentes como el Zn, Mn, Cd, Co y Ni.

La validez de este tipo de tratamiento deberá ser confirmada mediante la realización de ensayos a escala. Recientemente, la Comisión Europea ha aprobado el proyecto LIFE ETAD (Ecological Treatment of Acid Drainage) LIFE12 ENV/ES/000250, que tiene por objeto desarrollar e implantar este método de depuración de las aguas procedentes de minas. En este proyecto, que cuenta con un presupuesto de 2.650.738 millones de euros y un plazo de ejecución hasta diciembre de 2017, participan la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía, a través de la Agencia de Medio Ambiente y Agua, SACYR Construcción y la Universidad de Huelva.

4.7.3 Definición del proyecto constructivo de las escombreras no operadas en el PRT

Se presenta ahora una definición proyecto constructivo y de gestión de las instalaciones de residuos mineros no operadas durante el PRT.

Las instalaciones consideradas son:

- Las escombreras de Corta Atalaya (Corta Atalaya Oriental, Corta Atalaya Norte y Central y Corta Atalaya Occidental).
- Vacie Marginal.
- Escombreras antiguas de Filón sur.

Se hace necesario recordar que parte de las escombreras de Corta Atalaya se sitúan fuera del Derecho Minero otorgado y de los terrenos propiedad de EMED-T (las situadas en la denominada zona de “Majadillas”).

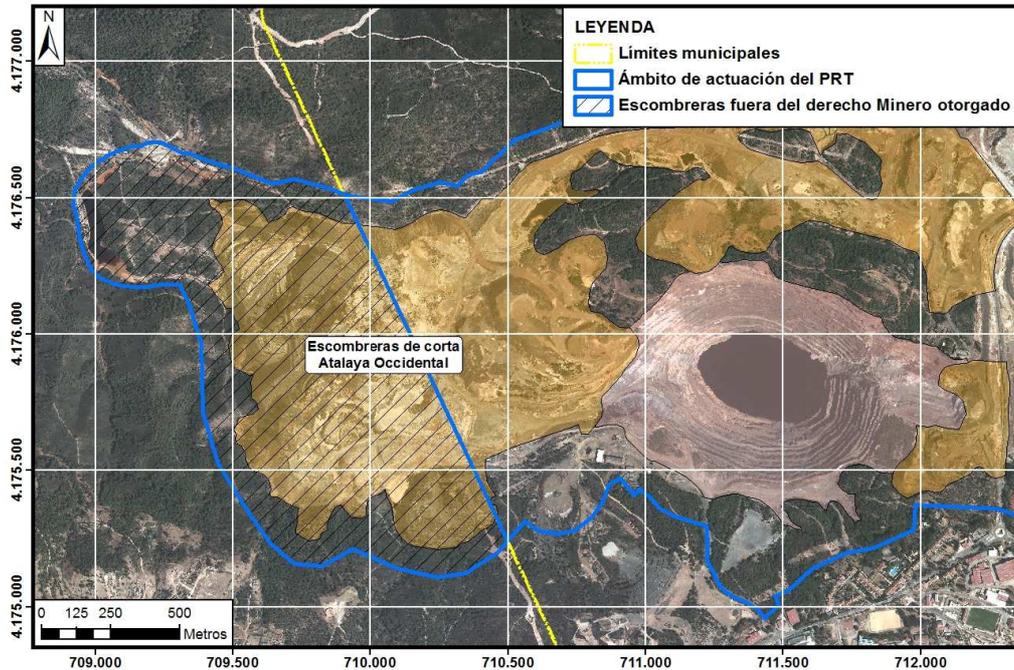


Figura 4.24: Escombreras de Corta Atalaya fuera del derecho Minero otorgado.

Gran parte de estas escombreras pertenecen a otros registros mineros, de manera que mediante Resolución de 8 de noviembre de 2013 de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, se declaran francos los terrenos y se convoca concurso público de varios registros mineros, algunos sobre estas escombreras.

A pesar de que la obligación de restauración de estas escombreras no corresponde a EMED-T, por situarse fuera del Derecho Minero otorgado, se han diseñado las medidas para su restauración, ya que no es posible el diseño del conjunto de medidas para la dar solución a los problemas ambientales que estas escombreras generan, sin una visión de conjunto del problema.

Por otro lado, en el caso del Vacie Marginal, pese a situarse dentro del Derecho Minero otorgado a EMED-T, dichas instalaciones se corresponden al aprovechamiento minero denominado históricamente como de "AGUAS COBRIZAS DE CERRO COLORADO", situado en el paraje "CERRO COLORADO-CEMENTACIÓN" y el mismo es calificado como Recurso Minero de la Sección B) de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.

Por ello y en virtud del artículo 88 de la Ley de Minas y 112 del Reglamento General para el régimen de la minería, únicamente cabría la restauración y desmantelamiento de las instalaciones asociadas previa tramitación del expediente de caducidad de la autorización

de explotación de los Recursos de la Sección B) y tras ello, mediante la presentación de un Plan de Abandono para los trabajos, que sea expresamente aprobado por la Autoridad Minera.

4.7.3.1 Elección del emplazamiento y planificación

Como ya se ha comentado, las escombreras objeto de estudio son antiguos rellenos que se realizaron durante la actividad minera de hace décadas, con el desarrollo de la actividad extractiva de Corta Atalaya y Cerro Colorado en el pasado (Ver Figura 1.16).

4.7.3.2 Estudios del área elegida para la ubicación de la instalación

4.7.3.2.1 Estudio geológico-geotécnico del emplazamiento

Se han establecido los condicionantes geológico-geotécnicos del área de emplazamiento de las escombreras de estériles mineros.

El substrato sobre el que se localizan estas escombreras corresponde a la formación de Pizarras del Culm.

En estas escombreras existentes, las cuales se restaurarán, encontramos una gran heterogeneidad de escombros y rellenos, que pueden agruparse en los siguientes tipos:

- Escombro de primario.
- Escombro de secundario.
- Escombro de gossan.
- Escombro de pizarras.
- Escombros mixtos.

Por otra parte, existen diversos tipos de rellenos que son productos de desecho de la antigua minería. Destacan los denominados Morrongos, que son el residuo de la tostación de la pirita, y las lamas constituidas por depósitos de finos acumulados en las antiguas balsas de decantación. Otros rellenos de interés constituyen las masas de azufrones, que contienen cantos y bolos de pirita masiva.

La caracterización de las escombreras existentes se ha basado en las observaciones realizadas sobre la estabilidad de estos rellenos y la definición de los distintos ángulos de reposo de los materiales.

De hecho ha permitido observar los ángulos de reposo de los distintos tipos de escombro y descubrir posibles inestabilidades (básicamente grietas en coronación) afectando a determinados tipos de escombros.

Las escombreras actuales son del tipo en ladera y se apoyan sobre zonas minadas anteriormente, antiguos rellenos (antes mencionados) y sobre las pizarras del Culm, con unas pendientes del orden del 8%.

El ángulo de reposo constituye la pendiente máxima de la escombrera cuando los vertidos se han vertido libremente sin cohesión sobre un substrato competente. Este ángulo constituye el límite inferior del ángulo de rozamiento interno del estéril vertido y oscila entre 30° y 40°.

Para determinar las propiedades geotécnicas del relleno es necesario considerar la naturaleza del material constitutivo de este según sea de tipo terraplén, todo-uno o pedraplén.

El material tipo pedraplén o todo-uno, obtenido a partir de las excavaciones en las cortas constituye la mayor parte de los escombros.

En la siguiente tabla se incluyen las propiedades consideradas para el cálculo en los rellenos según la naturaleza del material que los compone.

Obviamente no se dispone de ensayos de corte sobre material todo uno y pedraplén, si bien se asume un progresivo aumento de la fricción y disminución de la cohesión con el incremento del tamaño de grano.

Tabla 4.18: Propiedades para el cálculo de estabilidad en las escombreras no operadas en el PRT.

Tipo de escombros	Densidad Aparente (t/m ³)	Cohesión c (kPa)	Fricción Φ (°)
Todo uno	1,75	10	33
Pedraplén	2,00	3	39

4.7.3.2.2 Estudio hidrogeológico del emplazamiento

Atendiendo a criterios estrictamente estratigráficos se pueden diferenciar las siguientes unidades en el entorno minero del PRT (Mellado et al., 2006):

- Unidad Máfico-siliciclástica (UMS)
- Unidad Félsica (UFL)
- Serie de Transición (STR)
- Grupo Culm (GCM)

Este conjunto de formaciones geológicas presentes en la zona de estudio tienen un comportamiento hidrogeológico que se califica como de acuífugo, ya que su capacidad para almacenar y transmitir el agua subterránea es prácticamente nula. No obstante, la presencia de discontinuidades geológicas “abiertas” vinculadas a diaclasas, fracturas, estratificación, etc., constituyen vías preferenciales para la circulación de aguas subterráneas, instalándose en este tipo de formaciones un cierto flujo subterráneo condicionado por la permeabilidad secundaria asociada a estas discontinuidades geo-estructurales.

Por tanto, serán los aspectos estructurales los que condicionen el flujo subterráneo que existe en las formaciones geológicas en las que encaja la mineralización de Cerro Colorado.

En este entorno geológico no aparecen formaciones geológicas con propiedades acuíferas, no ha sido definida ninguna Unidad Hidrogeológica (UH) ni tampoco ha sido considerada ninguna Masa de Agua Subterránea (MASb) en el Plan de la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras ya vigente.

Usualmente son las estructuras de tipo distensivo las que constituyen las vías preferenciales para el flujo subterráneos en este tipo de formaciones geológicas descritas en el entorno minero de la corta Cerro Colorado.

Desde el punto de vista hidrogeológico, el macizo rocoso presenta una significativa anisotropía, que se pone de manifiesto por los datos proporcionados por drenes y piezómetros.

El esquema de funcionamiento hidrogeológico se ha visto intensamente modificado por la incesante actividad minera desarrollada en Riotinto. Tanto las labores de interior en el sistema Alfredo-Filón Sur como las cortas mineras de Atalaya y en menor medida, Filón Sur, Salomón, Lago y Cerro Colorado, han modificado el flujo subterráneo, ya que ha sido preciso proceder al drenaje de los fondos de las labores mineras para operar en condiciones de seguridad, lo que ha propiciado una modificación en el sistema hidrogeológico.

Partiendo de toda la información existente se ha fijado un modelo de flujo subterráneo que queda sintetizado por los siguientes aspectos:

- El sistema hidrogeológico está condicionado por la presencia de discontinuidades geológicas (fracturas y diaclasas), zonas de alteración hidrotermal y cuerpos estratiformes solubles (masas mineralizadas), lo que configura un sistema anisótropo y en el que existe una red de drenaje preferencial orientada según las direcciones geo-estructurales preferenciales y condicionada localmente por zonas de alteración hidrotermal y las masas de sulfuros masivos, en las que es previsible una interposición de efectos de incremento de la permeabilidad/porosidad por procesos de disolución de sulfuros en condiciones anóxicas (permeabilidad secundaria por disolución).
- El flujo subterráneo presenta unas condiciones muy dispares según se consideren las vías preferenciales de drenaje (geo-estructuras) donde el flujo será relativamente rápido y turbulento, respecto a las zonas con diaclasado, zonas de alteración hidrotermal y sulfuros masivos, donde será más lento y laminar; y en zonas masivas, con escasas discontinuidades, donde será muy lento a prácticamente inexistente (tiempos geológicos). Por el contrario, las geo-estructuras presentan una capacidad de almacenamiento limitada, la cual será algo superior en las zonas con diaclasado, zonas de alteración hidrotermal y

sulfuros masivos y algo más importante en las rocas masivas, no por su cuantía específica, que será muy reducida (constituye un reservorio de productividad muy limitada), sino por el gran volumen de roca existente.

- De manera que ante la recarga de agua de lluvia, en las geo-estructura se producirá un rápido aumento de la presión piezométrica que, igualmente, se reducirá de una forma más o menos rápida en función de la distancia a la zona de descarga (puntual a manantiales o difusa a cauces), bajo un esquema de funcionamiento temporal de régimen anual-estacional; mientras que en el resto del macizo rocoso la respuesta ante los eventos de recarga serán más lentos y la descarga hacia los colectores de drenajes (geoestructuras) será igualmente lenta (periodos hiperanuales con elevados tiempos de residencia).
- Todo ello bajo un esquema general de baja a muy baja cuantía de caudales subterráneos circulantes, por la reducida transmisividad general del macizo y la limitada a muy limitada capacidad de almacenamiento específica o unitaria (por unidad de volumen de roca); ya que aunque las geo-estructuras puedan presentar una elevada conductividad hidráulica de forma local, el flujo en ellas tendrá una latencia temporal en función de los episodios de recarga, mientras que la función colectora de estas geo-estructuras respecto a los flujos subterráneos procedentes del resto de zonas será relativamente lento, excepto en las zona de sulfuros masivos y alteración hidrotermal donde ciertos procesos hidroquímicos de disolución/precipitación pueden modificar sustancialmente la intensidad de los flujos subterráneos.
- El conjunto de estructuras geológicas condicionantes del flujo subterráneo constituyen un sistema discreto y direccional y no una red de drenaje tridimensional conectada, como pone de manifiesto el hecho de que las láminas de agua en las cortas mineras Atalaya y Cerro Colorado presentan una diferencia de cota piezométrica en mayo de 2010 de 106 m en una distancia de 945 m (gradiente hidráulico de 11,22 %), circunstancia incompatible con una red de drenaje tridimensional conectada.
- El flujo subterráneo, debido a la anisotropía funcional (flujo discreto condicionado por una red de drenaje geo-estructural y procesos de disolución) concede un régimen piezométrico tridimensional que implica variaciones de potencial en la vertical, lo que presenta una cierta relevancia en el análisis tenso-deformacional de los taludes finales de la Corta por la distribución del campo de presiones intersticiales y su variación estacional con la recarga por infiltración profunda de agua de lluvia.
- El sistema hidrogeológico se recarga por infiltración profunda de agua de lluvia en afloramientos y zonas ocupadas por escombreras, bajo una tasa de recarga muy condicionada por la baja a muy baja permeabilidad de las rocas, y se descarga hacia la corta minera Atalaya y mediante los túneles mineros (túnel 5-Tintillo y túnel 16-Naya río Tinto) en el entorno de la zonas minera y hacia los cauces principales en el resto del entorno geológico.

- La existencia de formaciones geológicas de muy baja permeabilidad a norte y sur de la zona minera permite la existencia de altos piezométricos regionales de dirección preferencial Este-Oeste, según las estructuras geológicas principales, que condicionan el flujo subterráneo en la dirección N-S y limita las afecciones hidrogeológicas de la zona minera de Riotinto al entorno próximo de las propias instalaciones mineras.
- El flujo subterráneo en el entorno de la zona minera presenta una características hidroquímicas que han estado condicionadas secularmente por la disolución de sulfuros en condiciones anóxicas, que implica aguas de elevada acidez, alta conductividad (sulfatos) y significativos contenidos metálicos; y por la recarga de aguas del drenaje ácido de mina (AMD) procedentes de la infiltración profunda a favor de escombreras y acopios mineros.

4.7.3.2.3 Estudio hidrológico del emplazamiento

Se ha procedido a la determinación de los parámetros físicos representativos de las zonas afectadas por las escombreras. Se ha realizado un análisis del balance hídrico de la zona y se ha aplicado el método hidrometeorológico conocido como método racional para calcular los caudales máximos de avenidas para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años.

El objeto de estos cálculos es determinar los caudales de proyecto a emplear en el diseño de las obras de drenaje de las escombreras objeto de estudio. Estas obras de drenaje deben tener capacidad para recoger las aguas de escorrentía correspondientes a las escombreras, así como a las procedentes de las cuencas o subcuencas que puedan ser interceptadas en su camino por la propia escombrera.

Asimismo, se ha calculado el caudal instantáneo máximo de descarga a partir del método racional, el cual se basa en la transformación de una precipitación con intensidad I (que empieza de forma instantánea y continúa de forma indefinida), en la escorrentía que se produce hasta que se alcance el tiempo de concentración (T_c), momento en el cual se encuentran en equilibrio las entradas y salidas, alcanzándose el caudal punta (Q) en el emisario de la cuenca. El volumen total es igual al producto de la intensidad de precipitación por el área de la misma ($I.A$), al que se le aplicará un coeficiente de escorrentía (C) que representa la proporción de agua retenida en los estadios iniciales (saturación del suelo, retención en masa foliar, etc.), es decir la lluvia que no genera escorrentía.

Siguiendo el procedimiento anterior se obtienen en definitiva los resultados para diversos aguaceros, correspondientes a un conjunto representativo de periodos de retorno, que posteriormente se han tenido en cuenta para la definición de los sistemas de drenaje que será necesario implantar en la restauración.

4.7.3.3 *Diseño y construcción de la instalación*

4.7.3.3.1 *Estudio de los materiales a emplear en la construcción*

Dado que no las actuaciones se limitan a la restauración de estas escombreras, los materiales que conforman las mismas son los existentes en la actualidad, descritos en el Capítulo 4.7.3.2.1.

4.7.3.3.2 *Estudios de estabilidad geotécnica, sísmológicos y sismorresistentes*

De acuerdo a la geometría actual de las escombreras, se han analizado los dos perfiles considerados como pésimos, en los que la altura del talud es mayor.

En los modelos de cálculo analizados se han tenido en consideración los efectos sísmicos con una aceleración sísmica de cálculo superior a la inicialmente asumida en los diferentes estudios realizados anteriormente para las estructuras del PRT, pasando de 0,056 g a 0,0728 g.

Todas las consideraciones tenidas en cuentas, son idénticas a las ya descritas en la definición del Proyecto constructivo de las escombreras operadas en el PRT (Capítulo 4.7.1.3.3).

Todos los círculos de rotura global de los taludes de escombreras superan los coeficientes de seguridad mínimos exigidos por la ITC SM.07.1.03, por lo que queda garantizada la estabilidad global de las escombreras no operadas en el PRT.

4.7.3.4 *Manual de explotación u operación de la instalación*

4.7.3.4.1 *Diseño de las instalaciones*

El diseño conceptual final adoptado para las escombreras surge del compromiso de garantizar la estabilidad global de las mismas.

De acuerdo a los resultados de los cálculos de estabilidad, en el que se evalúa la estabilidad global de los taludes de los rellenos existentes, se han definido una serie de actuaciones en la superficie de los rellenos existentes con el fin de mejorar y garantizar la estabilidad de los taludes, así como facilitar las labores de rehabilitación de cara a la clausura definitiva de las instalaciones. Con esto la geometría conceptual a adoptar será:

- Ataluzado general hasta conseguir pendientes que permitan la restauración.
- Relleno de los puntos bajos para facilitar el drenaje.
- Adecuación morfológica de las plataformas finales para dirigir la escorrentía superficial hacia las cunetas.

4.7.3.4.2 *Proceso constructivo*

El objeto de este Proyecto Constructivo es el de dar una bases mínimas de las labores a desarrollar en la superficie de las estructuras existentes de cara a su clausura definitiva y restauración.

El movimiento de tierras estará condicionado por las superficies que sea necesario actuar y en función de la planificación minera.

Basándonos en el diseño adoptado para las Escombreras Norte y Sur del Proyecto Riotinto se han establecido las actuaciones a llevar a cabo en la superficie las escombreras antiguas de Corta Atalaya.

Las actuaciones a llevar a cabo en la superficie de las escombreras existentes consisten básicamente en:

- Retirada de la capa meteorizada, y, en general todos los materiales sueltos de baja capacidad portante presentes en la superficie de las escombreras existentes, prestando especial atención a aquellas zonas donde se observe la formación de grietas en las cuales deberá realizarse un saneo previo.
- Ataluzado general hasta conseguir pendientes de bancos que permitan el sellado y revegetación de las superficies expuestas.
- Relleno de los puntos bajos para facilitar el drenaje.
- Adecuación morfológica de las plataformas finales para dirigir la escorrentía superficial hacia las cunetas.

El material removido del proceso de ataluzado se podrá aprovechar para las labores de relleno de los puntos bajos para facilitar el drenaje así como para las de adecuación morfológica de las plataformas para dirigir la escorrentía hacia las cunetas.

Tras finalizar el remodelado de las escombreras, se llevará a cabo un sellado y encapsulado de las superficies expuestas. Posteriormente, sobre la capa de sellado, se realizará la adecuación morfológica mediante el extendido de una capa de 0,5 m de tierra vegetal y revegetación de ambas escombreras hasta alcanzar la cota final e instalación de los sistemas de drenaje de la superficie mediante cunetas y bajantes.

La capa de tierra vegetal se podrá sustituir por una capa de tecnosuelo asimilable a tierra vegetal del mismo espesor, si bien dicho tecnosuelo no podrá ser un factor limitante para el elenco de especies vegetales a implantar en la restauración.

Las opciones estudiadas para el sellado de las escombreras son las siguientes:

- **Sellado mediante el uso de pizarras.**
- **Sellado mediante el uso de geocompuestos.**
- **Sellado mediante el uso de materiales oxidados (gossan).**

En cualquier caso, para la selección de la técnica idónea a emplear en el sellado de escombreras, se ejecutará antes de la construcción de las mismas un ensayo para la determinación de la mejor técnica de sellado para las escombreras del PRT.

La restauración se realizará siempre de atrás hacia adelante, para ganar superficie restaurada que no se vea afectada por las zonas aún no restauradas.

4.7.3.4.3 *Gestión de residuos no mineros presentes en las escombreras*

- **Escombrera Ilmenitas-piritas**

Respecto de la instalación de residuos mineros denominada “Escombrera Ilmenita-piritas”, si de la inspección llevada a cabo por técnicos de la Delegación de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de Huelva el pasado 19 de marzo de 2014, se confirmara la presencia de residuos industriales no mineros, se procederá con carácter inmediato y, en todo caso, antes del inicio de la actividad, a ejecutar las siguientes medidas:

- El aislamiento de la “Escombrera Ilmenita-piritas”, con el objeto de impedir el vertido de lixiviados procedentes de la misma en la cuenca del río Odiel.
- Presentar en un plazo no superior a un mes, un plan de gestión de los residuos industriales presentes en el recinto minero y, en su caso, de otros que pudieran existir en otros puntos del recinto.

Dicho plan contendrá, como mínimo, la caracterización y clasificación de los residuos, la localización y cuantificación de los mismos y un calendario de retirada.

- En el caso que del resultado de la inspección realizada por la Delegación Territorial de Huelva se demostrara que no es una instalación de residuos mineros sino un vertedero incontrolado de residuos industriales, se iniciará el procedimiento de clausura y mantenimiento posclausura del vertedero, conforme a lo previsto en la normativa en materia de residuos y en el Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Asimismo, se procederá a realizar un estudio de la calidad de los suelos potencialmente contaminados (afectados por la escombrera y circundantes) por si hubiera necesidad de iniciar bien el procedimiento de declaración de suelos contaminados ante el Ayuntamiento o someter a aprobación de la Consejería un proyecto de recuperación voluntaria.

- **Instalaciones del circuito de Cementación**

Respecto de las instalaciones del “circuito de cementación”, sistema de balsas e instalación de residuos mineros denominado “Escombrera Marginal” asociados, con carácter inmediato y previo al inicio de la actividad, se llevará a cabo lo siguiente:

- En el caso de que la inspección llevada a cabo el pasado 19 de marzo de 2014 por técnicos de la Delegación de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de Huelva confirmara la presencia de residuos industriales en la instalación de residuos

mineros denominada “Escombrera Marginal,” se procederá a su inmediata retirada por gestor autorizado previa caracterización de los mismos, así como de cualesquiera otros que pudieran aparecer.

- Respecto de los lodos depositados en el fondo de las balsas del “circuito de cementación” se procederá a su caracterización y, en función de la misma, su adecuada gestión.
- Como consecuencia del aporte de materias residuales industriales sobre la “Escombrera Marginal” (ácidos débiles y otros que pudieran confirmarse) el promotor deberá proceder a una caracterización de la misma con el objeto de comprobar si el carácter del material que contiene sigue siendo el de residuo minero, o bien se le han incorporado contaminantes que le han hecho perder tal condición.

Analizados los resultados de dicha caracterización, se decidirán las actuaciones de restauración en función de la normativa de aplicación.

Asimismo, se realizará un estudio de la calidad de los suelos potencialmente contaminados (afectados por la escombrera y circundantes) por si hubiera necesidad, de iniciar bien el procedimiento de declaración de suelos contaminados ante el Ayuntamiento o someter a aprobación de la Consejería un proyecto de recuperación voluntaria.

4.7.3.4.4 *Sistemas de drenaje y desagüe*

En cuanto a la gestión de las aguas, se ha diseñado una red perimetral de cunetas, como medida preventiva para evitar la contaminación de las aguas de las cuencas adyacentes.

Debido a la orografía de las plataformas de coronación de las antiguas escombreras, se deberá realizar en determinadas zonas una adecuación morfológica a fin de regularizar la superficie del terreno a la vez que se le da una ligera pendiente que permite dirigir el agua hacia los elementos de drenaje diseñados.

El sistema de drenaje diseñado se encuentra integrado por cunetas perimetrales que recogen el agua de escorrentía sobre la superficie y taludes de las escombreras, así como las posibles cuencas de aportación que a ella desagüen. El agua recogida al pie será desaguada a los cauces naturales de ríos y arroyos más cercanos después de ser sometidas a un proceso de decantación.

Dichos elementos de drenaje han sido diseñados en base a un período de retorno de 500 años, tal y como que se prescribe en el real Decreto 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.

El sistema de cunetas de pie de escombrera se ha compartimentado en tramos de acuerdo a las direcciones de drenaje naturales para garantizar el correcto desagüe y evitar zonas de acumulación de agua.

Estas actuaciones permiten reducir el tiempo de contacto del agua con el escombros al evitar la acumulación de agua en el interior de la escombrera favoreciendo su movimiento, lo cual se traduce en un incremento de la estabilidad de las instalaciones de residuos mineros.

Tabla 4.19: Canales perimetrales en las escombreras no operadas en el PRT.

CANAL	SECCIÓN	TIPO	LONGITUD (m)	CANAL	SECCIÓN	TIPO	LONGITUD (m)
CORTA ATALAYA				ATY-CT-16	1	En roca	289,34
ATY-CT-01	5	En roca	772,70	ATY-CT-17	1	En roca	152,57
ATY-CT-02	1	En roca	475,43	ATY-CT-18	2	En roca	470,24
ATY-CT-03	Existente	En roca	743,77	ATY-CT-19	4	En roca	237,42
ATY-CT-04	Existente	En roca	518,78	ATY-CT-20	1	En roca	134,48
ATY-CT-05	B	En roca	1.235,87	VACIE MARGINAL			
ATY-CT-06	2	En roca	460,21	EN-CT-01	2	En roca	291,64
ATY-CT-07a	5	En roca	192,37	EN-CT-02	1	En roca	370,94
ATY-CT-07b	5	En roca	92,10	EN-CT-03	1	En roca	225,02
ATY-CT-08	8	En roca	1.108,94	EN-CT-04	2	En roca	108,42
ATY-CT-09	3	En roca	264,11	EN-CT-05	1	En roca	259,29
ATY-CT-10	4	En roca	80,68	FILÓN SUR			
ATY-CT-11	4	En roca	98,02	ES-CT-04	8	En roca	559,59
ATY-CT-12	2	En roca	112,43	ES-CT-05	6	En roca	1.588,59
ATY-CT-13	1	En roca	58,04	ES-CT-06	9	En roca	213,82
ATY-CT-14	3	En roca	824,58	ES-CH-01	10	Hormigón	230,17
ATY-CT-15	1	En roca	234,89				

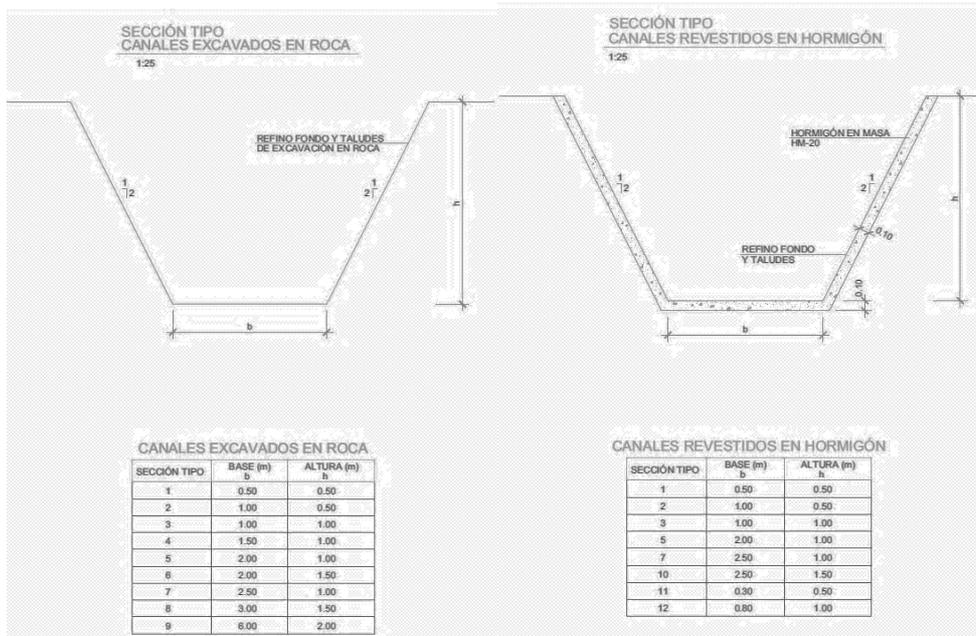


Figura 4.25: Secciones tipo de los canales perimetrales en las escombreras.

Además se construirán balsas de decantación con capacidad suficiente para almacenar el agua transportada por las conducciones anteriores para su posterior tratamiento.

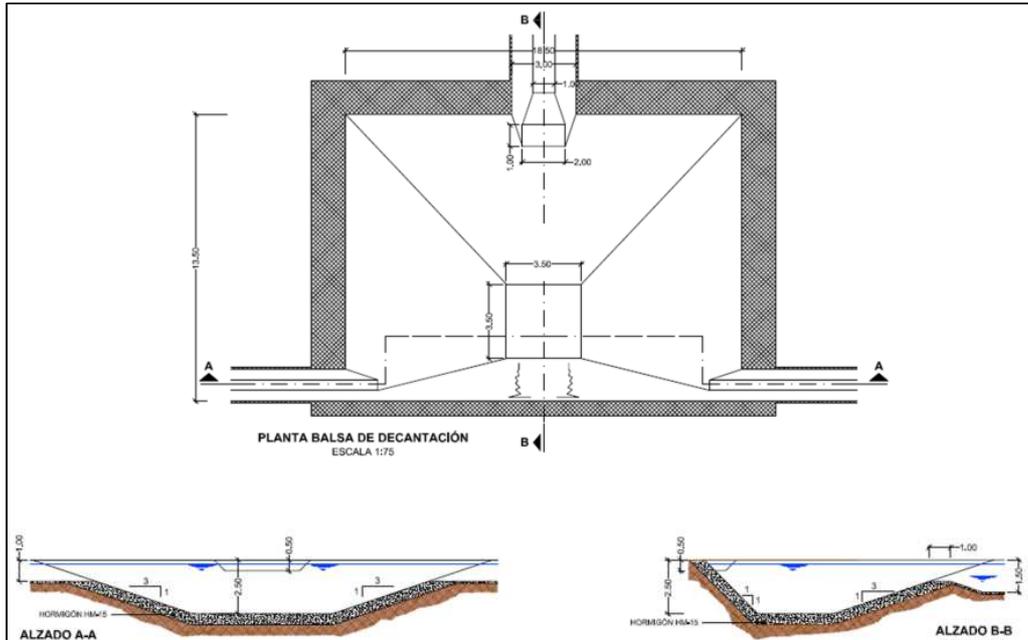


Figura 4.26: Balsas de decantación.

Adicionalmente, se ha definido una red de captación de drenajes ácidos que permitirá la conducción de los lixiviados hacia las líneas de tratamiento pasivo tipo DAS (Sustrato Disperso Alcalino) situadas al pie de las escombreras, del mismo tipo que el definido en las escombreras activas.

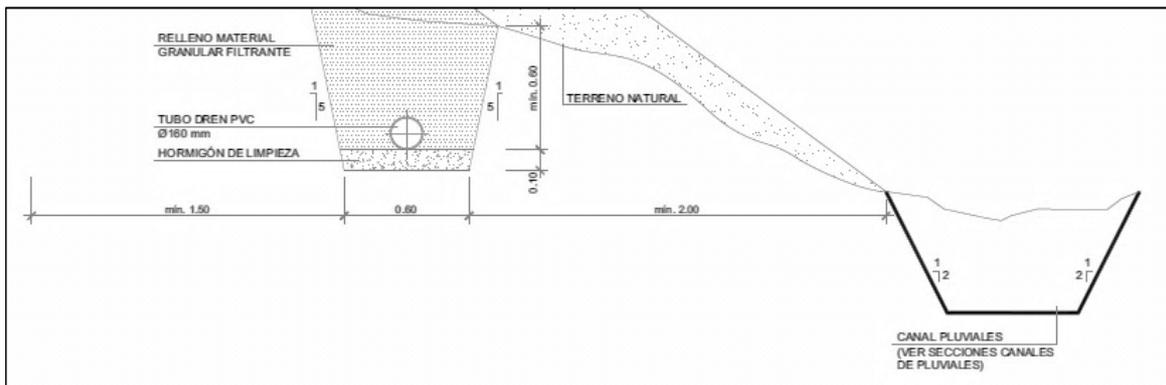


Figura 4.27: Drenajes profundos en escombreras no operadas en el PRT.

- **Tratamiento de lixiviados tras la clausura**

Una vez finalizado el Proyecto, a pesar del paquete de medidas implementadas para prevenir la generación de AMD, aún permanezcan pequeños volúmenes de lixiviados procedentes de las instalaciones restauradas.

Al objeto de conocer la situación al cierre, se ha elaborado por la ingeniería responsable del estudio de los balances hídricos en las diferentes partes del Proyecto, AYESA, la elaboración de informe relativo a la generación de lixiviados en el PRT.

En dicho informe se establece los volúmenes máximos de lixiviados esperables en las escombreras tras la restauración:

Tabla 4.20: Caudales máximos esperables tras la restauración de las escombreras operadas en el PRT.

	CAUDAL (l/s)				
	FILÓN SUR	C.A. NORTE	C.A. CENTRAL	C.A. OCCIDENTAL	C.A. ORIENTAL
OCTUBRE	2,46	5,35	3,84	4,82	0,72
NOVIEMBRE	2,38	5,35	3,84	4,82	0,72
DICIEMBRE	2,23	5,35	3,84	4,82	0,72
ENERO	2,24	5,35	3,84	4,82	0,72
FEBRERO	2,17	5,35	3,84	4,82	0,72
MARZO	1,90	5,35	3,84	4,82	0,72
ABRIL	2,05	5,35	3,84	4,82	0,72
MAYO	1,92	5,35	3,84	4,82	0,72
JUNIO	1,93	0,00	0,00	0,00	0,00
JULIO	1,81	0,00	0,00	0,00	0,00
AGOSTO	1,81	0,00	0,00	0,00	0,00
SEPTIEMBRE	1,76	5,35	3,84	4,82	0,72
MAXIMO	2,46	5,35	3,84	4,82	0,72

Dado que para el abandono no es deseable la necesidad de mantener costosos sistemas de tratamiento activo de las aguas, se previó la instalación de sistemas de tratamiento pasivo de los lixiviados que aún permanezcan.

Se ha estimado que el descenso del volumen tras el sellado de la estructuras, requerirán la realización del bombeo durante 2 años, de estos lixiviados para su tratamiento y vertido mediante la planta de tratamiento de aguas (Planta HDS), hasta los caudales de las filtraciones alcancen caudales tratables mediante sistemas de tratamiento pasivos (en torno a los 2 l/s).

Las líneas de tratamiento pasivo se construirán situadas al pie de las escombreras, en los puntos de salida de las aguas ácidas.

Dadas las características de las aguas existentes, así como las restricciones debidas a las necesidades de espacio, se han seleccionado los sistemas de tratamiento pasivo DAS (Sustrato Alcalino Disperso).

El tratamiento pasivo tipo DAS consiste en un gran contenedor en el que se dispone sobre un sustrato drenante, un material reactivo compuesto por un 80% de virutas de madera y un 20% de un material alcalino de grano fino, polvo calizo u óxido de magnesio dispuestos en sendos tanques reactivos, que queda cubierto por una lámina de agua (sobrenadante).

Las virutas de madera proporcionan una elevada conductividad hidráulica a la mezcla, reduciendo en gran medida los problemas de pérdida de permeabilidad debidos a la precipitación mineral dentro del material reactivo. Por otro lado el pequeño tamaño de los granos del material alcalino, caliza u óxido de magnesio, proporciona una gran superficie específica, incrementándose la capacidad de reacción del sustrato.

En la parte caliza del sistema de tratamiento (DAS-Caliza) la disolución de la caliza eleva el pH a valores entre 6-7. Se produce la retirada en forma de Fe, As, Al, Cu y Pb.

En la sección final del sistema de tratamiento, la disolución del óxido de magnesio (DAS-Magnésico) eleva el pH a valores próximos a 8,5. Esto produce la precipitación de metales divalentes como el Zn, Mn, Cd, Co y Ni.

La validez de este tipo de tratamiento deberá ser confirmada mediante la realización de ensayos a escala. Recientemente, la Comisión Europea ha aprobado el proyecto LIFE ETAD (Ecological Treatment of Acid Drainage) LIFE12 ENV/ES/000250, que tiene por objeto desarrollar e implantar este método de depuración de las aguas procedentes de minas. En este proyecto, que cuenta con un presupuesto de 2.650.738 millones de euros y un plazo de ejecución hasta diciembre de 2017, participan la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía, a través de la Agencia de Medio Ambiente y Agua, SACYR Construcción y la Universidad de Huelva.

4.8 Anteproyecto de cierre y clausura

En este Anteproyecto de Cierre y Clausura se describen las medidas necesarias para la rehabilitación del terreno, de forma que se garantice la seguridad de las estructuras y su estabilización física y química a fin de reducir al mínimo cualquier efecto medioambiental negativo después del cese definitivo de la explotación de las instalaciones, tal y como dicta la Sección 7ª del RD 975/2009.

Para el cierre y clausura de las instalaciones de residuos mineros del PRT se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- Estabilidad geotécnica de los taludes.
- Protección contra la erosión superficial.
- Sistemas de drenaje y desagüe.
- Sistema de sellado de la superficie de instalación de los residuos.
- Sistema de recogida de aguas de contacto.
- Cierre y señalización de las obras.
- Otras acciones a considerar.

Tanto las medidas para garantizar la estabilidad geotécnica de los taludes, la protección contra la erosión superficial, los sistemas de drenaje y desagüe, los sistemas de sellado de las superficies de las instalaciones de los residuos y los sistemas de recogida de aguas de contacto han sido descritos en los capítulos anteriores.

Atendiendo a lo especificado en concepto de señalización en el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, en el cierre y clausura de las instalaciones de residuos mineros se minimizará el riesgo de accidentes mediante las siguientes actuaciones:

- Se mantendrán en adecuadas condiciones de uso el cerramiento perimetral de la instalación, así como todos los cerramientos parciales y accesos.
- Las instalaciones mineras y caminos que conducen a los mismos estarán eficazmente señalizados o separados de las propiedades vecinas, de manera que nadie, inadvertidamente, pueda entrar en ellas.
- El inicio de los accesos a la red de viales diseñados para el cierre y clausura, se dotará de cartelería indicativa de la zona minera a la que se accede y de las restricciones correspondientes.
- Se mantendrá en adecuadas condiciones de uso la señalización pertinente para evitar el acceso de personal no autorizado y aquella indicativa de todos los riesgos, al objeto de evitar el acceso de toda persona ajena a las operaciones de mantenimiento y control y de reducir los riesgos de accidente no previstos.
- Todas las señales que se establezcan deberán ser fáciles de ver e interpretar, debiéndose conservar y mantener durante el tiempo que persistan las condiciones que determinaron la necesidad o conveniencia de su colocación.

- El tráfico por pistas deberá estar debidamente señalizado. En zonas donde exista riesgo de caída o vuelco, el borde de la pista deberá balizarse convenientemente.
- Todas las fosas, canales, cubas, etc., estarán suficientemente señalizadas y protegidas para evitar el peligro de caída al personal.
- Se mantendrá así mismo el servicio de vigilancia, mantenimiento y control de instalaciones tanto a nivel de los condicionantes ambientales, como de seguridad estructural de las instalaciones.

Por último se establece un plan de mantenimiento y control posterior a la clausura, de acuerdo al Artículo 35 del RD 975/2009, definido en el Capítulo 4.6, que se mantendrá al menos hasta 30 años después del cierre y clausura de las instalaciones.

5 PARTE V: CALENDARIO DE EJECUCIÓN Y COSTE ESTIMADO DE LOS TRABAJOS DE REHABILITACIÓN

El calendario de ejecución de los trabajos de restauración se observa a través del colección de planos adjuntos al presente documento.

A continuación se presentan el presupuesto de los trabajos de rehabilitación del espacio natural afectado por las labores mineras del PRT, así como por sus servicios e instalaciones anejas.

5.1 Calendario de ejecución de los trabajos

A continuación se muestra, por un lado el calendario de los trabajos de restauración previstos en las instalaciones operadas en el PRT y por otro el calendario de restauración de las instalaciones no operadas en el PRT (pasivos ambientales).

	AÑO													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Planta de procesado de minerales														
Desmantelamiento de instalaciones														
Caracterización de suelos														
Corta Cerro Colorado														
Drenaje perimetral														
Sellado de túneles														
Ruta para visitantes														
Escombrera Norte														
Drenaje perimetral														
Restauración de superficies														
Tratamiento de lixiviados al cierre														
Instalación de tratamientos pasivos														
Escombrera Sur														
Drenaje perimetral														
Restauración de superficies														
Tratamiento de lixiviados al cierre														
Instalación de tratamientos pasivos														
Depósito de estériles														
Drenaje perimetral														
Restauración de superficies														
Tratamiento de lixiviados al cierre														
Instalación de tratamientos pasivos														

Tabla 5.1: Calendario de los trabajos de restauración en las instalaciones operadas en el PRT.



Tabla 5.2: Calendario de los trabajos de restauración en las instalaciones no operadas en el PRT.

El mantenimiento y control de todas las instalaciones mineras se ha planificado durante un periodo de 30 años tras el cierre y clausura o abandono.

5.2 Cuadro de precios unitarios

A continuación se indican sucesivamente los costes unitarios de los precios de las actuaciones contempladas.

Tabla 5.3: Cuadro de precios unitarios.

Nº	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (€)
1	Acero B500S malla electrosoldada	kg	1,18
2	Auscultación e informes de mediciones. Cerro Colorado	ud	1.945,92
3	Bancos de madera para descanso	ud	185,00
4	Canal Tipo I	ml	150,00
5	Canal Tipo II	ml	245,00
6	Capa de hormigón limpieza 5 cm espesor	m ²	6,74
7	Caracterización de suelos	ud	32.779,10
8	Cubrición con pizarras compactadas 95% PM	m ³	0,65
9	Cuneta revestida hormigón	m	109,02

Nº	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (€)
10	Demolición de la Planta de cal	PA	19.075,01
11	Demolición de la Planta de cribado de cobre	PA	24.278,34
12	Demolición de la Planta de espesado de estériles o Planta HDT	PA	131.366,86
13	Demolición de la Planta de filtrado y secado	PA	76.838,01
14	Demolición de la Planta de flotación	PA	106.096,63
15	Demolición de la Planta de molienda	PA	53.282,95
16	Demolición de la Planta de tratamiento de aguas o Planta HDS	PA	34.785,43
17	Demolición de la Subestación eléctrica	PA	9.346,45
18	Demolición de la Trituradora primaria	PA	8.173,45
19	Demolición de la Trituradora primaria de cobre	PA	22.910,46
20	Demolición de la Trituradora secundaria y terciaria de cobre	PA	25.948,35
21	Demolición de los tanques de agua	PA	8.220,14
22	Demolición del Almacén de finos	PA	86.365,87
23	Demolición del Punto limpio	PA	19.215,28
24	Demolición del Taller de planta y almacén general	PA	164.025,27
25	Demolición del Taller y lavado de minería	PA	81.268,46
26	Desbroce manual de pequeñas superficies	m ²	1,26
27	Encofrado perdido de madera con impermeabilización PEAD 1,5 mm y tratamiento de juntas	m ²	105,00
28	Encofrado/desencofrado	m ²	17,29
29	Escollera aliviadero 30 a 60 cm	m ³	265,12
30	Estación total, incluida instalación, transmisor y receptor remoto, instalado	ud	25.165,00
31	Estructura armada con acero corrugado f 16-20 mm y malla electrosoldada 15x15 f 12-12 mm puesto en obra	t	752,40
32	Excavación en apertura de cajas enroca consistencia media	m ³	2,39
33	Excavación en vaciado en roca blanda	m ³	1,23
34	Excavación, carga, transporte y extendido de Gossan para sellado	m ³	1,54
35	Geotextil 105 gr/m ² incluida instalación	m ²	0,95

Nº	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (€)
36	Geotextil 300 gr/m ² incluida instalación	m ²	1,03
37	Hito de control topográfico	ud	187,80
38	Hormigón HA-30/B/20/I+Qc para armar, colocado en obra, vibrado y curado (incluido puesta en obra con bomba)	m ³	83,23
39	Impermeabilización zona exterior con geomembrana PEAD 1,5 mm y tratamientos en juntas	m ²	95,50
40	Inclinómetro incluyendo tubería doblemente ranurada en aluminio anodizado y elementos auxiliares	ud	108,26
41	Instalación y calibrado de red de prismas y estación total	PA	2.980,00
42	Lámina PEAD 1 mm incluida instalación, extrusionado y comprobación de soldaduras	m ²	2,61
43	Lámina PEAD 1,5 mm incluida instalación, extrusionado y comprobación de soldaduras	m ²	3,41
44	Limpieza manual zonas dispersas en pequeñas extensiones	m ²	0,87
45	Limpieza y acondicionado del terreno de áreas de puntos de observación	PA	450,00
46	Mantenimiento canales de drenaje, incluido reposición de desperfectos y retirada de piedras y sedimentos	ml	0,25
47	Mantenimiento de suelos y plantaciones forestales. Incluye la corrección de cárcavas y reposición de tierra vegetal	PA	7.500,00
48	Mantenimiento y control. Control geotécnico, control hidroquímico y balsas. Informe anual	PA	3.500,00
49	Mantenimiento y control. Control geotécnico, control hidroquímico y balsas. Informe semestral	PA	12.800,00
50	Mesas de merendero, inclusive bancos y papeleras de reciclaje	PA	1.299,00
51	Mezcla tierra vegetal con M.O. tipo compost	m ³	2,70
52	Perforación de sondeo en escombrera de todo uno mediante rotoperusión HQ con entubación simultánea, para profundidades entre 0 y 100 m	m	120,00
53	Perforación de sondeo en escombrera de todo uno mediante rotoperusión HQ con entubación simultánea, para profundidades entre 100 y 200 m	m	180,00
54	Piezómetro de cuerda vibrante instalado hasta 100 m, incluso cableado hasta caseta de control	ud	1.336,49
55	Plantación especies de marisma, medios manuales	ud	6,18
56	Prisma topográfico, incluido pedestal de hormigón	ud	151,26
57	Relleno de grava de cuarzo	m ³	9,19
58	Relleno inerte	m ³	6,53
59	Relleno reactivo de carbonato cálcico	m ³	30,00

Nº	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (€)
60	Relleno reactivo óxido de magnesio	m ³	193,60
61	Saneamiento y excavación empotrada	m ³	45,00
62	Sellado de túnel con estéril minero. 15 metros del túnel con estéril de mina compactado	m ³	9,31
63	Señalización de áreas de puntos de observación	PA	480,00
64	Señalización de ruta para visitantes	PA	610,00
65	Siembra manual	m ²	0,49
66	Siembra mecanizada	m ²	0,26
67	Suministro y extendido de tierra vegetal en restauración de las escombreras	m ³	0,35
68	Trámex acero inoxidable	ud	58,47
69	Tratamiento de aguas al cierre	m ³	0,12
70	Tubería de PE de 250 mm	m	38,47
71	Tubería de PE de 400 mm	m	48,47
72	Tubería dren 250 mm	m	36,47
73	Tubería inclinométrica de 62,5 mm, de aluminio doblemente acanalada, incluida perforación y parte proporcional de manguitos de unión, tapa de fondo y protección	m	19,88
74	Vallado perimetral para delimitación de áreas de puntos de observación	ml	12,44

5.3 Cuadros de mediciones

A continuación se indican sucesivamente los cuadros de mediciones desglosados.

Tabla 5.4: Cuadro de mediciones.

Nº	Ud	Descripción	Medición
1	CORTA CERRO COLORADO		
1.2	Sellado de túneles mineros		
1.2.1	m ³	Saneamiento y excavación empotramiento	183,83
1.2.2	m ²	Encofrado perdido	9,72
1.2.3	t	Estructura armada	216,47
1.2.4	m ³	Hormigón HA-30 sulfuresistente	156,26
1.2.5	m ²	Impermeabilización zona exterior	9,72
1.2.6	m ³	Sellado con estéril minero	450,00
1.2	Ruta para visitantes		
1.2.1	PA	Limpieza y acondicionamiento del terreno de áreas de puntos de observación	1,00
1.2.2	ml	Vallado perimetral para delimitación de áreas de puntos de observación	1.000,00
1.2.3	PA	Señalización de áreas de puntos de observación	1,00
1.2.4	PA	Señalización de ruta para visitantes	1,00
1.2.5	ud	Bancos de madera para descanso	14,00
1.2.5	PA	Mesas de merendero, inclusive bancos y papeleras de reciclaje	1,00
1.3	Mantenimiento		
1.3.1	ml	Mantenimiento canales de drenaje de escorrentías	36.064,20
1.4	Monitoreo geotécnico		
1.4.1	ud	Piezómetro de cuerda vibrante	10,00
1.4.2	ud	Hito de control topográfico	15,00
1.4.3	ud	Inclinómetro	5,00
1.4.4	ud	Auscultación e informes de mediciones	23,00
2	ESCOMBRERA NORTE		
2.1	Sellado de superficies		
2.1.1	m ³	Cubrición de taludes con pizarras	550.991,54
2.1.2	m ³	Cubrición de superficies horizontales con pizarras	236.343,68
2.2	Siembras		
2.2.1	m ³	Suministro y extendido de tierra vegetal	258.797,23
2.2.2	m ²	Siembra manual	244.371,73
2.2.3	m ²	Siembra mecanizada	273.222,73
2.3	Tratamiento de lixiviados mediante Sistema DAS (Sustrato alcalino disperso)		
2.3.1	m ³	Tratamiento de aguas al cierre	309.712,84
2.3.2	m ²	Desbroce manual de pequeñas superficies	2.764,00
2.3.3	m ²	Limpieza manual zonas dispersas en pequeñas extensiones	2.764,00
2.3.4	m ³	Excavación en vaciado en roca blanda	3.885,20

Nº	Ud	Descripción	Medición
2.3.5	m ³	Excavación en apertura de cajas enroca consistencia media	924,00
2.3.6	m ²	Capa de hormigón limpieza 5 cm espesor	323,88
2.3.7	m ²	Encofrado/desencofrado	1.749,44
2.3.8	m ³	Hormigón HA-30/B/20/I+Qc	245,55
2.3.9	kg	Acero B500S malla electrosoldada	13.973,84
2.3.10	m ³	Escollera aliviadero 30 a 60 cm	1,00
2.3.11	ud	Trámex acero inoxidable	3,00
2.3.12	m ²	Lámina PEAD 1,5 mm incluida instalación	2.569,00
2.3.13	m ²	Geotextil 300 gr/m ² incluida instalación	2.569,00
2.3.14	ml	Tubería dren 250 mm	192,00
2.3.15	ml	Tubería de PE de 250 mm	46,00
2.3.16	ml	Tubería de PE de 400 mm	52,00
2.3.17	ml	Cuneta revestida hormigón	78,00
2.3.18	m ³	Mezcla tierra vegetal con M.O. tipo compost	240,00
2.3.19	m ³	Relleno reactivo de carbonato cálcico	192,00
2.3.20	m ³	Relleno de grava de cuarzo	480,00
2.3.21	m ³	Relleno reactivo óxido de magnesio	96,00
2.3.22	m ³	Relleno inerte	1.152,00
2.3.23	ud	Plantación especies de marisma, medios manuales	400,00
2.4	Mantenimiento		
2.4.1	PA	Mantenimiento de suelos y plantaciones forestales	2,00
2.4.2	ml	Mantenimiento canales de drenaje de escorrentías	89.629,80
2.4.3	m ³	Relleno reactivo de carbonato cálcico	576,00
2.4.4	m ³	Relleno reactivo óxido de magnesio	288,00
2.5	Monitoreo y control		
2.5.1	ml	Tubería inclinométrica de 62.5mm	150,00
2.5.2	ml	Perforación de sondeo para profundidades entre 0 y 100 m	150,00
2.5.3	ml	Perforación de sondeo para profundidades entre 100 y 200 m	60,00
2.5.4	ud	Estación total	1,00
2.5.5	ud	Prisma topográfico	14,00
2.5.6	PA	Instalación y calibrado de red de prismas y estación total	1,00
2.5.7	ud	Control geotécnico, control hidroquímico y balsas. Informe semestral	6,00
2.5.8	ud	Control geotécnico, control hidroquímico y balsas. Informe anual	27,00
3	ESCOMBRERA SUR		
3.1	Sellado de superficies		
3.1.1	m ³	Cubrición de taludes con pizarras	700.440,16
3.1.2	m ³	Cubrición de superficies horizontales con pizarras	454.528,43
3.2	Siembras		
3.2.1	m ³	Suministro y extendido de tierra vegetal	431.126,26

Nº	Ud	Descripción	Medición
3.2.2	m ²	Siembra manual	310.292,37
3.2.3	m ²	Siembra mecanizada	551.960,15
3.3	Tratamiento de lixiviados mediante Sistema DAS (Sustrato alcalino disperso)		
2.3.1	m ³	Tratamiento de aguas al cierre	245.881,08
2.3.2	m ²	Desbroce manual de pequeñas superficies	2.592,00
2.3.3	m ²	Limpieza manual zonas dispersas en pequeñas extensiones	2.592,00
2.3.4	m ³	Excavación en vaciado en roca blanda	3.573,20
2.3.5	m ³	Excavación en apertura de cajas enroca consistencia media	846,00
2.3.6	m ²	Capa de hormigón limpieza 5 cm espesor	323,88
2.3.7	m ²	Encofrado/desencofrado	1.721,44
2.3.8	m ³	Hormigón HA-30/B/20/I+Qc	245,55
2.3.9	kg	Acero B500S malla electrosoldada	13.924,84
2.3.10	m ³	Escollera aliviadero 30 a 60 cm	1,00
2.3.11	ud	Trámex acero inoxidable	3,00
2.3.12	m ²	Lámina PEAD 1,5 mm incluida instalación	2.374,00
2.3.13	m ²	Geotextil 300 gr/m ² incluida instalación	2.374,00
2.3.14	ml	Tubería dren 250 mm	166,00
2.3.15	ml	Tubería de PE de 250 mm	44,00
2.3.16	ml	Tubería de PE de 400 mm	50,00
2.3.17	ml	Cuneta revestida hormigón	86,00
2.3.18	m ³	Mezcla tierra vegetal con M.O. tipo compost	240,00
2.3.19	m ³	Relleno reactivo de carbonato cálcico	165,00
2.3.20	m ³	Relleno de grava de cuarzo	415,00
2.3.21	m ³	Relleno reactivo óxido de magnesio	84,00
2.3.22	m ³	Relleno inerte	996,00
2.3.23	ud	Plantación especies de marisma, medios manuales	400,00
3.4	Mantenimiento		
3.4.1	PA	Mantenimiento de suelos y plantaciones forestales	2,00
3.4.2	ml	Mantenimiento canales de drenaje de escorrentías	102.669,24
3.4.3	m ³	Relleno reactivo de carbonato cálcico	495,00
3.4.4	m ³	Relleno reactivo óxido de magnesio	252,00
3.5	Monitoreo y control		
3.5.1	ml	Tubería inclinométrica de 62.5mm	250,00
3.5.2	ml	Perforación de sondeo para profundidades entre 0 y 100 m	250,00
3.5.3	ml	Perforación de sondeo para profundidades entre 100 y 200 m	80,00
3.5.4	ud	Estación total	1,00
3.5.5	ud	Prisma topográfico	24,00
3.5.6	PA	Instalación y calibrado de red de prismas y estación total	1,00
3.5.7	ud	Control geotécnico, control hidroquímico y balsas. Informe semestral	6,00

Nº	Ud	Descripción	Medición
3.5.8	ud	Control geotécnico, control hidroquímico y balsas. Informe anual	27,00
4	DEPÓSITO DE ESTÉRILES		
4.1	Sellado de superficies		
4.1.1	m ³	Cubrición de superficies horizontales con pizarras	2.487.476,58
4.2	Siembras		
4.2.1	m ²	Suministro y extendido de tierra vegetal	1.658.317,72
4.2.2	m ²	Siembra manual	489.092,93
4.2.3	m ²	Siembra mecanizada	4.363.985,87
4.3	Tratamiento de lixiviados mediante Sistema DAS (Sustrato alcalino disperso)		
4.3.1	m ³	Tratamiento de aguas al cierre	1.145.264,53
4.3.2	m ²	Desbroce manual de pequeñas superficies	14.490,00
4.3.3	m ²	Limpieza manual zonas dispersas en pequeñas extensiones	14.490,00
4.3.4	m ³	Excavación en vaciado en roca blanda	21.381,80
4.3.5	m ³	Excavación en apertura de cajas enroca consistencia media	5.157,00
4.3.6	m ²	Capa de hormigón limpieza 5 cm espesor	1.775,52
4.3.7	m ²	Encofrado/desencofrado	8.151,76
4.3.8	m ³	Hormigón HA-30/B/20/I+Qc	1.219,20
4.3.9	kg	Acero B500S malla electrosoldada	65.364,28
4.3.10	m ³	Escollera aliviadero 30 a 60 cm	4,00
4.3.11	ud	Trámex acero inoxidable	12,00
4.3.12	m ²	Lámina PEAD 1,5 mm incluida instalación	13.654,00
4.3.13	m ²	Geotextil 300 gr/m ² incluida instalación	13.654,00
4.3.14	ml	Tubería dren 250 mm	1.078,00
4.3.15	ml	Tubería de PE de 250 mm	188,00
4.3.16	ml	Tubería de PE de 400 mm	218,00
4.3.17	ml	Cuneta revestida hormigón	362,00
4.3.18	m ³	Mezcla tierra vegetal con M.O. tipo compost	1.392,00
4.3.19	m ³	Relleno reactivo de carbonato cálcico	1.065,00
4.3.20	m ³	Relleno de grava de cuarzo	2.695,00
4.3.21	m ³	Relleno reactivo óxido de magnesio	552,00
4.3.22	m ³	Relleno inerte	6.468,00
4.3.23	ud	Plantación especies de marisma, medios manuales	2.320,00
4.4	Red de drenaje para la clausura		
4.4.1	ml	Canal Tipo I	1.280,00
4.4.2	ml	Canal Tipo II	2,00
4.5	Mantenimiento		
4.5.1	PA	Mantenimiento de suelos y plantaciones forestales	9,00
4.5.2	ml	Mantenimiento canales de drenaje de escorrentías	7.692,00
4.5.3	m ³	Relleno reactivo de carbonato cálcico	3.195,00

Nº	Ud	Descripción	Medición
4.5.4	m ³	Relleno reactivo óxido de magnesio	1.656,00
4.6	Monitoreo y control		
4.6.1	ud	Control geotécnico e hidroquímico. Informe semestral	6,00
4.6.2	ud	Control geotécnico e hidroquímico. Informe anual	27,00
5	PLANTA DE PROCESADO DE MINERALES		
5.1	Desmantelamiento de instalaciones industriales		
5.1.1	PA	Demolición de la Planta de cal	1,00
5.1.2	PA	Demolición de la Planta de cribado de cobre	1,00
5.1.3	PA	Demolición de la Planta de espesado de estériles o Planta HDT	1,00
5.1.4	PA	Demolición de la Planta de filtrado y secado	1,00
5.1.5	PA	Demolición de la Planta de flotación	1,00
5.1.6	PA	Demolición de la Planta de molienda	1,00
5.1.7	PA	Demolición de la Planta de tratamiento de aguas o Planta HDS	1,00
5.1.8	PA	Demolición de la Subestación eléctrica	1,00
5.1.9	PA	Demolición de la Trituradora primaria	1,00
5.1.10	PA	Demolición de la Trituradora primaria de cobre	1,00
5.1.11	PA	Demolición de la Trituradora secundaria y terciaria de cobre	1,00
5.1.12	PA	Demolición de los tanques de agua	1,00
5.1.13	PA	Demolición del Almacén de finos	1,00
5.1.14	PA	Demolición del Punto limpio	1,00
5.1.15	PA	Demolición del Taller de planta y almacén general	1,00
5.1.16	PA	Demolición del Taller y lavado de minería	1,00
5.1.17	PA	Gestión de residuos	1,00
5.2	Caracterización de suelos		
5.2.1	ud	Caracterización de suelos	1,00

5.4 Cuadros de importes

A continuación se indican sucesivamente los cuadros de importes desglosados.

Tabla 5.5: Cuadro de importes.

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
1	CORTA CERRO COLORADO				
1.2	Sellado de túneles mineros				
1.2.1	m ³	Saneo y excavación empotramiento	183,83	45,00	8.272,1
1.2.2	m ²	Encofrado perdido	9,72	105,00	1.020,6
1.2.3	t	Estructura armada	216,47	752,40	162.868,3
1.2.4	m ³	Hormigón HA-30 sulforresistente	156,26	83,23	13.005,1
1.2.5	m ²	Impermeabilización zona exterior	9,72	95,50	928,3
1.2.6	m ³	Sellado con estéril minero	450,00	9,31	4.189,5
	TOTAL SUBCAPÍTULO 1.2:				186.094,4
1.2	Ruta para visitantes				
1.2.1	PA	Limpieza de áreas de puntos de observación	1,00	450,00	450,0
1.2.2	ml	Vallado de áreas de puntos de observación	1.000,00	12,44	12.440,0
1.2.3	PA	Señalización de áreas de puntos de observación	1,00	480,00	480,0
1.2.4	PA	Señalización de ruta para visitantes	1,00	610,00	610,0
1.2.5	ud	Bancos de madera para descanso	14,00	185,00	2.590,0
1.2.5	PA	Mesas de merendero, inclusive bancos y papeleras de reciclaje	1,00	1.299,00	1.299,0
	TOTAL SUBCAPÍTULO 1.3:				17.869,0
1.3	Mantenimiento				
1.3.1	ml	Mantenimiento canales de drenaje de escorrentías	36.064,20	0,25	9.016,1
	TOTAL SUBCAPÍTULO 1.3:				9.016,1
1.4	Monitoreo geotécnico				
1.4.1	ud	Piezómetro de cuerda vibrante	10,00	1.336,49	13.364,9
1.4.2	ud	Hito de control topográfico	15,00	187,80	2.817,0
1.4.3	ud	Inclinómetro	5,00	108,26	541,3
1.4.4	ud	Auscultación e informes de mediciones	23,00	1.945,92	44.756,2
	TOTAL SUBCAPÍTULO 1.4:				61.479,4
	TOTAL CAPÍTULO 1:				274.458,8
2	ESCOBRERA NORTE				
2.1	Sellado de superficies				
2.1.1	m ³	Cubrición de taludes con pizarras	550.991,54	0,65	358.144,5
2.1.2	m ³	Cubrición de superficies horizontales con pizarras	236.343,68	0,65	153.623,4
	TOTAL SUBCAPÍTULO 2.1:				511.767,9

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
2.2	Siembras				
2.2.1	m ³	Suministro y extendido de tierra vegetal	258.797,23	0,35	90.579,0
2.2.2	m ²	Siembra manual	244.371,73	0,49	119.742,1
2.2.3	m ²	Siembra mecanizada	273.222,73	0,26	71.037,9
TOTAL SUBCAPÍTULO 2.2:					281.359,1
2.3	Tratamiento de lixiviados mediante Sistema DAS (Sustrato alcalino disperso)				
2.3.1	m ³	Tratamiento de aguas al cierre	309.712,84	0,12	37.165,5
2.3.2	m ²	Desbroce manual de pequeñas superficies	2.764,00	1,26	3.482,6
2.3.3	m ²	Limpieza manual zonas dispersas en pequeñas extensiones	2.764,00	0,87	2.404,7
2.3.4	m ³	Excavación en vaciado en roca blanda	3.885,20	1,23	4.778,8
2.3.5	m ³	Excavación en apertura de cajas enroca consistencia media	924,00	2,39	2.208,4
2.3.6	m ²	Capa de hormigón limpieza 5 cm espesor	323,88	6,74	2.183,0
2.3.7	m ²	Encofrado/desencofrado	1.749,44	17,29	30.247,8
2.3.8	m ³	Hormigón HA-30/B/20/I+Qc	245,55	83,23	20.437,1
2.3.9	kg	Acero B500S malla electrosoldada	13.973,84	1,18	16.489,1
2.3.10	m ³	Escollera aliviadero 30 a 60 cm	1,00	265,12	265,1
2.3.11	ud	Trámex acero inoxidable	3,00	58,47	175,4
2.3.12	m ²	Lámina PEAD 1,5 mm incluida instalación	2.569,00	3,41	8.760,3
2.3.13	m ²	Geotextil 300 gr/m ² incluida instalación	2.569,00	1,03	2.646,1
2.3.14	ml	Tubería dren 250 mm	192,00	36,47	7.002,2
2.3.15	ml	Tubería de PE de 250 mm	46,00	38,47	1.769,6
2.3.16	ml	Tubería de PE de 400 mm	52,00	48,47	2.520,4
2.3.17	ml	Cuneta revestida hormigón	78,00	109,02	8.503,6
2.3.18	m ³	Mezcla tierra vegetal con M.O. tipo compost	240,00	2,70	648,0
2.3.19	m ³	Relleno reactivo de carbonato cálcico	192,00	30,00	5.760,0
2.3.20	m ³	Relleno de grava de cuarzo	480,00	9,19	4.411,2
2.3.21	m ³	Relleno reactivo óxido de magnesio	96,00	193,60	18.585,6
2.3.22	m ³	Relleno inerte	1.152,00	6,53	7.522,6
2.3.23	ud	Plantación especies de marisma, medios manuales	400,00	6,18	2.472,0
TOTAL SUBCAPÍTULO 2.3:					190.439,2
2.4	Mantenimiento				
2.4.1	PA	Mantenimiento de suelos y plantaciones forestales	2,00	7.500,00	15.000,0
2.4.2	ml	Mantenimiento canales de drenaje de escorrentías	89.629,80	0,25	22.407,5
2.4.3	m ³	Relleno reactivo de carbonato cálcico	576,00	30,00	17.280,0
2.4.4	m ³	Relleno reactivo óxido de magnesio	288,00	193,60	55.756,8

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
TOTAL SUBCAPÍTULO 2.4:					110.444,3
2.5	Monitoreo y control				
2.5.1	ml	Tubería inclinométrica de 62.5mm	150,00	19,88	2.982,0
2.5.2	ml	Perforación de sondeo para profundidades entre 0 y 100 m	150,00	120,00	18.000,0
2.5.3	ml	Perforación de sondeo para profundidades entre 100 y 200 m	60,00	180,00	10.800,0
2.5.4	ud	Estación total	1,00	25.165,00	25.165,0
2.5.5	ud	Prisma topográfico	14,00	151,26	2.117,6
2.5.6	PA	Instalación y calibrado de red de prismas y estación total	1,00	2.980,00	2.980,0
2.5.7	ud	Control geotécnico, hidroquímico y balsas. Informe semestral	6,00	12.800,00	76.800,0
2.5.8	ud	Control geotécnico, hidroquímico y balsas. Informe anual	27,00	3.500,00	94.500,0
TOTAL SUBCAPÍTULO 2.5:					233.344,6
TOTAL CAPÍTULO 2:					1.327.355,0
3	ESCOBRERA SUR				
3.1	Sellado de superficies				
3.1.1	m ³	Cubrición de taludes con pizarras	700.440,16	0,65	455.286,1
3.1.2	m ³	Cubrición de superficies horizontales con pizarras	454.528,43	0,65	295.443,5
TOTAL SUBCAPÍTULO 3.1:					750.729,6
3.2	Siembras				
3.2.1	m ³	Suministro y extendido de tierra vegetal	431.126,26	0,35	150.894,2
3.2.2	m ²	Siembra manual	310.292,37	0,49	152.043,3
3.2.3	m ²	Siembra mecanizada	551.960,15	0,26	143.509,6
TOTAL SUBCAPÍTULO 3.2:					446.447,1
3.3	Tratamiento de lixiviados mediante Sistema DAS (Sustrato alcalino disperso)				
2.3.1	m ³	Tratamiento de aguas al cierre	245.881,08	0,12	29.505,7
2.3.2	m ²	Desbroce manual de pequeñas superficies	2.592,00	1,26	3.265,9
2.3.3	m ²	Limpieza manual zonas dispersas en pequeñas extensiones	2.592,00	0,87	2.255,0
2.3.4	m ³	Excavación en vaciado en roca blanda	3.573,20	1,23	4.395,0
2.3.5	m ³	Excavación en apertura de cajas enroca consistencia media	846,00	2,39	2.021,9
2.3.6	m ²	Capa de hormigón limpieza 5 cm espesor	323,88	6,74	2.183,0
2.3.7	m ²	Encofrado/desencofrado	1.721,44	17,29	29.763,7
2.3.8	m ³	Hormigón HA-30/B/20/I+Qc	245,55	83,23	20.437,1
2.3.9	kg	Acero B500S malla electrosoldada	13.924,84	1,18	16.431,3
2.3.10	m ³	Escollera aliviadero 30 a 60 cm	1,00	265,12	265,1
2.3.11	ud	Trámex acero inoxidable	3,00	58,47	175,4
2.3.12	m ²	Lámina PEAD 1,5 mm incluida instalación	2.374,00	3,41	8.095,3

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
2.3.13	m ²	Geotextil 300 gr/m ² incluida instalación	2.374,00	1,03	2.445,2
2.3.14	ml	Tubería dren 250 mm	166,00	36,47	6.054,0
2.3.15	ml	Tubería de PE de 250 mm	44,00	38,47	1.692,7
2.3.16	ml	Tubería de PE de 400 mm	50,00	48,47	2.423,5
2.3.17	ml	Cuneta revestida hormigón	86,00	109,02	9.375,7
2.3.18	m ³	Mezcla tierra vegetal con M.O. tipo compost	240,00	2,70	648,0
2.3.19	m ³	Relleno reactivo de carbonato cálcico	165,00	30,00	4.950,0
2.3.20	m ³	Relleno de grava de cuarzo	415,00	9,19	3.813,9
2.3.21	m ³	Relleno reactivo óxido de magnesio	84,00	193,60	16.262,4
2.3.22	m ³	Relleno inerte	996,00	6,53	6.503,9
2.3.23	ud	Plantación especies de marisma, medios manuales	400,00	6,18	2.472,0
TOTAL SUBCAPÍTULO 3.3:					175.435,9
3.4	Mantenimiento				
3.4.1	PA	Mantenimiento de suelos y plantaciones forestales	2,00	7.500,00	15.000,0
3.4.2	ml	Mantenimiento canales de drenaje de escorrentías	102.669,24	0,25	25.667,3
3.4.3	m ³	Relleno reactivo de carbonato cálcico	495,00	30,00	14.850,0
3.4.4	m ³	Relleno reactivo óxido de magnesio	252,00	193,60	48.787,2
TOTAL SUBCAPÍTULO 3.4:					104.304,5
3.5	Monitoreo y control				
3.5.1	ml	Tubería inclinométrica de 62.5mm	250,00	19,88	4.970,0
3.5.2	ml	Perforación de sondeo para profundidades entre 0 y 100 m	250,00	120,00	30.000,0
3.5.3	ml	Perforación de sondeo para profundidades entre 100 y 200 m	80,00	180,00	14.400,0
3.5.4	ud	Estación total	1,00	25.165,00	25.165,0
3.5.5	ud	Prisma topográfico	24,00	151,26	3.630,2
3.5.6	PA	Instalación y calibrado de red de prismas y estación total	1,00	2.980,00	2.980,0
3.5.7	ud	Control geotécnico, hidroquímico y balsas. Informe semestral	6,00	12.800,00	76.800,0
3.5.8	ud	Control geotécnico hidroquímico y balsas. Informe anual	27,00	3.500,00	94.500,0
TOTAL SUBCAPÍTULO 3.5:					252.445,2
TOTAL CAPÍTULO 3:					1.729.362,3
4	DEPÓSITO DE ESTÉRILES				
4.1	Sellado de superficies				
4.1.1	m ³	Cubrición de superficies horizontales con pizarras	2.487.476,58	0,65	1.616.859,8
TOTAL SUBCAPÍTULO 4.1:					1.616.859,8
4.2	Siembras				
4.2.1	m ²	Suministro y extendido de tierra vegetal	1.658.317,72	0,35	580.411,2

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
4.2.2	m ²	Siembra manual	489.092,93	0,49	239.655,5
4.2.3	m ²	Siembra mecanizada	4.363.985,87	0,26	1.134.636,3
TOTAL SUBCAPÍTULO 4.2:					1.954.703,1
4.3	Tratamiento de lixiviados mediante Sistema DAS (Sustrato alcalino disperso)				
4.3.1	m ³	Tratamiento de aguas al cierre	1.145.264,53	0,12	137.431,7
4.3.2	m ²	Desbroce manual de pequeñas superficies	14.490,00	1,26	18.257,4
4.3.3	m ²	Limpieza manual zonas dispersas en pequeñas extensiones	14.490,00	0,87	12.606,3
4.3.4	m ³	Excavación en vaciado en roca blanda	21.381,80	1,23	26.299,6
4.3.5	m ³	Excavación en apertura de cajas enroca consistencia media	5.157,00	2,39	12.325,2
4.3.6	m ²	Capa de hormigón limpieza 5 cm espesor	1.775,52	6,74	11.967,0
4.3.7	m ²	Encofrado/desencofrado	8.151,76	17,29	140.943,9
4.3.8	m ³	Hormigón HA-30/B/20/I+Qc	1.219,20	83,23	101.474,0
4.3.9	kg	Acero B500S malla electrosoldada	65.364,28	1,18	77.129,8
4.3.10	m ³	Escollera aliviadero 30 a 60 cm	4,00	265,12	1.060,5
4.3.11	ud	Trámex acero inoxidable	12,00	58,47	701,6
4.3.12	m ²	Lámina PEAD 1,5 mm incluida instalación	13.654,00	3,41	46.560,1
4.3.13	m ²	Geotextil 300 gr/m ² incluida instalación	13.654,00	1,03	14.063,6
4.3.14	ml	Tubería dren 250 mm	1.078,00	36,47	39.314,7
4.3.15	ml	Tubería de PE de 250 mm	188,00	38,47	7.232,4
4.3.16	ml	Tubería de PE de 400 mm	218,00	48,47	10.566,5
4.3.17	ml	Cuneta revestida hormigón	362,00	109,02	39.465,2
4.3.18	m ³	Mezcla tierra vegetal con M.O. tipo compost	1.392,00	2,70	3.758,4
4.3.19	m ³	Relleno reactivo de carbonato cálcico	1.065,00	30,00	31.950,0
4.3.20	m ³	Relleno de grava de cuarzo	2.695,00	9,19	24.767,1
4.3.21	m ³	Relleno reactivo óxido de magnesio	552,00	193,60	106.867,2
4.3.22	m ³	Relleno inerte	6.468,00	6,53	42.236,0
4.3.23	ud	Plantación especies de marisma, medios manuales	2.320,00	6,18	14.337,6
TOTAL SUBCAPÍTULO 4.3:					921.316,0
4.4	Red de drenaje para la clausura				
4.4.1	ml	Canal Tipo I	1.280,00	150,00	192.000,0
4.4.2	ml	Canal Tipo II	2,00	245,00	490,0
TOTAL SUBCAPÍTULO 4.4:					192.490,0
4.5	Mantenimiento				
4.5.1	PA	Mantenimiento de suelos y plantaciones forestales	9,00	7.500,00	67.500,0
4.5.2	ml	Mantenimiento canales de drenaje de escorrentías	7.692,00	0,25	1.923,0

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
4.5.3	m ³	Relleno reactivo de carbonato cálcico	3.195,00	30,00	95.850,0
4.5.4	m ³	Relleno reactivo óxido de magnesio	1.656,00	193,60	320.601,6
TOTAL SUBCAPÍTULO 4.5:					485.874,6
4.6	Monitoreo y control				
4.6.1	ud	Control geotécnico e hidroquímico. Informe semestral	6,00	12.800,00	76.800,0
4.6.2	ud	Control geotécnico e hidroquímico. Informe anual	27,00	3.500,00	94.500,0
TOTAL SUBCAPÍTULO 4.6:					171.300,0
TOTAL CAPÍTULO 4:					5.342.543,4
5	PLANTA DE PROCESADO DE MINERALES				
5.1	Desmantelamiento de instalaciones industriales				
5.1.1	PA	Demolición de la Planta de cal	1,00	19.075,01	19.075,0
5.1.2	PA	Demolición de la Planta de cribado de cobre	1,00	24.278,34	24.278,3
5.1.3	PA	Demolición de la Planta de espesado de estériles o Planta HDT	1,00	131.366,86	131.366,9
5.1.4	PA	Demolición de la Planta de filtrado y secado	1,00	76.838,01	76.838,0
5.1.5	PA	Demolición de la Planta de flotación	1,00	106.096,63	106.096,6
5.1.6	PA	Demolición de la Planta de molienda	1,00	53.282,95	53.283,0
5.1.7	PA	Demolición de la Planta de tratamiento de aguas o Planta HDS	1,00	34.785,43	34.785,4
5.1.8	PA	Demolición de la Subestación eléctrica	1,00	9.346,45	9.346,5
5.1.9	PA	Demolición de la Trituradora primaria	1,00	8.173,45	8.173,5
5.1.10	PA	Demolición de la Trituradora primaria de cobre	1,00	22.910,46	22.910,5
5.1.11	PA	Demolición de la Trituradora secundaria y terciaria de cobre	1,00	25.948,35	25.948,4
5.1.12	PA	Demolición de los tanques de agua	1,00	8.220,14	8.220,1
5.1.13	PA	Demolición del Almacén de finos	1,00	86.365,87	86.365,9
5.1.14	PA	Demolición del Punto limpio	1,00	19.215,28	19.215,3
5.1.15	PA	Demolición del Taller de planta y almacén general	1,00	164.025,27	164.025,3
5.1.16	PA	Demolición del Taller y lavado de minería	1,00	81.268,46	81.268,5
5.1.17	PA	Gestión de residuos	1,00	-463.598,75	-463.598,8
TOTAL SUBCAPÍTULO 5.1:					407.598,2
5.2	Caracterización de suelos				
5.2.1	ud	Caracterización de suelos	1,00	32.779,10	32.779,1
TOTAL SUBCAPÍTULO 5.2:					32.779,1
TOTAL CAPÍTULO 5:					440.377,3
TOTAL EJECUCIÓN:					9.114.096,8

5.5 Cuadro resumen. Presupuestos globales de restauración del PRT

A continuación se resume de forma agrupada los costes asociados a la restauración de las instalaciones operadas en el PRT.

Tabla 5.6: Cuadro resumen de costes de restauración de instalaciones operadas en el PRT.

Nº	Ud	Descripción	Importe (€)
1		CORTA CERRO COLORADO	
1.2		Sellado de túneles mineros	186.094,4
1.2		Ruta para visitantes	17.869,0
1.3		Mantenimiento	9.016,1
1.4		Monitoreo geotécnico	61.479,4
		TOTAL CAPÍTULO 1:	274.458,8
2		ESCOMBRERA NORTE	
2.1		Sellado de superficies	511.767,9
2.2		Siembras	281.359,1
2.3		Tratamiento de lixiviados mediante Sistema DAS	190.439,2
2.4		Mantenimiento	110.444,3
2.5		Monitoreo y control	233.344,6
		TOTAL CAPÍTULO 2:	1.327.355,0
3		ESCOMBRERA SUR	
3.1		Sellado de superficies	750.729,6
3.2		Siembras	446.447,1
3.3		Tratamiento de lixiviados mediante Sistema DAS	175.435,9
3.4		Mantenimiento	104.304,5
3.5		Monitoreo y control	252.445,2
		TOTAL CAPÍTULO 3:	1.729.362,3
4		DEPÓSITO DE ESTÉRILES	
4.1		Sellado de superficies	1.616.859,8
4.2		Siembras	1.954.703,1
4.3		Tratamiento de lixiviados mediante Sistema DAS	921.316,0
4.4		Red de drenaje para la clausura	192.490,0
4.5		Mantenimiento	485.874,6
4.6		Monitoreo y control	171.300,0
		TOTAL CAPÍTULO 4:	5.342.543,4
5		PLANTA DE PROCESADO DE MINERALES	
5.1		Desmantelamiento de instalaciones industriales	407.598,2
5.2		Caracterización de suelos	32.779,1
		TOTAL CAPÍTULO 5:	440.377,3
		TOTAL EJECUCIÓN:	9.114.096,8
		Seguridad y salud (1,3 % del total):	118.483,3
		TOTAL PLAN DE RESTAURACIÓN:	9.232.580,1



Título del Proyecto: PLAN DE RESTAURACIÓN DEL PROYECTO DE EXPLOTACIÓN
RIO TINTO. JULIO DE 2014

Status: *Final*

Promotor: *EMED TARTESSUS S.L.U.*

Redactor: *EMED TARTESSUS S.L.U.*

Edición n.	Nombre	Firma	Fecha	Titulación / Empresa
<i>Dirigido y comprobado por</i>	Félix Gonzalo Cachero		23/07/2014	EMED Tartessus, S.L.U. Ingeniero de Minas
<i>Equipo Redactor</i>	Alfonso Pérez Gago		23/07/2014	EMED Tartessus, S.L.U. Lic. En Ciencias Ambientales

Edición nº.	Fecha	Detalle de la revisión
01	Julio de 2014	

PROYECTO RIO TINTO



ANEXO 1:
INFORMES DE CARACTERIZACIÓN
DE RESIDUOS MINEROS DEL
PROYECTO DE EXPLOTACIÓN RIO
TINTO CONFORME AL REAL
DECRETO 975/2009

PROYECTO RIO TINTO



AGQ Mining & Bioenergy S.L.

B 91897140

Crta. A-433, km. 24,3

42220 Burguillos

Teléfono: 955 738 908

mjgg@agq.com.es

**ESTUDIO PARA LA CARACTERIZACIÓN COMO RESIDUOS
SEGÚN R.D. 975/2009 DE
“ESCOMBRERAS” EN LAS INSTALACIONES DE EMED
TARTESSUS**



Índice

1. INTRODUCCION	3
1.1. ANTECEDENTES.....	3
1.2. PLANIFICACIÓN DE TOMA DE MUESTRA	3
1.3. PROCESO DE TOMA DE MUESTRA	4
1.4. LABORATORIO DE ENSAYOS	5
2. ALCANCE	6
2.1. ALCANCE TÉCNICO	6
2.2. ALCANCE NORMATIVO.....	7
3. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS	7
3.1. TOMA DE MUESTRAS.....	7
3.2. EQUIPOS EMPLEADOS EN LA TOMA DE MUESTRAS.	15
3.3. PROCEDIMIENTOS APLICADOS EN EL ESTUDIO.....	15
4. RESULTADOS DE LABORATORIO	16
4.1. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 1	17
4.1.1. PREPARACIÓN DE MUESTRA	17
4.1.2. DETERMINACIÓN DE S TOTAL Y PIRÍTICO	18
4.1.3. DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	20
4.2. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 2: ENSAYO DE LIXIBIABILIDAD MEDIANTE UNE 12457-4, Y DETERMINACIÓN DE ECOTOXICIDAD ASOCIADA A LOS LIXIVIADOS GENERADOS.....	22
4.3. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 3: CONTENIDO METÁLICO TOTAL.....	24
4.4. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 4: PROPIEDADES GEOQUÍMICAS: DEGRADABILIDAD, INFLAMABILIDAD Y PROPIEDADES OXIDATIVAS.	27
4.5. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 5: PROPIEDADES DE PELIGROSIDAD SEGÚN ARTÍCULO 2 DE LA DECISIÓN 2000/523/CE.....	31
5. VALORACIÓN DE RESULTADOS	37
6. CERTIFICACIÓN	39

1. INTRODUCCION

1.1. ANTECEDENTES

El presente informe tiene como objeto el estudio de distintos materiales procedentes de acopios situados a lo largo de las diversas escombreras que se han originado durante el antiguo periodo de actividad dentro de las instalaciones mineras propiedad actual de EMED TARTESSUS, para su caracterización como residuo, según los criterios incluidos en el R.D. 975/2009, que transpone la Decisión de la Comisión Europea 2009/359/CE, y según la actual proposición de modificaciones de dicho R.D 975/2009 en estado de estudio, y pendiente de aprobación.

1.2. PLANIFICACIÓN DE TOMA DE MUESTRA.

La planificación de la toma de muestra se realizó con la información previa de la que se dispuso para tal efecto por parte de EMED TARTESSUS, y tras el estudio y planificación por parte de EMED TARTESSUS junto con Labs & Technological Services, que actuaría como entidad de inspección para las labores de toma de muestra y creación del plan de muestreo, de acuerdo con la norma ISO 17020, y con la norma que establece los criterios para la toma de muestra de residuos sólidos, *UNE-EN-14899*.

Para la realización final del plan de muestreo se realizó una visita de campo donde personal de EMED TARTESSUS, mostraron sobre el terreno las distintas tipologías de muestra diferenciadas.

En el caso actual que nos ocupa, la estrategia para la caracterización de las escombreras citadas, dada su gran extensión, es la caracterización desde el punto de vista físico-químico y mineralógico para la consecución de distintas tipologías de residuos, y la posterior toma de muestra de alícuotas de cada una de las tipologías en base a los cálculos estimativos de la proporción de material total que representan

De este estudio previo de gabinete, se hace la distinción entre 8 tipologías de material, con diversas proporciones, y se estima un número total de muestras de 42, distribuidas de la siguiente forma y número:

- Escoria de fusión: 1 muestra.
- Sulfuros primarios: 8 muestras.
- Sulfuros secundarios: 5 muestras.
- Sulfuros másivos: 6 muestras.
- Pizarras: 5 muestras.
- Gossan: 5 muestras.
- Morrongos: 5 muestras.
- Material oxidado: 7 muestras.

1.3. PROCESO DE TOMA DE MUESTRA.

Así pues bajo estos criterios, las personas encargadas de la toma, acondicionamiento y custodia de las muestras hasta su entrada en el laboratorio fueron:

- Daniel Villegas, Inspector designado por parte de Labs & Technological Services AGQ, entidad de Inspección acreditada por ENAC con nº 167/EI276, para proceder con la toma de muestra según ISO 17020, y otorgar carácter de inspección voluntaria reglamentaria;
- Miguel Ángel Mejías Martín, técnico metalúrgico de AGQ Minig & Bioenergy, para la posterior custodia de muestras, y realización de ensayos adicionales.

Todo el muestreo se realizó en base a los procedimientos que están establecidos en Labs & Technological Services AGQ S.L., en este caso en los concernientes a muestras sólidas, PI-305 TOMA DE MUESTRAS DE RESIDUOS, y que en su redacción tiene en cuenta la norma UNE-EN-14899-2007 para la correcta toma de muestra, y según los criterios manifestados por el cliente.

La codificación de las muestras, transporte y conservación se ha realizado en base al procedimiento PI 101: CODIFICACIÓN, CONSERVACIÓN, TRANSPORTE Y CADENA DE CUSTODIA DE MUESTRAS.

El proceso de toma de muestra se efectuó los días 7 y 9 de diciembre de 2011, con condiciones climatológicas favorables, y sin ninguna observación reseñable.

Cada una de las muestras tiene reflejada la información básica de la misma en la correspondiente ficha de muestreo, donde se incluyen, localización del punto de muestreo (coordenadas), forma de toma de muestra, descripción de la muestra, descripción del entorno, hora de toma de muestra, personal de toma de muestra, etc.

Se incluyen en el presente informe fotografías de los distintos puntos de muestreo obtenidas durante las jornadas de trabajo en campo.

Durante todo el proceso de toma de muestra en representación del cliente y como apoyo para las necesidades que se requirieron durante el proceso de muestreo, estuvo un equipo de EMED TARTESSUS dirigido por D. Oscar Amigo.

1.4. LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos analíticos de las muestras relativos a parámetros incluidos dentro de la propia inspección han sido realizados en laboratorio acreditado por Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), bajo la norma UNE EN ISO/IEC 17025:2005, con Nº de Acreditación: 479//LE1035.

Para los ensayos analíticos que no eran susceptibles de ser realizados en las instalaciones de Labs & Technological Services AGQ, los trabajos fueron subcontratados a laboratorios en coordinación y bajo conocimiento y aprobación por parte de EMED.

2. ALCANCE

2.1. ALCANCE TÉCNICO.

Se planificaron las distintas tipologías de ensayo que se detallan a continuación de cara a poder determinar todas las características de los materiales a catalogar, en base a cada uno de los requisitos que se establece en el R.D. 975/2009, para a caracterización de residuos de industrias extractivas.

Todos los ensayos analíticos han sido efectuados en las instalaciones de Labs & Technological Services, AGQ, a excepción de aquellos incluidos dentro de los valores de inspección que necesitaban de acreditaciones no incluidas dentro del Alcance de acreditación de dicho centro.

Conjunto de análisis nº 1: Estudio del contenido de S total, S en forma pirítica y del potencial de generación de aguas ácidas, mediante determinación directa del contenido de S total por analizador elemental, y mediante el ensayo descrito en la pronorma europea *prEN 15875*. El objetivo de esta caracterización es la determinación de estos parámetros para su comparación con los puntos descritos en el RD 975/2009 que transpone la Decisión 359

Conjunto de análisis nº 2: Estudio del contenido total de metales que se establece en la modificación al R.D. 975/2009 y comparación con los valores límite de referencia para suelos contaminados de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Conjunto de análisis nº3: Estudio de las características de ecotoxicidad que producen las aguas en contacto con el material, mediante la realización de un ensayo de lixiviación mediante un ensayo de generación de lixiviados con una relación L/S=10 según norma UNE-EN 12497-4 y el posterior ensayo de crecimiento de *Dafnia Magna* sobre el lixiviado obtenido.

Conjunto de análisis nº 4: Estudio de las características de geotécnicas de las muestras, mediante ensayos para evaluar el % de disolución de la muestra, ensayos para evaluar la degradabilidad de la muestra (Slake degradability index) y ensayos para determinar el carácter

inflamable si lo hubiera así como las propiedades oxidantes de la muestra, mediante procedimientos descritos en el reglamento REACH en los apartados A.10 y A.17.

2.2. ALCANCE NORMATIVO.

Para el presente estudio, se han tenido en cuenta los criterios de aplicación de las siguientes legislaciones;

- R.D. 975/2009 sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras
- Proyecto de Real Decreto por el que se modifica el R.D 975/2009.
- R.D 9/2005 por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.
- Proyecto de Decreto por el que se aprueba el Reglamento de Suelos Contaminados de Andalucía, donde se incluyen los valores límites para suelos contaminados con uso industrial.
- Orden Ministerial MAM 304/2002, ORDEN MAM/304/2002, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos

3. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS.

3.1. TOMA DE MUESTRAS.

Todo el muestreo se realizó en base a los procedimientos que están establecidos en Labs & Technological Services AGQ S.L, y en la forma en que se detalla en el apartado 1.4 del presente informe.

Las coordenadas de los distintos puntos de muestreo se indican en la tabla a continuación.

Tabla 1. Localización de puntos de muestreo			
Código cliente	Coordenadas (°N, °W)	Fecha muestreo	Hora muestreo
MR-1	37.71347; -6.57675	07-12-12	10:45
MR-2	37.71393; -6.57642	07-12-12	11:25
MR-3	37.71462; -6.57584	07-12-12	11:40
MR-4	37.71473; -6.57566	07-12-12	11:50
MR-5	37.71459; -6.57536	07-12-12	12:10
ES-1	37.71203; -6.57914	07-12-12	13:20
SC-1	37.71292; -6.57553	07-12-12	12:45
SC-3/1	37.69979; -6.57453	07-12-12	15:20
SC-3/2	37.69957; -6.57464	07-12-12	15:50
SC-3/3	37.69951; -6.56945	07-12-12	15:50
SC-3/4	37.70065; -6.56690	07-12-12	16:20
PZ-1	37.70598; -6.57069	07-12-12	15:45
PZ-2	37.70596; -6.56939	07-12-12	16:10
PZ-3	37.70119; -6.60563	09-12-12	16:00
PZ-4	37.69996; -6.59111	07-12-12	12:20
PZ-5	37.70920; -6.58153	07-12-12	13:40
OX-1	37.70072; -6.57863	09-12-12	11:45
OX-2	37.70004; -6.57859	09-12-12	12:15
OX-3	37.70105; -6.57580	09-12-12	12:30
OX-4	37.70488; -6.56361	09-12-12	-
OX-5	37.70550; -6.56456	09-12-12	-
OX-6	37.70580; -6.56546	09-12-12	-

Tabla 1. Localización de puntos de muestreo			
Código cliente	Coordenadas (°N, °W)	Fecha muestreo	Hora muestreo
OX-7	37.70598; -6.56625	09-12-12	-
PR-2	37.70146; -6.58134	09-12-12	10:50
PR-3	37.70108; -6.58108	09-12-12	10:30
PR-4	37.70125; -6.58184	09-12-12	11:00
PR-5	37.69876; -6.58768	07-12-12	13:05
PR-6	37.69893; -6.58527	07-12-12	11:45
PR-7	37.69642; -6.58152	07-12-12	13:40
PR-8	37.69648; -6.58426	07-12-12	14:00
PR-9	37.70351; -6.58590	09-12-12	14:05
SM-1	37.70807; -6.58024	07-12-12	13:50
SM-2/1	37.70422; -6.57059	07-12-12	16:30
SM-2/2	37.70463; -6.57137	07-12-12	16:45
SM-2/3	37.70523; -6.57322	07-12-12	17:00
SM-3/1	37.70038; -6.59144	07-12-12	12:30
SM-3/2	37.70030; -6.59135	07-12-12	14:50
GS-1	37.71288; -6.57514	07-12-12	12:50
GS-2	37.70061; -6.59235	07-12-12	12:40
GS-3/1	37.69946; -6.59166	07-12-12	14:25
GS-3/2	37.69975; -6.59204	07-12-12	14:30
GS-3/3	37.69987; -6.59168	07-12-12	14:35

También se incluyen fotografías de cada uno de los puntos en la realización de la toma de muestra.



ES-1



GS-3/1



GS-1



GS-3/2



GS-2



GS-3/3



MR-1



MR-4



MR-2



MR-5



MR-3



OX-2



OX-3



PZ-3



PZ-1



PZ-4



PZ-2



PZ-5



PR-2



PR-5



PR-3



PR-6



PR-4



PR-7



PR-8



SC- 3/1



PR-9



SC-3/2



SC-1



SC-3/4



SM-1



SM-2/3



SM-2/1



SM-3/1



SM-2/2



SM-3/2

3.2. EQUIPOS EMPLEADOS EN LA TOMA DE MUESTRAS.

Los equipos utilizados para la realización de los trabajos han sido:

Tabla 2. Equipos empleados en la inspección	
CODIFICACIÓN EQUIPO	DENOMINACIÓN EQUIPOS
ESPÁTULAS TOMAMUESTRAS	AG-31798
Externo	RETROEXCAVADORA

Como medio para asegurar que en las zonas de muestreo se alcanza una profundidad donde posibles efectos de degradación superficial debido a condiciones atmosféricas no sean significativos, se propuso la toma de muestra tras la realización de un sondeo ligero de aproximadamente 0,8-1,0 metros de profundidad mediante retropala-excavadora.

3.3. PROCEDIMIENTOS APLICADOS EN EL ESTUDIO.

A continuación se detallan los procedimientos, algunos ya citados, aplicados en la inspección:

Tabla 3. Procedimientos de inspección	
CODIFICACIÓN	TÍTULO DEL PROCEDIMIENTO
PG-08	Realización de Inspecciones
PI-101	Codificación, Conservación, Transporte y Cadena de Custodia de Muestras
PI-304	Diseño y planificación de la toma de muestras de residuos
PI-305	Toma de muestras de residuos
PE-4017	Preparación de muestras minerales.
PE-4015	Determinación de S total por analizador elemental LECO.
PE-4006	Determinación de metales totales en minerales.
PE-4005	Determinación de sulfato total
PE-1026	Determinación de inflamabilidad de sólidos
PE-1027	Determinación de propiedades oxidativas de sólidos

4. RESULTADOS DE LABORATORIO.

Para cada uno de las tipologías de ensayo planificadas, se muestran en la tabla adjunta los valores obtenidos en el laboratorio, comparándolos con los valores límites establecidos en la legislación que los regula.

Todos los informes analíticos referentes a estas muestras se encuentran incluidos en el anexo II de este informe

El número de muestras enviadas al laboratorio fueron 42, correspondientes a las 8 tipologías de muestra encontrada previamente, como se detalla en el apartado 1.2.

La denominación que poseen las muestras y sus códigos de analogía dentro del laboratorio son los siguientes:

Tabla 4. Correlación de códigos de muestra			
Cód. cliente	Codificación interna.	Cód. cliente	Codificación interna.
MR-1	MI-11/01299	SC-1	MI-11/01305
MR-2	MI-11/01300	SC-3/1	MI-11/01306
MR-3	MI-11/01301	SC-3/2	MI-11/01307
MR-4	MI-11/01302	SC-3/3	MI-11/01308
MR-5	MI-11/01303	SC-3/4	MI-11/01309
ES-1	MI-11/01304	PZ-1	MI-11/01310
PZ-2	MI-11/01311	PR-6	MI-11/01326
PZ-3	MI-11/01312	PR-7	MI-11/01327
PZ-4	MI-11/01313	PR-8	MI-11/01328
PZ-5	MI-11/01314	PR-9	MI-11/01329
OX-1	MI-11/01315	SM-1	MI-11/01330

Tabla 4. Correlación de códigos de muestra (continuación)

Cód. cliente	Codificación interna.	Cód. cliente	Codificación interna.
OX-2	MI-11/01316	SM-2/1	MI-11/01331
OX-3	MI-11/01317	SM-2/2	MI-11/01332
OX-4	MI-11/01318	SM-2/3	MI-11/01333
OX-5	MI-11/01319	SM-3/1	MI-11/01334
OX-6	MI-11/01320	SM-3/2	MI-11/01335
OX-7	MI-11/01321	GS-1	MI-11/01336
PR-2	MI-11/01322	GS-2	MI-11/01337
PR-3	MI-11/01323	GS-3/1	MI-11/01338
PR-4	MI-11/01324	GS-3/2	MI-11/01339
PR-5	MI-11/01325	GS-3/3	MI-11/01340

4.1. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 1

4.1.1. Preparación de muestra

Para la correcta aplicación de las normas bajo las que se realizan las determinaciones analíticas, es necesario un proceso de reducción de tamaño que a su vez servirá como procedimiento de mezclado y homogeneización.

Para ello se tomó la totalidad de la muestra y se procedió a un secado preliminar a baja temperatura y a una primera trituración, mediante machacadora de mandíbulas, para facilitar el manejo y homogeneización. Posteriormente se utilizó un cuarteador tipo Jones de 25 mm de abertura nominal para aumentar la homogeneización y obtener alícuotas representativas. Posteriormente cada una de esas alícuotas se someterá a distintos procesos de preparación para adecuarlos a su correspondiente ensayo.

En función de la norma utilizada, los tamaños indicados para su realización cambian, destacando:

- Según la prEN 15875:2008, el 95% de la muestra debe poseer un tamaño inferior a 0,125 mm para el estudio del potencial de acidez y neutralización.

Del total de muestra (en torno a 25 Kg de masa de promedio), se tomo una fracción aproximada de 0,2 Kg mediante desmuestra (una de las alícuotas).

A continuación se procedió a su pulverización mediante molino de discos Restch RS200 para poder obtener una muestra con los criterios de aceptación que demandan los posteriores ensayos: prEN 15875 (<0.125 mm), determinación del contenido de azufre total mediante analizador elemental LECO, determinación de metales totales por ICP-OES, determinación de inflamabilidad, determinación de propiedades oxidativas.

- Para los ensayos de generación de lixiviados según UNE-EN 12457-4, el tamaño que se establece de partícula, es que el 95% de la muestra sea inferior a 10 mm. Para garantizar este criterio, se tomo una alícuota de la muestra original obtenida mediante desmuestra con cuarteadores tipo Jones, y se sometió a un proceso de tamizado por un tamiz de 10 mm nominales y molienda hasta que la totalidad de la muestra atravesó dicho tamiz.
- Para los ensayos de cálculo de humedad, la muestra se dejó tal cual, y se introdujo en estufa de secado a 105 °C durante 12 horas.

Las medidas granulométricas se realizaron mediante tamices de malla metálica de 74 micrones y 10 mm respectivamente.

4.1.2. Determinación de S total y pirítico.

De la submuestra pulverizada, se procedió a realizar la determinación de azufre total mediante analizador elemental LECO. Los valores obtenidos se encuentran en los informes analíticos anexos.

Para la determinación del contenido de sulfuro, se procedió a la determinación del contenido de azufre en forma de sulfato, por combustión del azufre en forma de sulfuro a 500°C durante

1 hora en horno mufla y posterior combustión en analizador elemental LECO a 1300 °C. Por diferencia, se encuentra el valor de azufre en forma de sulfuro.

En la tabla resumen adyacente se representan los valores obtenidos de contenido de S total, en forma de sulfato y por diferencia en forma de sulfuro.

Tabla 5. Determinación de S pirítico. Resultados.							
Cód. muestra	% S total	% S como SO ₄	% S pirítico	Cód. cliente	% S total	% S como SO ₄	% S pirítico
MR-1	0,995	0,921	< 0,100	OX-6	0,485	0,538	< 0,100
MR-2	0,934	0,632	0,302	OX-7	1,62	0,984	0,636
MR-3	1,660	0,77	0,89	PR-2	0,257	0,545	< 0,100
MR-4	1,690	0,682	1,008	PR-3	0,968	0,601	0,367
MR-5	1,300	0,73	0,57	PR-4	1,26	0,385	0,875
ES-1	0,660	0,724	< 0,100	PR-5	< 0,100	< 0,100	< 0,100
SC-1	3,210	0,412	2,798	PR-6	2,46	0,775	1,685
SC-3/1	1,050	0,222	0,828	PR-7	2,42	0,65	1,77
SC-3/2	0,294	< 0,100	0,199	PR-8	1,17	0,648	0,522
SC-3/3	0,257	0,164	< 0,100	PR-9	2,33	0,719	1,611
SC-3/4	0,433	0,145	0,288	SM-1	27,6	< 0,100	27,6
PZ-1	< 0,100	< 0,100	< 0,100	SM-2/1	22,6	2,03	20,57
PZ-2	< 0,100	< 0,100	< 0,100	SM-2/2	33,3	0,245	33,06
PZ-3	< 0,100	< 0,100	< 0,100	SM-2/3	26,6	2,85	23,75
PZ-4	0,163	0,179	< 0,100	SM-3/1	24,3	2,6	21,7
PZ-5	< 0,100	< 0,100	< 0,100	SM-3/2	10,6	< 0,100	11,74
OX-1	< 0,100	< 0,100	< 0,100	GS-1	1,82	1,19	0,63
OX-2	0,480	0,267	0,213	GS-2	1,75	1,84	< 0,100
OX-3	0,847	0,637	0,21	GS-3/1	0,478	0,653	0,143
OX-4	1,100	0,22	0,88	GS-3/2	0,39	< 0,100	0,597
OX-5	2,050	2,41	0,13	GS-3/3	0,485	0,597	0,176

Podemos observar cómo una gran mayoría de muestras que poseen un valor de S pirítico mayor del contemplado por el R.D. 975/2009 para su caracterización como residuo inerte (valores superiores a 1%, marcados en color rojo), y también un gran número que necesitan de la evaluación del potencial de neutralización para su caracterización definitiva (valores comprendidos entre 0,1 y 1 %m, marcados en amarillo). Es apreciable, como sistemáticamente, las tipologías de muestras tienen unos contenidos similares en % de azufre, y también como solo en el caso de la tipología de muestra "pizarras" se cumplen los requisitos a efectos de contenido de azufre pirítico descritos en el artículo 2 de la Decisión 2009/359/CE que resulta de transposición a la legislación nacional mediante el R.D 975/2009

En el caso de las muestras con contenidos encontrados entre 0,1-1,0 % S en forma de sulfuro, será necesario hacer la evaluación de la capacidad de neutralización de acidez que posean. Los criterios a este respecto incluidos en la legislación nos indican que para ser considerado como inerte un material procedente de industrias extractivas, debe poseer un contenido máximo de S en forma pirítica de un 0,1%, o bien con un contenido entre 0,1 y 1 % deberá poseer una relación entre el potencial de neutralización y el potencial de acidez superior a 3.

4.1.3. Determinación del potencial de neutralización.

Tras los resultados obtenidos anteriormente, se procedió a evaluar los cocientes de potencial de neutralización, en aquellas muestras con contenidos de S pirítico entre 0,1- 1,0 % a fin de conseguir tal y como se establece en la norma prEN 15875.

Como paso previo a la determinación del potencial se determinó la cantidad de carbonatos en la muestra mediante un calcímetro de Bernard, para en función de este valor poder añadir de forma orientativa la cantidad de ácido clorhídrico adecuada, según el listado que se encuentra incluido dentro de la normativa aplicada. Posteriormente a la adición de ácido clorhídrico, se retrovalora la cantidad de ácido mediante hidróxido sódico 0,1N, para determinar los potenciales de neutralización.

En el caso del potencial de acidez, este se obtiene mediante cálculo a través del contenido de azufre total en la muestra, valores de los que disponemos previos a la realización del ensayo prEN 15875.

Los resultados obtenidos en este análisis para todas las muestras son los siguientes. El resto de resultados, se puede comprobar en los boletines de ensayo anexos.

Tabla 6. Determinación de potencial de neutralización. Resultados.							
Cód. muestra	Potencial de acidez (PA)	Potencial de neutralización (PN)	Ratio potencial neutralización (NPR)	Cód. muestra	Potencial de acidez (PA)	Potencial de neutralización (PN)	Ratio potencial neutralización (NPR)
MR-2	0,19	< 0,01	< 0,01	OX-7	0,40	< 0,01	< 0,01
MR-3	0,56	< 0,01	< 0,01	PR-3	0,23	< 0,01	< 0,01
MR-4	0,63	< 0,01	< 0,01	PR-4	0,55	< 0,01	< 0,01
MR-5	0,36	< 0,01	< 0,01	PR-8	0,33	< 0,01	< 0,01
SC-3/1	0,52	< 0,01	< 0,01	PR-9	1,01	< 0,01	< 0,01
SC-3/2	0,12	< 0,01	< 0,01	SM-1	18,30	< 0,01	< 0,01
SC-3/4	0,18	< 0,01	< 0,01	SM-3/4	13,56	< 0,01	< 0,01
OX-1	0,06	< 0,01	< 0,01	GS-1	0,39	< 0,01	< 0,01
OX-2	0,13	< 0,01	< 0,01	GS-3/1	0,09	0,07	0,75
OX-3	0,13	< 0,01	< 0,01	GS-3/2	0,37	< 0,01	< 0,01
OX-5	0,08	0,03	0,32	GS-3/3	0,11	0,04	0,33

Como se puede observar a la vista de los resultados, los valores de cociente de potencial de neutralización, son inferiores a 3 en todos los casos, por lo que todas las muestras afectadas con un contenido de S pirítico superior a 0,1 deben catalogarse como no inertes dado que no poseen capacidad de neutralización del ácido potencialmente generable, a criterios de las condiciones que establece el R.D. 975/2009 para su definición como inerte.

4.2. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 2: ENSAYO DE LIXIABILIDAD MEDIANTE UNE 12457-4, Y DETERMINACIÓN DE ECOTOXICIDAD ASOCIADA A LOS LIXIVIADOS GENERADOS.

Para continuar con la caracterización de las muestras se procedió al estudio de la lixiviabilidad que estas poseen, realizando la lixiviación del material, según el procedimiento establecido en la norma UNE-EN 12457-4, para obtener un lixiviado representativo.

Puesto que en el R.D 975/2009 se hace mención a la caracterización de residuos de industrias extractivas en base al artículo 22.1.e) de la Directiva 2006/21/CE del Parlamento y del Consejo, y puesto que recientemente se han aprobado las decisiones Decisión 2009/360/CE (que completa los requisitos técnicos para la caracterización de los residuos establecidos en el anexo II de la Directiva 2006/21/CE) y la Decisión 2009/359/CE (que completa la definición del término residuos inertes que figura en la Directiva 2006/21/CE), se ha determinado la toxicidad mediante un ensayo de ecotoxicidad mediante "*Daphnia Magna*", según norma ISO 6341:1996.

Experimentalmente, se tomo las cantidades de muestra que se indican en la hoja analítica correspondiente incluida en el anexo analítico y se procedió a su lixiviación con agua ultrapura durante 24 horas agitando mediante un volteador. Las muestras tras las 24 horas se filtraron mediante filtración previa a presión, y posterior filtración a vacío con filtros "millipore" de 0,47 micras de tamaño de poro, y el filtrado se envaso en bote de polipropileno para su conservación, envío al laboratorio acreditado y análisis.

Los resultados obtenidos para la totalidad de las muestras en cuanto al nivel de toxicidad detectado se resumen en la siguiente tabla anexa:

Tabla 7. Determinación de ecotoxicidad. Resultados.

Muestra	Ecotoxicidad (U.T)
MR-1	38,3
MR-2	4,63
MR-3	21,3
MR-4	34,5
MR-5	34,5
ES-1	1,48
SC-1	<1
SC-3/1	7,24
SC-3/2	1,41
SC-3/3	<1
SC-3/4	1,43
PZ-1	<1
PZ-2	<1
PZ-3	<1
PZ-4	<1
PZ-5	<1
OX-1	<1
OX-2	<1
OX-3	<1
OX-4	<1
OX-5	<1
OX-6	3,26
OX-7	2,33

Tabla 7. Determinación de ecotoxicidad. Resultados.

Muestra	Ecotoxicidad (U.T)
PR-2	<1
PR-3	<1
PR-4	<1
PR-5	5,65
PR-6	<1
PR-7	<1
PR-8	<1
PR-9	<1
SM-1	12,42
SM-2/1	7,51
SM-2/2	1,82
SM-2/3	<1
SM-3/1	2,27
SM-3/2	1,55
GS-1	14,08
GS-2	<1
GS-3/1	<1
GS-3/2	<1
GS-3/3	<1

En la tabla anterior se representan los valores de toxicidad, en unidades de toxicidad (U.T., antiguo índice Equitox / m³), para los lixiviados generados mediante el ensayo

Para el caso que nos ocupa, como criterios de evaluación podemos utilizar el RD9/2005, que establece que un suelo está contaminado y por tanto compromete la protección del medio ambiente cuando el lixiviado obtenido según norma DIN38414 (análoga a la norma UNE

12457-4 con una relación L/S = 10), presente una la LC50-24h inferior a 10 mL de lixiviado/L de agua (equivalente a una dilución respecto del lixiviado del 1%).

Según lo anterior entendemos que un suelo está contaminado si presenta una LC50-24h inferior a 10 mL de lixiviado/L de agua o una toxicidad ≥ 100 U.T. (antiguo índice Equitox/m3).

Por tanto, ninguna de las muestras ensayadas presentan una toxicidad superior a lo establecido para suelo contaminado y en principio, los lixiviados generados por contacto con el material de agua de lluvia y escorrentía no son susceptibles de producir una problemática para el medioambiente y los organismos vivos, acentuando el carácter inerte del material.

De los resultados obtenidos en el conjunto analítico 1 y en el conjunto analítico 2, se puede establecer que solamente las muestras constituyente de la tipología “pizarra” cumplen los requisitos regularizados en el R.D. 975/2009, de generación de aguas ácidas y potencial de neutralización (artículo 1.b) de la Decisión 2009/359/CE), y los efectos que objetivamente producen sobre los microorganismos no muestran carácter de toxicidad en los lixiviados

4.3. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 3: CONTENIDO METÁLICO TOTAL.

Para definir el carácter inerte de los materiales, se debe evaluar según la Decisión 2009/359/CE (que completa la definición del término residuos inertes que figura en la Directiva 2006/21/CE), se han evaluado los metales potencialmente peligrosos que enumera en el artículo 1, punto 1.d (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, V y Zn), y se procede a su comparación con los valores de referencia de suelos contaminados para la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Experimentalmente, el procedimiento desarrollado se ha basado en una digestión multiácida con 4 ácidos (HF, HCl, HNO₃, H₂SO₄) también denominada digestión total, y la posterior determinación elemental mediante espectrofotometría ICP-OES. Los ensayos analíticos se han llevado a cabo en las instalaciones de Labs & Technological Services AGQ, laboratorio acreditado para la determinación de metales en minerales por una entidad de acreditación internacional (IAS).

Los resultados obtenidos de dicho ensayo se muestran en la tabla resumen:

Tabla 8. Determinación de contenido metálico total. Resultados.

Valor referencia de suelos contaminados	40	-	750	250	10000	10000	-	250,0	3900	10000	2750	3900	4700	-	-	10000	
Código AGQ	Descripción	As (mg/Kg)	Bi (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Co (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Fe (%)	Hg (mg/Kg)	Mo (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Se (mg/Kg)	Sb (mg/Kg)	Ti (mg/Kg)	V (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
MI-11/01299	MR-1	304,88	< 130,0	< 130,0	< 80,0	< 50,0	2673,47	45,59	5,19	< 40,0	25,14	3100,12	< 5,00	122,46	< 300,0	< 300,0	3461,50
MI-11/01300	MR-2	317,61	< 130,0	< 130,0	< 80,0	100,00	2544,77	46,90	5,15	< 40,0	52,22	2636,32	< 5,00	118,34	< 300,0	< 300,0	3315,53
MI-11/01301	MR-3	584,48	< 130,0	< 130,0	< 80,0	64,83	1506,09	46,71	6,13	< 40,0	45,16	3330,15	< 5,00	137,41	< 300,0	< 300,0	3846,87
MI-11/01302	MR-4	1651,12	< 130,0	< 130,0	83,42	< 50,0	2034,84	48,27	6,50	< 40,0	28,41	5033,01	< 5,00	182,00	< 300,0	< 300,0	3424,32
MI-11/01303	MR-5	1124,28	< 130,0	< 130,0	84,65	< 50,0	1033,52	50,39	9,99	< 40,0	24,79	4795,52	< 5,00	179,59	< 300,0	< 300,0	1598,26
MI-11/01304	ES-1	374,79	< 130,0	< 130,0	235,47	504,21	9572,02	31,48	5,71	853,18	126,77	2391,25	< 5,00	369,50	< 300,0	< 300,0	16256,55
MI-11/01305	SC-1	462,67	< 130,0	< 130,0	< 80,0	< 50,0	366,01	4,18	8,38	< 40,0	< 20,00	565,97	29,46	< 40,0	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01306	SC-3/1	109,83	< 130,0	< 130,0	< 80,0	< 50,0	78,58	0,78	8,22	< 40,0	< 20,00	1386,03	< 5,00	< 40,0	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01307	SC-3/2	335,98	< 130,0	< 130,0	< 80,0	93,97	< 10,00	0,92	5,89	< 40,0	55,62	358,58	< 5,00	< 40,0	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01308	SC-3/3	365,37	< 130,0	< 130,0	< 80,0	75,36	< 10,00	0,63	7,22	< 40,0	30,02	246,98	< 5,00	< 40,0	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01309	SC-3/4	125,17	< 130,0	< 130,0	< 80,0	91,34	< 10,00	0,80	13,58	< 40,0	37,93	206,34	< 5,00	< 40,0	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01310	PZ-1	< 40,00	< 130,0	< 130,0	< 80,0	114,19	31,66	2,81	12,84	< 40,0	99,10	77,93	< 5,00	< 40,0	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01311	PZ-2	< 40,00	< 130,0	< 130,0	< 80,0	67,04	41,30	2,55	13,24	< 40,0	77,27	73,32	< 5,00	< 40,0	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01312	PZ-3	< 40,00	< 130,0	< 130,0	< 80,0	53,14	17,40	2,63	13,36	< 40,0	74,79	68,10	< 5,00	< 40,0	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01313	PZ-4	< 40,00	< 130,0	< 130,0	< 80,0	77,25	326,82	3,84	15,08	< 40,0	43,01	1900,47	< 5,00	< 40,0	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01314	PZ-5	< 40,00	< 130,0	< 130,0	< 80,0	< 50,0	220,97	3,27	6,94	< 40,0	62,85	2154,31	< 5,00	55,58	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01315	OX-1	314,15	< 130,0	< 130,0	< 80,0	< 50,0	189,10	2,68	5,43	< 40,0	< 20,00	1237,80	< 5,00	53,43	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01316	OX-2	1946,22	< 130,0	< 130,0	< 80,0	< 50,0	55,40	2,76	5,34	< 40,0	< 20,00	5376,12	< 5,00	89,13	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01317	OX-3	7409,17	< 130,0	337,22	< 80,0	< 50,0	235,53	3,83	8,79	< 40,0	< 20,00	29374,42	< 5,00	244,89	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01318	OX-4	1360,87	185,59	< 130,0	< 80,0	< 50,0	402,42	7,47	124,59	< 40,0	< 20,00	2084,63	< 5,00	379,19	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01319	OX-5	1682,88	< 130,0	< 130,0	< 80,0	< 50,0	696,75	6,01	45,74	< 40,0	< 20,00	2472,92	11,90	285,70	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01320	OX-6	482,29	< 130,0	< 130,0	< 80,0	< 50,0	261,96	3,14	7,72	< 40,0	< 20,00	1138,68	< 5,00	43,90	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01321	OX-7	4990,73	< 130,0	225,66	< 80,0	< 50,0	772,47	15,40	49,58	< 40,0	< 20,00	13775,47	28,15	367,55	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01322	PR-2	< 40,00	< 130,0	< 130,0	< 80,0	< 50,0	817,72	5,43	5,52	< 40,0	< 20,00	129,68	< 5,00	< 40,0	< 300,0	< 300,0	480,25
MI-11/01323	PR-3	< 40,00	< 130,0	< 130,0	< 80,0	< 50,0	963,87	6,56	4,73	< 40,0	< 20,00	72,15	< 5,00	< 40,0	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01324	PR-4	90,67	< 130,0	< 130,0	< 80,0	< 50,0	408,10	4,85	11,97	< 40,0	< 20,00	235,17	< 5,00	121,36	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01325	PR-5	294,66	< 130,0	< 130,0	< 80,0	65,43	163,40	3,19	14,34	< 40,0	70,81	730,94	< 5,00	< 40,0	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01326	PR-6	85,03	< 130,0	< 130,0	< 80,0	111,40	549,56	6,06	14,06	< 40,0	52,39	195,43	< 5,00	< 40,0	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01327	PR-7	73,77	< 130,0	< 130,0	< 80,0	< 50,0	608,73	7,42	12,52	< 40,0	< 20,00	71,65	< 5,00	< 40,0	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01328	PR-8	140,63	< 130,0	< 130,0	< 80,0	< 50,0	523,31	6,06	13,86	< 40,0	< 20,00	207,34	< 5,00	< 40,0	< 300,0	< 300,0	< 300,0

Tabla 8. (continuación) Determinación de contenido metálico total. Resultados.

Valor referencia de suelos contaminados		40	-	750	250	10000	10000	-	250,0	3900	10000	2750	3900	4700	-	-	10000
Código AGQ	Descripción	As (mg/Kg)	Bi (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Co (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Fe (%)	Hg (mg/Kg)	Mo (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Se (mg/Kg)	Sb (mg/Kg)	Ti (mg/Kg)	V (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
MI-11/01329	PR-9	209,80	< 130,0	< 130,0	112,65	< 50,0	1441,03	7,37	5,18	< 40,0	< 20,00	161,12	< 5,00	< 40,0	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01330	SM-1	569,29	< 130,0	< 130,0	< 80,0	60,37	164,73	25,84	5,21	< 40,0	< 20,00	238,14	5,24	215,27	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01331	SM-2/1	297,21	< 130,0	< 130,0	< 80,0	53,18	89,26	15,90	5,05	< 40,0	< 20,00	113,02	< 5,00	258,30	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01332	SM-2/2	487,88	< 130,0	< 130,0	< 80,0	59,80	66,44	30,30	5,24	< 40,0	24,12	406,98	5,48	43,02	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01333	SM-2/3	692,94	< 130,0	< 130,0	< 80,0	< 50,0	285,15	21,67	5,76	< 40,0	< 20,00	328,75	25,17	< 40,0	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01334	SM-3/1	435,60	< 130,0	< 130,0	< 80,0	80,48	471,87	16,90	6,70	< 40,0	< 20,00	177,22	< 5,00	52,25	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01335	SM-3/2	157,18	< 130,0	< 130,0	< 80,0	< 50,0	72,22	8,36	5,06	< 40,0	< 20,00	123,74	< 5,00	< 40,0	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01336	GS-1	2841,06	202,77	130,25	< 80,0	< 50,0	1670,34	26,62	12,42	< 40,0	< 20,00	4863,58	147,95	250,79	< 300,0	< 300,0	353,82
MI-11/01337	GS-2	8608,87	413,17	409,77	< 80,0	< 50,0	575,52	24,20	17,71	< 40,0	23,72	20276,87	81,03	676,50	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01338	GS-3/1	3033,78	< 130,0	139,24	< 80,0	< 50,0	270,35	27,81	5,75	< 40,0	< 20,00	6697,72	21,36	160,81	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01339	GS-3/2	1735,44	< 130,0	< 130,0	< 80,0	< 50,0	362,75	43,83	13,49	< 40,0	24,77	1669,74	< 5,00	75,39	< 300,0	< 300,0	< 300,0
MI-11/01340	GS-3/3	1283,03	< 130,0	< 130,0	< 80,0	< 50,0	398,42	43,58	12,45	< 40,0	< 20,00	1601,84	6,44	64,37	< 300,0	< 300,0	< 300,0

Como se puede comprobar el nivel de As presente en las muestras supera en la mayoría de los casos los niveles genéricos de referencia para suelos contaminados. No obstante, hay que hacer hincapié en la necesidad de valorar dichos resultados según la zona geográfica y geológica donde se encuentra la instalación, y los niveles genéricos encontrados dentro de la faja pirítica. De la revisión estricta de estos resultados, solo el caso de las pizarras, seguirían reuniendo características para su catalogación como residuo inerte.

4.4. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 4: PROPIEDADES GEOQUÍMICAS: DEGRADABILIDAD, INFLAMABILIDAD Y PROPIEDADES OXIDATIVAS.

Para la evaluación del punto 1.c) de la Decisión 2009/359/CE, se someten a las muestras a un ensayo de inflamabilidad, mediante el procedimiento A.10 recogido en el Reglamento (CE) nº 440/2008 de la Comisión de 30 de mayo de 2008 por el que se establecen métodos de ensayo de acuerdo con el Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH).

Los resultados de dichos ensayos se muestran en la tabla adjunta:

Tabla 9. Determinación de inflamabilidad. Resultados.		Tabla 9. Determinación de inflamabilidad. Resultados.		Tabla 9. Determinación de inflamabilidad. Resultados.	
Cód. Muestra	Carácter A.10	Cód. Muestra	Carácter A.10	Cód. Muestra	Carácter A.10
MR-1	No inflamable	PZ-4	No inflamable	PR-7	No inflamable
MR-2	No inflamable	PZ-5	No inflamable	PR-8	No inflamable
MR-3	No inflamable	OX-1	No inflamable	PR-9	No inflamable
MR-4	No inflamable	OX-2	No inflamable	SM-1	No inflamable
MR-5	No inflamable	OX-3	No inflamable	SM-2/1	No inflamable
ES-1	No inflamable	OX-4	No inflamable	SM-2/2	No inflamable
SC-1	No inflamable	OX-5	No inflamable	SM-2/3	No inflamable
SC-3/1	No inflamable	OX-6	No inflamable	SM-3/1	No inflamable
SC-3/2	No inflamable	OX-7	No inflamable	SM-3/2	No inflamable
SC-3/3	No inflamable	PR-2	No inflamable	GS-1	No inflamable
SC-3/4	No inflamable	PR-3	No inflamable	GS-2	No inflamable
PZ-1	No inflamable	PR-4	No inflamable	GS-3/1	No inflamable
PZ-2	No inflamable	PR-5	No inflamable	GS-3/2	No inflamable
PZ-3	No inflamable	PR-6	No inflamable	GS-3/3	No inflamable

En el caso de la determinación de propiedades oxidativas, se optó por la realización del ensayo preliminar A.17 propuesto de acuerdo con el Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH). Para este caso, dada la homogeneidad de las características de inflamabilidad de las muestras, se optó por hacer el ensayo sobre una muestra de cada una de las tipologías para establecer sus propiedades oxidativas.

Los resultados obtenidos son:

Tabla 10. Determinación de propiedades oxidativas. Resultados.		
Muestra	Descripción	Carácter según A.17
MI-11/01299	MR-1	No comburente
MI-11/01304	ES-1	No comburente
MI-11/01305	SC-1	No comburente
MI-11/01310	PZ-1	No comburente
MI-11/01315	OX-1	No comburente
MI-11/01322	PR-2	No comburente
MI-11/01330	SM-1	No comburente
MI-11/01336	GS-1	No comburente

Asimismo, para la evaluación del punto 1.a de la Decisión 2009/359/CE), que indica que los residuos no presentarán ninguna disolución o desintegración importante ni ningún cambio significativo que pueda hacerlo susceptible de provocar efectos ambientales negativos, se lleva a cabo un ensayo de determinación de la degradación (Slake Degradability Index), en el caso de las muestras que poseen una granulometría adecuada (partículas de un tamaño superior a 15 mm), y un ensayo de microDeval modificado en el resto de muestras. Los resultados de dichos ensayos se muestran en la tabla adjunta:

Tabla 11. Determinación de degradabilidad. Resultados.

Muestra	Ensayo "Slake Durability Index"		Ensayo microDeval
	Id1 (%)	Id2 (%)	MDE (%)
MR-1	-	-	41,05
MR-2	-	-	40,39
MR-3	-	-	46,40
MR-4	-	-	49,92
MR-5	-	-	40,69
ES-1	-	-	3,32
SC-1	86,84	83,75	-
SC-3/1	90,56	88,99	-
SC-3/2	90,75	85,97	-
SC-3/3	72,06	56,62	-
SC-3/4	95,59	89,14	-
PZ-1	94,67	91,58	-
PZ-2	97,63	95,95	-
PZ-3	96,19	94,72	-
PZ-4	92,66	89,27	-
PZ-5	95,03	93,97	-
OX-1	-	-	36,47
OX-2	90,02	86,59	-
OX-3	94,31	92,04	-
OX-4	88,00	84,00	-
OX-5	-	-	50,87
OX-6	-	-	37,06

Tabla 11. Determinación de degradabilidad. Resultados.

Muestra	Ensayo "Slake Durability Index"		Ensayo microDeval
	Id1 (%)	Id2 (%)	MDE (%)
OX-7	-	-	26,79
PR-2	98,00	97,50	-
PR-3	96,80	96,26	-
PR-4	98,60	98,28	-
PR-5	97,12	95,89	-
PR-6	98,80	98,27	-
PR-7	98,85	98,42	-
PR-8	97,07	96,14	-
PR-9	99,02	98,57	-
SM-1	67,91	62,76	-
SM-2/1	72,72	65,25	-
SM-2/2	83,50	77,30	-
SM-2/3	81,10	73,88	-
SM-3/1	73,66	66,76	-
SM-3/2	87,28	82,47	-
GS-1	92,27	90,95	-
GS-2	86,04	84,34	-
GS-3/1	96,06	95,24	-
GS-3/2	86,45	84,76	-
GS-3/3	96,33	95,61	-

La interpretación de los resultados indica que en el caso de las muestras sometidas al ensayo de "Slake Durability Index", el carácter de material se puede definir en base al parámetro Id2 de la siguiente forma (equivalencia numérica según norma NTL-251):

Tabla 12. Escala de ID2.

Id2	Durabilidad al desmoronamiento
0-30	Muy bajo
30-60	Bajo
60-85	Medio
85-95	Medio-Alto
95-98	Alto
98-100	Muy Alto

Como se puede apreciar la mayoría de las muestras se encuentran en una durabilidad frente al desmoronamiento media-alta. Por lo que se descarta el que pueda producirse un desmoronamiento importante de la muestra en el tiempo.

En el caso de las muestras sometidas al ensayo de microDeval, el parámetro MDE obtenido indica la resistencia a la abrasión, y es mayor cuanto menor resistencia posea el material, por lo que podemos establecer que los materiales cuya granulometría no era adecuada para la realización del ensayo poseen una resistencia a la degradabilidad media-alta, a excepción de la muestra “escoria”, que posee una muy alta resistencia al desmoronamiento.

Tampoco poseen productos utilizados en la extracción o el tratamiento que puedan dañar el medio ambiente o la salud humana, puesto que se someterá a un proceso de lavado para el aumento de la recuperación de metales que pudiera quedar contenidos, con dos objetivos claros como son la minimización del impacto ambiental y la optimización de beneficios económicos, según se indica en el punto 1 e) de la Decisión 2009/359/CE.

Con todos los anteriores resultados se puede concluir que todas las tipologías de materiales cumplen con respecto a los puntos a), c) y e) citados en la Decisión 2009/359/CE dentro de su artículo 1.

4.5. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 5: PROPIEDADES DE PELIGROSIDAD SEGÚN ARTÍCULO 2 DE LA DECISIÓN 2000/523/CE

En el caso de los materiales que no cumpliendo los requisitos de contenido de S pirítico y potencial de generación de acidez y neutralización, los contenidos metálicos son superiores, y por tanto no pueden ser caracterizados como inertes, se deberá proceder a su caracterización según la Orden Ministerial MAM 304/2002. A este efecto y dado que existen características de peligrosidad que hemos evaluado con anterioridad, los parámetros a estudiar en este caso son:

Tabla 13. Analitos y características de peligrosidad asociadas.		
Parámetro	Sustancia	Características de peligrosidad
S total en minerales	Azufre	R38
Fe total en minerales	Hierro (como sulfato de hierro)	R22;R36/38
As total en minerales	Arsénico	R23/25; R50;R53
Cu total en minerales	Cobre (como óxido de cobre I)	R22; R50/53
Zn total en minerales	Zinc (como sulfato de zinc)	R22; R41;R50;R53
	Zinc (polvo de zinc)	R50/53
Pb total en minerales	Plomo	R20/22;R33;R40;R61;R62;R23;R24
	Plomo (como sulfato de plomo)	corrosivo
Ni total en minerales	Níquel	R49;R61;R48/43;R38;R42/43;R50;R53
Sb total en minerales	Antimonio	R20/22;R51;R53
Bi total en minerales	Bismuto	No se ha encontrado información toxicológica
Co total en minerales	Cobalto	R42/43;R53
Co total en minerales	Cobalto (como sulfato de cobalto II)	R49; R22;R42/43;R50;R53

Tabla 13. (continuación) Analitos y características de peligrosidad asociadas.

Parámetro	Sustancia	Características de peligrosidad
Sn total en minerales	Estaño o sulfato de estaño II	Posible irritante leve
Mo total en minerales	Molibdeno	No se ha encontrado información toxicológica
Hg total en minerales	Mercurio	R23; R33; R50/53
	Mercurio (como sulfato de mercurio II)	R26/27/28; R33; R50/53
Se total en minerales	Selenio	R23/25
Toxicidad	Ecotoxicidad (Dafnia Magna)	H10–H13–H14
% humedad	% Humedad	---
S total en minerales	Sulfuros	H1-H2-H10-H12
SO ₄ total en minerales		
pH	pH	H4-H8

Experimentalmente, se toman los datos obtenidos en el conjunto analítico nº 3, y se comparan el contenido de metales totales para comprobar la asignación de un posible carácter R o característica H.

De la comparativa con los contenidos establecidos como valores límite se pueden aplicar las siguientes características:

Tabla 14. Características de peligrosidad. Resultados		
Código AGQ	Descripción	Características
MI-11/01299	MR-1	Ninguna
MI-11/01300	MR-2	Ninguna
MI-11/01301	MR-3	Ninguna
MI-11/01302	MR-4	R50 por contenido en As y R61 por Pb
MI-11/01303	MR-5	R50 por contenido en As
MI-11/01304	ES-1	Ninguna
MI-11/01305	SC-1	Ninguna
MI-11/01306	SC-3/1	Ninguna
MI-11/01307	SC-3/2	Ninguna
MI-11/01308	SC-3/3	Ninguna
MI-11/01309	SC-3/4	Ninguna
MI-11/01310	PZ-1	Ninguna
MI-11/01311	PZ-2	Ninguna
MI-11/01312	PZ-3	Ninguna
MI-11/01313	PZ-4	Ninguna
MI-11/01314	PZ-5	Ninguna
MI-11/01315	OX-1	Ninguna
MI-11/01316	OX-2	R50 por As y R61 por Pb
MI-11/01317	OX-3	R50 por As, R40 y R61 por Pb
MI-11/01318	OX-4	R50 por As
MI-11/01319	OX-5	R50 por As
MI-11/01320	OX-6	Ninguna

Tabla 14. Características de peligrosidad. Resultados		
Código AGQ	Descripción	Características
MI-11/01321	OX-7	R50 por As, R40 y R61 por Pb
MI-11/01322	PR-2	Ninguna
MI-11/01323	PR-3	Ninguna
MI-11/01324	PR-4	Ninguna
MI-11/01325	PR-5	Ninguna
MI-11/01326	PR-6	Ninguna
MI-11/01327	PR-7	Ninguna
MI-11/01328	PR-8	Ninguna
MI-11/01329	PR-9	Ninguna
MI-11/01330	SM-1	R 38 por S
MI-11/01331	SM-2/1	R 38 por S
MI-11/01332	SM-2/2	R 38 por S
MI-11/01333	SM-2/3	R 38 por S
MI-11/01334	SM-3/1	Ninguna
MI-11/01335	SM-3/2	Ninguna
MI-11/01336	GS-1	R 50 por As
MI-11/01337	GS-2	R50 por As, R40 y R61 por Pb
MI-11/01338	GS-3/1	R50 por As y R61 por Pb
MI-11/01339	GS-3/2	R 50 por As
MI-11/01340	GS-3/3	R 50 por As

La valoración de los códigos H conlleva las siguientes determinaciones:

H1-Explosivo, H2-Comburente y H3A/B-Fácilmente inflamable/Inflamable.

Dadas el origen de las muestras, se descarta que estas puedan tener un comportamiento que las incluya dentro de la categoría de explosivas, comburente o inflamables.

El ensayo de inflamabilidad según reglamento Reach A.10, y de propiedades oxidativas según A.17 del mismo reglamento, descartan el carácter inflamable, explosiva o comburente.

H9-Peligroso para el medio ambiente.

El resultado obtenido en el ensayo de ecotoxicidad realizado sobre la muestra permite confirmar su carácter no peligroso para el medio ambiente en todos los casos excepto casos puntuales, por lo que se propone la no clasificación como peligroso para el medio ambiente.

H14-Infecioso.

Al igual que en el caso del carácter explosivo, comburente e inflamable, debido al origen de las muestras, se descarta que estas puedan tener material biológico susceptible de aportar carácter infeccioso a la muestra.

H13-Sustancias o preparados que tras su eliminación dan lugar a otra sustancia con cualquier característica de las citadas anteriormente.

El ensayo de ecotoxicidad sobre lixiviado realizado en la categoría anterior, proporciona información suficiente para poder confirmar la no clasificación de la muestra dentro de la categoría H13.

4.6. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 6: ESTUDIO COMPLEMENTARIO DE METEORIZACIÓN DE MUESTRAS “OXIDADOS” Y “PIZARRAS”

Además de todos los ensayos analíticos realizados en los bloques analíticos anteriores, en base a los resultados obtenidos para las pizarras y los oxidados, se propuso la realización de un ensayo de carácter preliminar y exploratorio para comprobar el comportamiento de meteorización que habían sufrido estos materiales que parecen tener un carácter menos tóxico que el resto.

Los trabajos realizados comprenden la generación de lixiviados mediante un ensayo bajo norma UNE 12457-4. Posteriormente, se determinan mediante ICP-MS, los contenidos de metales que poseen los lixiviados generados. Entre los metales contemplados en este estudio se encuentran aquellos citados por el R.D 975/2009 como potencialmente peligrosos (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, V y Zn), y cuyos contenidos totales se han estudiado en el conjunto analítico nº 3 descrito en el apartado 4.3 del presente informe.

De forma simultánea se aprovecha dicho ensayo para obtener el grado de disolución del material, mediante la comparación de las masas secas inicial y final.

Para poder hacer el ensayo sobre una muestra representativa, se realizó un composite para cada tipología de muestra, utilizando todas las muestras tomadas para cada tipología.

Por homogeneización y cuarteo de fracciones proporcionalmente equivalentes de cada una de las alícuotas, se realizó la muestra compuesta, que se sometió al ensayo.

Además, de cara a poder establecer un posible comportamiento de material resultante de la mezcla de ambas matrices, se realizó una muestra compuesta “mezcla”, a partir de las muestras compuestas “OX” y “PZ”, estando ambas en una proporción del 50% del total.

Los resultados que se obtienen en dicho ensayo son los siguientes:

Tabla 15. Tasa de disolución.				
Muestra	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Sólido disuelto (g)	% Pérdida de masa
Composite OX	90,462	88,456	2,006	2,218
Composite PZ	90,058	86,532	3,526	3,915
Composite OX + PZ 1:1	90,102	87,69	2,412	2,677

Los resultados de los contenidos metálicos movilizados se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 16. Contenido metálico movilizable						
Parámetro	Unidades	Valor límite admisión a vertedero inerte	Valor límite admisión a vertedero "no peligroso"	Lixiviado OX pH natural	Lixiviado PZ pH natural	Lix. OX + PZ pH natural
Antimonio	mg/Kg	0,06	0,7	0,02	0,68	0,21
Arsénico	mg/Kg	0,5	2	< 0,05	0,06	< 0,05
Bario	mg/Kg	20	100	0,45	0,51	0,49
Cadmio	mg/Kg	0,04	1	<0,005	0,01	<0,005
Cobalto	mg/Kg	-	-	0,03	<0,025	0,10
Cobre	mg/Kg	2	50	0,06	0,05	0,04
Cromo	mg/Kg	0,5	10	<0,025	<0,025	<0,025
Mercurio	mg/Kg	0,01	0,2	<0,005	<0,005	<0,005
Molibdeno	mg/Kg	0,5	10	<0,05	<0,05	<0,05
Níquel	mg/Kg	0,4	10	0,05	0,03	0,05
Plomo	mg/Kg	0,5	10	0,08	0,11	0,07
Selenio	mg/Kg	0,1	0,5	0,01	0,03	0,03
Titanio	mg/Kg	-	-	<0,05	<0,05	<0,05
Vanadio	mg/Kg	-	-	<2,5	<2,5	<2,5
Zinc	mg/Kg	4	50	-	-	-

A la vista de los resultados, se puede comprobar cómo la tasa de disolución del material es muy baja (en el peor de los casos nos encontramos un valor del 4%), lo que sugiere que es poco soluble en condiciones de neutralidad.

Asimismo, los contenidos metálicos lixiviables son también bastante bajos, en muchos casos incluso por debajo del límite de cuantificación del equipo. En todos los casos salvo la peculiaridad del Sb en la muestra compuesta "pizarra", que acaba afectando a la mezcla de ambas matrices, los valores son inferiores a lo establecido en los valores límite para la admisión a vertederos de residuos inertes. Este hecho se encuentra en concordancia con los valores obtenidos de los ensayos de "ecotoxicidad", donde se puede comprobar que los efectos nocivos que poseen lo lixiviados para los seres vivos son inapreciables.

5. VALORACIÓN DE RESULTADOS.

Cabe resaltar que se ha detectado un comportamiento de los materiales que por su tiempo de disposición y por las condiciones climatológicas es diferente al inicial previsible en función de sus características químico-geológicas. Se aprecia un lavado intenso de los materiales, ya que, independientemente de su caracterización según norma, la ecotoxicidad es bastante baja y el potencial de neutralización es anormalmente bajo, lo que puede indicar que las características asociadas a materiales solubles han desaparecido. Esta afirmación debería ser comprobada con otra serie de ensayos que determinarán la lixiviabilidad de los materiales.

Una vez evaluados todos los parámetros que nos conducen a la caracterización de cada uno de los materiales, se hace un resumen de los resultados obtenidos:

Tabla 17. Resumen de resultados de ensayos.							
Cód. Muestra	Contenido de S pirítico	NPR	Ecotoxicidad	Contenido metálico total	Degradabilidad	Inflamabilidad / Prop. Oxidativas	Carácter
MR-1	Conforme	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
MR-2	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
MR-3	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
MR-4	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50, R61)
MR-5	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50)
ES-1	Conforme	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
SC-1	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
SC-3/1	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
SC-3/2	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
SC-3/3	Conforme	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
SC-3/4	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
PZ-1	Conforme	-	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	INERTE
PZ-2	Conforme	-	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	INERTE
PZ-3	Conforme	-	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	INERTE
PZ-4	Conforme	-	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	INERTE
PZ-5	Conforme	-	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	INERTE

Tabla 17. (continuación) Resumen de resultados de ensayos.

Cód. Muestra	Contenido de S pirítico	NPR	Ecotoxicidad	Contenido metálico total	Degradabilidad	Inflamabilidad / Prop. Oxidativas	Carácter
OX-1	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
OX-2	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50, R61)
OX-3	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50, R40, R61)
OX-4	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50)
OX-5	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50)
OX-6	Conforme	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
OX-7	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50, R40, R61)
PR-2	Conforme	-	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	INERTE
PR-3	Conforme	No	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
PR-4	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
PR-5	Conforme	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
PR-6	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
PR-7	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
PR-8	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
PR-9	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
SM-1	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R38)
SM-2/1	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R38)
SM-2/2	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R38)
SM-2/3	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R38)
SM-3/1	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
SM-3/2	No	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	No inerte no peligroso
GS-1	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50)
GS-2	Conforme	-	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50, R40, R61)
GS-3/1	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50, R61)
GS-3/2	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50)
GS-3/3	Conforme	No	Conforme	No	Conforme	Conforme	Peligroso (R50)

6. CERTIFICACIÓN.

CERTIFICA

Que los resultados reflejados en el presente informe se corresponden con el día y horas indicados, empleando los procedimientos y equipos descritos y siendo desarrollados sobre la instalación referenciada por personal de LABS & TECHNOLOGICAL SERVICES AGQ, S.L. y AGQ MINING & BIOENERGY

En Burguillos, a 20 de Febrero de 2012.

autor:

vº.bº.

El informe tiene validez siempre y cuando no varíen las condiciones de funcionamiento de la instalación y los requisitos de referencia sigan siendo aplicables.

El informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de LABS AND TS AGQ, SL Y del CLIENTE.

Los resultados obtenidos únicamente atañen al ítem inspeccionado.

INFORME: MA 11/0579

CLIENTE: EMED TARTESSUS

CENTRO: Complejo Minero de Minas de Riotinto



DISEÑO DE MUESTREO PARA CARACTERIZAR DIFERENTES TIPOS DE RESIDUOS EXISTENTES EN EL COMPLEJO MINERO DE MINAS DE RIOTINTO (HUELVA)

Autor:

Salvador Morano Venegas

Director Técnico de Inspección



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. DATOS DE LA ENTIDAD DE INSPECCIÓN	3
1.2. PERSONAL QUE REALIZA LOS TRABAJOS	3
1.3. FECHAS DE REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS	3
1.4. DATOS DEL CLIENTE	3
1.5. DATOS DE LA INSTALACIÓN	3
1.6. LABORATORIO DE ENSAYOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2. ALCANCE	4
2.1. ALCANCE TÉCNICO	4
2.2. ALCANCE NORMATIVO	4
3. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS	5
3.1. PROCEDIMIENTOS	5
3.2. DISEÑO DEL MUESTREO	5
3.3. TOMA DE MUESTRAS	10
4. VALORACIÓN DE RESULTADOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5. CERTIFICACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<u>ANEXO I</u> REPORTAJE FOTOGRÁFICO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<u>ANEXO II</u> BOLETINES DE LABORATORIO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. DATOS DE LA ENTIDAD DE INSPECCIÓN

LABS & TECHNOLOGICAL SERVICES AGQ, S.L.
Carretera A-433, Km 24,3 CP 41220, Burguillos (Sevilla).

1.2. PERSONAL QUE REALIZA LOS TRABAJOS

Responsable de Proyecto: Salvador Morano Venegas
Personal que toma las muestras: Daniel Villegas Naranjo y Miguel Ángel Mejías, técnico de AGQ Mining & Bioenergy, filial de AGQ Labs.

1.3. FECHAS DE REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

La toma de muestras se realizó los días 7 y 9 de diciembre de 2011.

1.4. DATOS DEL CLIENTE

El proyecto ha sido realizado a petición de D. Oscar Amigo, en representación de la empresa EMED TARTESSUS, con dirección en C/ La Dehesa, s/n, Minas de Riotinto (Huelva).

1.5. DATOS DE LA INSTALACIÓN

El área de actuación se encuentra en el interior del complejo minero de Minas de Riotinto, ubicado en el término municipal de Minas de Riotinto (Provincia de Huelva).

2. ALCANCE

2.1. ALCANCE TÉCNICO

El presente informe recopila la información correspondiente al diseño de muestreo para la caracterización de los residuos que se han generado en la explotación de la mina.

En concreto se ha realizado el diseño para la recogida de siete tipos de residuos, los cuales se enumeran a continuación:

- Morrongos
- Escombros primario
- Escombros secundario
- Gossan
- Pizarras
- Sulfuro masivo
- Escorias

2.2. ALCANCE NORMATIVO

En el diseño de muestreo se ha considerado el Real Decreto 975/2009.

En concreto, de cara al diseño, se ha considerado la norma UNE EN 14899 Caracterización de Residuos. Toma de Muestras de Residuos. Esquema para la preparación y aplicación de un plan de muestreo. Febrero 2007.

3. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS.

3.1. PROCEDIMIENTOS.

Los trabajos de inspección se realizaron de acuerdo a los siguientes procedimientos internos:

TABLA 2. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN APLICADOS	
CÓDIGO	TÍTULO
INSPECCIÓN GENERALES	
PG-08	REALIZACIÓN DE INSPECCIONES
PI-113	SEGURIDAD EN LOS TRABAJOS DE CAMPO
INSPECCIÓN RESIDUOS	
PI-101	CODIFICACIÓN, TRANSPORTE Y CADENA DE CUSTODIA DE LAS MUESTRAS
PI-304	DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE LA TOMA DE MUESTRAS DE RESIDUOS
PI-305	TOMA DE MUESTRAS DE RESIDUOS

Estos procedimientos pertenecen a la acreditación que posee Labs & Technological Services AGQ según la norma **UNE-EN ISO/IEC 17020** en el campo específico de Residuos.

3.2. DISEÑO DEL MUESTREO.

Atendiendo a lo dispuesto en los procedimientos enunciados en el apartado anterior, a la documentación entregada por EMED TARTESSUS y a la visita previa para localizar puntos de muestreo, se realizó un diseño inicial de muestreo que consistía en la toma de las siguientes muestras:

MORRONGOS (5 muestras)	ESCOMBRO PRIMARIO (5+2 muestras)
ESCOMBRO SECUNDARIO (5+2 muestras)	GOSSAN (5+2 muestras)
PIZARRAS (5+2 muestras)	SULFURO MASIVO (5+2 muestras)
ESCORIAS (3 muestras)	

Este diseño de muestreo queda recogido en las siguientes figuras:

INFORME: MA 11/0566

FECHA: 24/02/2012

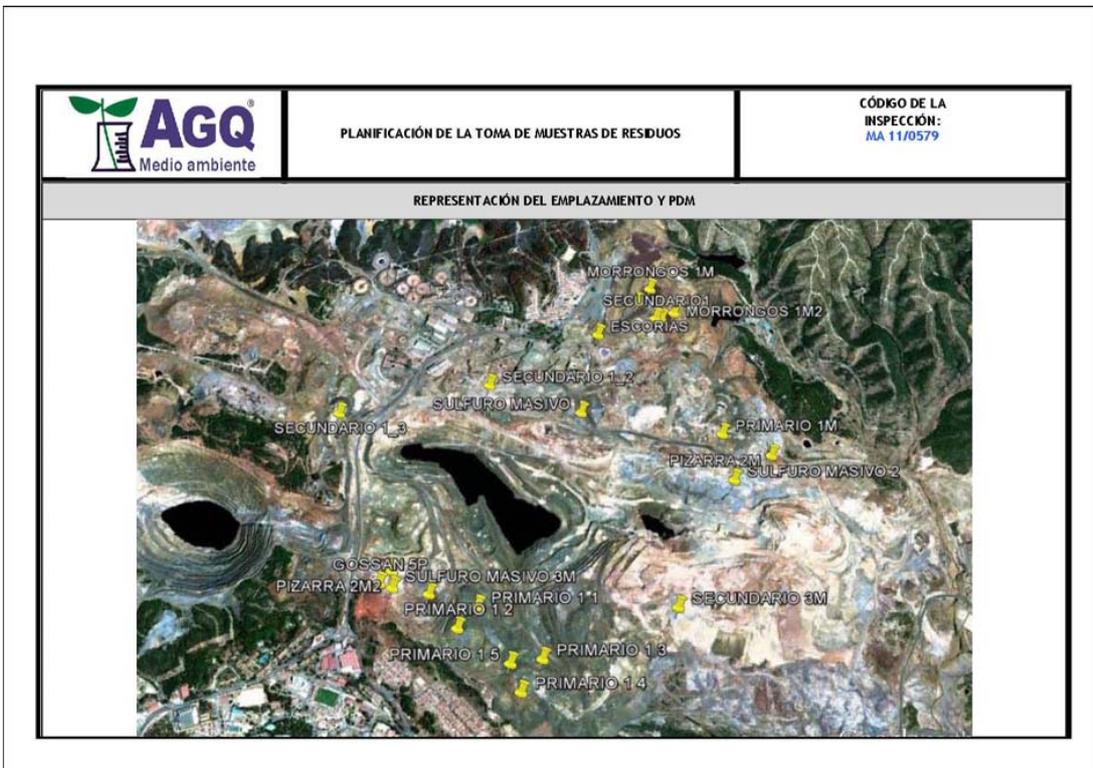
		PLANIFICACIÓN DE TOMA DE MUESTRAS DE RESIDUOS	CÓDIGO DE LA INSPECCIÓN: MA 11/0579
INFORMACIÓN GENERAL			
Cliente: EMET TARTESSUS	Persona de contacto: Oscar Amigo		Teléfono de contacto: -
Motivo de la Inspección: INSPECCIÓN VOLUNTARIA		Procedimientos aplicables: PI-101, PI-304, PI-305	
Fecha de la inspección: 5, 7 y 9 de diciembre de 2011	Hora de la inspección: 09:00 AM	Localización: MINAS DE RIOTINTO	
Actividad a realizar en el Campo: Recopilación de Información Preliminar. Recogida de 7 tipos de residuos. Toma de muestras de: <ul style="list-style-type: none"> ✓ MORRONGOS (5 muestras) ESCOMBRO PRIMARIO (5+2 muestras) ✓ ESCOMBRO SECUNDARIO (5+2 muestras) GOSSAN (5+2 muestras) ✓ PIZARRAS (5+2 muestras) SULFURO MASIVO (5+2 muestras) ✓ ESCORIAS (3 muestras) 		Legislación: REAL DECRETO 975/2009	
DATOS COMPLEMENTARIOS			
Datos Complementarios a recoger: Tomar coordenadas en todos los puntos de muestreo. Fotografiar área del que se muestrea		Previsiones de Seguridad: Llevar casco, gafas, botas y chaleco reflectante para toma de muestras.	
Observaciones: El muestreo se realizará tomando la parte no alterada de los residuos. Aun que se especifique retroexcavadora en todos los puntos, en aquellos puntos no accesibles y que la materia lo permita, se empleará pico y pala recogemuestras. En el caso de dificultad de acceso para realizar malta de gossam, tomar una muestra en la zona próxima a los morrongos. De igual forma, para primarios tomar una muestra en zona próxima a limite este de la propiedad. Se planteas tres áreas de trabajo, recogidas en las imágenes incluidas en esta planificación. Se aporta además plano general.			
Fecha: 2 de diciembre de 2011	Inspector: Salvador Morano Venegas / Itziar Sarasa García	Técnicos: Ángel Pablo Rodríguez Miguel Ángel Mejías Daniel Villegas Naranjo José María Pérez Ramírez	
	Director Técnico: Salvador Morano Venegas		

		PLANIFICACIÓN DE LA TOMA DE MUESTRAS DE RESIDUOS	CÓDIGO DE LA INSPECCIÓN: MA 11/0579				
INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS							
Codificación Muestras	Matriz	Localización PDM	Profundidad (cm.)	Equipo Muestreo	Muestras Compuesta	AT aplicable	Cantidad y condiciones
MA 0579-__1211/R1-01	Escombros primario	37.69888°N -6.58629°E	La que permita acceder a zona no alterada. Retirar con retro capa superficial	Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R1-02		37.69790°N -6.58738°E		Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R1-03		37.69653°N -6.58260°E		Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R1-04		37.69510°N -6.58379°E		Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R1-05		37.69635°N -6.58440°E		Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R2-01	Escombros secundario	37.69880°N -6.57493°E.	La que permita acceder a zona no alterada. Retirar con retro capa superficial	Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R2-02		Tres muestras en localizaciones diferentes. Emplear triángulo si es posible.		Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R2-03				Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R3-04		37.70812°N -6.59479°E		Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R3-05		37.70950°N -6.58580°E		Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
Fecha: 2 de diciembre de 2011		Inspector: Salvador Morano Venegas / Itziar Sarasa García		Técnicos: Ángel Pablo Rodríguez Miguel Ángel Mejías Daniel Villegas Naranjo José María Pérez Ramírez			
		Director Técnico: Salvador Morano Venegas					

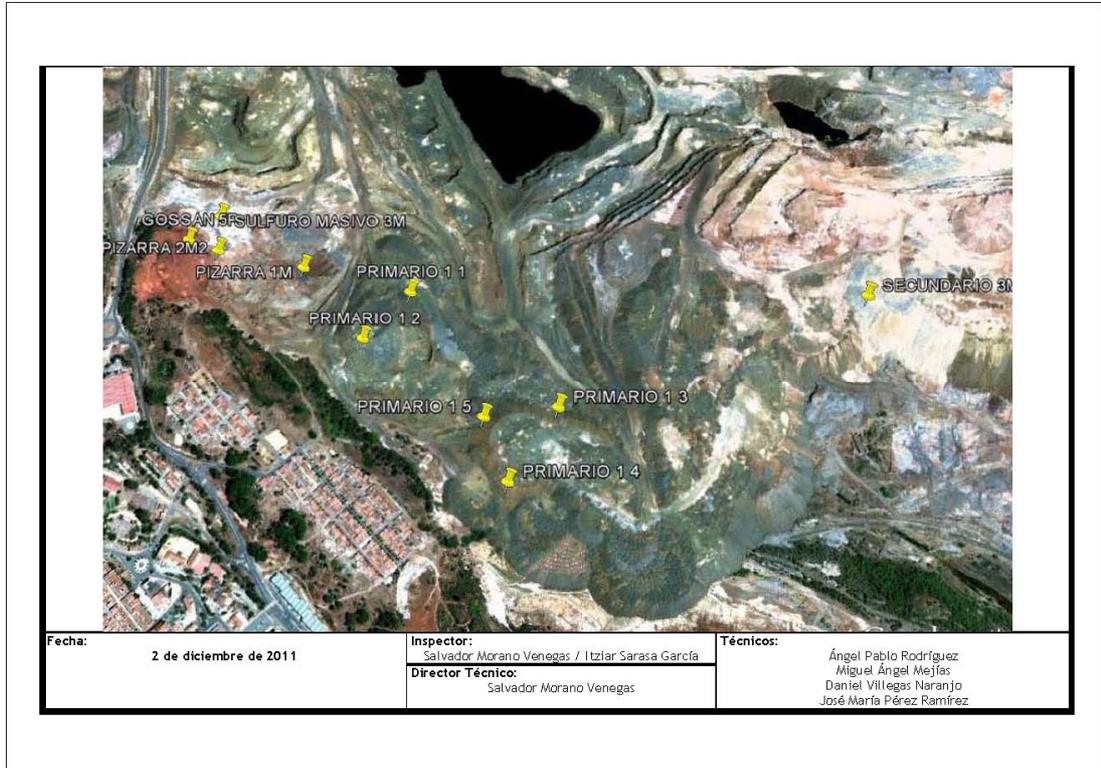
		PLANIFICACIÓN DE LA TOMA DE MUESTRAS DE RESIDUOS			CÓDIGO DE LA INSPECCIÓN: MA 11/0579		
INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS							
Codificación Muestras	PDM	Localización PDM	Profundidad (cm.)	Equipo Muestreo	Muestras Compuesta	AT aplicable	Cantidad y condiciones
MA 0579-__1211/R3-01	Gossam	37.69993°N -6.59186°E. cinco muestras en localizaciones diferentes. Emplear mala rectangular y muestrear en esquinas u centro.	La que permita acceder a zona no alterada. Retirar con retro capa superficial	Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R3-02				Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R3-03				Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R3-04				Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R3-05				Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R4-01	Sulfuros masivos	37.70051°N -6.59122°E. Tres muestras en localizaciones diferentes. Emplear triángulo si es posible.	La que permita acceder a zona no alterada. Retirar con retro capa superficial	Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R4-02				Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R4-03		37.70481°N -6.57123°E. Dos muestras en localizaciones diferentes.		Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R4-04				Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R4-05				Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
Fecha: 2 de diciembre de 2011		Inspector: Salvador Morano Venegas / Itziar Sarasa García			Técnicos: Ángel Pablo Rodríguez Miguel Ángel Mejías Daniel Villegas Naranjo José María Pérez Ramírez		
		Director Técnico: Salvador Morano Venegas					

		PLANIFICACIÓN DE LA TOMA DE MUESTRAS DE RESIDUOS			CÓDIGO DE LA INSPECCIÓN: MA 11/0579		
INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS							
Codificación Muestras	PDM	Localización PDM	Profundidad (cm.)	Equipo Muestreo	Muestras Compuesta	AT aplicable	Cantidad y condiciones
MA 0579-__1211/R5-01	Pizarra	37.70600°N -6.56893°E Dos muestras en localizaciones diferentes	La que permita acceder a zona no alterada. Retirar con retro capa superficial.	Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R5-02				Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R5-03		37.69973°N -6.59113°E Dos muestras en localizaciones diferentes		Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R5-04				Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R5-05				Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R6-01	Morrongos	37.71375°N -6.57668°E Tomar tres muestras en localizaciones diferentes de la masa haciendo un triángulo equilátero	50-100	Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R6-02			50-100	Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R6-03			50-100	Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R6-04			50-100	Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R6-05			50-100	Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
Fecha: 2 de diciembre de 2011		Inspector: Salvador Morano Venegas / Itziar Sarasa García			Técnicos: Ángel Pablo Rodríguez Miguel Ángel Mejías Daniel Villegas Naranjo José María Pérez Ramírez		
		Director Técnico: Salvador Morano Venegas					

		PLANIFICACIÓN DE LA TOMA DE MUESTRAS DE RESIDUOS				CÓDIGO DE LA INSPECCIÓN: MA 11/0579	
INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS							
Codificación Muestras	PDM	Localización PDM	Profundidad (cm.)	Equipo Muestreo	Muestras Compuesta	AT aplicable	Cantidad y condiciones
MA 0579-__1211/R7-01	Escorias	37.71207° N -6.57918° E Único acopio. Tomar las tres muestras de laterales diferentes	50-100	Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R7-02			50-100	Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
MA 0579-__1211/R7-03			50-100	Retroexcavadora	NO	-	25 Kg. Bolsa mineral
Fecha: 2 de diciembre de 2011		Inspector: Salvador Morano Venegas / Itziar Sarasa García Director Técnico: Salvador Morano Venegas			Técnicos: Ángel Pablo Rodríguez Miguel Ángel Mejías Daniel Villegas Naranjo José María Pérez Ramírez		







3.3. TOMA DE MUESTRAS.

La toma de muestras se realizó entre los días 7 y 9 de diciembre de 2011.

Los muestreos llevados a cabo el día 7 fueron realizados por dos equipos de trabajo, formado cada uno de ellos por un técnico de AGQ, un técnico de EMED TARTESSUS y por una retroexcavadora. El día 9 se encargó del muestreo un equipo de trabajo.

El número de muestras por tipo de residuo también se varió en función de la importancia del mismo

Durante el muestreo, se variaron algunos de los puntos previstos, bien por imposibilidad de acceso, bien por disponerse de puntos más representativos. Estos cambios quedaron recogidos durante el muestreo, de forma que las muestras finalmente tomadas se relacionan en la siguiente tabla.

Además se incluyó un nuevo tipo de muestra denominado oxidado.

TIPO DE MUESTRA	MUESTRA	COORDENADAS UTM (Y -X)	FECHA	HORA
MORRONGOS	MR-1	37.71347; -6.57675	07-12-12	10:45
	MR-2	37.71393; -6.57642	07-12-12	11:25
	MR-3	37.71462; -6.57584	07-12-12	11:40
	MR-4	37.71473; -6.57566	07-12-12	11:50
	MR-5	37.71459; -6.57536	07-12-12	12:10
ESCORIAS	ES-1	37.71203; -6.57914	07-12-12	13:20
ESCOMBRO SECUNDARIO	SC-1	37.71292; -6.57553	07-12-12	12:45
	SC-3/1	37.69979; -6.57453	07-12-12	15:20
	SC-3/2	37.69957; -6.57464	07-12-12	15:50
	SC-3/3	37.69951; -6.56945	07-12-12	15:50
	SC-3/4	37.70065; -6.56690	07-12-12	16:20
PIZARRA	PZ-1	37.70598; -6.57069	07-12-12	15:45
	PZ-2	37.70596; -6.56939	07-12-12	16:10
	PZ-3	37.70119; -6.60563	09-12-12	16:00
	PZ-4	37.69996; -6.59111	07-12-12	12:20
	PZ-5	37.70920; -6.58153	07-12-12	13:40
OXIDADO	OX-1	37.70072; -6.57863	09-12-12	11:45
	OX-2	37.70004; -6.57859	09-12-12	12:15
	OX-3	37.70105; -6.57580	09-12-12	12:30
	OX-4	37.70488; -6.56361	09-12-12	
	OX-5	37.70550; -6.56456	09-12-12	
	OX-6	37.70580; -6.56546	09-12-12	
	OX-7	37.70598; -6.56625	09-12-12	
ESCOMBRO PRIMARIO	PR-2	37.70146; -6.58134	09-12-12	10:50
	PR-3	37.70108; -6.58108	09-12-12	10:30
	PR-4	37.70125; -6.58184	09-12-12	11:00
	PR-5	37.69876; -6.58768	07-12-12	13:05
	PR-6	37.69893; -6.58527	07-12-12	11:45
	PR-7	37.69642; -6.58152	07-12-12	13:40
	PR-8	37.69648; -6.58426	07-12-12	14:00
	PR-9	37.70351; -6.58590	09-12-12	14:05
SULFURO MASIVO	SM-1	37.70807; -6.58024	07-12-12	13:50
	SM-2/1	37.70422; -6.57059	07-12-12	16:30
	SM-2/2	37.70463; -6.57137	07-12-12	16:45
	SM-2/3	37.70523; -6.57322	07-12-12	17:00
	SM-3/1	37.70038; -6.59144	07-12-12	12:30
	SM-3/2	37.70030; -6.59135	07-12-12	14:50
GOSSAM	GS-1	37.71288; -6.57514	07-12-12	12:50
	GS-2	37.70061; -6.59235	07-12-12	12:40
	GS-3/1	37.69946; -6.59166	07-12-12	14:25
	GS-3/2	37.69975; -6.59204	07-12-12	14:30
	GS-3/3	37.69987; -6.59168	07-12-12	14:35

El transporte y conservación de la muestra se realizó en base al procedimiento *PI 101: Codificación, Conservación, Transporte y Cadena de custodia de muestras.*

SALVADOR MORANO VENEGAS
DIRECTOR TÉCNICO DE INSPECCIÓN DE
LABS & TECHNOLOGICAL SERVICES AGQ

El presente informe tiene validez siempre y cuando no varíen las condiciones de funcionamiento de la instalación y los requisitos de referencia sigan siendo aplicables.

Los resultados de la inspección se refieren únicamente al ítem inspeccionado.

El informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del cliente y del organismo de inspección.

**INFORME DE CARACTERIZACIÓN DE ESTERILES
DE MINA DE PRESAS DE GOSSAN, COBRE Y
AGUZADERA PARA DETERMINAR SU
POTENCIAL CARÁCTER INERTE SEGÚN RD
777/2012**

EMED
TARTeSSUS

Fecha: 22/07/2014
INFORME N° MI14-0050-GEO

ÍNDICE

1. INTRODUCCION.....	3
1.1. OBJETO.....	3
1.2. TOMA DE MUESTRA	3
1.3. LABORATORIO DE ENSAYOS	4
2. ALCANCE	5
2.1. ALCANCE TÉCNICO.....	5
2.2. ALCANCE NORMATIVO	5
3. RESULTADOS DE LABORATORIO.....	6
3.1. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 1: PROPIEDADES FÍSICAS DE DESINTEGRACIÓN E INFLAMABILIDAD.	7
3.2. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 2: CONTENIDO DE AZUFRE EN FORMA DE SULFURO Y DETERMINACIÓN DEL RATIO DE POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN.	10
3.2.1. Determinación de azufre total y azufre en forma de sulfuro.	10
3.2.2. Determinación del potencial de neutralización.	11
3.3. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 3: CONTENIDO METÁLICO TOTAL.....	12
3.4. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 4: ENSAYO DE LIXIVIABILIDAD MEDIANTE UNE 12457-4, Y DETERMINACIÓN DE ECOTOXICIDAD ASOCIADA A LOS LIXIVIADOS GENERADOS.....	14
4. CONCLUSIONES.	16
5. CERTIFICACIÓN.....	17

ANEXO I: INFORMES ANALÍTICOS

1. INTRODUCCION

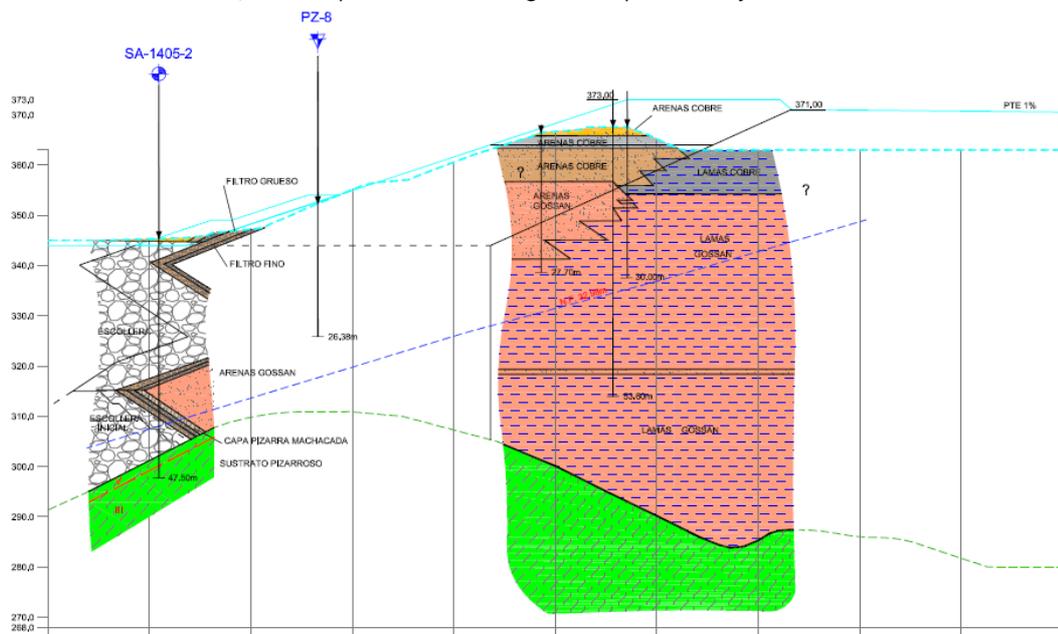
1.1. OBJETO

El presente informe tiene como objeto el estudio de muestras procedentes de sondeos realizados sobre las balsas de recepción de estériles de mina denominadas "Gossan", "Cobre" y "Aguzadera" para su caracterización como residuo según los criterios incluidos en el R.D. 975/2009, que transpone la Decisión de la Comisión Europea 2009/359/CE, y según las modificaciones a éste que se recogen en el R.D 777/2012.

1.2. TOMA DE MUESTRA

Las muestras fueron tomadas de antiguos sondeos realizados en dichas balsas, y donde se puede disponer de muestras en las diferentes profundidades que cada una de las balsas posee. Para asegurar la homogeneidad de la muestra con respecto a la totalidad del sondeo, y obtener una alícuota representativa del mismo, se realizó el día 27/06/2013 una toma de muestra según el criterio de tomar aproximadamente 10 cm de muestra cada 2 metros de sondeo. Esta masa representa aproximadamente unos 250 gramos de muestra en cada toma. La toma de muestras se realizó mediante palín de toma de muestras y las muestras fueron envasadas en bolsas de polipropileno para su correcta conservación e identificación.

Se realizaron 4 muestras integradas (que representan la totalidad del perfil de profundidad), correspondientes a los sondeos "AGUZADERA 235-2", "AGUZADERA 1405-1", "COBRE 4175" y "GOSSAN 11-BIS". Adicionalmente sobre la muestra "AGUZADERA 1405-1", se tomaron muestras de dos segmentos diferenciados de profundidad, que corresponderían a diferentes materiales que dispuestos en momentos diferentes., como se puede ver en el diagrama de perfiles adjunto.



Los sondeos igualmente muestran esta diferencia en las tipologías de matriz, como se puede comprobar en la fotografía adjunta tomada en la fecha de toma de muestra:



A su recepción en el laboratorio de ensayos, las muestras fueron codificadas según la siguiente tabla:

Tabla 1. Tabla de trazabilidad de muestras.			
Descripción	Tipología	Cod. Interno del sólido	Cod. Interno del eluato
AGUZADERA 1405-1	Integrada	MI-14/01677	A-14/19873
AGUZADERA 1405 0-11.20 m	Perfil de profundidad	MI-14/01678	A-14/19874
AGUZADERA 1405 Gossan	Perfil de profundidad	MI-14/01680	A-14/19875
AGUZADERA 235	Integrada	MI-14/01681	A-14/19876
GOSSAN 11-BIS	Integrada	MI-14/01682	A-14/19877
COBRE 4175	Integrada	MI-14/01683	A-14/19878

En el ANEXO I se pueden todas las fotografías realizadas en el muestreo tomadas de todos los sondeos, así como los perfiles de los puntos de muestreo facilitados por EMED Tartessus.

1.3. LABORATORIO DE ENSAYOS

Las determinaciones analíticas y ensayos de las muestras han sido realizados en el laboratorio acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), bajo la norma UNE EN ISO/IEC 17025:2005, con Nº de Acreditación: 479//LE1035, y por el Servicio Internacional de Acreditación con número de expediente TL-475.

2. ALCANCE

2.1. ALCANCE TÉCNICO

Se planificaron las distintas tipologías de ensayo que se detallan a continuación de cara a poder determinar todas las características del material a catalogar, en base a cada uno de los requisitos que se establece en el R.D. 975/2009 y el nuevo R.D. 777/2012, para la caracterización de residuos de industrias extractivas.

Conjunto de análisis nº 1: Ensayos para evaluar la degradabilidad de la muestra y ensayos para determinar el carácter inflamable si lo hubiera, mediante procedimientos descritos en el reglamento REACH en los apartados A.10. y clasificación de los residuos con arreglo a la Decisión 2000/532/CE de la Comisión, incluidas las propiedades peligrosas, transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

Conjunto de análisis nº 2: Estudio del contenido de S total, S en forma pirítica y del potencial de generación de aguas ácidas, mediante determinación directa del contenido de S total por analizador elemental, y mediante el ensayo descrito en la prEN 15875. El objetivo de esta caracterización es la determinación de estos parámetros para su comparación con los puntos descritos en el RD 975/2009 que transpone la Decisión 2000/359/CE.

Conjunto de análisis nº 3: Estudio del contenido total de metales que se establece en el R.D 777/2012 (modificación al R.D. 975/2009) y comparación con los valores límite de referencia para suelos contaminados de la Comunidad Autónoma de Andalucía, recogidos en el *Proyecto de Decreto por el que se aprueba el Reglamento de Suelos Contaminados de Andalucía* y en otras comunidades autónomas.

Conjunto de análisis nº4: Estudio de las características ecotóxicas que producen las aguas en contacto con el material, mediante la realización de un ensayo de lixiviación mediante un ensayo de generación de lixiviados con una relación L/S=10 según norma UNE-EN 12497-4 y el posterior ensayo de crecimiento de *Photobacterium Phosphoreum* sobre el lixiviado obtenido y de una batería completa de metales y otros parámetros de interés.

2.2. ALCANCE NORMATIVO

La evaluación de los resultados se realizará en base a la siguiente legislación / documento normativo:

Real Decreto 777/2012, de 4 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por las actividades mineras.

Real Decreto 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.

Decisión de la Comisión de 30 de abril de 2009 por la que se completan los requisitos técnicos para la caracterización de los residuos establecidos en la Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas (2009/360/CE).

Decisión de la Comisión de 30 de abril de 2009 por la que se completa la definición de residuos inertes en aplicación del artículo 22, apartado 1, letra f), de la Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas (2009/359/CE).

Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

Proyecto de Decreto por el que se aprueba el Reglamento de Suelos Contaminados de Andalucía.

ORDEN 2770/2006, de 11 de agosto, de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, por la que se procede al establecimiento de niveles genéricos de referencia de metales pesados y otros elementos traza en suelos contaminados de la Comunidad de Madrid.

ORDEN de 5 de mayo de 2008, del Departamento de Medio Ambiente, por la que se procede al establecimiento de los niveles genéricos de referencia para la protección de la salud humana de metales pesados y otros elementos traza en suelos de la Comunidad Autónoma de Aragón.

Valores de los NGR para metales y metaloides y protección de la salud humana aplicables a Cataluña publicados por la Agencia de Residuos de Cataluña.

ORDEN MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

Orden de 13 de octubre de 1989 (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo), sobre métodos de caracterización de los residuos tóxicos y peligrosos (BOE núm. 270, de 10 de noviembre de 1989)

3. RESULTADOS DE LABORATORIO

Para cada una de las tipologías de ensayo definidas se muestran en los apartados siguientes los resultados de los informes analíticos de laboratorio, y se realiza una comparación con los valores límites establecidos en la legislación de aplicación.

Todos los informes analíticos referentes a estas muestras pueden consultarse en el anexo II de este informe.

3.1. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 1: PROPIEDADES FÍSICAS DE DESINTEGRACIÓN E INFLAMABILIDAD.

Ensayo de inflamabilidad

Para la evaluación del punto 1.1.2.c) del RD 777/2012 se somete a las muestras a un ensayo de inflamabilidad, mediante el procedimiento A.10 recogido en el *Reglamento (CE) nº 440/2008 de la Comisión de 30 de mayo de 2008 por el que se establecen métodos de ensayo de acuerdo con el Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH)*.

El principio del método se basa en que la sustancia se dispone formando una mecha o cinta continua de unos 250 mm de longitud y se hace un ensayo exploratorio previo para determinar si, al aplicar una llama de gas, se produce la propagación de la combustión con llama o sin ella. Si se produce la propagación a lo largo de 200 mm de la mecha dentro de un tiempo dado, hay que realizar un ensayo completo para determinar la velocidad de combustión.

Los resultados de dicho ensayo se muestran en la tabla adjunta:

Tabla 1. Resultados del ensayo de inflamabilidad		
Cód. Interno	Descripción	Resultado
MI-14/01677	AGUZADERA 1405-1	No inflamable
MI-14/01678	AGUZADERA 1405 0-11.20 m	No inflamable
MI-14/01680	AGUZADERA 1405 Gossan	No inflamable
MI-14/01681	AGUZADERA 235	No inflamable
MI-14/01682	GOSSAN 11-BIS	No inflamable
MI-14/01683	COBRE 4175	No inflamable

Todas las muestras quedan clasificada como **No inflamable** tras la realización del ensayo de inflamabilidad según el método A.10 del Reglamento REACH, cumpliendo con el criterio del apartado 1.1.2. c) del RD 777/2012.

Ensayo de degradabilidad

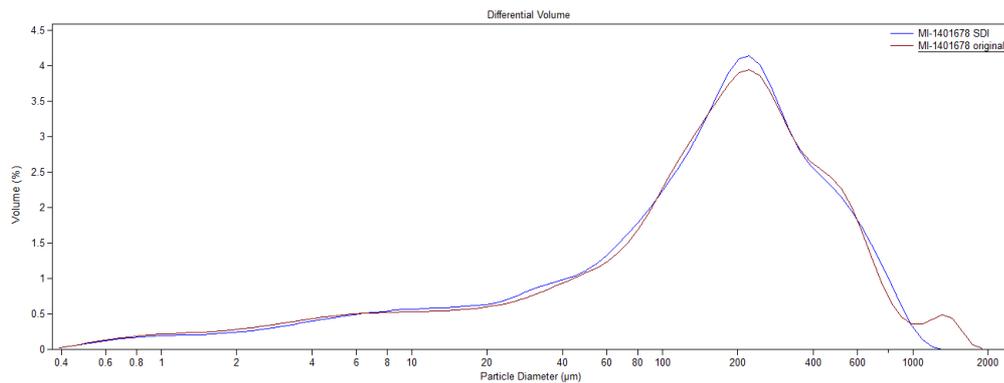
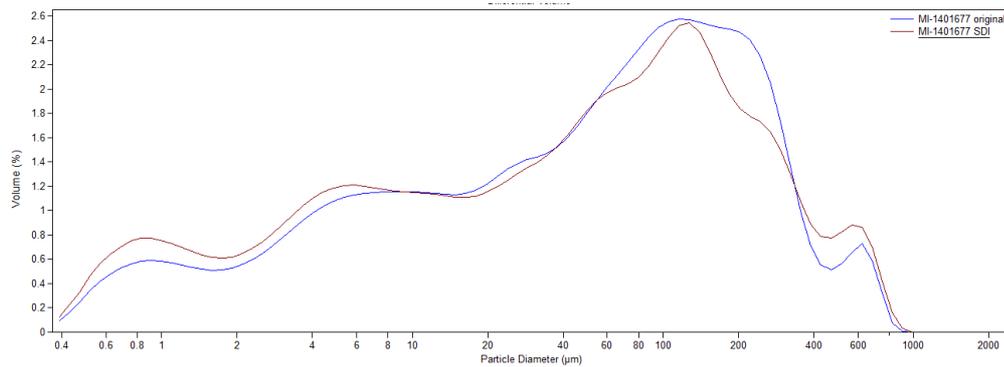
Según se establece en el apartado 1.1.2. a) del RD 777/2012, los residuos no sufrirán ninguna disolución o desintegración importante ni ningún cambio significativo que pueda hacerlo susceptible de provocar efectos ambientales negativos o de dañar a la salud humana.

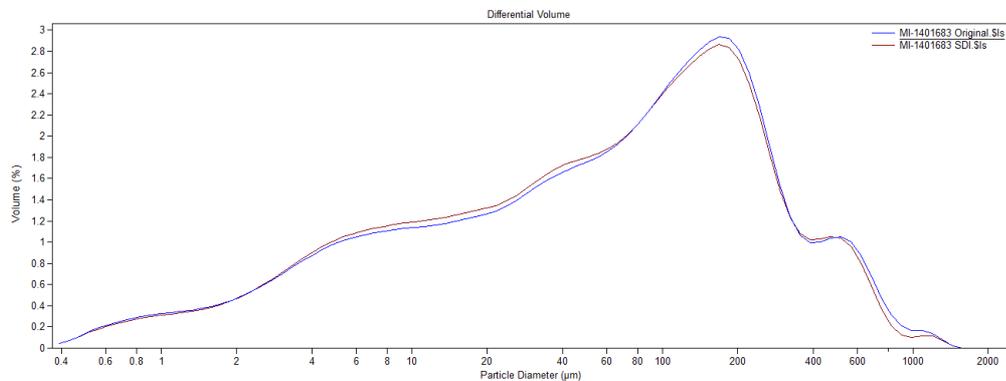
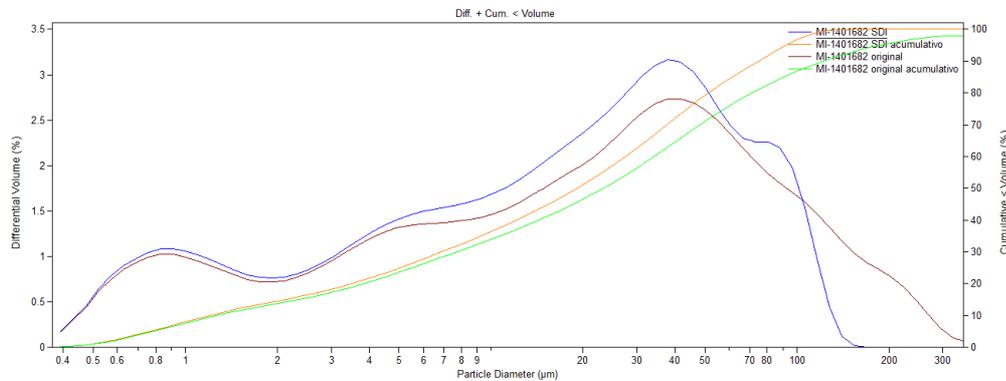
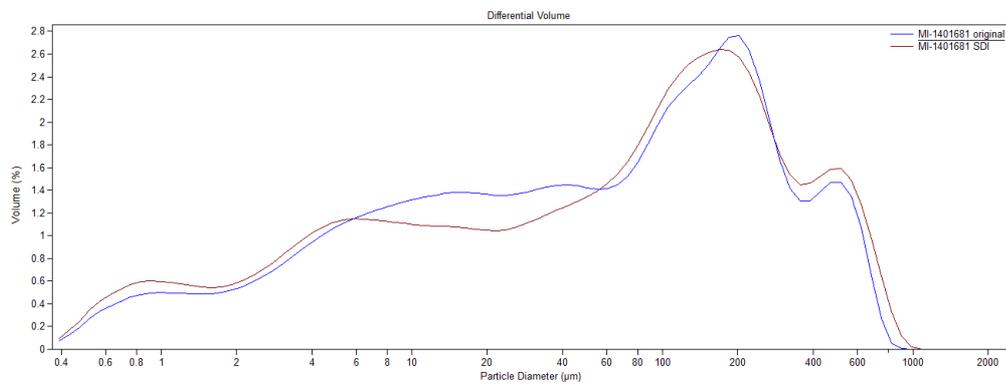
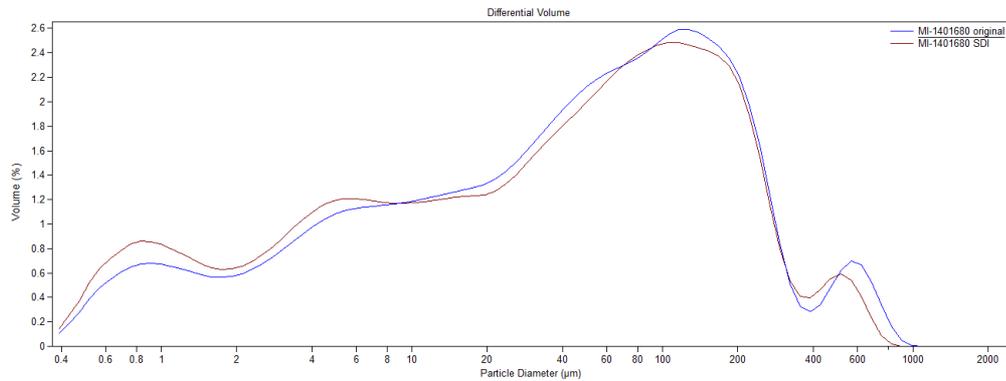
Con objeto de evaluar esta característica se llevó a cabo un ensayo de desintegración, mediante el cual se determina la velocidad de descomposición bajo diversas condiciones de humedad. Concretamente se mide la resistencia a la disgregación y la meteorización sometiendo a las muestras a ciclos de mojado y secado. Finalmente se mide el porcentaje de pérdida de peso.

Mediante este ensayo se le asigna a cada muestra un índice de durabilidad (I_D) (Goodman 1989) calculado a partir del porcentaje de pérdida. Cada índice se asocia a una capacidad de la muestra para degradarse.

Los resultados de dichos ensayos se muestran a continuación:

Tabla 2. Ensayo de degradabilidad-Slake Durability Test			
Muestra	Descripción	Resultados	Clasificación (Franklin and Chandra, 1972)
		Id (%)	
MI-14/01677	AGUZADERA 1405-1	99.07	Muy baja degradabilidad
MI-14/01678	AGUZADERA 1405 0-11.20 m	98.77	Muy baja degradabilidad
MI-14/01680	AGUZADERA 1405 Gossan	98.77	Muy baja degradabilidad
MI-14/01681	AGUZADERA 235	98.42	Muy baja degradabilidad
MI-14/01682	GOSSAN 11-BIS	94.37	Baja degradabilidad
MI-14/01683	COBRE 4175	99.37	Muy baja degradabilidad





Los resultados que se indican están referidos a los índices de durabilidad calculados mediante la media de los índices para cada una de las fracciones granulométricas.

Como cabe esperar por la granulometría de la muestra, ésta presenta un índice de durabilidad alto y muy alto.

3.2. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 2: CONTENIDO DE AZUFRE EN FORMA DE SULFURO Y DETERMINACIÓN DEL RATIO DE POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN.

3.2.1. Determinación de azufre total y azufre en forma de sulfuro.

Una vez realizada la preparación de la muestra, se tomó una submuestra pulverizada (< 74 micras), y se procedió a realizar la determinación de azufre total mediante analizador elemental LECO. Los valores obtenidos se encuentran en los informes analíticos anexos.

Para la determinación del contenido en azufre en forma de sulfuro, se procedió a la determinación del contenido de azufre en forma de sulfato, por combustión del azufre en forma de sulfuro a 500°C durante 1 hora en horno mufla y posterior combustión en analizador elemental LECO a 1300 °C. Por diferencia se determina el valor de azufre en forma de sulfuro.

En la Tabla 3 se recogen los resultados obtenidos de contenido de azufre total, en forma de sulfato y por diferencia en forma de sulfuro.

Tabla 3. Determinación de S pirítico				
Cód. muestra	Descripción	% S total	% S como SO ₄	% S sulfuro
MI-14/01677	AGUZADERA 1405-1	2,06	1,78	0,28
MI-14/01678	AGUZADERA 1405 0-11.20 m	5,06	1,85	3,21
MI-14/01680	AGUZADERA 1405 Gossan	1,37	1,43	< 0,10
MI-14/01681	AGUZADERA 235	1,97	1,88	< 0,10
MI-14/01682	GOSSAN 11-BIS	1,21	1,21	< 0,10
MI-14/01683	COBRE 4175	6,82	1,84	5,18

Según se establece en el apartado 1.1.2. b) del RD 777/2012, los residuos inertes de industrias extractivas tendrán un contenido máximo de azufre en forma de sulfuro del 0,1%, o tendrán un contenido máximo de azufre en forma de sulfuro del 1% y un cociente de potencial de neutralización y determinado mediante una prueba estática según el BS 15875, superior a 3.

Entre las muestras nos encontramos que las muestras "Gossan 11-Bis", "Aguzadera 235" y "Aguzadera 1405-Gossan", cumplen con el contenido máximo de sulfuro admisible para cumplir con este criterio. Tanto la muestra de la balsa "Cobre 4175" como la muestra que representa la capa superior del sondeo de Aguzadera ("Aguzadera 1405 0-11.20 m"), poseen un nivel de S en forma de sulfuro superior a 1 %, por lo que no cumpliría con el requisito que establece el R.D. 777/2012. Por último la muestra integrada de "Aguzadera 4175" posee un nivel situado entre 1 y 0,1% y por tanto es necesario realizar la prueba

de determinación del potencial de neutralización para obtener información de su capacidad de neutralización.

A continuación se recogen en el siguiente apartado los resultados obtenidos para el potencial de neutralización.

3.2.2. Determinación del potencial de neutralización.

Como paso previo a la determinación del potencial se determinó la cantidad de carbonatos en la muestra mediante un calcímetro de Bernard, para en función de este valor poder añadir de forma orientativa la cantidad de ácido clorhídrico adecuada. Posteriormente a la adición de ácido clorhídrico, se retrovalora la cantidad de ácido mediante hidróxido sódico 0,1N, y determinar los potenciales de neutralización.

En el caso del potencial de acidez, éste se obtiene mediante cálculo a través del contenido de azufre total en la muestra, valores de los que disponemos previos a la realización del ensayo prEN 15875.

Los resultados obtenidos se recogen en la Tabla 4:

Tabla 4. Determinación del potencial de neutralización					
Cód. muestra	Descripción	PA (Kg CO ₃ /Tn)	PN (Kg CO ₃ /Tn)	NNP (Kg CO ₃ /Tn)	NPR
MI-14/01677	AGUZADERA 1405-1	8,75	5,50	3,25	0,63
MI-14/01678	AGUZADERA 1405 0-11.20 m	100,26	< 3,125	100,26	< 3,125
MI-14/01680	AGUZADERA 1405 Gossan	< 3,125	7,70	< 3,125	N/E
MI-14/01681	AGUZADERA 235	< 3,125	6,00	< 3,125	N/E
MI-14/01682	GOSSAN 11-BIS	< 3,125	8,70	< 3,125	N/E
MI-14/01683	COBRE 4175	162,01	< 3,125	162,01	< 3,125

Potencial de Acidez (AP) / Potencial de Neutralización (NP) / Potencial de Neutralización Neto (NNP) = NP-AP /
Ratio de Potencial de Neutralización (NPR) = NP/AP

Como se puede observar a la vista de los resultados, las muestras "Gossan 11-Bis", "Aguzadera 235" y "Aguzadera 1405-Gossan" además de poseer niveles bajos de S en forma de sulfuro, poseen también cierta capacidad de neutralización, por lo que cumplirían este criterio para poder ser clasificada como inerte.

Las muestras de la balsa "Cobre 4175" y de la capa superior de "Aguzadera 1405", con un nivel de azufre sulfuro superior a 1%, no poseen ninguna capacidad de neutralización, por lo que no cumplirían con el criterio para ser considerada inerte.

Por último la muestra integrada de Aguzadera, posee un nivel entre 0,1-1 % de azufre sulfuro, y una capacidad de neutralización muy suave, por lo que dado que el Ratio de Potencial de Neutralización es

inferior a 3. Por ese motivo, tampoco cumpliría los cumplirían este criterio para poder ser clasificada como inerte.

3.3. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 3: CONTENIDO METÁLICO TOTAL.

Otro de los requisitos en la definición de un residuo como inerte, pasa por la determinación del contenido metálico total de las muestras. Concretamente, el RD 777/2012 establece en el epígrafe 1.1.2. d) que el contenido de sustancias potencialmente dañinas para el medio ambiente o la salud humana en los residuos y, en especial, de metales pesados como As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, V y Zn, deberá ser lo suficientemente bajo como para que no entrañen un riesgo inaceptable para la salud humana o los ecosistemas. Para ello se indica que la concentración en estas sustancias no deberá superar los valores mínimos establecidos a nivel nacional para emplazamientos no contaminados o los niveles naturales (fondos geoquímicos) nacionales pertinentes.

Para la evaluación del contenido en metales se han tomado como referencia los valores límites para elementos traza publicados por varias Comunidades Autónomas, entre ellas:

- Anexo VII del *Proyecto de Decreto por el que se aprueba el Reglamento de Suelos Contaminados de Andalucía (RSCA)*, en el cual se establecen los Niveles Genéricos de Referencia (NGR) para elementos traza en Andalucía.
- *ORDEN 2770/2006, de 11 de agosto, de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, por la que se procede al establecimiento de niveles genéricos de referencia de metales pesados y otros elementos traza en suelos contaminados de la Comunidad de Madrid.*
- *ORDEN de 5 de mayo de 2008, del Departamento de Medio Ambiente, por la que se procede al establecimiento de los niveles genéricos de referencia para la protección de la salud humana de metales pesados y otros elementos traza en suelos de la Comunidad Autónoma de Aragón.*
- *Valores de los NGR para metales y metaloides y protección de la salud humana aplicables a Cataluña* publicados por la Agencia de Residuos de Cataluña.

Según el RD 9/2005, se define NGR como la concentración de una sustancia contaminante en el suelo que no conlleva un riesgo superior al máximo aceptable para la salud humana o los ecosistemas. Por tanto, la comparación de los resultados de concentración de metales pesados con los diferentes NGR publicados cumple los requisitos establecidos por el RD 777/2012 en relación a la valoración de los riesgos por la presencia de sustancias potencialmente dañinas.

Existen Niveles Genéricos de Referencia para elementos traza en función del uso del suelo del que se trate. Se establecen tres categorías:

- *Uso industrial del suelo*: aquel que tiene como propósito principal el de servir para el desarrollo de actividades industriales, excluidas las agrarias y las ganaderas.
- *Uso no industrial del suelo (o urbano)*: aquel que tiene como propósito principal el de servir para el establecimiento de viviendas, oficinas, equipamientos y dotaciones de servicios, y para la realización de actividades recreativas y deportivas.

- *Otros usos del suelo:* aquellos no incluidos en las categorías de industrial y no industrial, en concreto, aquellos que son aptos para el desarrollo de actividades agrícolas, forestales y ganaderas.

La actividad minera se encuadra en el marco de las actividades industriales, por lo que para la valoración de los resultados de metales pesados se utilizarán los niveles de referencia para uso industrial del suelo.

En la siguiente tabla se recogen los resultados obtenidos y se valoran comparando las concentraciones obtenidas con los Niveles Genéricos de Referencia (NGR) para suelos publicados por diferentes comunidades autónomas. Quedan marcados en **negrita** aquellos umbrales que son superados.

Tabla 5. Valoración del contenido metálico total							
Parámetro	NGR Andalucía	MI-14/01677	MI-14/01678	MI-14/01680	MI-14/01681	MI-14/01682	MI-14/01683
		AGUZADERA 1405-1	AGUZADERA 1405 0-11.20 m	AGUZADERA 1405 Gossan	AGUZADERA 235	GOSSAN 11-BIS	COBRE 4175
Antimonio	4700	373	74	487	228	488	45
Arsénico	40	3396	1118	3839	3318	3738	722
Bismuto	-	64	< 20	79	50	107	< 20
Cadmio	750	17	< 10	21	12	29	< 10
Cobalto	250	12	75	< 10	24	< 10	71
Cobre	10000	656	826	649	695	790	1484
Cromo	10000	< 20	38	< 20	32	< 20	39
Hierro	-	239647	145619	259020	187848	342415	122114
Mercurio	250	15	3	20	12	17	1
Molibdeno	3900	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Níquel	10000	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Plomo	2750	9095	1735	11096	6826	16696	717
Selenio	3900	71	38	80	57	145	29
Vanadio	3650	25	< 20	26	< 20	38	< 20
Zinc	10000	323	427	269	349	285	589

De la valoración del contenido metálico de las muestras se comprueba que no se superan los valores estipulados en los niveles genéricos de referencia para suelos contaminados de Andalucía. En el caso de arsénico y de plomo, los valores son más altos que los indicados, pero en ningún caso se supera en 100 veces o más dichos niveles, que es el criterio que se indica en el anexo III del R.D. 9/2005 para considerar un suelo contaminado.

A efectos de caracterización según R.D. 777/2012, no incumpliría el criterio de contenido metálico total para ser considerada como inerte ninguna muestra, no obstante se debe comprobar la movilidad que sufren estos metales según ensayos de lixiviación

Además de la revisión más exhaustiva de los resultados obtenidos hasta el momento, se comprueba también algo que refleja el pasado histórico de cada una de las muestras. La muestra de “Gossan 11-bis”, está tomada en una balsa donde los estériles que se almacenaron no provenían de una fuente mineral con alto porcentaje de sulfuro, sino que eran estériles del tratamiento de gossan. Por ese motivo no tiene potencial de acidez. El caso de la muestra “Aguzadera 235” es similar, puesto que es una zona geográfica de la balsa Aguzadera que no fue afectada por la ampliación de dicha balsa. En el caso de la muestra “Aguzadera 1405”, se comprueba que la muestra integrada tiene niveles más altos de S pirítico y esto es debido a que tras la ampliación de la balsa, se comenzó a depositar estériles del proceso de flotación de sulfuros, por lo que la zona superior de esta muestra es más concentrada en sulfuros (muestra “Aguzadera 1405 0-11.20 m”).

3.4. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 4: ENSAYO DE LIXIVIABILIDAD MEDIANTE UNE 12457-4, Y DETERMINACIÓN DE ECOTOXICIDAD ASOCIADA A LOS LIXIVIADOS GENERADOS.

Continuando con la evaluación del efecto sobre los ecosistemas del contenido en sustancias contaminantes, y con objeto de valorar también el potencial ecotóxico asociado a la presencia de otros productos utilizados en la extracción o el tratamiento, se procedió al estudio de la lixiviabilidad que éstas poseen, realizando la lixiviación del material, según el procedimiento establecido en la norma UNE-EN 12457-4 para obtener un lixiviado representativo, y la determinación de la ecotoxicidad mediante un ensayo de inhibición de la bioluminiscencia en *Photobacterium phosphoreum* y de una batería completa de ensayos que incluye metales y cationes y aniones.

Del ensayo de ecotoxicidad se han obtenido los siguientes resultados, recogidos en la Tabla 6:

Tabla 6. Determinación de ecotoxicidad		
Cód. muestra	Descripción	EC ₅₀ (mg/L)
MI-14/01677	AGUZADERA 1405-1	1.000.000
MI-14/01678	AGUZADERA 1405 0-11.20 m	1.000.000
MI-14/01680	AGUZADERA 1405 Gossan	1.000.000
MI-14/01681	AGUZADERA 235	1.000.000
MI-14/01682	GOSSAN 11-BIS	20.833
MI-14/01683	COBRE 4175	1.000.000

Para el caso que nos ocupa, como criterios de evaluación podemos utilizar por un lado el RD9/2005, que establece que un suelo está contaminado y por tanto compromete la protección del medio ambiente cuando el lixiviado obtenido según norma DIN38414 (análoga a la norma UNE 12457-4 con una relación L/S = 10), presente una LC50-24h inferior a 10 mL de lixiviado/L de agua (equivalente a una dilución respecto del lixiviado del 1%). Según lo anterior entendemos que un suelo está contaminado si presenta una LC50-24h inferior a 10 mL de lixiviado/L de agua o una toxicidad ≥ 100 U.T. (antiguo índice Equitox/m3).

Otro criterio de comparación lo constituye la legislación de residuos, en concreto la *Orden de 13 de octubre de 1989 (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo), sobre métodos de caracterización de los residuos tóxicos y peligrosos (BOE núm. 270, de 10 de noviembre de 1989)*, en la que se establece que un residuo será clasificado como peligroso si presenta una EC₅₀ para el ensayo de Inhibición de la bioluminiscencia igual o inferior a 3000 mg/l.

Por tanto, ninguna de las muestras presentan una toxicidad superior a lo establecido para suelo contaminado y residuo peligroso y en principio, los lixiviados generados por contacto con el material de agua de lluvia y escorrentía no son susceptibles de producir una problemática para el medioambiente y los organismos vivos.

Además del ensayo de ecotoxicidad, se ha realizado una determinación analítica completa de metales y sales en el lixiviado, cuyos resultados se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 7. Determinación del potencial de disolución						
Parámetro	A-14/19873	A-14/19874	A-14/19875	A-14/19876	A-14/19877	A-14/19878
	AGUZADERA 1405-1	AGUZADERA 1405 0-11.20 m	AGUZADERA 1405 Gossan	AGUZADERA 235	GOSSAN 11-BIS	COBRE 4175
Carbonatos (mg/l CO ₃)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Cloruros (mg/l)	23,8	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfatos (mg/l)	798,4	1749,4	457,5	952,6	181,8	1957,1
Calcio (mg/l)	281,2	199,6	163,7	371,5	80,8	198,6
Potasio (mg/l)	4,52	< 2	5,57	2,37	3,01	< 2
Sodio (mg/l)	13,65	< 2,50	15,11	11,52	9,22	< 2,50
Magnesio (mg/l)	30,6	147,7	8,4	25,3	< 3,75	85,9
CE (µS/cm a 25°C)	1328,8	2138,4	858,0	1549,9	459,3	2678,5
pH	7,39	3,66	6,81	7,37	7,00	2,80
Arsénico Disuelto (µg/l)	61,6	20,5	1070,0	64,0	472,5	344,0
Cadmio Disuelto (µg/l)	< 0,5	18,9	< 0,5	< 0,5	< 0,5	185,4
Cobalto Disuelto (µg/l)	24,0	2085,0	14,9	41,3	1,9	1859,5
Cobre Disuelto (µg/l)	52,5	19330,0	6,0	11,1	5,4	77572,0
Cromo Disuelto (µg/l)	< 1	6,4	< 1	< 1	< 1	51,8
Hierro Disuelto (µg/l)	122,7	31088,5	29,1	22,4	26,2	199494,0
Mercurio Disuelto (µg/l)	4,13	< 0,4	< 0,4*	17,44	0,91	0,96
Níquel Disuelto (µg/l)	6,04	125,94	1,14	6,29	< 1	288,92
Plomo Disuelto (µg/l)	8,04	31,93	1,33	1,50	1,16	7,99
Vanadio Disuelto (µg/l)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,0
Zinc Disuelto (µg/l)	73,4	16973,0	< 20	< 20	< 20	24547,1

A la vista de los resultados se concluye que el potencial lixiviante de la muestra es muy bajo, dadas las concentraciones obtenidas para los distintos parámetros, en especial, metales pesados, encontrándose buena parte por debajo del límite de detección de la técnica.

Por tanto, dadas las bajas concentraciones de metales en el lixiviado y el ensayo de ecotoxicidad sobre *Photobacterium phosphoreum* concluye que las muestras son no ecotóxicas para los organismos.

4. CONCLUSIONES.

El presente informe tiene como objeto el desarrollo de un estudio de caracterización de materiales según los criterios incluidos en el R.D. 975/2009, que transpone la Decisión de la Comisión Europea 2009/359/CE, y según las modificaciones a este que se recogen en el R.D 777/2012 de muestras provenientes de 3 balsas de estériles de mina.

Los resultados de los diferentes conjuntos analíticos que comprenden la caracterización se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 8. Resumen de las conclusiones de la caracterización de residuos						
Características	MI-14/01677	MI-14/01678	MI-14/01680	MI-14/01681	MI-14/01682	MI-14/01683
	AGUZADERA 1405-1	AGUZADERA 1405 0-11.20 m	AGUZADERA 1405 Gossan	AGUZADERA 235	GOSSAN 11-BIS	COBRE 4175
Inflamabilidad	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme
Degradabilidad	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Baja	Muy baja
S sulfuro (%)/ NPR	Potencial formador de ácido	Potencial formador de ácido	No Formador de Ácido	No Formador de Ácido	No Formador de Ácido	Potencial formador de ácido
Ecotoxicidad	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme
Potencial de disolución	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme
Contenido metálico total	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme
Carácter	No inerte	No inerte	Inerte	Inerte	Inerte	No inerte

Una vez analizados todos los resultados de cada uno de los conjuntos analíticos que constituyen la caracterización, se concluye que las muestras correspondiente a "**AGUZADERA 235**", "**AGUZADERA 1405 Gossan**" y "**GOSSAN 11-BIS**" deberían clasificarse como **INERTE**, en base a los anteriores resultados.

Las muestras "**COBRE 4175**", "**AGUZADERA 1405 0-11.02m**" y "**AGUZADERA 1405 (integrada)**" deberían ser clasificadas como **NO INERTE** atendiendo a que la concentración de azufre en forma de sulfuro es superior a 0,1% y no poseen potencial de neutralización para tener un NRP superior a 3.

5. CERTIFICACIÓN.

AGQ MINING & BIOENERGY S.L.,

CERTIFICA

Que los resultados reflejados en el presente informe se corresponden con el día y horas indicados, empleando los procedimientos y equipos descritos y siendo desarrollados sobre la instalación referenciada por personal de AGQ MINING & BIOENERGY S.L.

Elaborado por:



Miguel A. Mejías
Ldo. En Química

El informe tiene validez siempre y cuando no varíen las condiciones de funcionamiento de la instalación y los requisitos de referencia sigan siendo aplicables.

El informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de LABS AND TS AGQ, SL Y del CLIENTE.

Los resultados obtenidos únicamente atañen al ítem inspeccionado.

ANEXO I: FOTOGRAFÍAS DE MUESTREO

Muestra Aguzadera 1405

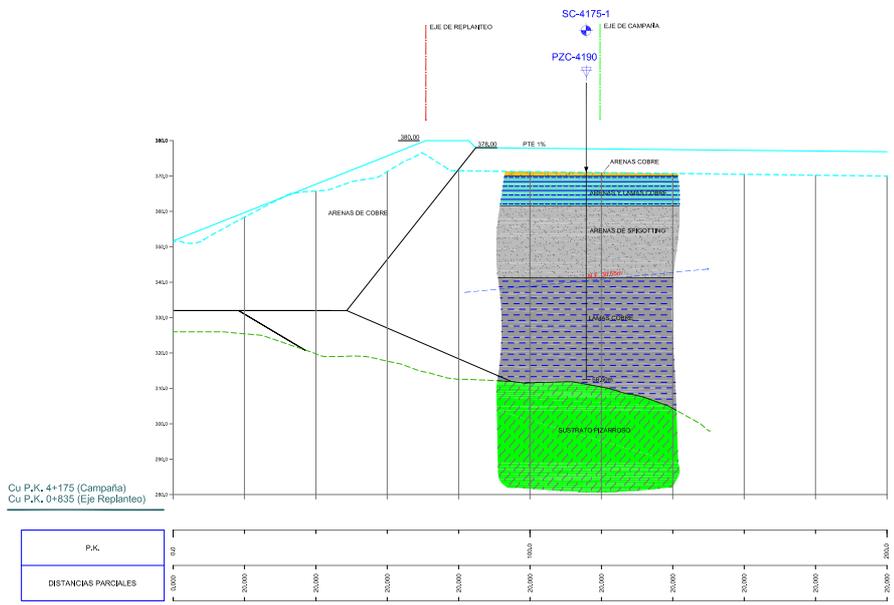


Muestra Aguzadera 235

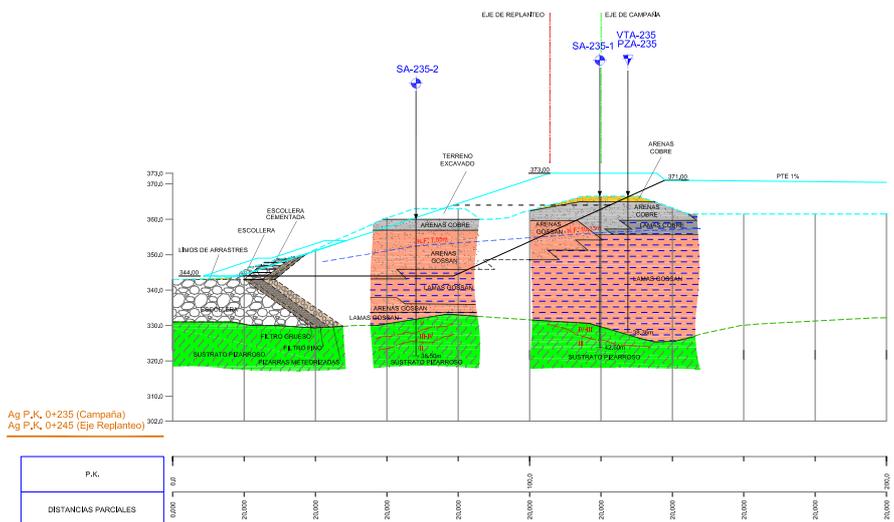


Muestra Gossan 11-Bis





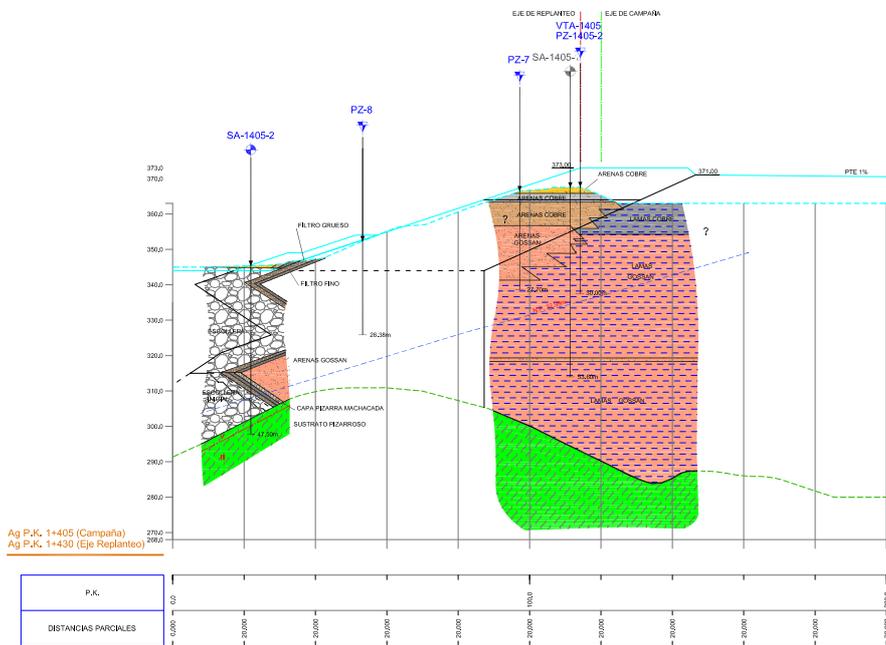
	TÍTULO PROYECTO PROYECTO DE LAS INSTALACIONES DE RESIDUOS MINEROS DE RIOTINTO		
	SUBTÍTULO CAMPAÑA GEOTÉCNICA 2ª FASE COBRE, HASTA 0+71.380 DEL PROYECTO VIGENTE PERFILES TRANSVERSALES		
ESCALA Objeto en A1: 1:500	FECHA Junio 2014	DISEÑADO Ezequiel GARCÍA	PROFESOR ESTADO Nº: AD1-3-3 HOJA 15 DE 19



Ag P.K. 0+235 (Campaña)
 Ag P.K. 0+245 (Eje Replanteo)

P.K.	DISTANCIAS PARCIALES
0+000	0+000
2+000	2+000
2+500	2+500
3+000	3+000
3+500	3+500
4+000	4+000
4+500	4+500
5+000	5+000
5+500	5+500
6+000	6+000
6+500	6+500
7+000	7+000
7+500	7+500
8+000	8+000
8+500	8+000
9+000	9+000
9+500	9+500
10+000	10+000

	TÍTULO PROYECTO PROYECTO DE LAS INSTALACIONES DE RESIDUOS MINEROS DE RIOTINTO		
	OBJETIVO CAMPAÑA GEOTÉCNICA 2ª FASE AGUZADERA HASTA COTA 071 DEL PROYECTO VISIBITE PERFILES TRANSVERSALES		
ESCALA Objeto en A1: 1:500	FECHA Junio 2014	PROFESOR Ezequiel GARCÍA	PLANO Nº A01-43 HOJA 1 DE 14



Ag P.K. 1+405 (Campaña)
 Ag P.K. 1+430 (Eje Replanteo)

	TITULO PROYECTO PROYECTO DE LAS INSTALACIONES DE RESIDUOS MINEROS DE RIOTINTO	
	PROYECTADO POR EMED TARTAGLIA	
CAMPAÑA GEOTÉCNICA 2ª FASE AGUADERA HASTA COTA 371 DEL PROYECTO VISANTE PERFILES TRANSVERSALES		
ESCALA Objeto en A1: 1:500	FECHA Junio 2014	PROYECTADO POR ESCRITO EN JUNIO 2014
ESTADO JUNIO 2014	REVISADO POR JUNIO 2014	FOLIO Nº AD1-3 HOJA 12 DE 14

ANEXO II: INFORMES ANALÍTICOS

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia: MI-14/01677	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente: EMED TARTESSUS
Análisis: GEO-0016	Centro Análisis: AGQ España		
Tipo Muestra: MINERAL	Fecha Toma Muestra:	02/07/2014	Domicilio: La Dehesa, s/n MINAS DE RIOTINT 21660
Lugar de Muestreo:	Fecha Recepción:	03/07/2014	Cod Cliente: 011057
Punto de Muestreo:	Fecha Inicio:	04/07/2014	Contrato: MI14-0050-GEO
Muestreado por: Personal AGQ,	Fecha Fin:	22/07/2014	Cliente tercero:
Descripción: AGUZADERA 1405-1			

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
Propiedades Físico-Químicas					
* Índice de Degradabilidad	99,1	%	PE-4027	Sin Técnica	-
* Inflamabilidad de Sólidos	No Inflamable		PE-1026	Análisis Físico	-
Otros Parámetros Físico-Químicos					
* Lixiviación UNE-EN 12457-4:2003	90,0		UNE-EN-12457-4	Sin Técnica	-
* Toxicidad	1,00	mg/l	PE-364	Luminiscencia	-
Multielementos Digestión Ácida ICP-OES					
Antimonio	373	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Arsénico	3397	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Bismuto	63,7	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cadmio	16,6	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobalto	11,7	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobre	656	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cromo	< 20,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Hierro	239647	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Mercurio	15,5	mg/Kg	PE-4034	Espect ICP-MS	-
Molibdeno	< 20,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Níquel	< 10,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Plomo	9095	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Selenio	71,1	mg/Kg	PE-325	Espect ICP-MS	-
* Vanadio	25,3	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Zinc	323	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Especies de azufre en minerales					
* Azufre Total	2,06	%	PE-4408	Combust IR	-
* Sulfatos	5,34	%	PE-4417	Combust IR	-
* Sulfuros	0,28	%	PE-4417	Combust IR	-
Pronorma Europea de Ratio de Potencial de Neutraliz					
* Potencial de Acidez	8,75	Kg CaCO3/Ton	PE-4407	Volumetría	-
* Potencial de Neutralización (NP)	5,50	Kg CaCO3/Ton	PE-4407	Volumetría	-

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	MI-14/01677	Tipo Muestra:	MINERAL
Descripción:	AGUZADERA 1405-1	Fecha Fin:	22/07/2014

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
-----------	-----------	----------	-----	---------	--------



Miguel Angel Mejias Martin
Resp. Lab. Inorgánico

Fecha Emisión 22/7/14

Observaciones:

Nota: PNT: Procedimiento Normalizado de Trabajo . Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción par de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres estan expresadas como +/-2s. Los parámetros marcados con asterisco (*) y los resultados entre paréntes están fuera del alcance de acreditación.

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia: MI-14/01678	Registrada en: AGQ Mining	Cliente: EMED TARTESSUS
Análisis: GEO-0016	Centro Análisis: AGQ España	
Tipo Muestra: MINERAL	Fecha Toma Muestra: 02/07/2014	Domicilio: La Dehesa, s/n MINAS DE RIOTINT 21660
Lugar de Muestreo:	Fecha Recepción: 03/07/2014	Cod Cliente: 011057
Punto de Muestreo:	Fecha Inicio: 04/07/2014	Contrato: MI14-0050-GEO
Muestreado por: Personal AGQ,	Fecha Fin: 22/07/2014	Cliente tercero:
Descripción: AGUZADERA 1405 0-11.20m		

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
Propiedades Físico-Químicas					
* Índice de Degradabilidad	98,8	%	PE-4027	Sin Técnica	-
* Inflamabilidad de Sólidos	No Inflamable		PE-1026	Análisis Físico	-
Otros Parámetros Físico-Químicos					
* Lixiviación UNE-EN 12457-4:2003	90,1		UNE-EN-12457-4	Sin Técnica	-
* Toxicidad	1,00	mg/l	PE-364	Luminiscencia	-
Multielementos Digestión Ácida ICP-OES					
Antimonio	73,8	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Arsénico	1118	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Bismuto	< 20,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cadmio	< 10,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobalto	74,9	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobre	826	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cromo	37,7	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Hierro	145619	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Mercurio	3,31	mg/Kg	PE-4034	Espect ICP-MS	-
Molibdeno	< 20,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Níquel	< 10,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Plomo	1735	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Selenio	37,6	mg/Kg	PE-325	Espect ICP-MS	-
* Vanadio	< 20,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Zinc	427	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Especies de azufre en minerales					
* Azufre Total	5,06	%	PE-4408	Combust IR	-
* Sulfatos	5,56	%	PE-4417	Combust IR	-
* Sulfuros	3,21	%	PE-4417	Combust IR	-
Pronorma Europea de Ratio de Potencial de Neutraliz					
* Potencial de Acidez	100	Kg CaCO3/Ton	PE-4407	Volumetría	-
* Potencial de Neutralización (NP)	< 0,25	Kg CaCO3/Ton	PE-4407	Volumetría	-

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	MI-14/01678	Tipo Muestra:	MINERAL
Descripción:	AGUZADERA 1405 0-11.20m	Fecha Fin:	22/07/2014

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
-----------	-----------	----------	-----	---------	--------



Miguel Angel Mejias Martin
Resp. Lab. Inorgánico

Fecha Emisión 22/7/14

Observaciones:

Nota: PNT: Procedimiento Normalizado de Trabajo . Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción par de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres estan expresadas como +/-2s. Los parámetros marcados con asterisco (*) y los resultados entre paréntes están fuera del alcance de acreditación.

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia: MI-14/01680	Registrada en: AGQ Mining	Cliente: EMED TARTESSUS
Análisis: GEO-0016	Centro Análisis: AGQ España	
Tipo Muestra: MINERAL	Fecha Toma Muestra: 02/07/2014	Domicilio: La Dehesa, s/n MINAS DE RIOTINT 21660
Lugar de Muestreo:	Fecha Recepción: 03/07/2014	Cod Cliente: 011057
Punto de Muestreo:	Fecha Inicio: 04/07/2014	Contrato: MI14-0050-GEO
Muestreado por: Personal AGQ,	Fecha Fin: 22/07/2014	Cliente tercero:
Descripción: AGUZADERA 1405 -1 gossan		

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
Propiedades Físico-Químicas					
* Índice de Degradabilidad	98,8	%	PE-4027	Sin Técnica	-
* Inflamabilidad de Sólidos	No Inflamable		PE-1026	Análisis Físico	-
Otros Parámetros Físico-Químicos					
* Lixiviación UNE-EN 12457-4:2003	90,1		UNE-EN-12457-4	Sin Técnica	-
* Toxicidad	< 0,03	mg/l	PE-364	Luminiscencia	-
Multielementos Digestión Ácida ICP-OES					
Antimonio	487	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Arsénico	3839	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Bismuto	79,2	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cadmio	20,5	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobalto	< 10,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobre	649	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cromo	< 20,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Hierro	259020	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Mercurio	20,0	mg/Kg	PE-4034	Espect ICP-MS	-
Molibdeno	< 20,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Níquel	< 10,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Plomo	11096	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Selenio	79,7	mg/Kg	PE-325	Espect ICP-MS	-
* Vanadio	25,9	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Zinc	269	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Especies de azufre en minerales					
* Azufre Total	1,37	%	PE-4408	Combust IR	-
* Sulfatos	4,30	%	PE-4417	Combust IR	-
* Sulfuros	< 0,10	%	PE-4417	Combust IR	-
Pronorma Europea de Ratio de Potencial de Neutraliz					
* Potencial de Acidez	< 3,13	Kg CaCO3/Ton	PE-4407	Volumetría	-
* Potencial de Neutralización (NP)	7,70	Kg CaCO3/Ton	PE-4407	Volumetría	-

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	MI-14/01680	Tipo Muestra:	MINERAL
Descripción:	AGUZADERA 1405 -1 gossan	Fecha Fin:	22/07/2014

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
-----------	-----------	----------	-----	---------	--------



Miguel Angel Mejias Martin
Resp. Lab. Inorgánico

Fecha Emisión 22/7/14

Observaciones:

Nota: PNT: Procedimiento Normalizado de Trabajo . Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción par de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres estan expresadas como +/-2s. Los parámetros marcados con asterisco (*) y los resultados entre paréntes están fuera del alcance de acreditación.

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia: MI-14/01681	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente: EMED TARTESSUS
Análisis: GEO-0016	Centro Análisis: AGQ España		
Tipo Muestra: MINERAL	Fecha Toma Muestra	02/07/2014	Domicilio: La Dehesa, s/n MINAS DE RIOTINT 21660
Lugar de Muestreo:	Fecha Recepción:	03/07/2014	Cod Cliente: 011057
Punto de Muestreo:	Fecha Inicio:	04/07/2014	Contrato: MI14-0050-GEO
Muestreado por: Personal AGQ,	Fecha Fin:	22/07/2014	Cliente tercero:
Descripción: AGUZADERA 235			

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
Propiedades Físico-Químicas					
* Índice de Degradabilidad	98,4	%	PE-4027	Sin Técnica	-
* Inflamabilidad de Sólidos	No Inflamable		PE-1026	Análisis Físico	-
Otros Parámetros Físico-Químicos					
* Lixiviación UNE-EN 12457-4:2003	90,1		UNE-EN-12457-4	Sin Técnica	-
* Toxicidad	1,00	mg/l	PE-364	Luminiscencia	-
Multielementos Digestión Ácida ICP-OES					
Antimonio	228	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Arsénico	3318	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Bismuto	50,1	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cadmio	12,1	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobalto	23,8	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobre	695	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cromo	32,4	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Hierro	187848	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Mercurio	11,7	mg/Kg	PE-4034	Espect ICP-MS	-
Molibdeno	< 20,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Níquel	< 10,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Plomo	6826	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Selenio	56,9	mg/Kg	PE-325	Espect ICP-MS	-
* Vanadio	< 20,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Zinc	349	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Especies de azufre en minerales					
* Azufre Total	1,97	%	PE-4408	Combust IR	-
* Sulfatos	5,63	%	PE-4417	Combust IR	-
* Sulfuros	< 0,10	%	PE-4417	Combust IR	-
Pronorma Europea de Ratio de Potencial de Neutraliz					
* Potencial de Acidez	< 3,13	Kg CaCO3/Ton	PE-4407	Volumetría	-
* Potencial de Neutralización (NP)	6,00	Kg CaCO3/Ton	PE-4407	Volumetría	-

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	MI-14/01681	Tipo Muestra:	MINERAL
Descripción:	AGUZADERA 235	Fecha Fin:	22/07/2014

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
-----------	-----------	----------	-----	---------	--------



Miguel Angel Mejias Martin
Resp. Lab. Inorgánico

Fecha Emisión 22/7/14

Observaciones:

Nota: PNT: Procedimiento Normalizado de Trabajo . Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción par de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres estan expresadas como +/-2s. Los parámetros marcados con asterisco (*) y los resultados entre paréntes están fuera del alcance de acreditación.

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia: MI-14/01682	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente: EMED TARTESSUS
Análisis: GEO-0016	Centro Análisis: AGQ España		
Tipo Muestra: MINERAL	Fecha Toma Muestra	02/07/2014	Domicilio: La Dehesa, s/n MINAS DE RIOTINT 21660
Lugar de Muestreo:	Fecha Recepción:	03/07/2014	Cod Cliente: 011057
Punto de Muestreo:	Fecha Inicio:	04/07/2014	Contrato: MI14-0050-GEO
Muestreado por: Personal AGQ,	Fecha Fin:	22/07/2014	Cliente tercero:
Descripción: GOSSAN 11			

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
Propiedades Físico-Químicas					
* Índice de Degradabilidad	94,4	%	PE-4027	Sin Técnica	-
* Inflamabilidad de Sólidos	No Inflamable		PE-1026	Análisis Físico	-
Otros Parámetros Físico-Químicos					
* Lixiviación UNE-EN 12457-4:2003	90,1		UNE-EN-12457-4	Sin Técnica	-
* Toxicidad	48,0	mg/l	PE-364	Luminiscencia	-
Multielementos Digestión Ácida ICP-OES					
Antimonio	488	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Arsénico	3739	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Bismuto	107	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cadmio	29,4	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobalto	< 10,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobre	790	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cromo	< 20,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Hierro	342415	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Mercurio	16,8	mg/Kg	PE-4034	Espect ICP-MS	-
Molibdeno	< 20,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Níquel	< 10,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Plomo	16696	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Selenio	145	mg/Kg	PE-325	Espect ICP-MS	-
* Vanadio	38,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Zinc	285	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Especies de azufre en minerales					
* Azufre Total	1,21	%	PE-4408	Combust IR	-
* Sulfatos	3,62	%	PE-4417	Combust IR	-
* Sulfuros	< 0,10	%	PE-4417	Combust IR	-
Pronorma Europea de Ratio de Potencial de Neutraliz					
* Potencial de Acidez	< 3,13	Kg CaCO3/Ton	PE-4407	Volumetría	-
* Potencial de Neutralización (NP)	8,70	Kg CaCO3/Ton	PE-4407	Volumetría	-

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	MI-14/01682	Tipo Muestra:	MINERAL
Descripción:	GOSSAN 11	Fecha Fin:	22/07/2014

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
-----------	-----------	----------	-----	---------	--------



Miguel Angel Mejias Martin
Resp. Lab. Inorgánico

Fecha Emisión 22/7/14

Observaciones:

Nota: PNT: Procedimiento Normalizado de Trabajo . Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción par de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres estan expresadas como +/-2s. Los parámetros marcados con asterisco (*) y los resultados entre paréntes están fuera del alcance de acreditación.

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia: MI-14/01683	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente:	EMED TARTESSUS
Análisis: GEO-0016	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio:	La Dehesa, s/n MINAS DE RIOTINT 21660
Tipo Muestra: MINERAL	Fecha Toma Muestra:	02/07/2014	Cod Cliente:	011057
Lugar de Muestreo:	Fecha Recepción:	03/07/2014	Contrato:	MI14-0050-GEO
Punto de Muestreo:	Fecha Inicio:	04/07/2014	Cliente tercero:	
Muestreado por: Personal AGQ,	Fecha Fin:	22/07/2014		
Descripción: COBRE 4175				

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
Propiedades Físico-Químicas					
* Índice de Degradabilidad	99,4	%	PE-4027	Sin Técnica	-
* Inflamabilidad de Sólidos	No Inflamable		PE-1026	Análisis Físico	-
Otros Parámetros Físico-Químicos					
* Lixiviación UNE-EN 12457-4:2003	90,2		UNE-EN-12457-4	Sin Técnica	-
* Toxicidad	1,00	mg/l	PE-364	Luminiscencia	-
Multielementos Digestión Ácida ICP-OES					
Antimonio	45,2	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Arsénico	722	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Bismuto	< 20,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cadmio	< 10,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobalto	70,9	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobre	1484	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cromo	38,9	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Hierro	122114	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Mercurio	0,54	mg/Kg	PE-4034	Espect ICP-MS	-
Molibdeno	< 20,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Níquel	< 10,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Plomo	717	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Selenio	29,2	mg/Kg	PE-325	Espect ICP-MS	-
* Vanadio	< 20,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Zinc	589	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Especies de azufre en minerales					
* Azufre Total	6,82	%	PE-4408	Combust IR	-
* Sulfatos	4,91	%	PE-4417	Combust IR	-
* Sulfuros	5,18	%	PE-4417	Combust IR	-
Pronorma Europea de Ratio de Potencial de Neutraliz					
* Potencial de Acidez	162	Kg CaCO3/Ton	PE-4407	Volumetría	-
* Potencial de Neutralización (NP)	< 0,25	Kg CaCO3/Ton	PE-4407	Volumetría	-

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	MI-14/01683	Tipo Muestra:	MINERAL
Descripción:	COBRE 4175	Fecha Fin:	22/07/2014

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
-----------	-----------	----------	-----	---------	--------



Miguel Angel Mejias Martin
Resp. Lab. Inorgánico

Fecha Emisión 22/7/14

Observaciones:

Nota: PNT: Procedimiento Normalizado de Trabajo . Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción par de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres estan expresadas como +/-2s. Los parámetros marcados con asterisco (*) y los resultados entre paréntes están fuera del alcance de acreditación.



PLANOS

PROYECTO RIO TINTO