COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Firma de Instituciones

Firma Institución 1 FIRMADO ELECTRÓNICAMENTE COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE **VISADO NÚMERO E0004/20-NA** **FECHA VISADO 12/03/2020** FIRMADO ELECTRÓNICAMENTE	Firma Institución 2
Firma Institución 3	Firma Institución 4

Firma de Ingenieros

Nombre: ALFONSO MARTINEZ ANDRES Nº Colegiado: NE062A Colegio: Ingenieros de Minas del Nordeste ALFONSO MARTINEZ ANDRES Firmado digitalmente por ALFONSO MARTINEZ ANDRES Nombre de reconocimiento (DN): 2.5.4.13=Qualified Certificate: CAM-PF-SW-KPSC, cn=ALFONSO MARTINEZ ANDRES, email=alfonso@naturalresources.es, serialNumber=17446559R, sn=MARTINEZ ANDRES, givenName=ALFONSO, 1.3.6.1.4.1.17326.30.3=Q2870018E, title=COLEGIADO 62 A NE, ou=INGENIERO DE MINAS, o=CONSEJO SUPERIOR DE COLEGIOS DE INGENIEROS DE MINAS, c=ES Fecha: 2020.03.11 18:06:03 +01'00'	Nombre: Nº Colegiado: Colegio: Seleccione su Colegio
Nombre: Nº Colegiado: Colegio: Seleccione su Colegio	Nombre: Nº Colegiado: Colegio: Seleccione su Colegio

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

Geoalcali
a Highfield Resources Company

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Proyecto Mina Muga

(Navarra y Aragón, España)

PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

Febrero 2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

Colegio Oficial de Ingenieros de Minas del Norte

Diligencia

Para hacer constar que por el presente visado se ha comprobado por el Colegio Oficial de Ingenieros de Minas del Norte:
I.- La identidad y habilitación profesional del autor del trabajo D. Alfonso Martínez Andrés colegiado núm. 62A NE
II.- Que el presente proyecto-trabajo reúne la correción e integridad formal de la documentación que lo conforma, de acuerdo con la normativa aplicable.
III.- Que el Colegio Oficial de Ingenieros de Minas del Norte asumirá en su caso, la responsabilidad subsidiaria a la que hace referencia el Art. 13.3 de la Ley 2/74, de Colegios Profesionales, modificada por la Ley 25/2009, de 22 de diciembre.

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

ÍNDICE

1 MEMORIA 3
1.1 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS 3
1.1.1 EQUIPO REDACTOR 4
1.2 ASPECTOS GENERALES DEL PROGRAMA 4
1.2.1 OBJETO Y ALCANCE 4
1.2.2 FASES Y DURACIÓN 5
1.2.3 EQUIPO DE TRABAJO 6
1.2.4 TRAMITACIÓN DE INFORMES 8
1.2.5 DESARROLLO DE TRABAJOS 11
1.3 FASE DE CONSTRUCCIÓN 12
1.3.1 OBJETIVO DEL PVA EN FASE DE CONSTRUCCIÓN 12
1.3.2 ACTUACIONES DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO 12
1.3.2.1 GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO 14
1.3.2.2 AGUA 20
1.3.2.3 ATMÓSFERA Y CALIDAD DEL AIRE 36
1.3.2.4 VEGETACIÓN Y HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO (HICs) 40
1.3.2.5 FAUNA, ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS Y RED NATURA 2000 44
1.3.2.6 RESIDUOS 49
1.3.2.7 PAISAJE 52
1.3.2.8 POBLACIÓN Y SALUD HUMANA 60
1.3.2.9 BIENES MATERIALES, PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO Y CULTURAL 66
1.3.3 OTRAS ACTUACIONES DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO GENERAL EN OBRA 71
1.4 FASE DE EXPLOTACIÓN 78
1.4.1 OBJETIVO DEL PVA EN FASE DE EXPLOTACIÓN 78
1.4.2 ACTUACIONES DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO 78
1.4.2.1 GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO 80
1.4.2.2 AGUA 91
1.4.2.3 ATMÓSFERA Y CALIDAD DEL AIRE 107
1.4.2.4 VEGETACIÓN Y HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO (HICs) 112
1.4.2.5 FAUNA, ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS Y RED NATURA 2000 113
1.4.2.6 RESIDUOS 122
1.4.2.7 PAISAJE 130

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.4.2.8 POBLACIÓN Y SALUD HUMANA 132

1.4.2.9 BIENES MATERIALES, PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO Y CULTURAL 134

1.4.3 OTRAS ACTUACIONES DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO SOBRE LOS RECURSOS DEL MEDIO RELACIONADAS CON PARADAS TEMPORALES. 139

2 PRESUPUESTO 140

3 ANEXOS

- Anexo 01. Plan de Monitorización de la Subsidencia
- Anexo 02 . Red de Control del Medio Hídrico
- Anexo 03. Tabla de Puntos de Control de Aguas Subterráneas y Superficiales
- Anexo 04. Listado de Focos Fijos de Emisión
- Anexo 05. Control y Seguimiento de Instalaciones de Residuos Mineros

4 PLANOS

- Plano 01: Monitorización de la Subsidencia
  - Plano 01.1. Hitos de control de la subsidencia .
  - Plano 01.2. Puntos de monitorización de la subsidenia. Zona Javier.
  - Plano 01.3. Puntos de monitorización de la subsidenia. Canal de Bardenas.
  - Plano 01.4. Puntos de monitorización de la subsidenia. Zona Undués de Lerda.
  - Plano 1.5. Control y seguimiento de Instalaciones de Residuos Mineros.
  - Plano 1.6. Puntos de monitorización de auscultación en el año 3.
- Plano 02: Red de Control del Medio Hídrico. Aguas superficiales y subterráneas.
- Plano 03: Control de Polvo y partículas. Puntos de Control de Inmisión
- Plano 04: Control de emisiones de Focos fijos
- Plano 05: Control de ruido

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1 MEMORIA

1.1 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

La *Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental*, establece en su Artículo 35, que el promotor deberá elaborar, como parte del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), un programa de vigilancia ambiental (PVA) para garantizar el cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras contempladas en el citado Estudio.

El PVA es un documento técnico de control ambiental donde se concretan los parámetros de seguimiento de los diferentes factores ambientales afectados por un proyecto, así como los sistemas de medida y control de los mismos. El PVA constituye, pues, un documento básico que enmarca todas las actuaciones de seguimiento, vigilancia y monitorización ambiental de los trabajos propuestos en el proyecto. Su finalidad es establecer las bases o principios de un sistema de control que garantice el cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras descritas en el proyecto, en el EsIA, y en la Declaración de Impacto Ambiental (en adelante, DIA).

El EsIA refundido del Proyecto Mina Muga (Navarra y Aragón) ha sido sometido a evaluación ambiental por parte del órgano ambiental y resuelto favorablemente mediante *Resolución de 31 de mayo de 2019, de la Dirección General de Biodiversidad y Calidad Ambiental, por la que se formula declaración de impacto ambiental (DIA) del proyecto Mina Muga (Navarra y Aragón)*, publicada en el BOE Nº 148 del viernes 21 de junio de 2019. En la citada Resolución se consideraba adecuado el Plan de Vigilancia Ambiental propuesto, pero debía ampliarse y actualizarse con los nuevos condicionados incluidos en la DIA.

Partiendo del PVA original, la presente versión se ha completado con los aspectos adicionales que se mencionan en el apartado *E. Programa de vigilancia ambiental (PVA) de la DIA (pág. 66523 a 66532)* y se han tenido en cuenta las consideraciones incluidas en el apartado *C. Resumen del análisis técnico del órgano ambiental (pág. 66495 a 66516) y D. Condiciones al proyecto y medidas preventivas, correctoras y compensatorios de los efectos adversos sobre el medio ambiente (pág. 66516 a 66523)* de la DIA, así como otros documentos emitidos por las diversas autoridades competentes intervinientes en el procedimiento.

Este nuevo PVA será remitido al órgano sustantivo, al Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local del Gobierno de Navarra y al Instituto Aragonés de Gestión Ambiental, de forma previa al inicio de los trabajos, para su valoración e informe. Las consideraciones emitidas por estos organismos deberán incorporarse al presente PVA, al igual que las que dicte la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). A partir de la versión actualizada y completa del PVA, se elaborará un listado de comprobación de todas las medidas previstas en el programa de vigilancia ambiental para su posterior utilización en las tareas de control y para la realización de los informes de seguimiento del Plan.

Cabe señalar que el PVA es un documento “vivo”, que debe adaptarse en cada momento a las circunstancias y estado de conocimiento del proyecto y la explotación, de los cambios normativos que se vayan produciendo a lo largo de la vida del proyecto y de los resultados que se vayan obteniendo en el marco del propio PVA.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Este PVA respeta la estructura del incluido en el EsIA, de forma que para cada una de las actividades de vigilancia y seguimiento se han utilizado fichas que incluyen los siguientes aspectos:

- Objetivo
- Actuaciones de control:
  - Lugar de inspección
  - Periodicidad
  - Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico
  - Parámetros sometidos a control
  - Umbrales críticos para dichos parámetros
  - Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos
  - Documentación generada durante el control
  - Documentación de referencia

El PVA se completa con el presupuesto, anexos y planos. En particular, se incluyen como anexos, por su especificidad técnica y relación con el PVA (ya que definen sus propias actividades de vigilancia y seguimiento en su ámbito específico), los documentos:

- APX 01 Plan de monitorización de la subsidencia (que forma parte del Proyecto de Explotación)
- APX 05 Control y seguimiento de Instalaciones de Residuos Mineros (que forma parte del Plan de Gestión de Residuos Mineros del Plan de Restauración)

El desarrollo del PVA estará soportado por un sistema documental capaz de reflejar en cada momento la situación de la actividad respecto de la legislación ambiental aplicable y que contenga los registros de mediciones e incidencias con sentido histórico que permitan una trazabilidad factible de toda la actividad desarrollada en el PVA.

1.1.1 EQUIPO REDACTOR

- Leticia Ortiz Bedia. Licenciada en Ciencias Biológicas. Colegiado 19616 ARN. Natural Resources Research and Development S.L.
- Alfonso Martínez Andrés. Doctor Ingeniero de Minas NE 062 A. Natural Resources Research and Development S.L.
- Laura Bass Agui. Licenciada en Ciencias Biológicas Especialidad Ambiental. Geoalcali, S.L.U.

1.2 ASPECTOS GENERALES DEL PROGRAMA

1.2.1 OBJETO Y ALCANCE

Los principales objetivos del Programa de Vigilancia Ambiental del Proyecto Mina Muga son:

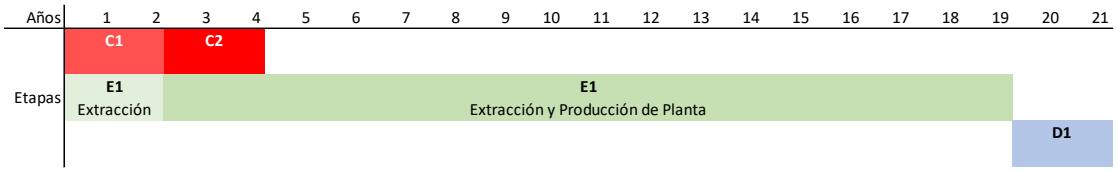
Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Controlar el grado de cumplimiento de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias establecidas en el Proyecto, en el EsIA y en la DIA.
- Realizar un seguimiento tanto de los factores de impacto del proyecto en sus distintas fases como del medio receptor, con el fin de medir los impactos reales y compararlos con los previstos.
- Evaluar la eficacia de dichas medidas y vigilar que no se superan límites o condicionantes establecidos.
- Revisar, ampliar y modificar las medidas planteadas cuando los datos que se vayan obteniendo constaten que su eficacia no es la esperada. En estos casos, se iniciarán procedimientos para determinar las causas por las cuales el resultado no es el esperado y se propondrán soluciones alternativas.
- Detectar impactos no previstos y proponer medidas para reducirlos, compensarlos o incluso eliminarlos.

1.2.2 FASES Y DURACIÓN

La duración y estructura de las fases del Proyecto Mina Muga, con una vida útil de las instalaciones previstas (incluida la construcción) de 19 años, de detallan en la Figura 1



Fase de Construcción (2+2 años)
Etapa C1: Construcción de instalaciones industriales, instalaciones de residuos mineros, rampas e instalaciones auxiliares (2 años)
Etapa C2: Construcción de fase II de planta, planta de sal e instalaciones auxiliares (2 años)

Fase de Explotación (19 años)
Etapa E1: Sólo Extracción (2 años coincidentes con C1) + posterior extracción y producción de potasa y sal sódica (17 años)

Fase de Desmantelamiento (20 meses)
Etapa D1: Clausura de mina de interior y desmantelamiento de instalaciones de beneficio de potasa, de venta de sal, instalaciones de residuos y auxiliares, restitución del terreno y revegetación (20 meses)

Figura 1 Fases del Proyecto

El PVA, en consonancia con etapas del proyecto, se desarrolla en dos fases:

- Primera Fase. Se corresponde con la Fase de Construcción, y se extiende desde la fecha del Acta de Replanteo hasta la de Recepción. La duración comprende por tanto todo el periodo de obras.
- Segunda Fase. Se corresponde con la Fase de Explotación, y se extiende desde la fecha del Acta de recepción hasta la finalización de todas las operaciones de producción.

En la realidad existe un solapamiento de dos años, en el que el PVA contemplará actividades de construcción (etapa C2) y de explotación (etapa E1). Durante esta Fase coexistirán los controles aplicables a construcción y explotación, en la medida en que se realicen las actividades a controlar.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

La Fase de desmantelamiento no se contempla en el PVA, ya que es objeto del Plan de Restauración. Este describe con detalle todas y cada una de las actuaciones necesarias para el desmantelamiento de las instalaciones y la restauración de las superficies afectadas por el Proyecto, incluyendo las medidas preventivas y correctoras descritas en el EsIA refundido y en la DIA.

1.2.3 EQUIPO DE TRABAJO

En la figura 2 se muestra el equipo de trabajo que participará en el desarrollo del PVA.

Dirección de obra/explotación

El Director de Obra y el Director de Explotación de Mina Muga serán los máximos responsables del cumplimiento del Programa de Vigilancia Ambiental, tomando las medidas que se consideren en cada momento adecuadas para asegurar su correcto cumplimiento.

Dirección del programa de vigilancia ambiental

La Dirección del Programa de Vigilancia y Seguimiento Ambiental recae sobre el Director Facultativo, de forma que estará en todo momento informado de la evolución de las obras y de los procesos productivos así como de sus repercusiones ambientales y del cumplimiento de las prescripciones del EsIA Refundido y de la DIA.

Responsable del Programa de Vigilancia y Seguimiento Ambiental

Titulado Superior de alguna especialidad ambiental, con experiencia en este tipo de trabajos. Será el encargado de coordinar el equipo de trabajo, elaborar y remitir los informes del PVA a la Dirección y a las administraciones competentes y comunicar cualquier desviación de los objetivos o incidente de importancia al Director de Obra/Explotación.

Equipo de trabajo del programa de vigilancia ambiental

El equipo encargado de llevar a cabo el Programa de Vigilancia y Seguimiento Ambiental, bajo la coordinación del Responsable del PVA, estará compuesto por:

Equipo interno de Geoalcali:

- Vigilante ambiental: Titulado Medio o Superior con alguna especialidad ambiental, con experiencia en este tipo de trabajos. Será el encargado de vigilar el grado de cumplimiento del PVA en campo, cumplimentar las fichas para la vigilancia y seguimiento ambiental sobre el terreno e informar de cualquier anomalía o incidente que detecte durante las labores de vigilancia al Responsable del Programa.
- Especialista en aguas e hidrogeología, encargado del seguimiento de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.
- Especialista en geología y riesgos naturales, encargado del seguimiento de los fenómenos de subsidencia, sismicidad, etc.
- Jefe de Topografía de la explotación, encargado del seguimiento y medición del depósito temporal de residuos salinos, y de aquellas otras actividades que requieran técnicas de topografía.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

El equipo de trabajo se apoyará para determinadas tareas en el personal de mantenimiento de la planta de beneficio, así como en el personal destinado a las labores de coordinación de actividades empresariales.

Servicios externos especializados:

Se requerirá la participación de técnicos o entidades especializadas para las actividades de que requieren un mayor grado de especialización o habilitaciones normativas. En particular, se prevé la contratación externa de los siguientes:

- Arqueólogo/paleontólogo, encargado de realizar el control y seguimiento de las posibles afecciones al Patrimonio Arqueológico y Cultural durante la Fase de Construcción.
- Laboratorio acreditado para la realización de ensayos analíticos sobre aguas superficiales, subterráneas y residuales, así como la realización de los informes por organismo acreditado que solicite la Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Laboratorio de ensayo acreditado en materia de calidad del aire.
- Laboratorio de ensayo acreditado en materia de emisiones a la atmósfera procedentes de focos fijos.
- Laboratorio de ensayos acústicos acreditado.
- Equipo experto en fauna: seguimiento periódico de las comunidades faunísticas presentes en la zona y potencialmente afectadas por el proyecto.
- SEO/BirdLife: seguimiento del Plan de Acuerdo de custodia del Territorio y de la evaluación de la efectividad de las medidas planteadas para la avifauna.
- Equipo especialista en subsidencia y sismicidad.
- Otros.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

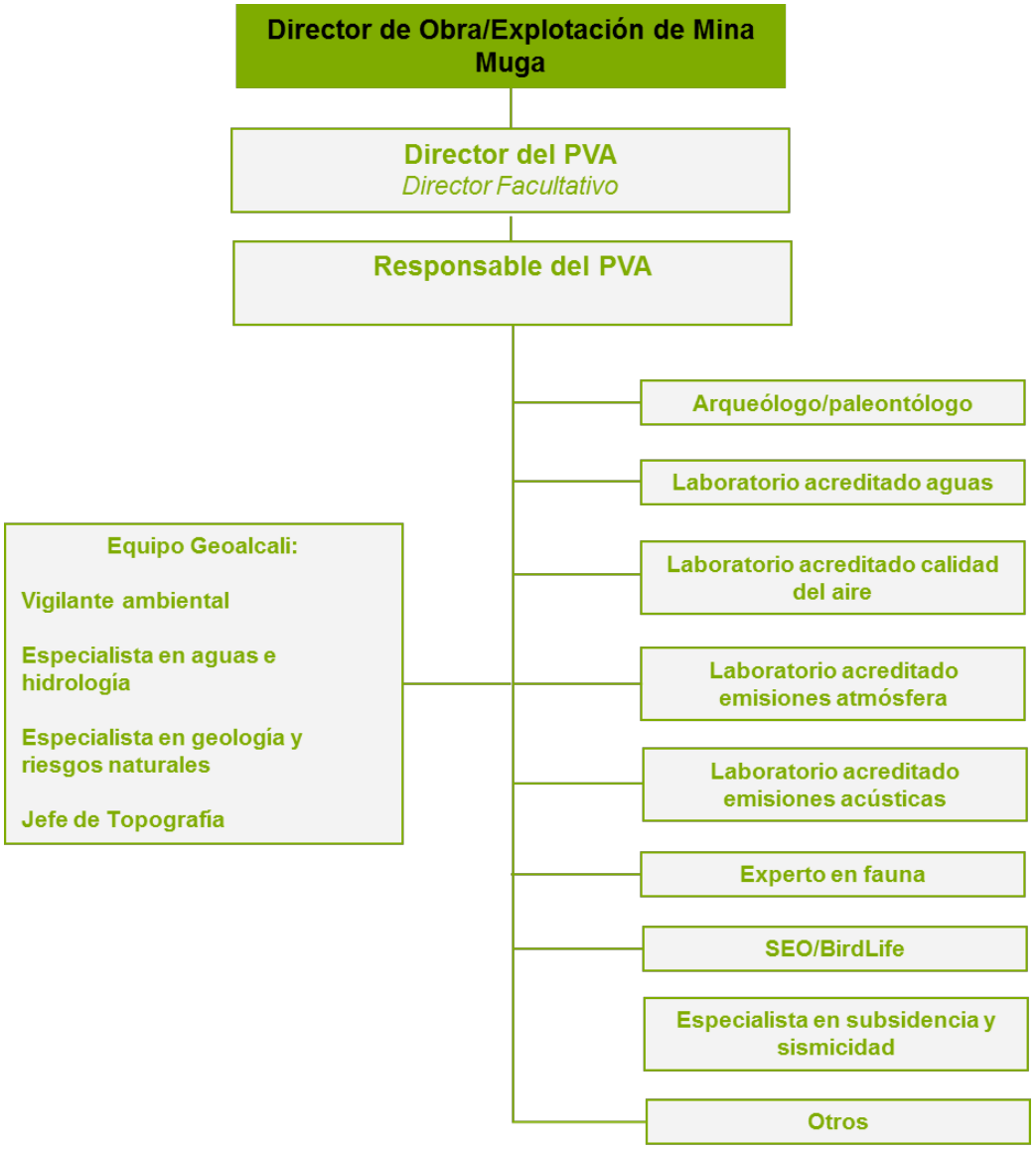


Figura 2 Equipo de trabajo

1.2.4 TRAMITACIÓN DE INFORMES

La implantación del PVA generará los siguientes tipos de informes, que se incluyen en la Figura 3.

Informe inicial

Se incluirá la revisión y actualización del PVA con las consideraciones que hayan emitido los distintos organismos competentes. Además, se describirá cómo se han incluido en proyecto las medidas preventivas y correctoras incluidas en la DIA y se elaborarán las fichas de control para la vigilancia ambiental durante las inspecciones visuales y trabajos de campo a realizar por el equipo de trabajo del PVA.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Informe paralelo al acta de comprobación del replanteo

En este informe debe incluirse aquella documentación que la DIA exige de forma previa al inicio de las obras y que no se encuentra incluida en el proyecto de construcción. Así mismo, incluirá cualquier aspecto e incidencias ambientales que se estime oportuna, así como aquellos estudios, muestreos o análisis que se precisen y que deban ser previos al inicio de las obras. En caso necesario, también incluirá la ubicación del parque de maquinaria y de la zona de instalaciones, préstamos y vertederos o zonas de acopios temporales.

Informes ordinarios

Se realizarán para reflejar el desarrollo de las labores de seguimiento ambiental. La periodicidad será trimestral durante la fase de explotación.

Informes extraordinarios

Se emitirán cuando exista alguna afección no prevista o cualquier aspecto que precise una actuación inmediata, y que, por su importancia, merezca la emisión de un informe específico.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020



Figura 3 Informes del PVA

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Informes específicos

Serán los exigidos de forma expresa por alguna administración competente y suelen referirse a alguna variable concreta. En el marco del PVA, la DIA ya ha establecido una serie de informes específicos que se detallan a lo largo del PVA y podrán ser ampliados.

Informe final del PVA

Contendrá el resumen y conclusiones de todas las actuaciones de vigilancia y seguimiento desarrolladas y de los informes emitidos tanto en fase de construcción como de explotación.

De acuerdo con lo establecido por en el apartado E de la DIA, todos los informes emitidos deberán ser firmados por el Responsable del Programa de Vigilancia Ambiental, quien los entregará al Director del Programa para su aprobación y firma. Posteriormente serán remitidos a las autoridades sustantivas y ambientales de Navarra y Aragón, como mínimo con periodicidad trimestral. En los informes se hará mención expresa a las condiciones establecidas en los apartados D y E de la DIA, informando sobre su grado de cumplimiento.

1.2.5 DESARROLLO DE TRABAJOS

Durante la Fase de Construcción, desde la fecha del Acta de Replanteo hasta la de la firma del Acta de Recepción, el calendario de trabajo y los puntos de inspección vendrán determinados por el programa de trabajo de la obra, adecuándose y reestructurándose con el desarrollo de la misma.

El Equipo de Trabajo del PVA deberá trabajar en coordinación con el personal técnico ejecutante de las obras, y estar informado de las actuaciones de la obra que se vayan a realizar, asegurándose de esta forma su presencia en la fecha exacta de ejecución de las unidades de obra que puedan tener repercusiones ambientales.

Asimismo, se le debe notificar con antelación la situación de los tajos o lugares donde se actuará y el periodo previsto de permanencia, de forma que sea posible establecer los puntos de inspección oportunos, de acuerdo con los indicadores a controlar establecidos en el presente PVA.

La vigilancia ambiental de las obras se llevará a cabo mediante la realización de visitas con el fin de comprobar el seguimiento del Programa de Vigilancia y Seguimiento Ambiental previsto. El responsable del PVA realizará como mínimo una visita a la obra cada semana. Durante esta visita se recopilará toda la información necesaria para la elaboración de informes. Cada 15 días el Responsable del PVA junto al responsable ambiental del contratista, realizarán una visita a todos los tajos abiertos, comprobando el cumplimiento del PVA, mediante fichas de seguimiento ambiental. En caso de encontrar algún incumplimiento de las pautas fijadas, se analizarán las causas y, en caso necesario, se procederá a la apertura de una no conformidad.

Una vez firmada el Acta de Recepción de las obras, se dará comienzo a la segunda fase cuyo calendario vendrá marcado por las inspecciones programadas en Fase de Explotación.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.3 FASE DE CONSTRUCCIÓN

1.3.1 OBJETIVO DEL PVA EN FASE DE CONSTRUCCIÓN

Durante la primera fase, que coincide con la de construcción, el programa de vigilancia y seguimiento ambiental tiene un doble objetivo:

- Por un lado, establecer un sistema de vigilancia que garantice la ejecución correcta de todas las medidas preventivas y correctoras contenidas en el Estudio de Impacto Ambiental Refundido y en la Declaración de Impacto Ambiental. Para ello, se deben establecer una serie de parámetros a controlar, cuáles son los umbrales admisibles y qué debe hacerse en caso de sobrepasarlos.
- Por otro, comprobar que los efectos generados por las obras de construcción son los contemplados en el Estudio de Impacto Ambiental Refundido, en la Declaración de Impacto Ambiental, y en la previsión realizada en los Proyectos de construcción que forman parte del Proyecto Mina Muga, y que su magnitud se atiene a las previsiones de dichos documentos, mediante un seguimiento de las variables ambientales afectadas. De esta forma, se podrán cuantificar de forma precisa las alteraciones derivadas de las obras, pudiendo estimar la eficacia de las medidas protectoras y correctoras propuestas, así como poner de manifiesto impactos no detectados o incrementos en la magnitud de los previstos.

Para la realización del seguimiento de los impactos generados por las obras se llevarán a cabo, por parte del equipo de vigilancia y seguimiento ambiental, estudios, muestreos y análisis sobre los distintos factores del medio, con el fin de obtener una serie de indicadores que permitan cuantificar las alteraciones detectadas. Asimismo, estos indicadores permitirán detectar posibles impactos no contemplados y determinar su cuantía.

1.3.2 ACTUACIONES DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO

En este apartado se presentan las actuaciones de vigilancia y seguimiento sobre los distintos recursos del medio, que serán la base para la elaboración de las fichas para la vigilancia y seguimiento ambiental sobre el terreno.

El desarrollo de estas actuaciones muestra una serie de parámetros y medidas ambientales a controlar, para los cuales se fijan unos umbrales de afección máximos para vigilar su cumplimiento. En el caso de que fueran sobrepasados, se deberán llevar a cabo medidas complementarias a las establecidas o bien incrementar el nivel de desarrollo de éstas.

El control sobre los parámetros ambientales y su cuantificación permite conocer la eficacia de las medidas correctoras propuestas, conocer el impacto residual en el medio y detectar e identificar nuevos impactos ambientales no previstos en el EsIA, la DIA o el proyecto de construcción.

En este apartado, las actuaciones de control se estructuran en forma de fichas que incluyen los siguientes aspectos:

- Objetivo
- Actuaciones de control:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Tipo de control
- Lugar de inspección
- Periodicidad
- Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico
- Parámetros sometidos a control
- Umbrales críticos para dichos parámetros
- Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos
- Documentación de referencia o generada durante el control

Las actuaciones descritas para cada recurso del medio son la base para llevar a cabo la vigilancia y seguimiento ambiental de la obra. Su implementación en obra se llevará a cabo cumplimentando unas fichas para la vigilancia y seguimiento ambiental sobre el terreno que, constituirán el pilar fundamental del PVA definitivo y que concretarán la siguiente información:

- Ítems a inspeccionar
- Localización de los puntos inspeccionados
- Resultados de las inspecciones

A continuación, se detalla en formato de fichas el contenido de las distintas actuaciones derivadas del control para cada uno de los recursos del medio, clasificadas conforme desglose y numeración de los distintos aspectos ambientales establecida en la Declaración de Impacto Ambiental.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.3.2.1 GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO

En fase de construcción se realizará la implantación de diversas instalaciones que producirán afecciones al suelo y a su geomorfología debido a la circulación debido a la circulación de maquinaria, movimientos de tierras y excavación de las distintas instalaciones de la explotación.

Durante la ejecución de las obras pueden producirse efectos sobre el suelo no directamente ocupados por las obras.

- Se producirá la pérdida y ocupación de suelos.
- Riesgo de contaminación accidental por manejo de sustancias contaminantes y operaciones de maquinaria.
- Pueden aparecer efectos erosivos en superficies desbrozadas y compactación por el trasiego de maquinaria.

Las principales medidas preventivas y correctoras adoptadas para minimizar o anular los impactos identificados consisten en:

- Se reutilizarán para terraplenar los excedentes de excavación, siempre que sea posible.
- Los taludes o desmontes serán cubiertos con tierra vegetal de 30 cm de espesor, que se someterá a hidrosiembra para reducir procesos erosivos.
- La retirada y acopio de tierra vegetal se realizará en los lugares previstos y con espesores adecuados (máximo 1,5 m) para evitar la compactación y facilitar la aireación. En ningún caso debe afectar a la red de drenaje natural.
- Los acopios se protegerán de los efectos de la erosión, del polvo y la lluvia mediante siembra de mezcla de herbáceas y leguminosas que cubra la superficie expuesta de los cordones.
- Se dispondrá de áreas impermeabilizadas y protegidas para realizar operaciones de mantenimiento de maquinaria tales como lavado, cambio de aceite, etc.,
- Los aceites, combustibles, restos de hormigonado, escombros, etc. no se verterán directamente al terreno o a cursos de agua. Los productos residuales se gestionarán de acuerdo a la normativa vigente y en áreas impermeabilizadas y protegidas
- En caso de producirse algún vertido o derrame accidental de sustancias contaminantes, se recogerá en el menor tiempo posible, utilizando absorbentes específicos. Se contará con los elementos de retención y contención suficientes para hacer frente a un incidente de este tipo.
- Se contará con un plan de auscultación. Para ello, se establecerá una red de hitos topográficos en superficie, mediante la que se controlarán posibles movimientos del terreno (en las tres dimensiones XYZ).
- Se definirán umbrales de riesgo en el proyecto constructivo.
- Se pondrá en marcha el Plan de Monitorización de la Subsidencia, que define el control en superficie complementado con el control en entornos sensibles, así como el control de la convergencia en profundidad en el entorno minero.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Previamente a las obras se llevará a cabo un inventariado de edificios e infraestructuras situados en zonas sensibles, especificando sus características geotécnicas y un diagnóstico preliminar sobre su estado y sensibilidad. Se establecerá el correspondiente seguro de caución en base a dicho inventario.
- Se realizarán inspecciones visuales y mediante dispositivos específicos para zonas restringidas o edificios singulares para la detección de movimientos, desplazamientos o asentamientos del terreno, fisuras, desplomes o cualquier otra anomalía en las estructuras y edificaciones. La frecuencia de las medidas se irá ajustando conforme avance la explotación y se incremente el registro. Los datos recogidos serán tratados mediante un software específico.

La actividad se encuentra incluida dentro del anexo I del RD 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, dado que su CNAE 93-Rev 1 es 26.8, por lo que, en el plazo de dos años desde la obtención de la licencia municipal de apertura, el titular deberá presentar un informe preliminar de situación de cada uno de los suelos en los que se desarrolla la actividad ante el Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local del Gobierno de Navarra.

En el Anexo 01.Plan de Monitorización de la Subsidencia, se recogen de forma detallada las medidas previstas para la vigilancia de posibles asentamientos o movimientos del terreno causados por la actividad mineral. Su puesta en marcha se prevé un año antes del inicio de la explotación para establecer la situación preoperacional.

Cada una de las acciones previstas se desarrolla en su correspondiente ficha, que se incluye a continuación.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO **CONTROL DE LA ALTERACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUELOS**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Asegurar el mantenimiento de las características edafológicas de los terrenos no ocupados directamente por las obras.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se comprobará y verificará la ejecución de labores al suelo en los lugares y con las profundidades previstas en Proyecto. Comprobación visual de la calidad química del suelo. Detección de vertidos de sustancias contaminantes. Verificación de disponibilidad de medios para realizar una remediación interna en caso de vertido.	
Lugar de Inspección	El control se realizará en el entorno de la huella afectada por el Proyecto así como en los acopios de tierra y zonas de tránsito.
Periodicidad	De forma paralela a la implantación de zonas auxiliares, verificándose quincenalmente.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipo de vigilancia. La inspección será visual. Se precisará de cinta métrica. Cámara fotográfica
Parámetros sometidos a control	Se controlará la compactación del suelo, así como la presencia de roderas y su tamaño, la existencia de contaminación y las excavaciones. Presencia de restos de productos contaminantes derramados en el suelo.
Umbrales críticos para esos parámetros	Será umbral inadmisible la presencia de excesivas compactaciones por causas imputables a la obra y la realización de cualquier actividad en zonas excluidas, al igual que el derrame de productos de sustancias contaminantes.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En caso de sobrepasarse los umbrales admisibles se informará a la Dirección de las obras, procediéndose a tomar las medidas correctoras oportunas, aunque estas no estuviesen contempladas en el Proyecto.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA- Apartado D1 y Apartado E.1

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO SEGUIMIENTO DE LA ESTABILIDAD DE LADERAS Y TALUDES	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Garantizar la adecuación y acabado de taludes, a fin de minimizar afecciones orográficas con efectos negativos también sobre el paisaje, o posibles riesgos geológicos.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se verificará la ejecución de actuaciones tendentes a mejorar la morfología de los taludes (redondeo de aristas, cambio de pendiente en las cabeceras de los desmontes que así lo requieran, etc.) mediante inspecciones visuales. Asimismo, se verificará que las pendientes de los taludes son las indicadas en el Proyecto. Se comprobará la compactación de las superficies de los taludes, para que se pueda llevar a cabo una correcta cubierta vegetal.	
Lugar de Inspección	Las inspecciones se realizarán en toso los desmontes y terraplenes de obra, excepto depósito de residuos y balsas, que tienen su propio sistema de seguimiento (APX 05).
Periodicidad	La inspección se realizará en cada punto al término del movimiento de tierras.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipo de vigilancia. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Pendiente de taludes, acabado de los mismos y nivel de compactación de sus superficies. Observar indicios de inestabilidad (grietas, abombamiento…)
Umbrales críticos para esos parámetros	Se considerará como umbral inadmisible la presencia de cualquier arista o pendiente excesiva en desmontes, existencia de acanaladuras verticales provocadas por los dientes de palas excavadoras o cualquier indicio de deslizamiento.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si se sobrepasase los umbrales admisibles, se informará a la Dirección de obra, para que se lleven a cabo las labores oportunas.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA- Apartado D.1 y Apartado E.1

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO SEGUIMIENTO DE LOS NIVELES EROSIVOS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Determinar la existencia de fenómenos erosivos en taludes ejecutados antes de la finalización de la Fase de Construcción, y proponer las medidas de corrección en su caso.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Inspecciones visuales de todas las áreas afectadas por las obras, detectando la existencia de fenómenos erosivos y su intensidad según la escala de Debelle 1971. Control de los materiales empleados y actuaciones ejecutadas para la defensa contra la erosión en los lugares y con las especificaciones que exija el Proyecto.	
Lugar de Inspección	Las inspecciones se realizarán en todos los taludes de desmonte y terraplén, áreas de dominio público, isletas, vertederos y todas aquellas superficies afectadas por las obras, así como los nuevos taludes de terraplén o desmonte ejecutados previamente a la finalización de las obras.
Periodicidad	La inspección se realizará trimestralmente o mensualmente en época de lluvias.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual. Cinta métrica
Parámetros sometidos a control	Presencia de regueros o cualquier tipo de erosión hídrica.
Umbrales críticos para esos parámetros	El umbral máximo será el establecido en la clase 3 según la escala Debelle (1971). Se controlarán las características técnicas, materiales y dimensiones de las medidas ejecutadas, haciendo constar si se consideran suficientes.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En caso de sobrepasarse el umbral máximo admisible, se propondrán las medidas correctoras que sean necesarias (instalación de mallas o mantas orgánicas, ejecución de bermas, etc.), que se desarrollarán a nivel de Proyecto Constructivo.
Documentación generada durante el control	Los resultados de las inspecciones y las eventuales propuestas de corrección se recogerán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA- Apartado D.1.2 y Apartado E.1

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Cuantificar las variaciones de XYZ en los puntos de control distribuidos por la superficie de la huella consecuencia de la ejecución de las obras, en entornos sensibles y en la zona de la convergencia en profundidad en el entorno minero.
ACTUACIONES DE CONTROL	
El control de la subsidencia en fase de obras, abarca un año antes al inicio de la explotación. Se realizará de acuerdo con el Plan de auscultación y monitorización. Lectura de los equipos de la red de control topográfica en superficie (incluidos puntos de fuera de la zona de influencia que sirvan de referencia) para determinar las posibles variaciones en XYZ.	
Lugar de Inspección	Hitos topográficos definidos en los Planes de auscultación
Periodicidad	Las campañas de control de la subsidencia mediante control geométrico se realizaran según lo definido en el Plan de auscultación y monitorización de la subsidencia- Se tomarán lecturas de las coordenadas UTM cada 3 meses
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Para el control geométrico se instalarán hitos topográficos El seguimiento y medición por ambas técnicas será realizado por el jefe de Topografía de la explotación o la empresa topográfica contratada
Parámetros sometidos a control	La variación de las coordenadas XYZ de cada punto de control.
Umbrales críticos para esos parámetros	Los umbrales críticos para esos parámetros serán prescritos por la autoridad minera competente así como por la CHE.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En el caso de alcanzarse los umbrales críticos se procederá según el protocolo establecido por la autoridad minera competente, así como por la CHE.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	Plan de Monitorización de Subsidencia (Anexo APX01) Planos de subsidencia (Plano 01) DIA- Apartado D1 y Apartado E.1

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.3.2.2 AGUA

Las principales afecciones al sistema hídrico producidas durante la Fase de Construcción pueden ser:

- Alteraciones morfológicas de la red de drenaje superficial (desvíos de cauces, cruces y vados, cambios de sección y/o pendiente, aterramiento o erosión inducida).
- Afecciones a la calidad de aguas superficiales por arrastre de sólidos generados por los movimientos de tierras.
- Afecciones a la calidad de las aguas superficiales y subterráneas debidas a vertidos de aguas residuales generadas en obra.
- Afecciones a la calidad de las aguas superficiales y subterráneas debidas a derrames, vertidos o fugas de productos contaminantes o peligrosos (mantenimiento de maquinaria y otras actividades).
- Afección a los niveles freáticos y caudales de aguas subterráneas por drenajes en áreas específicas (construcción de rampas de mina).
- Detracción de caudales (canal de Bardenas) para almacenamiento, destinado a la posterior fase de explotación.

Se han previsto medidas correctoras y preventivas para estas afecciones, tanto en fase de construcción como de explotación, que consisten principalmente en:

- Revisión de cálculo hidráulico de los desvíos, para la obtención de la correspondiente autorización de obras en DPH.
- Establecimiento de protocolo de mantenimiento de los cauces desviados, para asegurar desagüe de los caudales previstos.
- Establecimiento de condiciones de diseño y acabado de los nuevos cauces de desvío (naturalización, forma de conexiones con el resto de cauces).
- Medidas de protección de cauces.
- Establecimiento de medidas preventivas para evitar el arrastre de sólidos (barreras de retención, jalonamiento, franjas de seguridad, etc.).
- Establecimiento de sistemas de depuración de las aguas residuales generadas (urbanas, drenajes para construcción de rampas, pluviales).
- Revisión de los cálculos de volúmenes de evaporación.
- Monitorización cuantitativa y cualitativa del cauce del arroyo de Valdeborro, receptor de los vertidos.
- Establecimiento/ampliación de una red de piezómetros para evaluar el estado cuantitativo y cualitativo de las masas de agua subterránea potencialmente afectadas.
- Establecimiento de balsas de almacenamiento de aguas dulces para retención/reutilización de caudales extraídos

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Además, pueden definirse medidas correctoras adicionales en permisos, concesiones y autorizaciones para aprovechamientos privativos de agua, vertidos o actuaciones en Dominio Público Hidráulico (DPH) y zonas de policía, así como aquellas que puedan suponer afecciones a infraestructuras privadas o gestionadas por el organismo de cuenca (canal de Bardenas, Embalse de Yesa, acequias o canales de riego).

En este ámbito, el PVA tiene como objeto evaluar la eficacia de las medidas correctoras planteadas, y detectar, en su caso, cualquier incidencia no prevista que suponga un impacto adicional a los considerados admisibles. Para ello, y específicamente en la fase de construcción, se plantean las siguientes actividades:

1. **Seguimiento de las obras de drenaje y canalización**: Se pretende, en una primera instancia, comprobar la buena ejecución de las obras y su adecuación a los requisitos ambiéntales establecidos, y, en una segunda instancia, comprobar la funcionalidad a medio-largo plazo y detectar posibles incidencias que requieran medidas correctoras.
2. **Seguimiento de los dispositivos de retención/tratamiento de efluentes**. Como en el caso anterior, se pretende comprobar, tras su ejecución, su adecuación a los requisitos y especificaciones establecidos, y, tras su puesta en servicio, comprobar su funcionalidad y detectar posibles incidencias que requieran medidas correctoras.
3. **Vigilancia y protección de aguas superficiales y subterráneas**. Se pretende detectar y corregir posibles actuaciones que pudieran afectar al medio hídrico, tanto a las aguas superficiales y los propios cauces por actuaciones en obra, o por escorrentías superficiales, como a las aguas subterráneas, por contaminación del suelo o infiltración de sustancias peligrosas.
4. **Seguimiento de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas**. Para ello, se establece de una red de puntos de control, en los que se determinarán los principales parámetros relacionados con la afección causada por actividad minera, y otros auxiliares que se considerarse de interés. Parte de esta red está ya establecida (principalmente en el entorno de la futura zona de minería, faltando por desarrollar la mayor parte en la zona industrial y aguas abajo), y se dispone de datos preoperacionales.

La red de control de calidad del medio hídrico (incluyendo aguas superficiales y subterráneas) se describe y justifica en el anexo ***APX 02. Red de control del medio hídrico*** de este PVA. Su diseño se basa en los requisitos de la DIA y en los datos preoperacionales disponibles (desde abril de 2015 se vienen realizando mediciones en una serie de puntos que constituyen la que se ha denominado Red Preoperacional), contemplando, entre otros criterios hidrológicos e hidrogeológicos, el establecimiento de la red de control de aguas subterráneas en los 4 niveles concéntricos propuestos.

El anexo ***APX03. Tabla Puntos Red control de aguas*** incluye el listado de puntos de control (este listado tiene carácter provisional, en particular al número y posición de piezómetros de control), junto con las mediciones previstas y sus frecuencias. Estos puntos se reflejan también en el ***Plano 02: Red de Control del Medio Hídrico***

Las acciones en fase preoperacional tendrán continuidad en la fase de operación, y, además de la vigilancia del impacto generado por las propias obras de construcción, servirán de base (junto con los datos generados desde 2015 por la Red Preoperacional) para establecer la situación previa a la explotación de la mina, cuando algunos de esos impactos pueden ser más significativos (en

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

particular, los relativos a la alteración química de las aguas superficiales y subterráneas por salinización).

La definición precisa de las medidas de vigilancia y seguimiento está pendiente de la obtención de algunos permisos específicos, y en particular, de los siguientes:

- Autorización de vertido a cauce público, en la que se fijarán, entre otros aspectos, los parámetros a determinar y los valores límite de calidad y las frecuencias de medición (a falta de su definición y como se indica en la DIA, se asumen mediciones trimestrales).
- Concesiones de captación de agua procedente del DPH (superficiales y subterráneas o reutilizadas), con su condicionado correspondiente.
- Concesión de captación de agua del canal de las Bardenas, en caso de que incluyera algún tipo de condicionado (p.e. medición de caudales detraídos).
- Autorizaciones particulares de obras en DPH, con sus correspondientes condicionados.

Los resultados de las medidas de vigilancia y seguimiento se incluirán en los informes periódicos, que se remitirán a las administraciones sustantivas y órganos ambientales de Navarra y Aragón. Podrán ser requeridos otros informes sobre aspectos particulares por parte de otros entes administrativos.

Cada una de las acciones previstas se desarrolla en su correspondiente ficha, que se incluye a continuación.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN – AGUAS SEGUIMIENTO DE LAS OBRAS DE DRENAJE Y CANALIZACIÓN	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Comprobar que las obras cumplen con los requisitos de carácter medioambiental establecidos. Comprobar la funcionalidad de las obras realizadas y su conservación.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se revisarán los proyectos constructivos de ejecución de las distintas actuaciones de desvíos, canalizaciones y drenajes para verificar que se cumplen las especificaciones de la DIA y de la CHE aplicables a cada caso. Durante la ejecución, y a su finalización, se comprobará que las obras se han realizado conforme a las prescripciones ambientales correspondientes. Tras la puesta en servicio, se comprobará, periódicamente y tras episodios de lluvias, la funcionalidad de los sistemas construidos, y se realizará la vigilancia de posibles incidencias.	
Lugar de Inspección	Cauces y vaguadas donde se construyan las obras de drenaje incluidos en planos del Proyecto, así como cualquier elemento incluido en la red de drenaje.
Periodicidad	Revisión de proyectos: previa a su aprobación para construcción. Revisión de ejecución: al inicio, durante la ejecución y al final de ésta. Vigilancia de funcionalidad, desde la puesta en servicio: - Inspecciones visuales ordinarias: mensuales - Inspecciones extraordinaria: tras episodios de lluvias intensas o continuadas.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipo de vigilancia ambiental. En campo, la inspección será visual. Pueden requerirse elementos de medida simple (cinta, flexómetro, nivel) o apoyo topográfico.
Parámetros sometidos a control	En proyecto: - revisión de cálculos hidráulicos (para evitar velocidades elevadas) - cumplimiento de las especificaciones geométricas (orientaciones de conexión, secciones, pendientes longitudinales, pendientes de taludes, distancias de seguridad) - condiciones de acabado superficial - diseño de pasos y cruces - elementos de naturalización, establecimiento y protección de flora y fauna. En ejecución: los mismos que en proyecto; se comprobará cualquier posible modificado sobre el proyecto original. En servicio: - estado general - limpieza - afecciones por obras de paso - velocidad de flujo - erosiones - obstrucciones, embalsamientos o desbordamientos - acumulación de sedimentos - estado de vegetación de ribera - estado de elementos de paso de fauna
Umbrales críticos para esos parámetros	En el diseño y ejecución, desviaciones cuantitativas (cuando se establezcan valores específicos) o cualitativa sobre las especificaciones de la DIA (y de la CHE, si se establecen). En el seguimiento tras la puesta en servicio, valoración cualitativa de las anomalías observadas.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN – AGUAS SEGUIMIENTO DE LAS OBRAS DE DRENAJE Y CANALIZACIÓN	
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En el diseño y ejecución, cualquier desviación con respecto a las especificaciones de la DIA (y de la CHE, si se establecen), deberá ser evaluada antes de su aprobación. En el seguimiento en servicio, en función de las anomalías se valorarán medidas correctoras puntuales (reparación, limpieza) o de mayor entidad (rediseño y modificaciones).
Documentación generada durante el control	Los resultados de las inspecciones se recogerán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	Planos de drenaje del Proyecto. Protocolo de mantenimiento de obras de drenaje DIA –Apartados D2.14, D2.15, D2.16, D2.17, D2.18 y D2.19. Especificaciones de la CHE en las autorizaciones de obras en DPH.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN – AGUAS **SEGUIMIENTO DE DISPOSITIVOS DE DECANTACIÓN, TRATAMIENTO DE EFLUENTES Y PUNTOS DE VERTIDO**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Comprobar que los sistemas de tratamiento de efluentes, incluyendo balsas de decantación temporales, cumplen con los requisitos de carácter medioambiental establecidos Comprobar su funcionalidad en operación y vigilar su estado de conservación y mantenimiento de estas instalaciones.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se revisarán los proyectos de los sistemas de tratamiento de efluentes y balsas de decantación provisionales para verificar que se cumplen las especificaciones de la DIA y de la CHE (que, entre otras cosas, establecerá la capacidad máxima final de la totalidad de las balsas, las inspecciones periódicas y los límites aplicables al vertido). Durante la ejecución, y a su finalización, se comprobará que las obras se han realizado conforme a las prescripciones ambientales correspondientes y se encuentran funcionales. Se prestará especial atención a la impermeabilización de las balsas. Tras la puesta en servicio, se comprobará, periódicamente y tras episodios de lluvias, la funcionalidad de los sistemas construidos, y se realizará la vigilancia de posibles incidencias. El programa de vigilancia y control se adaptará a las prescripciones que se establezcan en las correspondientes autorizaciones de vertido por parte de la CHE, cuando se disponga de ellas.	
Lugar de Inspección	Dispositivos de decantación, instalaciones de tratamiento de efluentes y sus puntos de vertido en el arroyo de Valdeborro.
Periodicidad	Revisión de proyectos: previa a su aprobación para construcción. Revisión de ejecución: al inicio, durante la ejecución y al final de ésta. Vigilancia de funcionalidad, desde la puesta en servicio: - Inspección de sistema de drenaje en espina de pez: diaria. - Inspecciones visuales ordinarias: mensual - Inspecciones extraordinaria: tras episodios de lluvias intensas o continuadas, o en caso de acumulación de volúmenes anormal.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipo de vigilancia ambiental. En campo, la inspección será visual. Pueden requerirse elementos de medida simple (cinta, flexómetro, nivel) o apoyo topográfico para controles dimensionales. Los ensayos relativos a las capas de impermeabilización serán realizados por entidad especializada acreditada.
Parámetros sometidos a control	En proyecto: - cumplimiento de las especificaciones de superficies y capacidades requeridas para las balsas - cumplimiento de las condiciones de impermeabilización de balsas - instalaciones asociadas - diseño de entradas y salidas; localización y diseño de los puntos de desagüe. En ejecución: los mismos que en proyecto; se comprobará cualquier posible modificado sobre el proyecto original. Además, se realizarán los ensayos correspondientes sobre los materiales de impermeabilización, y sobre su puesta en obra. En servicio: - volumen acumulado - estado general - limpieza - acumulación de sedimentos o flotantes

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN – AGUAS SEGUIMIENTO DE DISPOSITIVOS DE DECANTACIÓN, TRATAMIENTO DE EFLUENTES Y PUNTOS DE VERTIDO	
	- estado de puntos de desagüe - funcionalidad de equipos auxiliares - estado de elementos de monitorización y seguridad (niveles, aliviaderos, bombeos, etc.). - Vigilancia de registros de drenaje de impermeabilización de fondo (espina de pez) - Erosiones u otros defectos en taludes, terraplenes o impermeabilización - Otros incluidos en los protocolos de Vigilancia y Control de Balsas y de la EDAR
Umbrales críticos para esos parámetros	En el diseño y ejecución, desviaciones cuantitativas (cuando se establezcan valores específicos) o cualitativa sobre las especificaciones de la DIA y, en su caso, establecidas en las autorizaciones del organismo de cuenca. En el seguimiento tras la puesta en servicio, valoración cualitativa de las anomalías observadas.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En el diseño y ejecución, cualquier desviación con respecto a las especificaciones deberá ser evaluada antes de su aprobación. En el seguimiento en servicio, en función de las anomalías se valorarán medidas de conservación (reparación, limpieza), operativas (retirada de residuos, vaciados o trasiegos de emergencia) o de mayor entidad (rediseño y modificaciones).
Documentación generada durante el control	Los resultados de las inspecciones se recogerán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	Proyecto de instalaciones de depuración. Planos y especificaciones de dispositivos de decantación y tratamiento del Proyecto. Protocolo de Vigilancia y Control de Balsas (Apéndice 6 del Anexo IX SIGA Actualizado del EsIA refundido) Protocolo de Vigilancia y Control de la EDAR (Apéndice 7 del Anexo IX SIGA Actualizado del EsIA refundido) DIA –Apartados D2.4, D2.5, D2.7, D2.8, D2.10 y D2.11. Autorizaciones de vertido por parte de la CHE.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN – AGUAS CONTROL ANALÍTICO DE EFLUENTES	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Comprobar la calidad de los efluentes y su adecuación a los requisitos para vertido a DPH.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Muestreo y análisis de efluentes de los dispositivos de tratamiento de vertidos: - balsas de decantación de aguas dulces de perforación / infiltración en la construcción de las rampas - balsas de decantación de pluviales - aguas residuales asimilables a urbanas Sólo se realizarán analíticas en los efluentes de aquellas balsas de decantación que viertan directamente al DPH cuando no exista un punto de control en la red que cubra el arroyo /cauce receptor. Está pendiente la obtención de las autorizaciones de vertido por parte de la CHE. En su condicionado se definirán los parámetros a determinar y las frecuencias de medición, así como otras posibles prescripciones. De forma provisional, se adopta la siguiente planificación, acorde con el apartado E.2 de la DIA.	
Lugar de Inspección	Puntos de desagüe de balsas y dispositivos de decantación/tratamiento de aguas residuales.
Periodicidad	Para muestreo y análisis se aplican las mismas frecuencias que las establecidas en la red de control de aguas superficiales: - Mensual: Medición *in situ* de caudal y parámetros físico-químicos: conductividad, temperatura y pH. - Trimestral: Mediciones *in* situ + Muestreo y análisis en laboratorio.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipo de vigilancia ambiental. Personal con formación en muestreo y determinaciones *in situ.* Los ensayos de laboratorio se encargarán a entidad acreditada según norma UNE EN ISO/IEC 117025.
Parámetros sometidos a control	Parámetros sometidos a control trimestral (en laboratorio) - pH - Sólidos en suspensión - DQO - $DB0_5$ - Aceites y grasas
Umbrales críticos para esos parámetros	Los que se determinen en las correspondientes autorizaciones de vertido.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En caso de que se detecten incumplimientos se valorará la interrupción del vertido, en función de la importancia de la desviación, y se estudiarán las causas del incumplimiento y las medidas correctoras correspondientes. El vertido no se reanudará hasta que las deficiencias hayan sido corregidas; mientras tanto, si es posible, se desviarán los caudales hacia otros elemento de control o, si fuera preciso, se eliminarán externamente (p.e. aguas sanitarias).
Documentación generada durante el control	Los resultados de las inspecciones se recogerán en los informes trimestrales del PVA. Los resultados de los análisis realizados se remitirán a la CHE.
Documentación de referencia	Planos y especificaciones de dispositivos de decantación y tratamiento del Proyecto. Proyecto de instalaciones de depuración. DIA –Apartados D2.5 y D2.11.Apartado E.2. Condicionado de las autorizaciones de vertido.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN – AGUAS VIGILANCIA Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Asegurar que no se generan situaciones con potencial impacto en los diferentes cauces naturales afectados por las obras o localizados próximos a éstas, y hacer un seguimiento de .sus condiciones.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se realizarán inspecciones visuales de los cauces del entorno de las obras. Se inspeccionarán las zonas de movimientos de tierras, los parques de maquinaria y las zonas de almacenamiento de productos químicos.	
Lugar de Inspección	Zonas de mantenimiento y parques de maquinaria Áreas de almacenamiento de sustancias susceptibles de contaminar las aguas (productos químicos, residuos u otros) Tramos de cauces más próximos a los anteriores Tramos de cauce situados en las proximidades de áreas de movimiento de tierras (a definir en función del avance de las obras) Tramos de cauces situados en áreas de circulación de maquinaria pesada (a definir en función del avance de las obras).
Periodicidad	Inspecciones rutinarias: frecuencia mensual Inspecciones específicas en caso de que se produzcan incidencias o situaciones de riesgo: según necesidad
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipo de vigilancia ambiental.
Parámetros sometidos a control	En cauces: - aspecto general - turbidez - coloraciones anómalas - espumas - trazas o cercos coloreados en riberas - afecciones a fauna o flora En parques y almacenamientos: - adecuado manejo de productos químicos, aceites y grasas - ausencia de manchas o derrames - otras incidencias En movimientos de tierras: - pistas y áreas de maniobra alejadas suficientemente de los cauces - medidas de control de escorrentías superficiales (barreras, cunetas, retenciones de sólidos - Otras medidas prescritas
Umbrales críticos para esos parámetros	En el seguimiento tras la puesta en servicio, valoración cualitativa de las anomalías observadas.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si la calidad de las aguas empeorase a consecuencia de las obras, se establecerán medidas de protección y restricción (limitación de movimiento de la maquinaria, tratamiento de márgenes, mayor número de balsas de decantación provisional, etc.). Además se estudiara el origen de la contaminación.
Documentación generada durante el control	Los resultados de las inspecciones se recogerán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA –Apartado D2.7. Apartado E2.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN – AGUAS VIGILANCIA Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Asegurar que no se generan situaciones con potencial impacto en las aguas subterráneas en el entorno de las obras, y hacer un seguimiento de .sus condiciones.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se revisarán los proyectos de obras para comprobar que se contemplan medidas preventivas y correctoras para evitar la contaminación de las aguas subterráneas, y que se respetan las especificaciones de la DIA. Durante la ejecución, y a su finalización, se comprobará que las instalaciones se han realizado conforme a las prescripciones ambientales correspondientes y se encuentran funcionales. Se comprobará, periódicamente y tras episodios de lluvias, el estado de las obras. Tras la puesta en servicio de las instalaciones, se comprobará periódicamente su estado y funcionalidad.	
Lugar de Inspección	En proyecto: - balsas y depósitos - Áreas de mantenimiento y parques de maquinaria - Áreas de almacenamiento de sustancias susceptibles de contaminar las aguas (carburantes, aceites y grasas, productos químicos, residuos que puedan dar lugar a derrames o lixiviados, u otros) - Áreas de obra, con especial atención a movimientos de tierras
Periodicidad	Revisión de proyectos: previa a su aprobación para construcción. Revisión de ejecución de instalaciones de obra: al inicio, durante la ejecución y al final de ésta. Vigilancia en ejecución de obras: - Inspecciones rutinarias: frecuencia mensual - Inspecciones específicas en caso de que se produzcan incidencias o situaciones de riesgo: según necesidad Control de caudales en rampas (*jet-grouting*): Diario
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipo de vigilancia ambiental. Equipamiento para medida de caudal (a definir según tipo de medición)
Parámetros sometidos a control	En proyecto: - cumplimiento de las especificaciones de impermeabilización de balsas y depósitos, y de sus redes de detección de fugas. - cumplimiento de las especificaciones de pavimentos, cubiertas y cerramientos, tipo y capacidad de cubetos, sistemas de recogida de derrames o goteos en parques de maquinaria, zonas de mantenimiento e instalaciones de mina en general, tanto provisional como definitivo. En ejecución: los mismos que en proyecto; se comprobará cualquier posible modificado sobre el proyecto original. En uso (instalaciones de obra): - estado general - limpieza y orden - adecuado manejo de productos químicos, aceites y grasas - cantidades de productos almacenados - estado de dispositivos de retención de goteos y fugas - disponibilidad de materiales de contención de emergencia (recipientes, absorbentes u otros) - ausencia de manchas o derrames - otras incidencias En uso (balsas):

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN – AGUAS VIGILANCIA Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	- registros de sistemas de drenaje de fondo En ejecución de obras: - Ausencia de operaciones de mantenimiento *in situ* con potencial liberación de sustancias contaminantes al suelo o a las aguas subterráneas (cambios de aceite, lavados, vaciado de cubas, etc.) - disponibilidad de materiales de contención de emergencia (recipientes, absorbentes u otros) - ausencia de manchas, derrames o indicios de contaminación de suelos o aguas subterráneas. En ejecución de obras: - Caudales de aguas dulces y saladas drenados (control de eficiencia de la impermeabilización por *jet grouting*).
Umbrales críticos para esos parámetros	En el diseño y ejecución de instalaciones de obra, desviaciones cuantitativas (cuando se establezcan valores específicos) o cualitativa sobre las especificaciones de la DIA o de proyecto. En el seguimiento en uso de las instalaciones de obra, valoración cualitativa de las anomalías observadas. En el uso de balsas durante la obra: ausencia de fugas. En la ejecución de las obras de construcción, valoración cualitativa de las anomalías observadas.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En el diseño y ejecución, cualquier desviación con respecto a las especificaciones deberá ser evaluada antes de su aprobación. En el seguimiento en servicio, en función de las anomalías se valorarán medidas de conservación (reparación, limpieza), operativas (retirada de residuos, vaciados o trasiegos de emergencia) u otras.
Documentación generada durante el control	Los resultados de las inspecciones se recogerán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA –Apartado D2.7. Apartado E.2.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN – AGUAS SEGUIMIENTO ANALÍTICO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Asegurar que se mantiene la calidad del agua en los diferentes cauces naturales afectados por las obras o localizados próximos a éstas.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se realizarán campañas de muestreo y análisis en los distintos puntos de control de aguas superficiales incluidos en la Red de Control.	
Lugar de Inspección	Puntos de control incluidos en la red de control de aguas, que figuran listados en el anexo *APX03. Tabla Puntos Red control de aguas*, y que se representan en el *Plano 02: Red de Control del Medio Hídrico.*
Periodicidad	Por defecto, las frecuencias de muestreo y análisis serán: - Mensual: Medición *in situ* de caudal y parámetros físico-químicos: pH, conductividad, OD, ORP y temperatura. - Trimestral: Mediciones *in* situ + Muestreo y análisis en laboratorio Estas frecuencias se adaptarán en cada punto a la evolución histórica de los resultados. El plan de control adaptado a estas circunstancias se recoge en el anexo *APX03. Tabla Puntos Red control de aguas.* En caso de detectarse anomalías en la calidad de las aguas, podrá incrementarse la frecuencia de medición en los puntos afectados (y en su entorno, si se considera adecuado).
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipo de vigilancia ambiental. Personal con formación en muestreo y determinaciones *in situ.* Equipos de medida *in situ* (multiparamétrico o similar). Equipos para medida de caudal (a definir según tipo de medición). Dispositivos de medida en continuo, en los puntos en los que esté previsto. Los ensayos de laboratorio se encargarán a entidad acreditada según norma UNE EN ISO/IEC 117025.
Parámetros sometidos a control	Parámetros *in situ*: - pH - Conductividad - Oxígeno disuelto - Potencia redox - Temperatura Parámetros a determinar en laboratorio: - Características básicas: pH, conductividad, turbidez. - Aniones: cloruros, fluoruros, nitratos, sulfatos, fosfatos. - Cationes: calcio, potasio, sodio, magnesio. - Metales pesados: aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobalto, cobre, cromo, hierro, litio, manganeso, molibdeno, níquel, plata, plomo, selenio, talio, vanadio, zinc. - Otros parámetros: alcalinidad, sólidos en suspensión, dureza total, cálcica y magnésica. Este listado de parámetros podrá modificarse en función de la evolución histórica de los resultados.
Umbrales críticos para esos parámetros	Los valores umbral se definirán a partir del estudio de los datos de la serie histórica recogidos en la red de control, con especial atención a los parámetros indicadores propios de la incidencia de la actividad (conductividad, cloruros, sodio, potasio,…). Dada la existencia de distintos ambientes hidroquímicos, estos valores serán específicos para cada punto (o grupo de puntos de características homogéneas).

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN – AGUAS SEGUIMIENTO ANALÍTICO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	
	Además de los valores absolutos, podrán definirse umbrales relativos a las variaciones o tendencias de evolución. Cuando estén definidos en la normativa en vigor, se utilizarán como valores de referencia los umbrales críticos o NCA recogidos en dicha normativa: - Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si la calidad de las aguas mostrase una tendencia negativa durante la ejecución de las obras, se realizará un estudio del origen de la alteración y de las medidas correctoras a aplicar. De forma inmediata, podrán aplicarse medidas preventivas adecuadas de protección y restricción (limitación de movimiento de la maquinaria, tratamiento de márgenes, mayor número de balsas de decantación provisional, etc.).
Documentación generada durante el control	Los resultados de las campañas analíticas se recogerán en los informes trimestrales del PVA. Los resultados de los análisis realizados se remitirán a la CHE.
Documentación de referencia	DIA –Apartado E.2.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN – AGUAS **SEGUIMIENTO ANALÍTICO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Asegurar que se mantiene la calidad de las masas de aguas subterráneas en el entorno del emplazamiento de la mina y de sus instalaciones.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se realizará el seguimiento de los niveles piezométricos, y campañas de aforo, muestreo y análisis en los distintos puntos de control de aguas subterráneas incluidos en la Red de Control. La red existente en la actualidad se completará con los puntos adicionales prescritos en la DIA. Aquellos puntos afectados por el desarrollo de las obras podrán ser anulados o sustituidos por otros, de forma justificada.	
Lugar de Inspección	Puntos de control de aguas subterráneas incluidos en la red de control de aguas, que figuran listados en el anexo *APX03. Tabla Puntos Red control de aguas*, y que se representan en el *Plano 02: Red de Control del Medio Hídrico.*
Periodicidad	Por defecto, las frecuencias de muestreo y análisis serán: - En continuo: niveles piezométricos y conductividad en puntos de medida monitorizados. - Quincenal: Nivel piezométrico en piezómetros no monitorizados. - Mensual: Aforo (manantiales). Medición *in situ* de parámetros físico-químicos. - Trimestral: Mediciones *in* situ + Muestreo y análisis en laboratorio. Estas frecuencias se adaptarán en cada punto a la evolución histórica de los resultados. El plan de control adaptado a estas circunstancias se recoge en el anexo *APX03. Tabla Puntos Red control de aguas.* En caso de detectarse anomalías en la calidad de las aguas, podrá incrementarse la frecuencia de medición en los puntos afectados (y en su entorno, si se considera adecuado).
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipo de vigilancia ambiental. Personal con formación en muestreo y determinaciones *in situ.* Equipos de medida *in situ* (multiparamétrico o similar). Equipos para medida de caudal (a definir según tipo de medición. Dispositivos de medida en continuo, en los puntos en los que esté previsto. Los ensayos de laboratorio se encargarán a entidad acreditada según norma UNE EN ISO/IEC 117025.
Parámetros sometidos a control	Parámetros *in situ*: - Nivel piezométrico - Aforo (manantiales) - pH - Conductividad (puntual en manantiales, perfiles en piezómetros) - Potencia redox - Oxígeno disuelto - Temperatura Parámetros a determinar en laboratorio: - Características básicas: pH, conductividad, turbidez.) - Aniones: carbonatos/bicarbonatos, cloruros, fluoruros, nitratos, sulfatos, fosfatos. - Cationes: calcio, potasio, sodio, magnesio. - Metales pesados: aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobalto, cobre, cromo, hierro, litio, manganeso, molibdeno, níquel, plata, plomo, selenio, talio, vanadio y zinc. - Otros parámetros: alcalinidad, sólidos en suspensión, dureza total, cálcica y magnésica. Este listado de parámetros podrá modificarse en función de la evolución histórica de los resultados.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN – AGUAS SEGUIMIENTO ANALÍTICO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	
Umbrales críticos para esos parámetros	Los valores umbral se definirán a partir del estudio de los datos de la serie histórica recogidos en la red de control, con especial atención a los parámetros indicadores propios de la incidencia de la actividad (conductividad, cloruros, sodio, potasio,…). Dada la existencia de distintos ambientes hidrogeoquímicos, estos valores serán específicos para cada punto (o grupo de puntos de características homogéneas). Además de los valores absolutos, podrán definirse umbrales relativos a las variaciones o tendencias de evolución. Cuando estén definidos en la normativa en vigor, se utilizarán como valores de referencia los umbrales críticos o NCA recogidos en dicha normativa: - Los indicados en la Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro (DOUE 372 de 27/12/2006). Anexo I y II. - Los indicados en la Directiva 200/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. - Los indicados en el Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si la calidad de las aguas mostrase una tendencia negativa durante la ejecución de las obras, se realizará un estudio del origen de la alteración y de las medidas correctoras a aplicar. De forma inmediata, podrán aplicarse medidas preventivas adecuadas de protección y restricción (limitación de movimiento de la maquinaria, tratamiento de márgenes, mayor número de balsas de decantación provisional, etc.).
Documentación generada durante el control	Los resultados de las campañas analíticas se recogerán en los informes trimestrales del PVA. Se remitirá a la CHE informe de ejecución de los piezómetros adicionales a instalar en la zona sur de las instalaciones (niveles 1, 2, 3 y 4), incluyendo testificación, observaciones hidrogeológicas y resultados de muestreo y análisis. Los resultados de los análisis periódicos realizados en la red se remitirán a la CHE.
Documentación de referencia	DIA –Apartado D2.2. Apartado E.2.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN – AGUAS SEGUIMIENTO DE LAS OBRAS DE DRENAJE Y CANALIZACIÓN	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Comprobar que las obras cumplen con los requisitos de carácter medioambiental establecidos. Comprobar la funcionalidad de las obras realizadas y su conservación.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se revisarán los proyectos constructivos de ejecución de las distintas actuaciones de desvíos, canalizaciones y drenajes para verificar que se cumplen las especificaciones de la DIA y de la CHE aplicables a cada caso. Durante la ejecución, y a su finalización, se comprobará que las obras se han realizado conforme a las prescripciones ambientales correspondientes. Tras la puesta en servicio, se comprobará, periódicamente y tras episodios de lluvias, la funcionalidad de los sistemas construidos, y se realizará la vigilancia de posibles incidencias.	
Lugar de Inspección	Cauces y vaguadas donde se construyan las obras de drenaje incluidos en planos del Proyecto, así como cualquier elemento incluido en la red de drenaje.
Periodicidad	Revisión de proyectos: previa a su aprobación para construcción. Revisión de ejecución: al inicio, durante la ejecución y al final de ésta. Vigilancia de funcionalidad, desde la puesta en servicio: - Inspecciones visuales ordinarias: mensuales - Inspecciones extraordinaria: tras episodios de lluvias intensas o continuadas.
Parámetros sometidos a control	En proyecto: - revisión de cálculos hidráulicos (para evitar velocidades elevadas) - cumplimiento de las especificaciones geométricas (orientaciones de conexión, secciones, pendientes longitudinales, pendientes de taludes, distancias de seguridad) - condiciones de acabado superficial - diseño de pasos y cruces - elementos de naturalización, establecimiento y protección de flora y fauna. En ejecución: los mismos que en proyecto; se comprobará cualquier posible modificado sobre el proyecto original. En servicio: - estado general - limpieza - afecciones por obras de paso - velocidad de flujo - erosiones - obstrucciones, embalsamientos o desbordamientos - acumulación de sedimentos - estado de vegetación de ribera - estado de elementos de paso de fauna

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.3.2.3 ATMÓSFERA Y CALIDAD DEL AIRE

Durante la fase de construcción, las principales afecciones a la calidad el aire se pueden producir por:

- Emisiones difusas de partículas debidas a la retirada de vegetación, movimientos de tierra y procesos de urbanización para la preparación del área donde se construirán las infraestructuras de explotación y servicios asociados
- Emisiones de gases de combustión procedentes de la maquinaria, vehículos de transporte y generadores de electricidad.

Las principales medidas previstas para minimizar las emisiones a la atmósfera son:

- Limitar la velocidad de los vehículos en el recinto minero a 30 km/h.
- Apagar los motores de los vehículos cuando no estén en funcionamiento.
- Riego periódico de caminos.
- Limpieza periódica de viales y ruedas de camiones
- Cubrir con lonas los camiones que transporten material susceptible de producir polvo.
- Mantenimiento preventivo de la maquinaria.
- Exigencia de homologaciones o inspecciones de máquinas: Marcado CE y certificados de ITV en vigor, según casos

El seguimiento de la afección a la atmósfera se realiza mediante controles de emisión (en las fuentes) como de inmisión. Para las mediciones en inmisión, se establece una red de puntos de medida fijos, que se representa en el ***Plano 03: Control de Polvo y partículas***. Puntos de Control de Inmisión adjunto a este documento.

Las actividades de vigilancia y seguimiento previstas se detallan en las siguientes fichas:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN - ATMÓSFERA Y CALIDAD DEL AIRE CONTROL DE EMISIONES	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Minimizar las emisiones a la atmósfera durante la fase de obras
ACTUACIONES DE CONTROL	
Inspecciones visuales en zonas de actividad. Se controlarán aspectos relacionados con buenas prácticas: - Riego de pistas, plataformas y acopios - Limpieza de viales - Limpieza de ruedas (en su caso, de carrocerías) de máquinas y camiones - Velocidades de circulación reducidas - Cubrición de carga de camiones - Mantenimiento de maquinaria - Inspecciones de documentación de vehículos y maquinaria	
Lugar de Inspección	Toda la zona de obras y su entorno.
Periodicidad	Inspecciones en obra: Mensuales. La frecuencia puede variar en función de la actividad y de la pluviosidad. En periodos secos prolongados, la periodicidad de las inspecciones en lo relativo a emisiones de partículas será semanal. Comprobación documental de máquinas y vehículos: a la entrada en la obra, y según caducidades (renovación de ITV).
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Las inspecciones se llevarán a cabo por el equipo de vigilancia ambiental.
Parámetros sometidos a control	- Humectación de plataformas y pistas. Se controlará visualmente la ejecución de riegos en la plataforma y caminos del entorno por los que se produzca tránsito de maquinaria, así como en acopios y zonas de carga o descarga. Los puntos de captación de agua estarán autorizados. - Se realizarán limpiezas periódicas de viales. Se dispondrán medios para limpieza de ruedas de los camiones y maquinaria (en su caso, de chasis, carrocerías y cajas) que trabaje en áreas embarradas antes de la salida a viales de tránsito. - Se vigilará que la circulación de vehículos y maquinaria de obra se realiza por el interior de los límites de ocupación de la zona de obra o por los accesos previstos y a una velocidad inferior a 30 km/h dentro del recinto en las zonas sin pavimentar - Para evitar la emisión excesiva de gases de escape por vehículos y maquinaria, se controlará que estos apagan los motores siempre que no sea necesario su funcionamiento. - Se controlará visualmente el empleo de lonas de cubrición en camiones cargados con materiales susceptibles de generar polvo. - Se realizará un adecuado mantenimiento de la maquinaria, incluidos los grupos generadores de energía eléctrica, mediante su adecuado mantenimiento - Se exigirá la ficha de Inspección Técnica de Vehículos de todos los vehículos que vayan a emplearse en la ejecución de las obras y en el transporte de materiales y residuos.
Umbrales críticos para esos parámetros	Valoración cualitativa de las anomalías o incidencias observadas.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN - ATMÓSFERA Y CALIDAD DEL AIRE CONTROL DE EMISIONES	
Medidas complementarias si se alcanzan umbrales críticos	En función de las anomalías, se estudiarán las medidas correctoras más adecuadas (intensificación de riegos en plataforma y accesos, limpieza de zonas afectadas, detención/sustitución de maquinaria no conforme, apercibimientos por malas prácticas, etc.).
Documentación generada durante el control	Un resumen general de los resultados de las inspecciones se recogerá en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA- Apartado C2.3 y Apartado E3

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-ATMÓSFERA Y CALIDAD DEL AIRE CONTROLES DE INMISIÓN	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Evaluar los efectos de las emisiones en la calidad del aire en la zona de obra y su entorno.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Inspecciones visuales periódicas en el entorno de las obras, para evaluar posibles afecciones a la vegetación (acumulación de polvo). Mediciones de inmisión de partículas en suspensión en puntos de control establecidos. Consulta de datos de la Red de Estaciones de Control de Calidad del Aire; en particular, la estación de Sangüesa, por su proximidad a la zona de obras.	
Lugar de Inspección	Inspección visual: entorno de las obras Mediciones de partículas en suspensión: Puntos de control a establecer por el órgano ambiental; provisionalmente se establecen los que figuran en el *Plano 03: Control de Polvo y partículas*. Puntos de Control de Inmisión. Página web del Gobierno de Navarra para la consulta de datos de la estación de Sangüesa.
Periodicidad	Inspecciones visuales Mensuales. La frecuencia puede variar en función de la actividad y de la pluviosidad. En periodos secos prolongados, la periodicidad de las inspecciones será semanal. Mediciones de partículas en suspensión: se realizarán 3 mediciones a lo largo del periodo de obra. Consulta de datos de la Red de Estaciones de Control de Calidad del Aire: Una previa al inicio de las obras y posteriormente con frecuencia semanal.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Las inspecciones visuales se llevarán a cabo por el equipo de vigilancia ambiental. Las mediciones de partículas en suspensión se realizarán por un laboratorio de ensayo acreditado según UNE-EN 17025.
Parámetros sometidos a control	Evaluación cualitativa de la afección por deposición de polvo en la vegetación. Concentración de partículas en inmisión (PM10) medidos por laboratorio de ensayo acreditado. Concentración de partículas en inmisión (PM10) recogidos en la estación de Sangüesa.
Umbrales críticos para esos parámetros	Acumulaciones de polvo: deberán valorarse como no significativas. Datos de inmisión: valores umbrales recogidos en el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.
Medidas complementarias si se alcanzan umbrales críticos	En función de los incumplimientos, se estudiarán las medidas correctoras más adecuadas (intensificación de riegos en plataforma y accesos, limpieza de zonas afectadas, detención/sustitución de maquinaria no conforme, apercibimientos por malas prácticas, etc.).
Documentación generada durante el control	Un resumen general de los resultados de las inspecciones visuales se recogerá en los informes trimestrales del PVA. Se elaborará un informe de las campañas de medida, que se adjuntará a los informes trimestrales del PVA que correspondan por fecha.
Documentación de referencia	DIA- Apartado C2.3 y Apartado E3

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.3.2.4 VEGETACIÓN Y HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO (HICS)

En la fase de construcción, los impactos sobre la vegetación y los hábitats derivarán del desbroce y tala de la superficie a ocupar por las instalaciones industriales, barreras, accesos, línea eléctrica y subestaciones, bocamina y pozos de ventilación, así como por los movimientos de tierra asociados y emisiones de polvo.

Las principales medidas preventivas y correctoras adoptadas para minimizar o anular los impactos identificados consisten en:

- El jalonamiento provisional de las comunidades vegetales más importantes (HIC de juncales y vegetación riparia del río Aragón) y de la zona de ocupación en fase de obra; limitación de los caminos de obra y mantenimiento de la distancia de seguridad en las líneas eléctricas.
- La elaboración y aplicación de un Plan de Prevención y Extinción de incendios (PPEI).
- La ubicación de los pozos de ventilación fuera de zonas MUP, HIC9340 “Bosques de *Quercus ilex* y *Quercus rotundifolia*”.
- La realización de aspersiones de agua sobre las especies arbóreas de mayor valor que puedan verse afectadas por el polvo generado en la obra.

Por su parte, el seguimiento de las medidas de mejora del hábitat incluidas en el estudio de SEO/BirdLife que se presentó como adenda tras la primera información pública para presentar los resultados del inventario de avifauna completando la anualidad, se incluyen en la fase de explotación y se detallen en el apartado 1.4.2.5.

El seguimiento de la realización de estas medidas y de su eficacia se desarrolla en las siguientes fichas.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-VEGETACIÓN Y HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO VIGILANCIA DE LA PROTECCIÓN DE VEGETACIÓN Y HICS: MANTENIMIENTO SUPERFICIE	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Garantizar que no se ocupan superficies no previstas en proyecto cubiertas por vegetación natural
ACTUACIONES DE CONTROL	
Los hábitats de mayor interés afectados por las obras son el hábitat de juncales (en la zona a ocupar por la explotación minera) y los hábitats riparios del río Aragón (ZEC ES2200030) que serán atravesados por la línea eléctrica. Estas áreas serán objeto prioritario de conservación frente a cualquier tipo de intervención. Para ello, y de forma previa al inicio de las obras, se procederá a su señalización y jalonamiento mediante piquetas metálicas colocadas cada 3 metros como máximo y unidas por cinta plástica de balizamiento o malla plástica de balizamiento. Durante la ejecución de la obra se verificará la integridad de dichas zonas y en su caso el estado del jalonamiento, que se repondrá en caso de encontrarse dañado. En caso de producirse desplazamientos de maquinaria en sus proximidades se mantendrán distancias de seguridad de al menos 5 metros para evitar la compactación de suelos y la afección a los sistemas radiculares. Antes de comenzar la construcción de los pozos de ventilación, se comprobará que su ubicación no corresponde a hábitats de interés. Los parques de maquinaria y los caminos provisionales o permanentes estarán debidamente delimitados para evitar la circulación indiscriminada de vehículos.	
Lugar de Inspección	Áreas con vegetación natural, especialmente hábitats de interés comunitario situadas en el entorno de las obras.
Periodicidad	La primera inspección se realizará al inicio de las obras. Las restantes se realizarán de forma semanal, aumentando la frecuencia si se detectasen afecciones.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Se controlará el estado de las plantas, detectando los eventuales daños sobre ramas, tronco o sistema foliar. Se verificará la inexistencia de roderas, nuevos caminos o residuos procedentes de las obras. Se analizará el correcto estado de los jalonamientos provisionales. Correcta ubicación de los pozos de ventilación.
Umbrales críticos para esos parámetros	No se admitirán daños sobre comunidades singulares
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si se detectasen daños a comunidades vegetales se elaborará un protocolo de restauración. Caso de haberse jalonado la zona, si se detectasen daños en dicho jalonamiento se procederá a su reparación.
Documentación generada durante el control	Cualquier incidencia se reflejará en el correspondiente informe ordinario.
Documentación de referencia	DIA-Apartado D4.1 y Apartado E4

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-VEGETACIÓN Y HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO VIGILANCIA DE LA PROTECCIÓN DE VEGETACIÓN Y HICS: ESPECIES ARBÓREAS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Garantizar el buen estado de conservación de las especies arbóreas de mayor valor
ACTUACIONES DE CONTROL	
De forma previa al inicio de las obras se identificarán los ejemplares arbóreos que van a ser objeto de riego por aspersión a lo largo de la duración de las obras de construcción. Durante la ejecución de la obra se verificará la realización de dicha actuación por el contratista de la obra y se comprobará el estado del arbolado.	
Lugar de Inspección	Áreas con especies/ejemplares arbóreos de valor
Periodicidad	La primera inspección se realizará al inicio de las obras. Las restantes se realizarán de forma semanal, aumentando la frecuencia si se detectasen afecciones.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Se controlará el estado de los árboles y la presencia de polvo en el sistema foliar.
Umbrales críticos para esos parámetros	No se admitirá la presencia excesiva de polvo en hojas.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si se detectasen daños en el arbolado se revisará la frecuencia de riego y de inspecciones.
Documentación generada durante el control	Cualquier incidencia se reflejará en el correspondiente informe ordinario.
Documentación de referencia	DIA-Apartado D4.1 y Apartado E4

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-VEGETACIÓN Y HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO VIGILANCIA DE LA PROTECCIÓN DE VEGETACIÓN Y HICS: PREVENCIÓN DE INCENDIOS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Evitar la producción de incendios forestales durante la obra y asegurar su extinción inmediata en caso de producirse.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Antes de iniciarse la obra se elaborará un Plan de Prevención y Extinción de Incendios (PPEI) que deberá incluir instrucciones sobre actuaciones prohibidas en la obra, condiciones en que se realizarán las operaciones de mayor riesgo, organización de la extinción en caso de incidencias y medios de extinción en obra.	
Lugar de Inspección	Toda la obra
Periodicidad	Durante toda la Fase de Construcción y, muy especialmente, en los períodos estivales y durante la ejecución del desbroce. La periodicidad de los controles en dichas épocas será semanal.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Se controlarán las actividades identificadas en el PPEI que conllevan riesgo de generación de incendios, la presencia de personal formado en esta materia, así como la presencia continua en obra de medios de extinción (extintores), al menos en período estival.
Umbrales críticos para esos parámetros	Ausencia de medios de extinción (extintores). Conatos de incendio Los que determine el PPEI.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Las que determine el PPEI.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA-Apartado E4

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.3.2.5 FAUNA, ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS Y RED NATURA 2000

El impacto sobre la fauna se puede producir fundamentalmente por destrucción y pérdida de hábitat y por las molestias originadas por las obras.

Las medidas preventivas y correctoras establecidas en el proyecto dirigidas a anular o minimizar el impacto sobre la fauna en la etapa de construcción se relacionan a continuación:

- Realización de las obras en el entorno del río Aragón y en cauces con vegetación asociada durante el periodo septiembre-marzo, con el fin de evitar el periodo reproductor del visón europeo.
- Ejecución de las medidas contempladas en el Plan de conservación y seguimiento de anfibios.
- Instalación de dispositivos para evitar el ahogamiento de aves y otros grupos faunísticos en las balsas (rampas rígidas o de PVC rugoso).
- Limitación de la velocidad de los vehículos para evitar atropellos.
- Control de la iluminación y de los trabajos nocturnos.
- Adecuación de los cerramientos metálicos para permitir la permeabilidad de la fauna.
- Señalización de la línea eléctrica de alta tensión en todo su trazado con dispositivos salva-pájaros. Las balizas, de al menos 35 cm, se instalarán no sólo en el cable de tierra sino también en los conductores de uno de los dos circuitos con una cadencia de 15 metros en la misma fase y de 5 metros entre fases.

Se establece a continuación el seguimiento de las actuaciones propuestas, cuyo objetivo es verificar que las obras producen una incidencia mínima sobre la fauna y que las medidas previstas para reducir los posibles efectos adversos son eficaces.

Por su parte, el seguimiento de las medidas de mejora del hábitat para la biodiversidad incluidas en el estudio de SEO/BirdLife se incluyen en la fase de explotación y se detallen en el apartado 1.4.2.5.

Cada una de las acciones previstas se desarrolla en su correspondiente ficha, que se incluye a continuación.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-FAUNA, ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS Y RED NATURA 2000 **CONTROL DE LA AFECCIÓN A LA FAUNA: FAUNA TERRESTRE Y AVIFAUNA**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Minimizar las molestias de las obras sobre la avifauna y fauna terrestre presentes en la zona.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se realizará el jalonamiento de la zona de ocupación. Se vigilará que se respeten los horarios establecidos por la normativa local para actividades generadoras de ruido. Se evitarán los trabajos nocturnos, con excepción de los que se deriven del trabajo en el interior de las rampas. La iluminación nocturna en las bocas de las rampas será mínima. Se minimizarán las afecciones cerrándose las luminarias con carcasas, evitando la incidencia directa sobre el entorno y usando lámparas de sodio de baja presión. Se controlará que se cumplen los límites de velocidad establecidos en los caminos y viales del entorno de la actuación con el fin de adecuar los niveles sonoros a los límites establecidos por norma y además evitar o minimizar el número de atropellos de ejemplares faunísticos en la zona de actuación. Se vigilará, para minimizar la producción desmesurada de partículas de polvo, que se efectúan riegos y que se cubren los materiales transportados por camiones, para evitar una mayor afección sobre la fauna y el desplazamiento de ésta. Se determinarán y señalizarán los viales de tránsito de la maquinaria de obra para impedir la apertura innecesaria de nuevos caminos, utilizándose, siempre que sea posible, los viales existentes.	
Lugar de Inspección	Toda la obra
Periodicidad	Las inspecciones se realizarán semanalmente.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Se verificará la inexistencia de roderas, nuevos caminos o residuos procedentes de las obras. Se analizará el correcto estado de los jalonamientos provisionales. Se controlarán horarios de trabajo, iluminación instalada y velocidad de tránsito de maquinaria y resto vehículos.
Umbrales críticos para esos parámetros	Serán umbrales inadmisibles la presencia de ejemplares de fauna muerta por causas imputables a la actividad desarrollada (por ejemplo: atropello).
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si se alcanzasen los umbrales expuestos, se revisarán las medidas adoptadas y se evaluará la necesidad de adoptar nuevas medidas o reforzar el control de las ya existentes.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA-Apartado D5 y Apartado E5

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-FAUNA, ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS Y RED NATURA 2000 CONTROL DE LA AFECCIÓN A LA FAUNA: ANFIBIOS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Evitar o minimizar afecciones sobre las comunidades de anfibios, durante la fase de obras.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se verificará que se cumplen las medidas contenidas en el "*Plan de conservación y seguimiento de los anfibios en el ámbito de la explotación Mina Muga"* elaborado por la Unidad de Zoología del Departamento de Sistemas y Recursos Naturales de la ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural de la Universidad Politécnica de Madrid, en concreto: - Captura de todos los ejemplares posibles de anfibios antes de las labores de movimientos de tierras, previa comunicación y autorización de la Comunidad de Navarra. - Eliminación de cualquier punto de agua de origen pluvial o subterráneo en el interior del área de ocupación de la huella de la explotación (arroyos, manantiales, fuentes naturales, etc.). Se trata de evitar su utilización como zona de reproducción, tránsito o hibernada. - Habilitación de los cauces exteriores (Arroyo de la Esquiva, etc.) mediante la adecuación definitiva de la rasante y la posterior instalación de elementos transversales al cauce de entre 20 y 25 cm de altura y secuenciados cada 30 metros. - Conexión del cauce del desagüe del Arroyo de la Esquiva con la balsa localizada al sur de las instalaciones, mediante la roturación del terreno y la creación de un surco que permita la circulación del agua desde el arroyo a la balsa en época de máximas precipitaciones. - En los arroyos interiores (Valdemolineros, etc.) y cunetas de caminos de servicio, transformación de los canales naturales en encauzamientos artificiales mediante tubo hormigonado o implementados con obra de fábrica.	
Lugar de Inspección	Cauces y arroyos, en el ámbito de actuación del proyecto.
Periodicidad	Para la captura de los ejemplares de anfibios, antes del comienzo de las obras y durante abril y junio. Realización de un censo de anfibios, de forma previa al comienzo de las actuaciones. Durante la fase de obras, se realizarán cuatro visitas anuales (marzo, abril, mayo y noviembre) de cara a efectuar el seguimiento de las poblaciones de anfibios y específicamente el seguimiento de las poblaciones de galápago europeo localizadas en la balsa al sur de la huella y conectada al desagüe de Esquiva.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo experto en anfibios. La inspección será mediante la realización de muestreos diurnos y nocturnos.
Parámetros sometidos a control	Control de la correcta realización de las actuaciones de traslado de anfibios y de habilitación/inhabilitación/conexión de cauces planteadas. Seguimiento de las poblaciones de anfibios en la zona de estudio y del galápago europeo localizadas en la balsa al sur de la huella y conectada al desagüe de Esquiva.
Umbrales críticos para esos parámetros	La regresión de las poblaciones de anfibios en el área estudiada.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En función de los resultados que se vayan obteniendo se podrán proponer medidas adicionales. En cualquier caso, cualquier ejemplar adulto que pueda ser encontrado en las instalaciones será capturado y trasladado a los arroyos o balsas periféricas.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los correspondientes informes de seguimiento del Plan de Conservación y seguimiento de anfibios.
Documentación de referencia	DIA-Apartado D5.1 y Apartado E5

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-FAUNA, ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS Y RED NATURA 2000 CONTROL DE LA AFECCIÓN A LA FAUNA: PERMEABILIDAD DEL PROYECTO PARA LA FAUNA	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Mantener la permeabilidad del territorio para la fauna, minimizando el efecto barrera.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Durante la Fase de Construcción se verificará la construcción de las obras de drenaje recogidos en el Proyecto, así como su adecuación en diseño para pequeños vertebrados. Se verificará igualmente la adecuación del cerramiento para garantizar la permeabilidad de la fauna.	
Lugar de Inspección	Drenajes indicados en los planos de planta y el cerramiento de las instalaciones.
Periodicidad	La inspección será paralela a la construcción de las obras.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	El parámetro de control será la correcta ejecución de las medidas proyectadas.
Umbrales críticos para esos parámetros	Los umbrales serán la ausencia de pasos o unas dimensiones excesivamente reducidas para las posibles especies que los utilicen.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Inclusión de nuevos pasos o sobredimensionamiento de obras de drenaje.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA-Apartado D5 y Apartado E5

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN - FAUNA, ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS Y RED NATURA 2000 CONTROL DE LA AFECCIÓN A LA FAUNA: AVIFAUNA	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Mantener e incluso mejorar el estado de las poblaciones de especies de aves que utilizan la zona.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Durante la Fase de Construcción se verificará la correcta instalación de: - Dispositivos salvapájaros en línea eléctrica de alta tensión. Las balizas, de al menos 35 cm, deben estar instaladas en el cable de tierra y en un conductor de uno de los dos circuitos, con una cadencia de 15 metros en la misma fase y de 5 metros entre fases. - Instalación de dispositivos para evitar el ahogamiento de aves y otros grupos faunísticos en las balsas (rampas rígidas o de PVC rugoso).	
Lugar de Inspección	LASAT y Balsas
Periodicidad	La inspección será realizará durante las fases de obras que afecten a estos elementos
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	El parámetro de control será la correcta ejecución de las medidas proyectadas.
Umbrales críticos para esos parámetros	El seguimiento de la efectividad de estas medidas se realizará durante la fase de explotación y será realizado por personal experto en aves. En caso de encontrar ejemplares muertos por colisión, electrocución o ahogamiento, deberán tomarse medidas adicionales
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	A adoptar en Fase de Explotación.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA-Apartado D5.2,D5.3,D5.4 y Apartado E5

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.3.2.6 RESIDUOS

Durante la construcción, fundamentalmente se generarán residuos de construcción y demolición (RCD) de nivel I y nivel II. Los RCD de nivel I serán los inertes procedentes de los movimientos de tierras que se reutilizan para crear las barreras de protección, la explanada del depósito temporal, los diques de las balsas y diversos rellenos.

Para la correcta separación y clasificación de los residuos se instalarán dos puntos limpios para la gestión de los residuos de construcción y demolición, uno en el área de mina y otro en el área de superficie.

Se identificará debidamente la zona de residuos peligrosos de la de residuos no peligrosos. Cada zona dispondrá de distintos recipientes y contenedores, donde se depositarán los mismos hasta su retirada por el gestor autorizado.

De esta forma, los residuos se gestionarán adecuadamente durante toda la Fase de Construcción, en especial aquellos calificados como peligrosos (incluidos los envases que los hayan contenido).

El control y seguimiento previsto está basado en el Plan de Gestión de Residuos Mineros y el Estudio de Gestión de RCD que acompaña al Plan de Restauración (según Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero). Este plan se revisará cuando se adjudiquen y pongan en marcha las obras de construcción para tener en cuenta posibles cambios.

Las actuaciones contempladas en el PVA para controlar la gestión de residuos en esta fase se detallan en las fichas que siguen.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN - RESIDUOS SEGUIMIENTO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN OBRA	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Garantizar la correcta gestión de los residuos generados en obra.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Inspección de obras Inspección de almacenamientos temporales de residuos. Control de plazos de almacenamiento Inspección de destino final Control de incidencias Control de gestión documental Verificación del cumplimiento del Plan de Gestión de RCD elaborado por el contratista.	
Lugar de Inspección	Toda la obra y, especialmente, almacenamientos temporales de residuos y puntos limpios.
Periodicidad	Inspecciones visuales: Quincenal. Revisión documental: semestral
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Inspecciones visuales Equipo de vigilancia ambiental
Parámetros sometidos a control	Orden y limpieza de la zona de obra. Estado de los almacenamientos temporales de residuos y de los puntos limpios. Separación de los distintos tipos de residuos. Tiempo de almacenamiento de residuos peligrosos y no peligrosos. Disponibilidad de medios para hacer frente a incidencias (cubetos, recipientes, absorbentes, etc. Destino de los excedentes de excavación. Documentación de gestión de residuos Cumplimiento del Plan de Gestión de RCD por parte de contratistas y subcontratistas
Umbrales críticos para esos parámetros	De carácter cualitativo: - Adecuado orden y limpieza en zonas de obra y almacenamientos - Almacenamientos en condiciones adecuadas (en cada punto limpio deben estar diferenciadas la zona para almacenamiento de residuos peligrosos (deberá estar techada) y la zona de no peligrosos, ambas situadas sobre solera hormigonada y dotados con sistemas de retención de derrames. - Correcta clasificación, envasado y etiquetado de residuos en almacenes - Ausencia de residuos almacenados fuera de las zonas acondicionadas para ellos. Tiempo de almacenamiento. Plazos máximos: - Residuos no peligrosos. 1 año si van destinados a eliminación y 2 años si van destinados a valorización. - Residuos peligrosos: 6 meses en ambos supuestos. Destino final - Verificación de que aquellos residuos que puedan ser valorizados o reciclados, se destinarán a tal fin, evitándose su eliminación por vertido. - Verificación que tanto residuos peligrosos como no peligrosos, son recogidos periódicamente por gestores autorizados.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN - RESIDUOS SEGUIMIENTO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN OBRA	
	- Comprobación de que los excedentes de excavaciones se reutilizan para ejecutar las barreras, la explanada del depósito temporal, los diques de las balsas y diversos rellenos. Control de incidencias - Evidencias o indicios de vertidos o derrames no recogidos. - Ausencia o insuficiencia de medios de contención para derrames accidentales. Control administrativo: - Autorizaciones en vigor de productor / gestor / transportista u otras. - Gestión documental acorde con la legislación nacional y autonómica aplicable (contratos de tratamiento para cada residuos, notificaciones de traslado, documentos de control y seguimiento, catas de porte, registros de generación y gestión, etc.). Otros incumplimientos, en particular, de aspectos contemplados en el Plan de Gestión de RCD elaborado por el contratista.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Se analizarán las causas para establecer las medidas necesarias (retirada y limpieza del área afectada por los residuos, uso de sepiolita, contratación de nuevos gestores, etc.).
Documentación generada durante el control	El contratista presentará a la Dirección Ambiental de la obra regularmente la documentación que certifique la gestión adecuada de todos los residuos especialmente los peligrosos. Los resultados de los controles establecidos en la presente ficha se recogerán en los informes trimestrales del PVA correspondientes.
Documentación de referencia	DIA- Apartado C2.8, D6 y Apartado E6

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.3.2.7 PAISAJE

La principal medida de protección del paisaje será la realización del Plan de Restauración, una vez finalizada la vida útil de la mina. Sin embargo, durante la fase de construcción y explotación se han diseñado una serie de medidas para minimizar su impacto visual, especialmente el que pueda percibirse desde el camino de Santiago y otros lugares de interés cultural, como el Castillo de Javier, el Monasterio de Valentuñana y el conjunto histórico de Sangüesa.

Con este objetivo, tanto el proyecto como la DIA establecieron las siguientes medidas preventivas y correctoras para la protección de la calidad intrínseca del paisaje:

- Ubicación lo más alejada posible del camino de Santiago.
- Instalación de una barrera visual conformada por dos acopios de material inerte ubicados entre el camino de Santiago y las instalaciones, con cotas suficientemente altas y revegetadas para actuar a modo de pantalla visual y taludes tendidos para una mejor integración en el paisaje para los usuarios de este camino. Esta barrera respetará los 30 metros de protección del camino de Santiago.
- Retranqueo de todas las instalaciones industriales para no ocupar la franja de protección de 100 metros del Camino de Santiago.
- No ubicación de elementos o instalaciones en áreas de alta visibilidad.
- Todos los edificios implantados deben presentar una coloración gris RAL 7038 para facilitar su integración si bien la prescripción 1 del Requerimiento de Minas del 12 de septiembre de 2019 indica al respecto que "*se permitirá el empleo de otras tonalidades o combinaciones de tonalidades diferentes siempre y cuando permitan igualmente cumplir el objetivo de una correcta integración paisajística en el entorno*"
- Instalación de otra barrera de materiales inertes en el sur de la explotación, a modo de cordón perimetral englobando las balsas de vaporación y regulación de salmuera.
- Disminución del tamaño del depósito temporal de residuos y construcción del mismo con taludes tendidos para evitar alturas que impacten en el paisaje.

Además, durante la construcción y operación de la explotación minera se tomarán medidas adicionales para proteger el paisaje y que estarán relacionadas con los siguientes parámetros:

- Incidencia visual.
- Geometría.
- Revegetación.

Las medidas complementarias para minimizar la incidencia visual de las obras consistirán en:

- Impedir el trazado por cumbres o lomas en zonas de relieve accidentado.
- Evitar los desmontes y la roturación de la cubierta vegetal en la construcción de los caminos de acceso a la línea, utilizando accesos existentes.
- Retirar los elementos sobrantes en la construcción. Se evitará el arrastre de materiales sueltos a cursos de aguas superficiales durante los movimientos de tierras

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

La geometría propuesta para la explotación minera atenderá a criterios que, durante la actividad y de manera prioritaria tras su desmantelamiento, garanticen la integración paisajística con la topografía. Los criterios básicos de integración paisajística que se han considerado han sido los siguientes:

- El ojo percibe más las dimensiones verticales que las horizontales, por lo que impactará menos una masa alargada y de poca altura que otra estrecha y alta. Este criterio será de aplicación en la ejecución de las dos barreras visuales.
- Se evitará que la altura de los modelos de terreno propuestos sobrepase la cota media del entorno, para que así no destaque en la línea del horizonte.
- Las líneas curvas sobre superficies suaves producen una intrusión visual menor que las líneas y cortes rectos sobre superficies planas, las cuales no hacen sino acentuar formas y volúmenes.
- Las litologías con colores fuertes y llamativos intensifican y agravan las sensaciones ópticas de los observadores, al contrastar con el colorido suave y vistosidad natural de los suelos y vegetación.
- La identificación de rasgos característicos del entorno, de forma que la integración sea lo más positiva posible, tanto en el caso de la ocultación como del remodelado. Todo esto, con el fin de reproducir la forma natural de las estructuras geomorfológicas para alcanzar la máxima integración.

La revegetación, mediante siembras o plantaciones, es una medida que corrige numerosos impactos generados por la implantación de una actividad, como la propia destrucción de vegetación, de hábitats faunísticos, el aumento de la erosión o los efectos sobre el paisaje. Cabe destacar que todos los taludes generados serán revegetados (barreras, diques, etc.) aunque sean desmantelados al finalizar la vida de esta. A la hora de desmantelar los mismos, se retirará en primer lugar la tierra vegetal para poder ser utilizada en otras labores de restauración. Por otro lado, al finalizar la vida de la explotación y con todas las instalaciones desmanteladas, se procederá remodelar las superficies afectadas y revegetarlas.

En la fase de construcción del proyecto, debido a los desmontes y rellenos que se realizarán, resultará un excedente de 1,5 Mm^3. Este material será utilizado para crear las barreras (visual norte y de protección sur), y ya en la fase de desmantelamiento constituirá la base para las labores de rehabilitación de los terrenos.

Además, se estima que el proyecto generará una cantidad de 491.941 m^3 de tierra vegetal que será preservada de manera especial para evitar que pierda sus características de cara a su uso futuro.

La extracción y acopio de tierra vegetal se efectuará principalmente durante la fase de construcción. Esta tierra se utilizará para revegetar las barreras norte y sur y los taludes de las instalaciones. Posteriormente, en la fase de desmantelamiento, será utilizada en la restauración final de los terrenos.

Esta actuación comprende las siguientes operaciones:

- Excavación
- Transporte
- Descarga

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Fertilización
- Apilado
- Conservación

La excavación se efectuará hasta la profundidad y en las zonas señaladas en el Proyecto de Explotación. Antes de comenzar los trabajos se someterá a la aprobación de la Dirección de Obra la elección de zonas de acopio y, en su caso, un plan en que figuren las zonas y profundidades de extracción.

Durante la ejecución de las operaciones se evitará la compactación de la tierra vegetal utilizando técnicas en que no sea necesario el paso de maquinaria pesada sobre los acopios, o que sólo requieran maquinaria ligera.

El acopio se llevará a cabo en los lugares seleccionados, de forma que no interfiera el normal desarrollo de las obras y conforme a las siguientes instrucciones:

- Se hará formando caballones o artesas, cuya altura será adecuada para garantizar el correcto estado de conservación.
- El modelado del caballón, si fuera necesario, se hará con un tractor agrícola o buldócer pequeño que compacte poco el suelo.
- Se harán ligeros ahondamientos en la capa superior de la artesa-acopio, para evitar el lavado del suelo por la lluvia y la deformación de sus laterales por erosión, facilitando al mismo tiempo los tratamientos que hubieran de darse.
- El abonado orgánico de la tierra podrá efectuarse durante el vertido o modelado. Los abonos minerales poco solubles se agregarán después del modelado, empleando siempre tractores agrícolas para el laboreo.
- El espesor de los caballones de tierra vegetal será de máximo 1,5 m, para evitar la compactación y facilitar la aireación natural.
- La ubicación de los acopios no afectará en ningún caso a la red de drenaje natural.

La conservación, que habrá de efectuarse cuando el acopio vaya a permanecer largo tiempo, consistirá en:

- Reseñar las erosiones producidas por la lluvia.
- Mantener cubierto el caballón con plantas vivas, una mezcla de herbáceas y leguminosas, que cubra la superficie expuesta de los cordones y como garantía de calidad del suelo acopiado y de que estos acopios queden protegidos de los efectos de la erosión, del polvo y la lluvia.
- Los abonos minerales solubles se incorporarán poco antes de la utilización de la tierra. La tierra excavada se mantendrá exenta de piedras y otros objetos extraños.

Cada una de las acciones previstas se desarrolla en su correspondiente ficha, que se incluye a continuación.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-PAISAJE SEGUIMIENTO DE LA INCIDENCIA VISUAL DE LAS OBRAS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Minimizar la incidencia visual de las obras e instalaciones
ACTUACIONES DE CONTROL	
Verificación de la altura de la barrera visual norte ejecutada paralela al Camino de Santiago para mantener un cierre visual. Comprobación de la ausencia de elementos o instalaciones no previstas en áreas de alta visibilidad. Comprobación del aspecto exterior de los edificios proyectados: color gris RAL 7038 o tonalidad similar	
Lugar de Inspección	Zonas de alta calidad y/o fragilidad paisajística del entorno de las obras.
Periodicidad	Las inspecciones se realizarán de forma semestral.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Altura de la barrera, visibilidad de las instalaciones dese puntos de interés y color de los edificios.
Umbrales críticos para esos parámetros	No serán aceptables elementos muy visibles o que oculten vistas escénicas no previstas en Proyecto.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Caso de haberse modificado algún elemento o instalación con una notable afección visual se procederá a su desmantelamiento.
Documentación generada durante el control	Los resultados de esta inspección se recogerán en el informe final de la Fase de Construcción
Documentación de referencia	DIA-Apartado E7

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-PAISAJE SEGUIMIENTO DE LA RETIRADA Y ACOPIO DE TIERRA VEGETAL.	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Verificar la correcta ejecución de estas unidades de obra.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se comprobará que la retirada se realice en los lugares y con los espesores previstos. Control de los lugares de acopio y su adecuación a los previstos en proyecto. Supervisión de las condiciones de la tierra vegetal durante su acopio (acopio en caballones de 1,5 m de alto, siembra con una mezcla de simientes de herbáceas y leguminosas, que cubra la superficie expuesta en los cordones).	
Lugar de Inspección	Las superficies de retirada y acopio de tierra vegetal
Periodicidad	Se comprobará que se realice antes del inicio de las explanaciones, y que se ejecute una vez finalizado el desbroce (si este es necesario), permitiendo así la retirada de los propágulos vegetales que queden en los primeros centímetros del suelo, tanto de los preexistentes como de los aportados con las operaciones de desbroce. Los acopios se inspeccionarán de forma mensual.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual. Se precisa cinta métrica y jalones.
Parámetros sometidos a control	Se verificará el espesor retirado.
Umbrales críticos para esos parámetros	Será inaceptable la no retirada de tierra vegetal, el acopio en caballones de más de 1,5 m de alto, y la ausencia de siembra de los mismos. Tampoco se aceptará el depósito sobre la red de drenaje natural.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Previamente al inicio de la retirada de tierra vegetal, se jalonarán las superficies de actuación al objeto de impedir afecciones a las áreas limítrofes. Si se detectasen alteraciones en los acopios que pudieran conllevar una disminución en la calidad de la tierra vegetal, se hará una propuesta de conservación adecuada (siembras, tapado, etc.)
Documentación generada durante el control	Cualquier incidencia se reflejará en el correspondiente informe, al que se adjuntarán los planos de situación de los acopios.
Documentación de referencia	DIA-Apartado D1.1, D1.2

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-PAISAJE SEGUIMIENTO DE LA EXTENSIÓN DE TIERRA VEGETAL	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Verificar la correcta ejecución de esta unidad de obra
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se verificará su ejecución en los lugares y con los espesores previstos en el Proyecto. Tras su ejecución, se controlará que no se produzca circulación de maquinaria pesada. Caso de ser necesario el aporte de tierra vegetal que no proceda de la propia zona de obras, de forma previa a su extensión se procederá a realizar análisis para comprobar su idoneidad.	
Lugar de Inspección	Zonas donde esté prevista esta actuación en el Proyecto.
Periodicidad	Las inspecciones se realizarán una vez finalizada la extensión. En caso de realizarse análisis, estos serán previos a la utilización de la tierra en obra.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. Se precisa cinta métrica y jalones. En caso de precisarse analíticas, la toma de muestra la podrá hacer el equipo de vigilancia, pero su análisis deberá ser en un laboratorio acreditado.
Parámetros sometidos a control	Se verificará el espesor de tierra aportado. Cuando se realicen análisis de tierra vegetal se tomarán muestras, en las que se determinará como mínimo granulometría, pH y contenido en materia orgánica. Si se emplean tierras procedentes de la mezcla de suelos con compost, se analizará asimismo la presencia de residuos sólidos (impropios).
Umbrales críticos para esos parámetros	No se admitirán espesores superiores a los establecidos en Proyecto. En caso de análisis, los umbrales estarán marcados por las exigencias del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si se detectase que el espesor aportado es incorrecto, se deberá proceder a repasar las zonas inadecuadas. En el caso de los análisis, si se detectasen anomalías en la composición de la tierra vegetal, se propondrán enmiendas o mejoras si es posible, o su retirada de la obra en caso contrario.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA
Documentación de referencia	DIA-Apartado D1.1, D1.2

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-PAISAJE SEGUIMIENTO DE HIDROSIEMBRAS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Verificar la correcta ejecución de esta unidad de obra y la idoneidad de los materiales
ACTUACIONES DE CONTROL	
Inspección de materiales: Comprobar que las semillas, abonos y materiales son los exigidos en Proyecto. Para las semillas, realizar análisis de pureza y germinación o solicitar certificación de origen. Supervisión de la ejecución: Control de las dotaciones de cada material y la ejecución de la mezcla en hidrosiembras y de la distribución de mezcla de hidrosiembras. Seguimiento de resultados: Análisis de la nacencia y grado de cobertura	
Lugar de Inspección	Áreas donde están previstas estas actuaciones en el Proyecto.
Periodicidad	Los certificados de los materiales deberán entregarse antes de iniciar las siembras. La ejecución se inspeccionará mensualmente. Los resultados se analizarán a los 30 y 90 días.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Materiales: Todo material empleado deberá acompañarse de un certificado del fabricante. Las semillas deberán disponer de un certificado con menos de 2 años de antigüedad de un laboratorio homologado donde se especifiquen pureza y capacidad germinativa. Si no se dispone de este certificado se realizarán análisis de dichas partidas de semillas. Ejecución: La mezcla de hidrosiembra deberá estar formada por los materiales y con las dotaciones señaladas en Proyecto. Las hidrosiembras cubrirán todas las superficies a tratar de forma homogénea. Se anotará la fecha de ejecución.
Umbrales críticos para esos parámetros	Resultados: Se verificará la germinación a los 30 y 90 días de la ejecución, en parcelas testigo de 100 m², donde se procederá a determinar el grado de cobertura y las especies germinadas. Si el Proyecto no indica otra cosa, la cobertura debe superar el 80 %.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si se detectase que el espesor aportado es incorrecto, se deberá proceder a repasar las zonas inadecuadas. En el caso de los análisis, si se detectasen anomalías en la composición de la tierra vegetal, se propondrán enmiendas o mejoras si es posible, o su retirada de la obra en caso contrario. Si se sobrepasasen los umbrales admisibles se resembraran las superficies defectuosas
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA-Apartado E7

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-PAISAJE SEGUIMIENTO DE PLANTACIONES	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Verificar la correcta ejecución de esta unidad de obra y la idoneidad de los materiales.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Inspección de materiales: Comprobar que las plantas, abonos y materiales son los exigidos en Proyecto. Para las plantas, son recomendables análisis de calidad. Ejecución: Se comprobarán las dimensiones de los hoyos, si se añaden los abonos y aditivos que figuren en Proyecto, la colocación de la planta, la ejecución del riego de implantación y la fecha de plantación. Resultados: Se realizarán inspecciones a los 60 y 120 días de la plantación anotando el porcentaje de marras por especies y sus posibles causas, y el estado de la planta viva.	
Lugar de Inspección	Áreas donde estén previstas estas actuaciones y zona de acopio de plantas y materiales.
Periodicidad	Los certificados de los materiales deberán entregarse antes de iniciar las plantaciones. La ejecución se inspeccionará mensualmente. Los resultados se analizarán a los 60 y 120 días.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual. Para la analítica de plantas puede ser precisa lupa binocular, microscopio y material de laboratorio.
Parámetros sometidos a control	Materiales: Todo material empleado deberá acompañarse de un certificado del fabricante. Para los análisis de plantas se estudiará, al menos, una planta por cada 50. Ejecución: Se verificará el tamaño de los hoyos, la dosificación de materiales y el riego de implantación que debe realizarse en el mismo día. Se verificará que no se ejecuten plantaciones cuando la temperatura ambiente sea inferior a 7° C, o mientras el suelo esté helado
Umbrales críticos para esos parámetros	Materiales: Falta de certificado del fabricante. Análisis de plantas negativo. Ejecución: La tolerancia en el tamaño de hoyos y dosificación de materiales del 10 %. Resultados: la tolerancia de marras será del 10 % para arbustos y del 5 % para árboles mayores de 1 metro. Si son plantaciones lineales o puntuales la tolerancia será menor
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si se sobrepasan los umbrales se procederá a plantar de nuevo las superficies defectuosas.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA-Apartado E7

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.3.2.8 POBLACIÓN Y SALUD HUMANA

Durante la fase de construcción, los movimientos de tierras y la construcción podrán afectar a la calidad de vida de la población por la emisión de partículas y el ruido derivado de la acción de la maquinaria. Asimismo, la implantación de las diferentes instalaciones que componen el proyecto, podrá provocar alteraciones en los usos urbanísticos y modificaciones en las calificaciones de estos terrenos en las figuras de ordenación territorial. Las obras también pueden afectar a la permeabilidad territorial y a los servicios (agua,…). Por último, también existe una incidencia positiva en la economía local, suponiendo un foco de atracción poblacional que frenará el despoblamiento de la comarca y creará puestos de trabajo.

Las principales medidas preventivas y correctoras adaptadas para minimizar o anular los impactos identificados consisten en:

- Reducción del impacto acústico y atmosférico: limitación de los trabajos en horario nocturno a lo estrictamente necesario, mantenimiento preventivo de la maquinaria, inspección técnica de vehículos actualizada (ITV), utilización del firme T1.
- Mantener, durante toda la fase de construcción y al finalizarse las obras, la continuidad de todos los caminos y sendas cruzadas

El seguimiento de la realización de estas medidas y su eficacia se desarrolla en las siguientes fichas:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN - POBLACIÓN Y SALUD HUMANA **CONTROL DE NIVELES ACÚSTICOS Y DE LAS EMISIONES A LA ATMÓSFERA DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Correcto estado de los vehículos y la maquinaria ejecutante de las obras en lo referente al ruido y emisiones generados por los mismos.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se exigirá la ficha de Inspección Técnica de Vehículos de todos los vehículos que vayan a emplearse en la ejecución de las obras y en el transporte de materiales y residuos. Se exigirá marcado CE o equivalente a las máquinas. Se limitará el horario de trabajo a los horarios establecidos por la normativa local para actividades generadoras de ruido. Se limitará la realización de trabajos en horario nocturno a lo estrictamente necesario. En caso necesario, se solicitará autorización al ayuntamiento de acuerdo con lo establecido en la normativa vigente. Se comprobará que se ha utilizado el firme para tráfico pesado T1 en las vías de circulación donde transitarán los vehículos y maquinaria de obra.	
Lugar de inspección	Entrada a la obra. Parque de maquinaria. Zona de obras.
Periodicidad	En el caso de la ITV de vehículos y marcado CE de máquinas, también se verificará en las inspecciones realizadas en el marco de la coordinación de actividades empresariales (prevención de riesgos laborales) y, en el caso de los vehículos, se solicitará copia de la tarjeta de la ITV en vigor cada vez que los contratistas comuniquen la entrada de un nuevo vehículo en las obras. En el caso de la utilización de firme T1, cuando se finalice la construcción de la vía. Resto, semanal.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el vigilante ambiental. Además, en el caso de las actividades enmarcadas dentro de las laboras de coordinación de actividades empresariales, también participará el personal destinado a las mismas.
Parámetros sometidos a control	ITV. Marcado CE y declaración de conformidad. Horarios de trabajo dentro de lo establecido por la normativa local vigente. Firme para tráfico pesado T1.
Umbrales críticos para esos parámetros	Los vehículos no disponen de ITV en vigor. La maquinaria no dispone de marcado CE o equivalente. Los horarios de trabajo exceden de lo establecido en la normativa local vigente. Se realiza trabajo nocturno sin haber obtenido la preceptiva autorización. No se ha utilizado firme T1.
Medidas complementarias si se alcanzan umbrales críticos	Si se detectase que una máquina es especialmente ruidosa, se propondrá su paralización hasta que sea reparada o sustituida por otra. No se permitirá el acceso a la obra de vehículos que no dispongan de ITV en vigor. Se paralizará el uso de maquinaria que no disponga de marcado CE o equivalente.
Documentación generada durante el control	En caso necesario, autorización para la realización de trabajos en horario nocturno.
Documentación de referencia	ITV vigente. Documentación máquinas (marcado CE o equivalente, manual de instrucciones). DIA –Apartado E8

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-POBLACIÓN Y SALUD HUMANA CONTROL DE NIVELES ACÚSTICOS DE LAS OBRAS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Garantizar que las emisiones de ruido de las obras no afecten a zonas próximas habitadas.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se realizarán mediciones a través de un laboratorio de ensayos acústicos acreditado para ello, y teniendo en cuenta la normativa vigente.	
Lugar de Inspección	Se realizarán mediciones en los núcleos de población más cercanos (Undués de Lerda y Javier) y en la carretera de acceso a las instalaciones (*Plano 05: Control de ruido*). Se realizarán mediciones en el entorno del Camino de Santiago. Los puntos de medición se elegirán teniendo en cuenta las zonas donde se prevean los máximos niveles de ruido. En todo caso, se estará a lo indicado por el laboratorio contratado para ello.
Periodicidad	Al menos una vez durante la fase de construcción en período diurno y, si fuera preciso, en período nocturno. En caso de que durante estas mediciones se detecten valores por encima de los umbrales establecidos, se repetirán las mediciones con mayor frecuencia.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	La medición se realizará por un laboratorio de ensayos acústicos acreditado.
Parámetros sometidos a control	Niveles acústicos emitidos durante la actividad de obras
Umbrales críticos para esos parámetros	En la Comunidad Foral de Navarra, los valores límite de inmisión de ruido serán los establecidos en el Anexo III, del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de Ruido, expresados en dBA (65 dB diurnos y 55 dB nocturnos). En la Comunidad de Aragón los valores límite de inmisión de ruido serán los establecidos en la Ley 7/2010, de 18 de noviembre, de protección contra la contaminación acústica de Aragón (65 dB diurnos y 55 dB nocturnos).
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si se sobrepasasen los umbrales, se analizarán las causas, en función de las cuales se pase establecerán medidas (paralización de actividades, cambio o mantenimiento de maquinara especialmente ruidosa, etc.).
Documentación generada durante el control	Los resultados de los análisis se recogerán en un anejo al informe ordinario correspondiente.
Documentación de referencia	DIA –Apartado E8

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-POBLACIÓN Y SALUD HUMANA VIGILANCIA DEL MANTENIMIENTO DE LA PERMEABILIDAD TERRITORIAL	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Mantener, durante toda la fase de construcción y al finalizarse las obras, la continuidad de todos los caminos y sendas cruzadas.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se realizará el listado de los caminos potencialmente afectados por las obras (directa o indirectamente). Se verificará la continuidad de los caminos, bien por su mismo trazado bien por desvíos provisionales y, en este último caso, que la señalización de los mismos es correcta.	
Lugar de inspección	Todos los caminos afectados por las obras.
Periodicidad	Las inspecciones se realizarán semanalmente mediante recorrido por los caminos afectados por las obras.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el vigilante ambiental. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Transitabilidad de caminos interceptados por las obras y caminos utilizados durante las obras.
Umbrales críticos para esos parámetros	Se considerará inaceptable la falta de continuidad en algún camino, por su mismo recorrido u otro opcional, o la falta de señalización en los desvíos.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En caso de detectarse la falta de continuidad en algún camino, o la falta de acceso a alguna zona, analizarán las causas, para establecer las actuaciones adecuadas en cada caso (disposición de accesos alternativos, correcta señalización, etc.).
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA correspondientes.
Documentación de referencia	DIA –Apartado E8

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-POBLACIÓN Y SALUD HUMANA PLANIFICACIÓN DE ITINERARIOS PARA EL TRANSPORTE DE MATERIALES Y RESIDUOS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Minimizar las molestias a la población de la zona ocasionadas por el transporte de materiales de obra y residuos.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se establecerán los itinerarios y horarios a seguir por los camiones que transportan tanto los materiales de obra como los residuos.	
Lugar de inspección	Itinerarios utilizados por los vehículos de transporte de materiales y residuos.
Periodicidad	Las inspecciones se realizarán con periodicidad semanal.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el vigilante ambiental. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Itinerarios y horarios previstos para el tránsito de vehículos de transporte de materiales y residuos
Umbrales críticos para esos parámetros	Se considerará inaceptable el tránsito de vehículos de transporte de materiales y residuos fuera de los itinerarios y horarios previstos.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En caso de detectarse vehículos fuera de los itinerarios y horarios previstos, se insistirá a los responsables de las contratas de transporte. En caso de que algún itinerario no sea practicable, se buscarán itinerarios alternativos, comunicándose los cambios a los responsables de las contratas de transporte.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA –Apartado E8

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-POBLACIÓN Y SALUD HUMANA SEGUIMIENTO DE LA REPOSICIÓN DE SERVICIOS AFECTADOS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Reposición de todos los servicios afectados por las obras, sin cortes o interrupciones que puedan afectar a la población del entorno.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Una vez identificados los servicios afectados, se realizará un seguimiento de su reposición de servicios. Cuando la entidad o compañía suministradora o propietaria del servicio se haga cargo de la reposición, o de la verificación de ésta, no se realizará ningún control.	
Lugar de inspección	Donde se intercepten los servicios.
Periodicidad	En función de la planificación de las obras.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el vigilante ambiental. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Continuidad de los servicios afectados por las obras.
Umbrales críticos para esos parámetros	Se considerará inaceptable el corte no planificado de un servicio o una prolongada interrupción no planificada.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En caso de detectarse la falta de continuidad en algún servicio, se analizarán las causas para establecer las actuaciones adecuadas en cada caso (reposición inmediata, etc.).
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA –Apartado E8

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.3.2.9 BIENES MATERIALES, PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO Y CULTURAL

En la fase de construcción como en la de explotación, puede haber afecciones a bienes materiales y patrimoniales: canal de Bardenas, embalse de Yesa, núcleos urbanos de Undués de Lerda, Javier y Castillo de San Javier.

También se prevén posibles afecciones directas a servicios por la construcción del proyecto: vial de servicio del Canal de Bardenas, caminos agrícolas del Boyeral y de Undués de Lerda, desagüe de la Esquiva y Acequia madre.

El proyecto también puede generar afecciones al patrimonio cultural: yacimientos arqueológicos, elementos tradicionales, Camino de Santiago, Cañada Real de los Roncaleses, etc.

Entre las principales medidas preventivas y correctoras adoptadas en relación a estos impactos, están:

- En la fase de construcción se garantizará en todo momento el acceso y servicio del vial de servicio del canal de Bardenas, los caminos agrícolas del Boyeral y Undués de Lerda, el desagüe de la Esquiva y la Acequia madre siendo restituidos a su trazado original al final de la misma.
- Se construirá una losa de hormigón para la circulación de vehículos pesados que garantice la nula afección al canal de Bardenas.
- Se establecerá un seguro de responsabilidad civil para responder a daños y perjuicios en la infraestructura del canal o en la zona regable.
- Camino de Santiago:
    - El emplazamiento de las instalaciones de superficie se ubicará a 100 m del Camino.
    - Debido a la interferencia entre el vial de acceso a planta y el Camino, se prevé la ejecución de un paso inferior.
    - Cualquier actuación que afecte al Camino de Santiago, deberá contar con la autorización del organismo competente en cada comunidad autónoma.
- Cañada Real de los Roncaleses:
    - Trazado de la línea eléctrica mediante paso subterráneo.
    - Jalonamiento provisional en la Cañada Real durante los trabajos de trazado de la línea eléctrica.
- Verificación de la continuidad del Camino de Santiago y la Cañada Real de los Roncaleses.
- Yacimientos arqueológicos, se han identificado: Navas Altas II; Valdemolinero, Valdeborro II y Ongay en las inmediaciones de las instalaciones de superficie.
- En caso de que se produjeran hallazgos de restos fósiles de interés, se deberá comunicar al organismo competente en la comunidad autónoma en la que se ubiquen.
- Extracto de la comunicación de 12 de abril de 2017 de la Sección de Registro, Bienes Muebles y Arqueología, Departamento de Cultura, Deporte y Juventud, Gobierno de Navarra,

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- En relación con los accesos, las obras no podrán ocupar el perímetro definido para el yacimiento Valdeplazón II. Estarán permitidas las obras en su entorno, siempre que se realicen mediante control arqueológico, procediéndose, en su caso a la excavación y registro de los restos que pudieran descubrirse. Con antelación suficiente al inicio de las obras, se aportará planos de detalle en planta y sección del proyecto de obra que finalmente se apruebe. El perímetro del yacimiento deberá quedar balizado durante las obras.
- En lo concerniente al trazado eléctrico, deberá evitarse la afección al perímetro definido para el yacimiento Fuente Penosa. Estarán permitidas las obras en su entorno, siempre que se realicen mediante control arqueológico, procediéndose, en su caso a la excavación y registro de los restos que pudieran descubrirse
- Para la ocupación del yacimiento El Regallón, se realizará un estudio arqueológico previo, mediante sondeos, que permita evaluar la naturaleza y grado de conservación del yacimiento y precisar el trazado más adecuado para la conducción.
- El desmontado o alteración de los yacimientos requerirá autorización expresa del organismo competente.

El control y seguimiento de las medidas de protección de los bienes materiales y el patrimonio arqueológico y cultural se desarrolla en las siguientes fichas:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-BIENES MATERIALES, PATRIMONIO ARQUELÓGICO Y CULTURAL **CONTROL DE LA PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Preservar el patrimonio arqueológico presente en el área de afección de las obras y detectar yacimiento no conocidos.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Los trabajos de seguimiento arqueológico comenzarán una vez hayan concluido las intervenciones arqueológicas previas, si éstas fueran precisas. Se verificará que se lleva a cabo un seguimiento arqueológico de los movimientos de tierras para garantizar la preservación de cualquier yacimiento. Se verificarán los jalonamientos de los yacimientos arqueológicos que serán coincidentes con los radios de protección establecidos. En caso de detectarse algún hallazgo nuevo (arqueológico o paleontológico), se informará al órgano competente del Gobierno de Navarra o de Aragón, y se seguirán las directrices que éste marque.	
Lugar de inspección	Zona de explanaciones, instalaciones auxiliares, acopios, accesos, líneas eléctricas, trazas desvíos de agua, rampa, balsas y depósito, etc.
Periodicidad	El seguimiento arqueológico se realizará durante los movimientos de tierras. El control de los jalonamientos de los elementos de interés se realizará durante todas las obras de forma semanal.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El seguimiento deberá realizarlo un arqueólogo. El control de los jalonamientos de los elementos de interés a preservar lo realizará el vigilante ambiental. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Yacimientos inventariados y sus zonas de protección.
Umbrales críticos para esos parámetros	No será admisible ninguna afección a elementos inventariados.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si se produjera algún hallazgo, se verificará la medida de obligado cumplimiento consistente en la paralización de las obras hasta que se obtenga una conclusión de la importancia, valor o recuperabilidad de los bienes en cuestión, la cual deberá estar constatada por el organismo competente. En caso de producirse alguna afección no prevista se notificará al organismo competente en la materia y se procederá a la restauración de los elementos dañados, de acuerdo con las indicaciones que éste aporte.
Documentación de referencia o generada durante el control	Las inspecciones periódicas a los yacimientos conocidos próximos a las obras se recogerán en los informes trimestrales del PVA. La afección de cualquier yacimiento dará lugar a la emisión de un informe extraordinario. Igualmente, tras la identificación de nuevos hallazgos, se emitirá un informe extraordinario, incluyendo toda la documentación al respecto, la notificación al organismo competente en la materia, su respuesta y, en su caso, el proyecto de intervención arqueológica.
Documentación de referencia	Informe sobre el estudio de impacto ambiental del proyecto Mina Muga (Navarra y Aragón), TT.MM. de Undués de Lerda y Urriés (Zaragoza) Informes patrimonio y arqueología Informes trabajos arqueología previos para Mina Muga DIA-Apartados D8

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-BIENES MATERIALES, PATRIMONIO ARQUELÓGICO Y CULTURAL VIGILANCIA DE CAMINOS HISTÓRICOS Y VÍAS PECUARIAS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Garantizar que se preserva la continuidad de las vías pecuarias (Cañada Real de los Roncaleses) y caminos históricos (Camino de Santiago) afectados por las obras.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se verificará la continuidad del Camino de Santiago y de la Cañada Real de los Roncaleses, así como se mantenga el paso de los usuarios de los mismos y su seguridad. Se verificarán los jalonamientos provisionales establecidos durante las obras. Se controlará que se acondicionen los desvíos provisionales que sean oportunos. El cruce de la Cañada Real por parte de los vehículos de obra estará debidamente señalizado y tendrán prioridad siempre los usuarios de la misma. Se verificará la banda de protección de 100 m de anchura al Camino de Santiago para el complejo industrial, salvo para la ejecución de la barrera visual norte cuya banda de protección será de 30 m al Camino de Santiago. Se verificará la ejecución de un paso inferior del vial de acceso a la planta, bajo el Camino de Santiago. La Cañada Real de los Roncaleses se ve afectada mediante un paso subterráneo por el trazado de la línea eléctrica. Por ello se verificará que se cumplen los condicionantes emitidos en la Autorización del Servicio de Biodiversidad del Dpto. de Desarrollo Rural Medio Ambiente y Desarrollo Local del Gobierno de Navarra. Se requerirá la autorización de la Dirección General de Cultura (Institución Príncipe de Viana de Navarra) o de la Comisión Provincial de Patrimonio Cultural de Zaragoza, ante cualquier actuación sobre el Camino de Santiago.	
Lugar de Inspección	Camino de Santiago y Cañada Real de los Roncalenses.
Periodicidad	Inspecciones semanales ordinarias. Inspecciones al inicio, durante y una vez finalizadas las actuaciones que afecten a la vía pecuaria o a su entorno.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el vigilante ambiental. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Estado de las vía (Camino de Santiago y Cañada Real de los Roncalenses).
Umbrales críticos para esos parámetros	No se considerará aceptable el corte de ninguna vía pecuaria o camino histórico, ni el desvío sin una autorización expresa del organismo competente.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En caso de que alguna vía o camino quedara desviada o no repuesta, deberá dársele continuidad.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	Informes patrimonio y arqueología Informes trabajos arqueología previos para Mina Muga DIA- Apartado D8.10 y Apartado E9

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-BIENES MATERIALES, PATRIMONIO ARQUELÓGICO Y CULTURAL **CONTROL DE LA PROTECCIÓN DEL CANAL DE BARDENAS**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Garantizar la adecuada conservación del Canal de Bardenas.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se verificará, en relación con el bitúnel que conecta las dos zonas de explotación a ambos lados del Canal (cuando la explotación alcance el lado contrario del canal en el año 10-11 de la explotación) y con la ejecución de la losa de hormigón para el tráfico de vehículos pesados por encima de la infraestructura: Al inicio de la obra que en el proyecto se ha contemplado la ejecución de estas obras Al final de la obra, que la obra ha sido ejecutada tal y como se establece en el proyecto, es funcional y no genera afecciones al cauce ni a los caminos de servicio.	
Lugar de Inspección	Área donde se proyecta el bitúnel y la losa de hormigón en el Canal
Periodicidad	Al inicio y fin de cada una de las obras
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el vigilante ambiental. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	No afección del Canal de Bardenas y su perímetro de protección.
Umbrales críticos para esos parámetros	Afección al cauce y a los caminos de servicio
Medidas complementarias si se alcanzan los umbrales críticos	No se permitirán afecciones sobre el Canal, ni sobre su correcto funcionamiento Se llevará a cabo la reparación de cualquier afección que se pueda producir sobre el Canal.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA-Apartados D8

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.3.3 OTRAS ACTUACIONES DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO GENERAL EN OBRA

A continuación, se describen actuaciones de carácter general que van a evitar o reducir impactos propios de la actividad de construcción y que afectan a diversos recursos naturales. Estas actuaciones son:

- Control del replanteo
- Localización y control de zonas de instalaciones y parque de maquinaria
- Ubicación y explotación de zonas de barreras y acopios
- Control de accesos temporales
- Control del movimiento de maquinaria
- Desmantelamiento de instalaciones y limpieza de obras

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-OTRAS ACTUACIONES DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO GENERAL EN OBRA CONTROL DEL REPLANTEO.	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	El control del replanteo perseguirá evitar la afección a superficies mayores o distintas de las recogidas en el Proyecto. Esta medida deberá evitar alteraciones innecesarias sobre los factores ambientales.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se verificará la adecuación de las obras a los planos incluidos en el Proyecto, comprobando que la ocupación de la misma no conlleva afecciones mayores de las previstas en el Proyecto. Se verificará el mantenimiento de bandas de protección a parcelas colindantes y caminos de 3 m de anchura. Se verificará que no se realiza ningún tipo de ocupación fuera de las zonas delimitadas.	
Lugar de Inspección	Toda la zona de obras, incluido el parque de maquinaria, en especial en las zonas de mayor fragilidad. Asimismo se verificará que todos los caminos de acceso a las obras son replanteados en esta fase, evitando afecciones a elementos singulares.
Periodicidad	Los controles se realizarán durante la fase de replanteo de las obras, o a la finalización de ésta, antes del inicio de las obras.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Los parámetros sometidos a control serán las superficies identificadas como de interés natural y/o de lata visibilidad paisajística.
Umbrales críticos para esos parámetros	Los umbrales de alerta serán las afecciones a superficies mayores o distintas de las previstas en Proyecto, al igual que aquellas superficies externas a las zonas de Proyecto, inventariadas en el patrimonio histórico.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Para prevenir posibles afecciones, se informará al personal ejecutante de la obra de los lugares de mayor valor ambiental y de la utilidad de los jalonamientos. Si se produjese algún daño por movimiento incontrolado de maquinaria, se procederá a la restauración de la zona afectada.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA-Apartado C2.5 y Apartado E4

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-OTRAS ACTUACIONES DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO GENERAL EN OBRA LOCALIZACIÓN Y CONTROL DE ZONAS DE INSTALACIONES Y PARQUE DE MAQUINARIA	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Evitar la contaminación de suelos, aguas superficiales y subterráneas
ACTUACIONES DE CONTROL	
De forma previa a la emisión el Acta de Replanteo se analizará la localización de todas las instalaciones auxiliares y provisionales, comprobando que se sitúan en la zona de mayor capacidad de acogida. La zona de mantenimiento y el parque de maquinaria deberán estar cubiertos por solera de hormigón para asegurar su impermeabilidad y, por tanto, la imposibilidad de afección a las aguas superficiales y subterráneas. Se controlarán periódicamente las actividades realizadas en las instalaciones de obra y parque de maquinaria, en especial: Cambios de aceite de maquinaria. Gestión de residuos. Instalaciones de recogida y depósito temporal de residuos, transporte y gestión final por tratamiento de residuos o vertedero autorizado. Lavado de vehículos. Se vigilará que no se realice en las cercanías de ningún cauce, únicamente en las zonas habilitadas para tal fin. El almacenamiento de cualquier líquido, materia prima o residuo, susceptible de contaminar aguas, suelo u otros materiales, deberá realizarse a cubierto y sobre cubeto de contención. La capacidad de retención de este cubeto será la mayor de las siguientes: - 100 % de la capacidad del depósito asociado más grande. - 30 % de la capacidad total de los depósitos contenidos en el cubeto. Dicho cubeto deberá ser estanco y resistente a los productos contenidos, no disponiendo de ningún sistema de evacuación por gravedad. Asimismo en un mismo cubeto no deberán instalarse depósitos de sustancias incompatibles por reacción.	
Lugar de Inspección	Se realizarán inspecciones en toda la obra, para verificar que no se produce ninguna instalación no autorizada. Serán lugares de inspección todas las instalaciones auxiliares.
Periodicidad	Los controles se realizarán durante la Fase de Construcción.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Destino de sustancias contaminantes, basuras, operaciones de mantenimiento de maquinaria, etc.
Umbrales críticos para esos parámetros	Se considerará inadmisible cualquier contravención a lo expuesto en este apartado.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si se detectase cualquier alteración, se deberá limpiar y restaurar la zona que eventualmente pudiera haber sido dañada.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA-Apartado D1.3, D1.4, D1.5, Apartado D2.1, D2.5, D2.6

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN - OTRAS ACTUACIONES DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO GENERAL EN OBRA **UBICACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE ZONAS DE BARRERAS Y ACOPIOS.**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Será objeto de control que la ubicación y explotación de las zonas de préstamos (si procede) y barreras no conlleven afecciones a zonas o elementos singulares ambientalmente. Aquellas áreas de préstamo, vertido o acopio temporal que no estén contempladas en el Proyecto deberán ser objeto de autorización ambiental conforme a la Ley Foral 4/2005, de 22 de marzo, de intervención para la protección ambiental y el Decreto Foral 93/2006 que la desarrolla.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se controlará que los materiales sobrantes sean retirados a los lugares de destino de la forma más rápida posible, y que no se acopian en la zona exterior de las obras, especialmente, en la red de drenaje superficial. Se verificará que los materiales son acopiados únicamente en los lugares autorizados para ello según las barreras de materiales inertes incluidos en Proyecto, y se controlará que las condiciones de almacenamiento garanticen la ausencia de contaminación de aguas y suelos por arrastres o lixiviados. Caso de existir préstamos, se comprobará que los materiales extraídos llegan a los lugares de destino de la forma más rápida posible, y que no se acopian en la zona exterior de las obras, especialmente, en la red de drenaje superficial. Si existiesen zonas de acopio de materiales peligrosos, perjudiciales o altamente contaminantes se señalizarán convenientemente, comprobándose asimismo que se ubican en terrenos especialmente habilitados e impermeabilizados.	
Lugar de Inspección	Zonas de vertederos y acopios y, en general toda la obra y su entorno próximo para verificar que no existen acopios o vertidos no autorizados.
Periodicidad	Los controles se realizarán durante toda la Fase de Construcción, de forma semestral.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Los parámetros a controlar serán: presencia de acopios no previstos; forma de acopio de materiales peligrosos; zonas de préstamos o vertederos incontroladas.
Umbrales críticos para esos parámetros	No se aceptará la formación de ningún tipo de vertedero, acopios o zona de préstamos fuera de las áreas acondicionadas para tal fin.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si se detectase la formación de vertederos, zonas de préstamos o acopios incorrectos, se informará con carácter de urgencia, para que las zonas sean limpiadas y restauradas
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	Préstamos y/o barreras de materiales inertes incluidos en Proyecto DIA-Apartado C2.5 y Apartado D1.1,D1.2

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN - OTRAS ACTUACIONES DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO GENERAL EN OBRA **CONTROL DE ACCESOS TEMPORALES**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Evitar afecciones no previstas a consecuencia de la apertura de caminos de obra y accesos temporales no previstos.
ACTUACIONES DE CONTROL	
De forma previa a la firma del Acta de Replanteo se analizarán los accesos previstos para la obra y los caminos auxiliares, que se replantearán junto con el resto de las actuaciones de obra. Periódicamente se verificará que no se han construido caminos nuevos no previstos	
Lugar de Inspección	Toda la zona de obras y su entorno.
Periodicidad	Se realizará una visita previa a la firma del Acta de Replanteo, y visitas semestrales.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Caminos empleados en las obras.
Umbrales críticos para esos parámetros	No se considerará aceptable la apertura de caminos de obra nuevos sin autorización. Si se precisase algún acceso o camino no previsto, se analizarán las posibilidades existentes, seleccionando el que menos afecte al entorno, y se diseñarán las medidas para la restauración de la zona una vez finalizadas las obras.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En todos los caminos de obra y accesos temporales que no se mantengan de forma definitiva o queden ocupados por la carretera, se deberá proceder a su desmantelamiento y restauración, con los criterios aportados en el Proyecto de Construcción.
Documentación generada durante el control	La localización de accesos y caminos de obra se reflejará en el primer informe. Las conclusiones de esta actuación se recogerán en el informe final. Si se detectase algún incumplimiento, se recogerá en los informes trimestrales del PVA. Si a consecuencia de la apertura de un camino no previsto se afectase alguna zona de alto valor natural o cultural se emitirá un informe extraordinario.
Documentación de referencia	DIA-Apartado D8.8

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN - OTRAS ACTUACIONES DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO GENERAL EN OBRA **CONTROL DEL MOVIMIENTO DE MAQUINARIA**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Controlar que no se realicen movimientos incontrolados de maquinaria, con el fin de evitar afecciones innecesarias a la red de drenaje natural, a las características de los suelos, a los recursos culturales o a la vegetación y, por consiguiente, a los diferentes hábitats faunísticos.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se controlará que la maquinaria restringe sus movimientos a las zonas estrictamente de obras, previamente jalonadas de acuerdo con lo previsto en el Proyecto. Para prevenir posibles afecciones, se informará al personal ejecutante de la obra de los lugares de mayor valor ambiental y de la utilidad de los jalonamientos	
Lugar de Inspección	Se controlará toda la zona de obras, y en especial las zonas con recursos naturales o culturales valiosos.
Periodicidad	Se realizarán, con carácter trimestral, inspecciones de toda la zona de obras y su entorno. Se comprobará asimismo el estado del jalonamiento provisional.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Maquinaria de obras.
Umbrales críticos para esos parámetros	Como umbral inadmisible se considera el movimiento incontrolado de cualquier máquina y, de forma especial, aquella que eventualmente pudiera dañar a recursos de interés. Se verificará el jalonamiento.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si se produjese algún daño por movimiento incontrolado de maquinaria, se procederá a la restauración de la zona afectada.
Documentación de referencia o generada durante el control	Los resultados de estos controles se recogerán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA-Apartado D1.3, Apartado E3, Apartado E4,

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN - OTRAS ACTUACIONES DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO GENERAL EN OBRA **DESMANTELAMIENTO DE INSTALACIONES Y LIMPIEZA DE OBRAS**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Verificar que a la finalización de las obras se desmantelan todas las instalaciones auxiliares y se procede a la limpieza de los terrenos.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Antes de la firma del Acta de Recepción se procederá a realizar una inspección general de toda la zona de obras, verificando su limpieza y el desmantelamiento y retirada de todas las instalaciones auxiliares.	
Lugar de Inspección	Todas las zonas afectadas por las obras.
Periodicidad	Una inspección al finalizar las obras, antes de la firma del Acta de Recepción.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Residuos y restos de obras.
Umbrales críticos para esos parámetros	No será aceptable la presencia de ningún tipo de residuo o resto de las obras.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si se detectase alguna zona con restos de la obra se deberá proceder a su limpieza inmediata, antes de realizar la recepción de la obra.
Documentación de referencia o generada durante el control	Los resultados de esta inspección se recogerán en el informe final de la Fase de Construcción
Documentación de referencia	DIA- Apartado E6

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.4 FASE DE EXPLOTACIÓN

1.4.1 OBJETIVO DEL PVA EN FASE DE EXPLOTACIÓN

Durante la segunda fase, la explotación minera, el Programa de Vigilancia y Seguimiento Ambiental tendrá como objetivo:

- Comprobar la efectividad de las medidas correctoras y preventivas aplicadas durante la Fase de Construcción. En caso de no cumplir con los objetivos previstos plantear el refuerzo o complementación de estas medidas.
- Verificar la ejecución de las labores de conservación y mantenimiento que pudieran precisar las medidas ejecutadas, en especial las referidas a la cubierta vegetal implantada, como riegos, resiembras o reposición de marras.
- Determinar las afecciones de la actividad sobre el medio, considerando la efectividad de las medidas protectoras y correctoras, comprobando su adecuación al Estudio de Impacto Ambiental Refundido, y determinando los impactos residuales.
- Detectar afecciones no previstas en el Estudio de Impacto Ambiental Refundido y articular las medidas necesarias para evitarlas o corregirlas.

1.4.2 ACTUACIONES DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO

En este apartado, al igual que en la fase primera, se presentan las actuaciones de vigilancia y seguimiento sobre los distintos recursos del medio, que serán la base para la elaboración de las fichas para la vigilancia y seguimiento ambiental sobre el terreno.

El desarrollo de estas actuaciones muestra una serie de parámetros y medidas ambientales a controlar, para los cuales se fijan unos umbrales de afección máximos para vigilar su cumplimiento. En el caso de que fueran sobrepasados, se deberán llevar a cabo medidas complementarias a las establecidas o bien en el mayor nivel de desarrollo de éstas.

El control sobre los parámetros ambientales y su cuantificación permite conocer la eficacia de las medidas correctoras propuestas, conocer el impacto residual en el medio y detectar e identificar nuevos impactos ambientales no previstos por los estudios anteriores.

En este apartado, las actuaciones de control se estructuran en forma de fichas que incluyen los siguientes aspectos:

- Objetivo
- Actuaciones de control:
  - Tipo de control
  - Lugar de inspección
  - Periodicidad
  - Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico
  - Parámetros sometidos a control
  - Umbrales críticos para dichos parámetros

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos
- Documentación de referencia o generada durante el control

Las actuaciones descritas para cada recurso del medio, son la base para llevar a cabo la vigilancia y seguimiento ambiental de la explotación. Su implementación en esta fase se llevará a cabo cumplimentando unas fichas para la vigilancia y seguimiento ambiental sobre el terreno que, constituirán el pilar fundamental del PVA y que concretarán la siguiente información:

- Localización de los puntos inspeccionados
- Resultados de las inspecciones

A continuación, se detalla el contenido de las distintas actuaciones derivadas del control de los recursos del medio que se verán afectados en la Fase de Explotación.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.4.2.1 GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO

En fase de explotación, las afecciones a la geología y la geomorfología se pueden producir principalmente como consecuencia de la explotación interna de la mina.

- La explotación de las cámaras mineras implica un riesgo de subsidencias del terreno.
- El método de arranque se producirá por minadores y rozadoras que generarán una serie de vibraciones en el terreno.
- Debido a las labores de explotación se contempla la posibilidad de fenómenos de sismicidad.
- Las vibraciones generadas por la explotación comprenden las producidas por el método de arranque.
- En fase de explotación, se puede producir la aparición de eflorescencias salinas.

Las principales medidas preventivas y correctoras adoptadas para minimizar o anular los impactos identificados consisten en:

- Se realizarán inspecciones para determinar la posible aparición de eflorescencias salinas constituidas principalmente por sulfatos y cloruros.
- Se realizará seguimiento de los procesos erosivos
- Seguimiento de la subsidencia mediante el Plan de Monitorización, que plantea un control en superficie complementado con el control en entornos sensibles, así como el control de la convergencia en profundidad en el entorno minero.
- El control de la convergencia en el interior de la explotación se llevará a cabo mediante un conjunto de medidas de control (control de hitos topográficos en superficie, levantamiento geotécnico del frente, estaciones de convergencia cada 50 metros, extensómetros de varilla cada 100 metros, piezómetros de cuerda vibrante, etc.). Los datos se tomarán con periodicidad variable en función de la posición respecto al frente de avance (diaria, cada tres días, semanal, mensual o trimestral, o en continuo si dispone de sensores). Se establecen umbrales críticos para los parámetros a medir y se definen medidas complementarias si se rebasan, destinadas a asegurar la explotación.
- Para el control de la subsidencia en superficie, se define una red de control de puntos topográficos (bases topográficas, prismas topográficos, hitos de nivelación y combinados, extensómetros, clavos de nivelación) distribuidos según un mallado de 300x300 metros y de 150x150 metros en los núcleos urbanos y Canal de Bardenas, y se tomarán lecturas de las coordenadas UTM como mínimo cada tres meses (en continuo para los hitos monitorizados) mediante equipos topográficos (estación total, prismas de control, GPS y LIDAR), registrando asiento del terreno en superficie, asiento del terreno en profundidad, desplazamiento horizontal del terreno en profundidad, movimientos en edificaciones y estructuras próximas, asientos verticales y modificaciones en el régimen hidrostático.
- En caso de alcanzar los umbrales críticos en estructuras, el plan de monitorización prevé una serie de medidas complementarias (refuerzos de sostenimiento, medidas de aseguramiento estructural, etc.) que se llevarán a cabo mediante un protocolo de actuación, siempre en

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

colaboración con los organismos competentes en minería y patrimonio de la comunidad autónoma o con la CHE si afecta al canal Bardenas.

- En las cámaras de la explotación se llevará a cabo un bulonaje adecuado que proporcionará mayor estabilidad al techo y evitar fenómenos de despegue de estratos
- Se priorizará el desarrollo en primer lugar de aquellas cámaras más alejadas de los núcleos de población, del Canal de Bardenas y del Castillo de Javier, de manera que antes de proceder a excavaciones a menos de 1000 metros de distancia en la horizontal de estos elementos, se disponga de información geotécnica suficientemente contrastada como para poder validar el modelo de subsidencia presentado.
- Cualquier valor de subsidencia registrada en el correspondiente plan de monitorización (hitos topográficos y LIDAR) que se considere anómalo por exceso comparado con el modelo matemático de subsidencia presentado, conllevará la correspondiente información al Servicio de Minas correspondiente quien determinará, conjuntamente con la empresa, las medidas a adoptar e incluso la paralización de la actividad extractiva.
- Como medida de seguridad frente a la subsidencia, la autoridad sustantiva aplicará los protocolos previstos o prescribirá las actuaciones que considere oportunas. Durante la revisión del plan anual de labores se informará de los tiempos de relleno de cámaras. En el caso de superar a los 28 días en el porcentaje de las cámaras que se encuentran abiertas que considere oportuno, de acuerdo con el criterio técnico se aplicarán los protocolos e instrucciones de la autoridad minera.
- Se contempla el establecimiento de una red de monitorización microsísmica para el seguimiento de la sismicidad. Adicionalmente, se efectuará un seguimiento de las vibraciones asociadas al método de arranque.
- Una vez establecida la red sísmica, se llevará a cabo un Plan de Seguimiento, Monitorización e Interpretación de los datos obtenidos. Se elaborarán notas informativas trimestrales sobre los registros recibidos y la localización de los eventos, elaborando un informe anual sobre la sismicidad en el año, en el cual se analizará la distribución temporal y espacial de los eventos. Adicionalmente, se procederá a la supervisión diaria del estado de funcionamiento de la red y sus distintos elementos.
- Durante el periodo de monitorización tuviera lugar un evento de magnitud superior a 3, se prevé la realización de un seguimiento exhaustivo y la localización rápida de los eventos, con envío de resultados de forma automática al promotor, a la CHE y al IGN, sin necesidad de esperar a la nota informativa trimestral. Los umbrales críticos serán fijados por el órgano sustantivo, procediéndose de acuerdo al protocolo propuesto por la empresa y aprobado por el órgano competente.

El Plan de Monitorización de la Subsidencia se recoge en el anexo 01.

El seguimiento de la realización de estas medidas y su eficacia se desarrolla en las siguientes fichas:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO SEGUIMIENTO DE LOS NIVELES EROSIVOS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Determinar la existencia de fenómenos erosivos no previstos y proponer las medidas de corrección en su caso.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Inspecciones visuales de todas las áreas de la explotación	
Lugar de Inspección	Las inspecciones se realizarán en todas aquellas superficies que fueron afectadas por el Proyecto.
Periodicidad	Trimestralmente.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipo de vigilancia. La inspección será visual. Cinta métrica
Parámetros sometidos a control	Presencia de regueros o cualquier tipo de erosión hídrica.
Umbrales críticos para esos parámetros	El umbral máximo será el establecido en la clase 3 según la escala DEBELLE (1971). Se controlarán las características técnicas, materiales y dimensiones de las medidas ejecutadas, haciendo constar si se consideran suficientes.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En caso de sobrepasarse el umbral máximo admisible, se propondrán las medidas correctoras que sean necesarias desarrolladas en el Proyecto.
Documentación generada durante el control	Los resultados de las inspecciones y las eventuales propuestas de corrección se recogerán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA- Apartado D1 y Apartado E.1

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO DETECCIÓN DE EFLORESCENCIAS SALINAS SUPERFICIALES	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Determinar la existencia de eflorescencias salinas superficiales
ACTUACIONES DE CONTROL	
Inspecciones visuales en la zona de la explotación, así como en las zonas lindantes con la misma para determinar la posible aparición de eflorescencias salinas	
Lugar de Inspección	Las inspecciones se realizarán en todas aquellas superficies afectadas por el Proyecto.
Periodicidad	Semestralmente
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipo de vigilancia. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Presencia de costras o eflorescencias salinas en superficie.
Umbrales críticos para esos parámetros	No será aceptable la presencia de ningún tipo de costra o eflorescencia salina.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si se detectase alguna zona con presencia de eflorescencia se determinará la procedencia de la capa freática mineralizada que la originó.
Documentación generada durante el control	Los resultados de las inspecciones se recogerán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA- Apartado E1

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN SUPERFICIE	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Asegurar la estabilidad del terreno, canal e infraestructuras en superficie y detección de posibles movimientos ocasionados por las actividades mineras.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Plan de auscultación y monitorización de la subsidencia Control y mantenimiento de accesos, análisis de sensibilidad de construcciones. Control del estado de los puntos de medida, mediante inspección visual a lo largo del canal de Bardenas Medición y control de movimientos, desplazamientos o asentamientos del terreno y de la aparición de posibles subsidencias, detección de signos de inestabilidad. Monitoreo y seguimiento de la red de control topográfico en superficie para determinar posibles variaciones en XYZ mediante GPS y/o estación total o Satélite InSAR. Inspecciones visuales del estado de las infraestructuras y edificaciones en superficie. Detección mediante inspecciones visuales de fisuras, desplomes u otras anomalías. Verificar el funcionamiento de los instrumentos de control mediante lectura de puntos de referencia fuera de la influencia de la cubeta de subsidencia. Controlar el nivel freático en los municipios Instalar clavos de nivelación en la facha de estructuras de patrimonio.	
Lugar de Inspección	En todo el entorno del yacimiento A lo largo de la traza del canal y en la red de hitos topográficos definidos En torno a los municipios de Javier y Undués de Lerda. En edificios, carreteras y red de tubería entre otras infraestructuras En estructuras, instalaciones y edificaciones situadas en el área de influencia por subsidencia
Periodicidad	Las lecturas de los instrumentos se realizan con periodicidad variable en función del desarrollo de las actividades mineras y de los resultados obtenidos - En continuo los instrumentos que estén monitorizados - Trimestralmente lectura de todos los niveles topográficos/extensómetros/InSAR - Anualmente, durante el vaciado del canal: contraste mediante georradar - Cada dos años control LIDAR
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Instrumentación en superficie (hitos, primas, clavos, bases) y equipos topográficos de medida: GPS, Estación total, LIDAR, hitos de nivelación, prismas topográficos, fisurómetros mecánicos, esclerómetro, georradar, interferometría SAR El seguimiento y medición por ambas técnicas será realizado por el jefe de Topografía de la explotación o la empresa topográfica contratada
Parámetros sometidos a control	La variación de las coordenadas XYZ de cada punto de control. - Asentamiento del terreno en superficie - Asentamiento del terreno en profundidad - Desplazamiento horizontal del terreno en profundidad - Movimientos en edificaciones y estructuras próximas Control sobre el canal de Bardenas: - Empujes provocados por el terreno y el agua - Deformaciones y tensiones internas en el sostenimiento - Desplazamiento y/o movimientos en el sostenimiento - Movimientos inducidos en el terreno y afecciones en edificaciones o estructuras existentes Modificaciones del régimen hidrostático - Asientos verticales Castillo de San Javier:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

FASE DE EXPLOTACIÓN-GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO
SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN SUPERFICIE

- Desplazamientos y/o movimientos de la estructura del castillo
- Asientos verticales

En las poblaciones de Javier y Undués de Lerda:

- Movimientos inducidos en el terreno y afecciones en edificaciones o estructuras existentes
- Modificaciones del régimen hidrostático
- Asientos verticales

Umbrales críticos para esos parámetros

Umbral de control	Distorsión angular
Zonas sin edificación	>1/50

Movimiento máximo admisible en zonas libres de estructuras:

Tipo de estructura	Distorsión angular
Zona libre de estructuras y sin firme	1/100
Zona libre de estructuras con firme	1/200

Movimientos máximos admisibles sobre estructuras subterráneas al excavar por debajo de ellas son:

Tipo de estructura	Distorsión angular
Túneles M. Tradicional	1/2000

Deformaciones admisibles para edificios monumentales:

Sensibilidad a movimientos	Distorsión angular
Baja	1/2250-1/2500
Media	1/1500- 1/1900
Alta	1/6000

En las poblaciones de Javier y Undués de Lerda:

Umbral de alerta de control	Distorsión angular	Deformación unitaria (%)
Edificios cimentados profundos o con losa, en buen estado Conducciones de gas	>1/500	>0,20
Edificios cimentados superficialmente, sin daños aparentes	>1/1000	>0,20

Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos

Según sea la evaluación previa a las actividades mineras se pueden establecer medidas de aseguramiento estructural.

Se deberá avisar a la Dirección de obra y seguir las instrucciones correctoras que se precisen.

Cualquier valor de subsidencia registrado en el plan de monitorización que se considere anómalo por exceso comparado con el modelo de subsidencia matemático presentado, conllevará la detección de la actividad extractiva y la toma de medidas adicionales para evitar en lo posible un aumento de la subsidencia.

Según sean los resultados de la evolución topográfica, puede resultar necesaria la adopción de medidas constructivas y refuerzos en las estructuras

En el canal Bardenas se actuará atendiendo a las indicaciones establecidas por la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE)

En el Castillo San Javier las intervenciones se harán de acuerdo con el marco legal general sobre el patrimonio histórico de la Comunidad Foral de Navarra

Documentación generada durante el control

Informes trimestrales del PVA en los que se reflejarán los resultados de los controles

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN SUPERFICIE	
Documentación de referencia	Planos de hundimiento Plan de Monitorización de subsidencia "Inspección del estado actual del Canal de Bardenas del P.K. 0+430 al P.K. 6+040" de Compás Consultores Plano de control y seguimiento de instalaciones de residuos mineros Plano de subsidencia del Proyecto de Explotación Planos de Isohundimiento DIA- Apartado D1 y Apartado E.1

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO PLAN DE AUSCULTACIÓN DE LA SUBSIDENCIA DEL ENTORNO MINERO EN PROFUNDIDAD	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Aseguramiento de la estabilidad de la mina y de las estructuras del entorno
ACTUACIONES DE CONTROL	
Control de movimientos, desplazamientos o asentamientos del terreno y de la aparición de posibles subsidencias. Monitoreo y seguimiento de la red de control topográfico en superficie para determinar las posibles variaciones en XYZ. Control del estado y calidad de los materiales. Verificar el funcionamiento de los instrumentos de control mediante lecturas de puntos de referencia fuera de la influencia de la cubeta de subsidencia.	
Lugar de Inspección	Monitorización en todo el entorno del yacimiento Municipios cercanos a la explotación y terreno en superficie Estructuras, instalaciones y edificaciones situadas en el área de influencia por subsidencia
Periodicidad	Las lecturas de los instrumentos se realizan con periodicidad variable en función de la posición de las estaciones y puntos de control respecto al avance del frente de mina: **Frecuencia de lectura de secciones de auscultación** / **Duración periodo de lectura** Diariamente / Durante el avance Cada tres días / Durante una semana, una vez el frente de avance supere los tres diámetros de la sección Semanalmente / Durante un mes Mensualmente / Durante un mínimo de tres meses hasta su estabilización (mínimo tres meses) Mediciones trimestrales de los hitos y prismas topográficos instalados en superficie para el control de subsidencia La red de piezómetros de control se medirá mensualmente o en continuo sí disponen de sensores
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipos de medida: - Equipo de topografía, estación total o GPS - Cinta extensiométrica - Fisurómetros Detección mediante inspecciones visuales de fisuras, desplomes u otras anomalías Personal involucrado en las tareas de control: - Responsable de auscultación especialista en geotecnia - Técnico especialista en instrumentación - Ingeniero topógrafo - Empresa topográfica contratada
Parámetros sometidos a control	Durante el levantamiento geotécnico del frente de excavación: Discontinuidades, Q de Barton y RMR. Durante las diferentes fases de explotación de interior: - Convergencias en galerías mineras - Empujes del terreno - Estado tensional de los elementos estructurales, sostenimientos,

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

<table>
<tr><th colspan="2">FASE DE EXPLOTACIÓN-GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO
PLAN DE AUSCULTACIÓN DE LA SUBSIDENCIA DEL ENTORNO MINERO EN PROFUNDIDAD</th></tr>
<tr><td></td><td>arriostramientos, etc.
- Fuerza del estado de anclajes
- Presiones de agua freática
En superficie:
- Asiento del terreno en superficie
- Desplazamiento horizontal del terreno
- Movimientos en edificaciones y estructuras próximas</td></tr>
<tr><td>Umbrales críticos para esos parámetros</td><td>Los umbrales críticos para esos parámetros serán definidos por la autoridad competente.
<table>
<tr><th>Dispositivo de control</th><th>Umbral de alerta</th></tr>
<tr><td>Extensiómetros de varillas</td><td>±20 mm</td></tr>
<tr><td>Convergencias</td><td>±40 mm</td></tr>
<tr><td>Piezómetros de cuerda vibrante</td><td>±5 m.c.a</td></tr>
<tr><td>Hitos topográficos en superficie</td><td>>25 mm</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos</td><td>Se deberá comunicar a la dirección de obra
Se pueden establecer medidas de aseguramiento estructural adicionales
Llegar al nivel de riesgos provocará automáticamente la aplicación de un refuerzo del sostenimiento</td></tr>
<tr><td>Documentación generada durante el control</td><td>Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA</td></tr>
<tr><td>Documentación de referencia</td><td>Plan de Auscultación y monitorización de la subsidencia
Plano de Subsidencia del Proyecto de Explotación
DIA- Apartado E.1</td></tr>
</table>

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO SEGUIMIENTO DE LA SISMICIDAD NATURAL	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Seguimiento de la red de sismicidad establecida en superficie en las fases de construcción y explotación.

ACTUACIONES DE CONTROL

Se establecerá una red de control sísmico para realizar el seguimiento de la sismicidad natural.

La red estará formada por 5 estaciones sísmicas. 4 de ellas pertenecientes a la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) y una de nueva instalación por parte del promotor.

Estaciones sísmicas:

Estación	Coordenada X	Coordenada Y
Yesa A	633972	4721979
Yesa C	652525	4702244
Yesa F	653275	4715704
Yesa G	662571	4716701
Nueva estación	645817	4711856

La situación de las estaciones sísmicas de nueva instalación podrá variar en su ejecución.

La nueva estación se integrará junto con las estaciones preexistentes en el Sistema de comunicaciones de la CHE. Todas ellas reportarán los datos al Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Lugar de Inspección	5 estaciones símicas
Periodicidad	Mediciones en continuo. Trimestralmente se comprobará la operatividad de las estaciones. Se elaborará un informe anual sobre sismicidad en el año. Supervisión diaria del estado de funcionamiento de la red y sus distintos elementos.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	La instrumentación de cada estación sísmica y el vuelco de datos. El responsable del seguimiento será el Director de Geología de la explotación.
Parámetros sometidos a control	Amplitud y propagación de las ondas sísmicas registradas por los sismógrafos
Umbrales críticos para esos parámetros	Los umbrales críticos serán fijados por el órgano sustantivo, procediéndose de acuerdo al protocolo establecido por el órgano competente.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En el caso de alcanzarse los umbrales críticos se procederá según el protocolo establecido por la autoridad competente. En caso de que durante el periodo de monitorización tuviera lugar un evento de magnitud superior a 3, se prevé la realización de un seguimiento exhaustivo y la localización rápida de los eventos, con envío de resultados automáticamente al promotor, al IGN y a la CHE, sin necesidad de esperar a la nota informativa trimestral.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA -Apartado E1 Plan de Monitorización microsísmica

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELO CONTROL DE VIBRACIONES	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Verificar el correcto estado de los edificios cercanos, incluidas instalaciones de superficie y de los taludes de la explotación en cuanto a daños estructurales.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Durante el desarrollo de la explotación se comprobará el estudio sobre previsión de las vibraciones en campo realizando mediciones y registros de las ondas generadas por el método de arranque para determinar nuevamente las velocidades de propagación. Para el control de vibraciones por voladuras, se realizará mediante la instalación de acelerómetros en las proximidades de los núcleos urbanos cercanos.	
Lugar de Inspección	Zonas de taludes de la explotación y edificios cercanos
Periodicidad	Se realizará como mínimo un estudio de vibraciones en campo.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Las mediciones efectuadas serán efectuadas por una empresa externa con experiencia en este tipo de trabajos.
Parámetros sometidos a control	Nivel de vibraciones generado durante el desarrollo de la explotación.
Umbrales críticos para esos parámetros	Los umbrales serán los definidos en la normativa vigente.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Caso de producirse afecciones se repararán los daños ocasionados. Una vez estudiado y determinado el origen, se estudiará procedimiento más adecuado para su minimización.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los análisis se recogerán en un anejo al informe correspondiente.
Documentación de referencia	Estudio sobre previsión de las vibraciones asociadas al método de arranque que se va a utilizar en la explotación de la Mina Muga. Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre DIA- Apartado D9.1

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.4.2.2 AGUA

Las principales afecciones potenciales al sistema hídrico durante la Fase de Explotación pueden ser:

- Afecciones a la calidad de las aguas superficiales y subterráneas por salinización, debidas a vertidos, fugas o derrames de productos salinos manejados en las instalaciones (sólidos o salmueras)
- Afecciones a la calidad de las aguas superficiales y subterráneas por derrames, vertidos o fugas de otros productos contaminantes o peligrosos (especialmente, hidrocarburos) derivados de mantenimiento de maquinaria y otras actividades auxiliares.
- Detracción de caudales (canal de Bardenas) para suministros puntuales
- Afección a los niveles freáticos y caudales de aguas subterráneas por posibles drenajes en áreas específicas (rampas de mina).

Se han previsto varias medidas correctoras y preventivas para estas afecciones en fase de explotación, que consisten principalmente en:

- El diseño del proceso orientado al "vertido cero" para evitar vertidos de aguas salobres al medio hídrico. No existirán vertidos de proceso, y únicamente se generarán efluentes de aguas sanitarias y de pluviales hidrocarburadas, que por sus características no se pueden reciclar al proceso, siempre y cuando no estén salinizadas y cumplan los parámetros que el órgano de cuenca determine.
- Establecimiento de una red de recogida de drenajes de aguas salinas, para su reciclado al proceso (balsa de regulación de salmueras).
- Establecimiento de sistemas de depuración de las aguas residuales generadas (urbanas, pluviales hidrocarburadas) previos a su vertido a cauce.
- Establecimiento de medidas de control de fugas y derrames: cunetas perimetrales, impermeabilización superficial de áreas potencialmente afectadas (áreas de mantenimiento y parques de maquinaria)
- Impermeabilización y establecimiento de medidas de control de fugas en depósitos de residuos salinos y balsas de salmueras, lixiviados y de evaporación).
- Otras medidas de protección de cauces, ya indicadas en la fase de construcción.
- Establecimiento de una red de puntos de control para monitorización y seguimiento del estado cuantitativo y cualitativo de las masas de agua superficiales y subterráneas potencialmente afectadas por la actividad.

Se incorporarán, además, las medidas que se establezcan con motivo de la obtención de autorizaciones y permisos pendientes, y en especial, las autorizaciones de vertido por parte de la CHE.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

El objetivo del PVA en este apartado es evaluar la eficacia de las medidas correctoras planteadas, y detectar, en su caso, cualquier incidencia no prevista que suponga un impacto adicional a los considerados admisibles. Para ello, en la fase de explotación, se desarrollarán las siguientes actividades:

1. **Vigilancia de las obras de drenaje y canalización**: Comprobando la funcionalidad de desvíos de cauces, cunetas o canalizaciones de aguas pluviales, y detectar posibles incidencias que requieran medidas correctoras.
2. **Seguimiento de los dispositivos de retención/tratamiento de efluentes**. Se mantendrá el seguimiento de la fase de construcción, para verificar su adecuado funcionamiento y detectar posibles incidencias que requieran medidas correctoras.
3. **Seguimiento de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas**. Se desarrollará el seguimiento, sobre la Red de Control completa y totalmente instrumentalizada (en los puntos previstos para ello).

Las acciones previstas son, en su mayor parte, continuación de las ya implementadas en la fase de construcción, y se beneficiarán del registro histórico de datos, especialmente de los relativos al seguimiento de la calidad de las masas de agua en la zona de influencia de la actividad.

Además de lo anterior, se integrará en el PVA el seguimiento y la inspección periódica de las balsas y depósitos, que se establecerán en el Apéndice VIIII.I del Proyecto Constructivo *Control y seguimiento de Instalaciones de Residuos Mineros*, elaborado en virtud de lo dispuesto en el *RD 975/2009 sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras*. (muchas de ellas coincidentes con las ya reflejadas en el presente PVA). La entidad explotadora llevará un Libro Registro en el que se contemplen los seguimientos e inspecciones, así como cualquier suceso y actividad relacionado con la gestión de las instalaciones y de los propios residuos mineros, que estará a disposición de la autoridad competente.

La red de control de calidad del medio hídrico (incluyendo aguas superficiales y subterráneas) se describe y justifica en el anexo ***APX 02. Red de control del medio hídrico*** de este PVA. El anexo ***APX03. Tabla Puntos Red control de aguas*** incluye el listado de puntos de control (este listado tiene carácter provisional, en particular al número y posición de piezómetros de control). Estos puntos se reflejan también en el ***Plano 02: Red de Control del Medio Hídrico***. Al inicio de la actividad, la red estará totalmente desplegada y operativa, incluyendo la instrumentación requerida para las determinaciones en continuo.

Al igual que para la fase de obras, la definición precisa de las medidas de vigilancia y seguimiento está pendiente de la obtención de algunos permisos específicos, y en particular, de los siguientes:

- Autorización de vertido a cauce público, en la que se fijarán, entre otros aspectos, los parámetros a determinar y los valores límite de calidad y las frecuencias de medición (a falta de su definición y como se indica en la DIA, se asumen mediciones trimestrales).
- Concesiones de captación de agua procedente del DPH (superficiales y subterráneas o reutilizadas), con su condicionado correspondiente.
- Concesión de captación de agua del canal de las Bardenas, en caso de que incluyera algún tipo de condicionado (p.e. medición de caudales detraídos).
- Autorizaciones particulares de obras en DPH, con sus correspondientes condicionados.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Los resultados de las medidas de vigilancia y seguimiento se incluirán en los informes periódicos, que se remitirán a las administraciones sustantivas y órganos ambientales de Navarra y Aragón. Podrán ser requeridos otros informes sobre aspectos particulares por parte de otros entes administrativos.

Cada una de las acciones previstas se desarrolla en su correspondiente ficha, que se incluye a continuación.

Además de las indicadas, se tendrán en cuenta las medidas de control y vigilancia contempladas en el Plan de Gestión de Residuos Mineros, en lo relativo a controles de depósito de residuos mineros y balsas de aguas salinas (balsas de lixiviados, salmueras y evaporación) y sus drenajes, cunetas y controles de impermeabilización, y que se incluyen como Anexo 05 ***Control y seguimiento de Instalaciones de Residuos Mineros***.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN – AGUAS **SEGUIMIENTO DE INSTALACIONES DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES Y PUNTOS DE VERTIDO**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Comprobar que los sistemas de tratamiento de efluentes cumplen con los requisitos de carácter medioambiental establecidos. Comprobar su funcionalidad en operación y vigilar su estado de conservación y mantenimiento de estas instalaciones.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se comprobará, periódicamente y tras episodios de lluvias, la funcionalidad de los sistemas construidos, y se realizará la vigilancia de posibles incidencias. La planificación de la vigilancia incluirá las condiciones que se prescriban en las correspondientes autorizaciones de vertido.	
Lugar de Inspección	Instalaciones de tratamiento de efluentes y sus puntos de vertido.
Periodicidad	Inspección de sistema de drenaje en espina de pez: diaria. Inspecciones ordinarias: mensuales Inspecciones extraordinaria: tras episodios de lluvias intensas o continuadas, o en caso de observación de incidencias.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipo de vigilancia ambiental. En campo, la inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	- volumen acumulado - estado general - limpieza - acumulación de sedimentos, lodos o flotantes - estado de puntos de desagüe - funcionalidad de equipos auxiliares - stocks de reactivos (CO2, coagulantes, polielectrolitos) - estado de elementos de monitorización y seguridad (niveles, aliviaderos, bombeos, etc.). - Vigilancia de registros de drenaje de impermeabilización de fondo de balsas y depósitos (espina de pez) - Erosiones u otros defectos en taludes, terraplenes o impermeabilización - Otros incluidos en los protocolos de Vigilancia y Control de Balsas y de la EDAR
Umbrales críticos para esos parámetros	Valoración cualitativa de las anomalías observadas.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En función de las anomalías se valorarán medidas de conservación (reparación, limpieza), operativas (retirada de residuos, vaciados o trasiegos de emergencia) o de mayor entidad (rediseño y modificaciones).
Documentación generada durante el control	Los resultados de las inspecciones se recogerán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	Planos y especificaciones de dispositivos de decantación y tratamiento del Proyecto. Protocolo de Vigilancia y Control de Balsas (Apéndice 6 del Anexo IX SIGA Actualizado) Protocolo de Vigilancia y Control de la EDAR (Apéndice 7 del Anexo IX SIGA Actualizado) DIA –Apartados D2.4, D2.6, D2.10 y D2.11.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN – AGUAS SEGUIMIENTO DE INSTALACIONES DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES Y PUNTOS DE VERTIDO	
	Condicionado de las autorizaciones de vertido.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN – AGUAS CONTROL ANALÍTICO DE EFLUENTES	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Comprobar la calidad de los efluentes y su adecuación a los requisitos para vertido a DPH establecidos en las autorizaciones de vertido.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Muestreo y análisis de efluentes de los dispositivos de tratamiento de vertidos: - Tratamiento de pluviales - Tratamiento de aguas residuales asimilables a urbanas Está pendiente la obtención de las autorizaciones de vertido por parte de la CHE. En su condicionado se definirán los parámetros a determinar y las frecuencias de medición, así como otras posibles prescripciones. De forma provisional, se adopta la siguiente planificación, acorde con el apartado E.2 de la DIA.	
Lugar de Inspección	Instalaciones de tratamiento de efluentes y puntos de vertido.
Periodicidad	Se medirá en continuo caudal, conductividad y temperatura del efluente. Para muestreo y análisis: - Mensual: Medición *in situ* de caudal y parámetros físico-químicos: conductividad, temperatura y pH. - Trimestral: Mediciones *in* situ + Muestreo y análisis en laboratorio.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipo de vigilancia ambiental. Personal con formación en muestreo y determinaciones *in situ.* Equipos de monitorización en continuo de caudal, conductividad y temperatura. Equipos de medida *in situ* (multiparamétrico o similar). Equipos para medida de caudal (a definir según tipo de medición). Los ensayos de laboratorio se encargarán a entidad acreditada según norma UNE EN ISO/IEC 117025.
Parámetros sometidos a control	Parámetros con medida en continuo: - Caudal - Conductividad - Temperatura Parámetros sometidos a control mensual (*in situ*): - pH - Conductividad - Temperatura Parámetros sometidos a control trimestral (en laboratorio) - pH - Sólidos en suspensión - DQO - DB05 - Aceites y grasas
Umbrales críticos para esos parámetros	Los que se determinen en las correspondientes autorizaciones de vertido.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En caso de que se detecten incumplimientos se valorará la interrupción del vertido, en función de la importancia de la desviación, y se estudiarán las causas del incumplimiento y las medidas correctoras correspondientes. El vertido no se reanudará hasta que las deficiencias hayan sido corregidas; mientras tanto, si es posible, se desviarán los caudales hacia otros elemento de control o, si fuera preciso, se eliminarán externamente (p.e. aguas sanitarias).
Documentación generada durante el control	Los resultados de las inspecciones se recogerán en los informes trimestrales del PVA.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN – AGUAS CONTROL ANALÍTICO DE EFLUENTES	
	Los resultados de los análisis realizados se remitirán a la CHE.
Documentación de referencia	Proyecto de instalaciones de depuración. DIA –Apartado E.2. Condicionado de las autorizaciones de vertido.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN – AGUAS **VIGILANCIA Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Asegurar que no se generan situaciones con potencial impacto en los diferentes cauces naturales y desvíos en el entorno y zona de influencia del emplazamiento. Comprobar que los desvíos de cauces son suficientes para mantener el régimen de circulación de las aguas. Comprobar que las características de los desvíos son adecuadas para el mantenimiento de la fauna y flora.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se realizarán inspecciones visuales de los cauces naturales y desvíos en el entorno y zona de influencia del emplazamiento y actividad minera. Se inspeccionarán igualmente las zonas de las instalaciones susceptibles de generar afecciones a las aguas superficiales.	
Lugar de Inspección	Talleres y zonas de mantenimiento; parques de maquinaria. Áreas de almacenamiento de sustancias susceptibles de contaminar las aguas (productos químicos, residuos u otros). Red de recogida de aguas pluviales. Tramos de cauces y desvíos situados en la zona de influencia de la actividad.
Periodicidad	Inspecciones rutinarias: frecuencia mensual Inspecciones específicas en caso de que se produzcan incidencias o situaciones de riesgo: según necesidad y especialmente tras las crecidas o lluvias intensas
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipo de vigilancia ambiental.
Parámetros sometidos a control	En cauces: - aspecto general - turbidez - coloraciones anómalas - espumas - trazas o cercos coloreados en riberas - afecciones a fauna o flora En parques y almacenamientos: - adecuado manejo de productos químicos, aceites y grasas - ausencia de manchas o derrames - otras incidencias En movimientos de tierras: - pistas y áreas de maniobra alejadas suficientemente de los cauces - medidas de control de escorrentías superficiales (barreras, cunetas, retenciones de sólidos - Otras medidas prescritas
Umbrales críticos para esos parámetros	En el seguimiento tras la puesta en servicio, valoración cualitativa de las anomalías observadas.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si la calidad de las aguas empeorase a consecuencia de las obras, se establecerán medidas de protección y restricción (limitación de movimiento de la maquinaria, tratamiento de márgenes, mayor número de balsas de decantación provisional, etc.). Además se estudiara el origen de la contaminación.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN – AGUAS VIGILANCIA Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	
Documentación generada durante el control	Los resultados de las inspecciones se recogerán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA –Apartado D2.15.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN – AGUAS VIGILANCIA Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Asegurar que no se generan situaciones con potencial impacto en las aguas subterráneas en la zona de influencia de la actividad, y hacer un seguimiento de .sus condiciones.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se inspeccionarán las zonas de las instalaciones susceptibles de generar afecciones al suelo o a las aguas subterráneas. Se mantendrá el control de caudales de drenaje en mina (rampas)	
Lugar de Inspección	Balsas y depósitos Áreas de mantenimiento y parques de maquinaria Áreas de almacenamiento de sustancias susceptibles de contaminar las aguas (carburantes, aceites y grasas, productos químicos, residuos que puedan dar lugar a derrames o lixiviados, u otros)
Periodicidad	Control de caudales drenados en rampas (*jet-grouting*): Diario (a revisar una vez se estabilicen) Inspecciones rutinarias: mensual Inspecciones específicas en caso de que se produzcan incidencias o situaciones de riesgo: según necesidad
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipo de vigilancia ambiental. Equipamiento para medida de caudal (a definir según tipo de medición)
Parámetros sometidos a control	Instalaciones de obra: - estado general - limpieza y orden - adecuado manejo de productos químicos, aceites y grasas - cantidades de productos almacenados - estado de dispositivos de retención de goteos y fugas - disponibilidad de materiales de contención de emergencia (recipientes, absorbentes u otros) - ausencia de manchas o derrames - otras incidencias Balsas: - registros de sistemas de drenaje de fondo Rampas y bocamina: - Caudales de aguas dulces y saladas drenados (control de eficiencia de la impermeabilización por *jet grouting*).
Umbrales críticos para esos parámetros	En el seguimiento de las instalaciones, valoración cualitativa de las anomalías observadas. En el uso de balsas durante la obra: ausencia de fugas (caudal cero en registros de drenajes de fondo).
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En función de las anomalías se valorarán medidas de conservación (reparación, limpieza), operativas (retirada de residuos, vaciados o trasiegos de emergencia) u otras.
Documentación generada durante el control	Los resultados de las inspecciones se recogerán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA –Apartado E.2.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN – AGUAS **SEGUIMIENTO ANALÍTICO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Asegurar que se mantiene la calidad del agua en los diferentes cauces naturales o desvíos en la zona de influencia de la actividad.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se realizarán campañas de muestreo y análisis en los distintos puntos de control de aguas superficiales incluidos en la Red de Control.	
Lugar de Inspección	Puntos de control incluidos en la red de control de aguas, que figuran listados en el anexo *APX03. Tabla Puntos Red control de aguas*, y que se representan en el *Plano 02: Red de Control del Medio Hídrico.*
Periodicidad	Por defecto, las frecuencias de muestreo y análisis serán: - Mensual: Medición *in situ* de caudal y parámetros físico-químicos: pH, conductividad, OD, ORP y temperatura. - Trimestral: Mediciones *in* situ + Muestreo y análisis en laboratorio Estas frecuencias se adaptarán en cada punto a la evolución histórica de los resultados. El plan de control adaptado a estas circunstancias se recoge en el anexo *APX03. Tabla Puntos Red control de aguas.* En caso de detectarse anomalías en la calidad de las aguas, podrá incrementarse la frecuencia de medición en los puntos afectados (y en su entorno, si se considera adecuado).
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipo de vigilancia ambiental. Personal con formación en muestreo y determinaciones *in situ.* Equipos de medida *in situ* (multiparamétrico o similar). Equipos para medida de caudal (a definir según tipo de medición. Dispositivos de medida en continuo, en los puntos en los que esté previsto. Los ensayos de laboratorio se encargarán a entidad acreditada según norma UNE EN ISO/IEC 117025.
Parámetros sometidos a control	Parámetros *in situ*: - pH - Conductividad - Oxígeno disuelto - Potencia redox - Temperatura Parámetros a determinar en laboratorio: - Características básicas: pH, conductividad, turbidez. - Aniones: cloruros, fluoruros, nitratos, sulfatos, fosfatos. - Cationes: calcio, potasio, sodio, magnesio. - Metales pesados: aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobalto, cobre, cromo, hierro, litio, manganeso, molibdeno, níquel, plata, plomo, selenio, talio, vanadio, zinc. - Otros parámetros: alcalinidad, sólidos en suspensión, dureza total, cálcica y magnésica. - Este listado de parámetros podrá modificarse en función de la evolución histórica de los resultados.
Umbrales críticos para esos parámetros	Los valores umbral se definirán a partir del estudio de los datos de la serie histórica recogidos en la red de control, con especial atención a los parámetros indicadores propios de la incidencia de la actividad (conductividad, cloruros, sodio, potasio,…). Dada la existencia de distintos ambientes hidroquímicos, estos valores serán específicos para cada punto (o grupo de puntos de

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN – AGUAS SEGUIMIENTO ANALÍTICO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	
	características homogéneas). Además de los valores absolutos, podrán definirse umbrales relativos a las variaciones o tendencias de evolución. Cuando estén definidos en la normativa en vigor, se utilizarán como valores de referencia los umbrales críticos o NCA recogidos en dicha normativa: - Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si la calidad de las aguas mostrase una tendencia negativa, se realizará un estudio del origen de la alteración y de las medidas correctoras a aplicar. De forma inmediata, podrán aplicarse medidas preventivas adecuadas de protección y restricción.
Documentación generada durante el control	Los resultados de las campañas analíticas se recogerán en los informes trimestrales del PVA. Los resultados de los análisis realizados se remitirán a la CHE.
Documentación de referencia	DIA –E.2.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN – AGUAS **SEGUIMIENTO ANALÍTICO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Asegurar que se mantiene la calidad de las masas de aguas subterráneas en la zona de influencia de la actividad.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se realizará el seguimiento de los niveles piezométricos, y campañas de aforo, muestreo y análisis en los distintos puntos de control de aguas subterráneas incluidos en la Red de Control. La red existente en la actualidad se completará con los puntos adicionales prescritos en la DIA. Aquellos puntos afectados por el desarrollo de las obras podrán ser anulados o sustituidos por otros, de forma justificada.	
Lugar de Inspección	Puntos de control de aguas subterráneas incluidos en la red de control de aguas, que figuran listados en el anexo *APX03. Tabla de puntos de control de aguas*, y que se representan en el *Plano 02: Red de Control del Medio Hídrico.*
Periodicidad	El plan de control para cada punto se indica en el anexo *APX03. Tabla Puntos Red control de aguas*. Las frecuencias de muestreo y análisis serán: - En continuo: niveles piezométricos y conductividad en puntos de medida monitorizados - Quincenal: Nivel piezométrico en piezómetros no monitorizados. - Mensual: Aforo (manantiales). Medición in situ de parámetros físico-químicos. - Trimestral: Mediciones *in situ* + Muestreo y análisis en laboratorio En caso de detectarse anomalías en la calidad de las aguas, podrá incrementarse la frecuencia de medición en los puntos afectados (y en su entorno, si se considera adecuado)
Periodicidad	Por defecto, las frecuencias de muestreo y análisis serán: - Mensual: Medición *in situ* de caudal y parámetros físico-químicos: pH, conductividad, OD, ORP y temperatura. - Trimestral: Mediciones *in situ* + Muestreo y análisis en laboratorio Estas frecuencias se adaptarán en cada punto a la evolución histórica de los resultados. El plan de control adaptado a estas circunstancias se recoge en el anexo *APX03. Tabla Puntos Red control de aguas.* En caso de detectarse anomalías en la calidad de las aguas, podrá incrementarse la frecuencia de medición en los puntos afectados (y en su entorno, si se considera adecuado)
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipo de vigilancia ambiental. Personal con formación en muestreo y determinaciones *in situ.* Equipos de medida *in situ* (multiparamétrico o similar). Equipos para medida de caudal (a definir según tipo de medición. Dispositivos de medida en continuo, en los puntos en los que esté previsto. Los ensayos de laboratorio se encargarán a entidad acreditada según norma UNE EN ISO/IEC 117025.
Parámetros sometidos a control	Parámetros *in situ*: - Nivel piezométrico - Aforo (manantiales) - pH - Conductividad (puntual en manantiales, perfiles en piezómetros) - Potencia redox - Oxígeno disuelto - Temperatura Parámetros a determinar en laboratorio: - Características básicas: pH, conductividad, turbidez.) - Aniones: carbonatos/bicarbonatos, cloruros, fluoruros, nitratos,

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN – AGUAS SEGUIMIENTO ANALÍTICO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	sulfatos, fosfatos. - Cationes: calcio, potasio, sodio, magnesio. - Metales pesados: aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobalto, cobre, cromo, hierro, litio, manganeso, molibdeno, níquel, plata, plomo, selenio, talio, vanadio y zinc. - Otros parámetros: alcalinidad, sólidos en suspensión, dureza total, cálcica y magnésica. Este listado de parámetros podrá modificarse en función de la evolución histórica de los resultados.
Umbrales críticos para esos parámetros	Los valores umbral se definirán a partir del estudio de los datos de la serie histórica recogidos en la red de control, con especial atención a los parámetros indicadores propios de la incidencia de la actividad (conductividad, cloruros, sodio, potasio,…). Dada la existencia de distintos ambientes hidrogeoquímicos, estos valores serán específicos para cada punto (o grupo de puntos de características homogéneas). Además de los valores absolutos, podrán definirse umbrales relativos a las variaciones o tendencias de evolución. Cuando estén definidos en la normativa en vigor, se utilizarán como valores de referencia los umbrales críticos o NCA recogidos en dicha normativa: - Los indicados en la Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro (DOUE 372 de 27/12/2006). Anexo I y II. - Los indicados en la *Directiva 200/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas* - Los indicados en el *Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro*.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si la calidad de las aguas mostrase una tendencia negativa durante la ejecución de las obras, se realizará un estudio del origen de la alteración y de las medidas correctoras a aplicar. De forma inmediata, podrán aplicarse medidas preventivas adecuadas de protección y restricción (limitación de movimiento de la maquinaria, tratamiento de márgenes, mayor número de balsas de decantación provisional, etc.).
Documentación generada durante el control	Los resultados de las campañas analíticas se recogerán en los informes trimestrales del PVA. Los resultados de los análisis periódicos realizados en la red se remitirán a la CHE.
Documentación de referencia	DIA –Apartado E.2.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN – AGUAS **CONTROL AUXILIAR DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE AGUAS**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Suministro de datos auxiliares para control operativo del sistema de gestión de aguas y seguimiento de balances de agua.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Registro de condiciones meteorológicas en el entorno de la planta Mediciones de nivel en todos los vasos de las instalaciones y verificación de la capacidad de retención disponible. Control de calidad en balsa de lixiviados Seguimiento de humedad del suelo y presencia y calidad de agua en zona no saturada Elaboración de balances periódicos de agua	
Lugar de Inspección	Planta de tratamiento de mineral Balsas de agua Suelos en el entorno
Periodicidad	Diario: - Mediciones meteorológicas - Niveles de agua (monitorizado) Semanal: - control hidroquímico de balsa lixiviados y efluente in situ Quincenal: - medidas *in situ* y laboratorio en balsa de lixiviados A definir: controles de humedad en el suelo y muestreo de agua intersticial
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Equipo de vigilancia ambiental. Personal con formación en muestreo y determinaciones *in situ.* Equipos de medida *in situ* (multiparamétrico o similar). Dispositivos de monitorización de niveles (fijos) Los ensayos de laboratorio se encargarán a entidad acreditada según norma UNE EN ISO/IEC 117025.
Parámetros sometidos a control	Mediciones meteorológicas: - Precipitaciones diarias - Temperaturas máximas y mínimas diarias Niveles de agua y volúmenes almacenados en balsas Analítica *in situ:* - pH - Conductividad - Potencia redox - Oxígeno disuelto - Temperatura - Humedad (suelos) Parámetros a determinar en laboratorio: - Características básicas: pH, conductividad, turbidez.) - Aniones: carbonatos/bicarbonatos, cloruros, fluoruros, nitratos, sulfatos, fosfatos. - Cationes: calcio, potasio, sodio, magnesio. - Metales pesados: aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobalto, cobre, cromo, hierro, litio, manganeso, molibdeno, níquel, plata, plomo, selenio, talio, vanadio y zinc. - Otros parámetros: alcalinidad, sólidos en suspensión, dureza total, cálcica y magnésica. Este listado podrá reducirse de forma justificada en el caso de aquellos

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN – AGUAS CONTROL AUXILIAR DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE AGUAS	
	cuyos niveles sean muy bajos o no detectables de forma habitual
Umbrales críticos para esos parámetros	Para niveles de agua, los definidos en el programa de Control y seguimiento de Instalaciones de Residuos Mineros
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Para niveles de agua, las definidas en el programa de *Control y seguimiento de Instalaciones de Residuos Mineros*
Documentación generada durante el control	A partir de los datos recabados, se calcularán trimestralmente balances de agua de la planta. Los resultados de los controles se recogerán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA –Apartado E.2.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.4.2.3 ATMÓSFERA Y CALIDAD DEL AIRE

Durante la fase de construcción, las potenciales afecciones a la calidad del aire procederán de las instalaciones de proceso y auxiliares, además del transporte de productos comercializables, y tendrán su origen principalmente en:

- Emisiones difusas de gases de combustión y partículas derivadas del transporte y, eventualmente, de trasiegos de materiales (materias primas, residuos y productos).
- Emisiones de focos fijos de proceso.

Las principales medidas previstas para minimizar estas afecciones a la atmósfera son:

- Capotado de cintas transportadoras
- Manejo de productos en puntos cubiertos y protegidos.
- Medidas correctoras en focos: filtros de mangas, lavadores venturi

El seguimiento de la afección a la atmósfera se realiza mediante controles de emisiones difusas y canalizadas (en las fuentes), como de inmisión. Estas actividades se detallan en las fichas que se incluyen a continuación.

Para las mediciones en inmisión, se establece una red de puntos de medida fijos, que se representa en el ***Plano 03: Control de Polvo y partículas***. ***Puntos de Control de Inmisión*** adjunto a este documento.

Está pendiente la autorización de emisiones a la atmósfera por parte de la Sección de Prevención de la Contaminación del Servicio de Economía Circular y Agua del Gobierno de Navarra. Estas autorizaciones fijarán la categorización, condiciones y frecuencia de las mediciones, parámetros y valores límite aplicables a los focos fijos. Por ello, los controles correspondientes están pendientes de definir.

Por otro lado, además de las medidas prescritas en la DIA, se incluye la realización de un programa de autocontrol de filtros de mangas, establecido por la Sección de Prevención de la Contaminación del Servicio de Economía Circular y Agua del Gobierno de Navarra.

El seguimiento de la realización de estas medidas y su eficacia se desarrolla en las siguientes fichas:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN - ATMÓSFERA Y CALIDAD DEL AIRE CONTROL DE EMISIONES DIFUSAS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Minimizar las emisiones a la atmósfera durante la fase de explotación.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Inspecciones visuales en zonas de actividad. Se controlarán aspectos relacionados con buenas prácticas: - Maquinaria móvil - Transporte de materiales en camiones - Transporte de materiales mediante cintas transportadoras - Pistas, plataformas y acopios - Limpieza de viales - Mantenimiento de maquinaria Inspecciones de documentación de vehículos y maquinaria	
Lugar de Inspección	Toda la zona industrial, bocamina y cinta de mineral
Periodicidad	Inspecciones en obra: Mensuales. La frecuencia puede variar en función de la actividad y de la pluviosidad. En periodos secos prolongados, la periodicidad de las inspecciones en lo relativo a emisiones de partículas será semanal. Comprobación documental de máquinas y vehículos: a la entrada en la obra, y según caducidades (renovación de ITV).
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Las inspecciones se llevarán a cabo por el equipo de vigilancia ambiental.
Parámetros sometidos a control	Maquinaria móvil y camiones - Se controlarán las emisiones de la maquinaria, mediante su adecuado mantenimiento, así como mediante la exigencia de la ficha de inspección técnica de vehículos actualizada (ITV). - Se controlará que vehículos y maquinaria apagan los motores siempre que no sea necesario su funcionamiento. - Se controlará que las cajas de los camiones que transporten material susceptible de emitir partículas en suspensión (tanto en transportes internos como en expedición), van cubiertos para impedir la dispersión de las mismas. - Se controlará que la circulación de la maquinaria, así como el transporte de materiales se realizará por los accesos previstos y habilitados para tal fin, y a una velocidad inferior a 30 km/h dentro del recinto en las zonas sin pavimentar. - Se controlará que se realizan limpiezas periódicas de viales y de las ruedas de los camiones. Transporte de materiales mediante cintas transportadoras - Se controlará el correcto estado del capotado y puntos de captación de polvo de las cintas trasportadoras Pistas, plataformas y acopios - Se controlará que se mantiene la humectación suficiente para evitar la emisión de partículas en pistas y plataformas de trabajo sin asfaltar. - Se controlará la humectación de las superficies expuestas del depósito de residuos salinos. - Se controlará que el acopio de materiales susceptibles de emisión de partículas en suspensión se realiza en zonas resguardadas del aire. Inspecciones de documentación de vehículos y maquinaria. - Se examinará la documentación de maquinaria y vehículos: - La maquinaria móvil deberá tener marcado CE, y los transportes

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN - ATMÓSFERA Y CALIDAD DEL AIRE CONTROL DE EMISIONES DIFUSAS	
	deberán tener ITV vigente.
Umbrales críticos para esos parámetros	Valoración cualitativa de las anomalías o incidencias observadas.
Medidas complementarias si se alcanzan umbrales críticos	En función de las anomalías, se estudiarán las medidas correctoras más adecuadas (intensificación de riegos en plataforma y accesos, limpieza de zonas afectadas, detención/sustitución de maquinaria no conforme, apercibimientos por malas prácticas, etc.).
Documentación generada durante el control	Un resumen general de los resultados de las inspecciones se recogerá en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA- Apartado C2.3 y Apartado E3

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN - ATMÓSFERA Y CALIDAD DEL AIRE **CONTROLES DE EMISIONES CANALIZADAS**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Evaluar las emisiones generadas y su adecuación a los límites establecidos en las autorizaciones correspondientes.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Mediciones periódicas de emisiones en chimenea y bocas de ventilación de mina. Aplicación del programa de autocontrol de filtros de mangas, según prescripciones de la Sección de Prevención de la Contaminación del Servicio de Economía Circular y Agua del Gobierno de Navarra.	
Lugar de Inspección	Focos fijos inventariados en la instalación, incluidos en el *Plano 04: Control de emisiones de* Focos fijos. Pozos de ventilación de la mina
Periodicidad	Focos fijos de la zona industrial: La frecuencia de medición será la establecida por la administración (Sección de Prevención de la Contaminación del Servicio de Economía Circular y Agua del Gobierno de Navarra) en las autorizaciones de los focos. Pozos de ventilación: Mediciones semanales durante un primer periodo de explotación. La frecuencia se revisará con los resultados iniciales, de acuerdo con el órgano ambiental.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Las mediciones se realizarán por un laboratorio de ensayo acreditado según UNE-EN 17025. Los controles del Programa de autocontrol serán realizados por personal de operación y mantenimiento de las instalaciones.
Parámetros sometidos a control	Los establecidos por la administración en las autorizaciones de los focos. Para pozos de ventilación, concentración de partículas en suspensión totales. Programa de autocontrol: revisión y registro de la presión diferencial de las mangas filtrantes y revisión visual del estado de las mangas
Umbrales críticos para esos parámetros	VLE establecidos por la administración, o, en su defecto, aquellos contenidos en el Anejo 3 del Decreto Foral 6/2002, de 14 de enero. En concreto, para el caso de partículas sólidas totales, el VLE será de 20 mg/Nm^3 excepto para el foco de trituración.
Medidas complementarias si se alcanzan umbrales críticos	Revisión de sistemas correctores revisión de condiciones de operación, instalaciones y procesos, y corrección de defectos.
Documentación generada durante el control	Anotaciones en libro-registro de emisiones Los resultados se incorporarán a los informes trimestrales del PVA que correspondan por fechas de campañas.
Documentación de referencia	DIA –Apartado D3 y Apartado E3 Informe de la sección de Prevención de la Contaminación del Servido de Economía Circular y agua, Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local, Gobierno de Navarra (02/10/2017)

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE CONSTRUCCIÓN-ATMÓSFERA Y CALIDAD DEL AIRE CONTROLES DE INMISIÓN	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Evaluar los efectos de las emisiones en la calidad del aire en la zona de obra y su entorno.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Inspecciones visuales periódicas en el entorno de las obras, para evaluar posibles afecciones a la vegetación (acumulación de polvo). Mediciones de inmisión de partículas en suspensión en puntos de control establecidos. Consulta de datos de la Red de Estaciones de Control de Calidad del Aire; en particular, la estación de Sangüesa, por su proximidad a la zona de obras.	
Lugar de Inspección	Inspección visual: entorno de las obras Mediciones de partículas en suspensión: Puntos de control a establecer por el órgano ambiental; provisionalmente se establecen los que figuran en el *Plano 03: Control de Polvo y partículas*. Puntos de Control de Inmisión. Página web del Gobierno de Navarra para la consulta de datos de la estación de Sangüesa.
Periodicidad	Inspecciones visuales: Mensual. La frecuencia puede variar en función de la actividad y de la pluviosidad. En periodos secos prolongados, la periodicidad de las inspecciones será semanal. Mediciones de partículas en suspensión: semanal durante un primer periodo de explotación. La frecuencia se revisará con los resultados iniciales, de acuerdo con el órgano ambiental Consulta de datos de la Red de Estaciones de Control de Calidad del Aire: Semanal.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Las inspecciones visuales se llevarán a cabo por el equipo de vigilancia ambiental. Las mediciones de partículas en suspensión se realizarán por un laboratorio de ensayo acreditado según UNE-EN 17025.
Parámetros sometidos a control	Evaluación cualitativa de la afección por deposición de polvo en la vegetación. Concentración de partículas en inmisión (PM10) medidos por laboratorio de ensayo acreditado. Concentración de partículas en inmisión (PM10) recogidos en la estación de Sangüesa.
Umbrales críticos para esos parámetros	Acumulaciones de polvo: deberán valorarse como no significativas. Datos de inmisión: valores umbrales recogidos en el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.
Medidas complementarias si se alcanzan umbrales críticos	En función de los incumplimientos, se estudiarán las medidas correctoras más adecuadas (intensificación de riegos en plataforma y accesos, limpieza de zonas afectadas, detención/sustitución de maquinaria no conforme, apercibimientos por malas prácticas, etc.).
Documentación generada durante el control	Un resumen general de los resultados de las inspecciones visuales se recogerá en los informes trimestrales del PVA. Se elaborará un informe de las campañas de medida, que se adjuntará a los informes trimestrales del PVA que correspondan por fecha.
Documentación de referencia	DIA- Apartado C2.3 y Apartado E3 Informe de la sección de Prevención de la Contaminación del Servido de Economía Circular y agua, Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local, Gobierno de Navarra (02/10/2017)

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.4.2.4 VEGETACIÓN Y HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO (HICS)

En la fase de explotación no se prevén impactos sobre la vegetación y hábitats de interés. Las medidas de control de otros impactos (principalmente sobre el medio hídrico y atmósfera, así como las previstas para protección de la fauna y espacios naturales protegidos) se consideran suficientes para la preservación de la vegetación y hábitats.

En todo caso, se mantienen las medidas previstas en fase de construcción, y en particular:

- La aplicación de un Plan de Prevención y Extinción de incendios (PPEI).
- La ubicación de los pozos de ventilación fuera de zonas MUP, HIC9340 “Bosques de *Quercus ilex* y *Quercus rotundifolia”*.
- La realización de aspersiones de agua sobre las especies arbóreas de mayor valor que puedan verse afectadas por el polvo generado en la obra.

El seguimiento de la realización de estas medidas es continuación del realizado en fase de obra, si bien se incluyen aquellas destinadas al seguimiento de la efectividad de mejora del hábitat para la biodiversidad incluidas en el estudio elaborado por SEO/BirdLife, como son:

- Creación de ribazos de superficie mínima de 5 hectáreas en cultivos que carecen de ellos.
- Creación de islotes forestales de pino carrasco (*Pinus halepensis*) cada 15-20 hectáreas de superficie de cultivos
- Creación de setos continuos en linderos de encina y coscoja (*Quercus rotundifolia y Quercus coccifera*).
- Naturalización de canales de drenaje de regadíos para permitir el desarrollo de vegetación natural en sus orillas. Además, se plantarán grupos de 5-7 pies de chopo (*Populus sp*) cada 500 metros.

Estas medidas serán objeto de seguimiento y control conforme las fichas descritas en el apartado 1.4.2.5. “Fauna, Espacios Naturales Protegidos y Red Natura 2000” que contemplan estas y otro paquete de medidas englobadas en los acuerdos de custodia del territorio para la protección de la fauna a través de la protección de sus hábitats.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.4.2.5 FAUNA, ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS Y RED NATURA 2000

No se prevén afecciones relevantes sobre la fauna, espacios naturales protegidos y Red Natura 2000 durante la explotación de la mina. En esta fase, los principales factores que pueden afectar a la fauna local serán los ruidos, el posible efecto barrera, los cambios producidos en el territorio y la presencia de la línea eléctrica.

El seguimiento en esta Fase estará por tanto dirigido principalmente a conocer la evolución de las poblaciones de las distintas especies faunísticas presentes en la zona y a evaluar la idoneidad de las medidas correctoras implantadas y la necesidad, en su caso, de modificarlas o ampliarlas.

Las medidas de seguimiento de la fauna incluidas en el PVA consisten en:

- Las derivadas del Plan de conservación y seguimiento de los anfibios.
- La realización de un Estudio específico de las poblaciones de cangrejo autóctono en la zona (principalmente en cauces cruzados por la línea eléctrica y cauces desviados en el entorno de las instalaciones de superficie). De las conclusiones del Estudio podrán derivarse medidas correctoras y de seguimiento para las poblaciones de cangrejo que deberán ser acordadas con el Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local del Gobierno de Navarra y el Instituto Aragonés de Gestión Ambiental, de conformidad con sus respectivas competencias.
- Recorridos quincenales a lo largo de la línea eléctrica con el fin de detectar ejemplares de aves que pudieran haber colisionado con los cables. En época de nidificación del quebrantahuesos y del resto de rapaces y aves acuáticas, este seguimiento tendrá frecuencia semanal (en principio durante el periodo diciembre-mayo).
- Realización de barridos en el entorno de la instalación para comprobar, según el censo realizado en la fase de estudio, la evolución de las comunidades animales y el control de la adecuación del cerramiento y del diseño y construcción de las obras de drenaje.
- El inventario y seguimiento de las poblaciones de aves acuáticas (fundamentalmente durante las épocas de invernada y reproducción) que pudieran ser atraídas por las balsas del proyecto, con el fin de detectar cualquier afección que la calidad de las aguas de estas balsas pudiera generar sobre estas poblaciones.
- Los censos periódicos de poblaciones de aves, anfibios y mamíferos en las inmediaciones de los pozos de ventilación para detectar posibles desplazamientos y afecciones a la dinámica de poblaciones, de forma coordinada con el seguimiento de la contaminación acústica en estos puntos

Además, en esta Fase cobra una gran importancia el desarrollo de las medidas que propuso la Sociedad Española de Ornitología (SEO/Birdlife). Estas medidas deberán ser aprobadas por el Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local del Gobierno de Navarra y el Instituto Aragonés de Gestión Ambiental, de conformidad con sus respectivas competencias.

La mayor parte de estas medidas se enmarcan en su gran mayoría en un Plan de Acuerdos de Custodia del Territorio, cuyo objeto será permitir la implantación de actuaciones destinadas a modificar, por un lado, parte de la superficie actualmente dedicada a prácticas agrícolas y, por otro, a cambiar determinadas prácticas de gestión de las explotaciones agrícolas, ganaderas y cinegéticas

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

presentes en el territorio, con el objetivo de incrementar la biodiversidad del área ocupada por la Mina y su entorno y mejorar el estado de las poblaciones faunísticas allí presentes.

Para ello, será necesario colaborar con una Entidad custodia responsable de los Acuerdos y, una vez implicados, acordar con los propietarios de los terrenos y con los gestores de las explotaciones las medidas planteadas por SEO/Birdlife y recogidas en la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto. La superficie mínima bajo acuerdos de custodia debe abarcar 500 hectáreas, y en al menos en 250 hectáreas debe lograrse la implantación de las medidas propuestas.

Medidas a implantar:

En explotaciones agrícolas

- Creación de ribazos de superficie mínima de 5 hectáreas en cultivos que carecen de ellos.
- Creación de islotes forestales de pino carrasco (*Pinus halepensis*) cada 15-20 hectáreas de superficie de cultivos
- Creación de setos continuos en linderos de encina y coscoja (*Quercus rotundifolia y Quercus coccifera*).
- Creación de pequeños humedales, en los puntos de los canales de riego y drenaje de pendiente suave y en los que el nivel freático se encuentre próximo a la superficie del suelo.
- Naturalización de canales de drenaje de regadíos para permitir el desarrollo de vegetación natural en sus orillas. Además, se plantarán grupos de 5-7 pies de chopo (*Populus sp*) cada 500 metros.
- Plantación de parcelas de leguminosas (por ejemplo: alfalfa) cada 5 hectáreas de cultivo.
- Aumento de la superficie de barbecho: una hectárea cada cinco de cultivo, con una rotación de dos años.
- Detección de nidos de aguilucho cenizo en zonas de cultivo de secano. En las dos hectáreas situadas en torno a estos nidos no se procederá a realizar la cosecha, con el objeto de que los pollos de esta especie pueden completar su desarrollo.

En explotaciones ganaderas

- Adecuación de las líneas eléctricas de las explotaciones: aislamiento de los conductores que discurran cerca de los travesaños de apoyo.
- Gestión ambiental de los purines producidos.
- Buenas prácticas en la utilización de rodenticidas.
- Adecuación de balsas en explotaciones ganaderas, dotándolas de estructuras que permitan la salida de animales que hayan caído en su interior.
- Instalación de cajas nido para lechuza común.

En explotaciones cinegéticas

- Creación de majanos.
- Instalación de comederos y bebederos colgados especialmente diseñados para conejo de monte y perdiz.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Creación de refugios de celo para perdiz roja.
- Creación de bandas perimetrales para caza menor.
- Traslocación de conejo de monte

Explotaciones forestales

- Reducción de la densidad de árboles en las masas de pinar a una cifra de 400-700 pies por hectárea.
- Enriquecimiento del estrato arbustivo en las masas de pinar mediante plantación de especies de arbustos con frutos.

El seguimiento de la realización de estas medidas y su eficacia se desarrolla en las siguientes fichas:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-FAUNA, ESPACIOS NATURALES Y RED NATURA 2000 CONTROL DE LA APLICACIÓN DEL PLAN DE CONSERVACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LOS ANFIBIOS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Evaluar la eficacia de las medidas implantadas para garantizar la conectividad del hábitat para los anfibios
ACTUACIONES DE CONTROL	
El Plan de conservación y seguimiento de los anfibios establece las siguientes actuaciones de control durante la fase de explotación de la Mina: Durante los tres años siguientes al inicio de la explotación: comprobación del completo aislamiento de las balsas interiores para asegurar la eficacia del vallado diseñado e instalado para tal fin o, en caso contrario, evaluar la mortalidad y detectar los puntos de acceso a las balsas para su corrección definitiva A partir del cuarto año de explotación: inspección de las balsas interiores, arroyos y balsas periféricas de explotación.	
Lugar de Inspección	Balsas de la explotación, cauces y arroyos, en el ámbito de actuación del proyecto.
Periodicidad	De forma periódica durante la fase de explotación, dos visitas en los meses de marzo y mayo, los tres primeros años. A partir del cuarto año de actividad, se realizará una visita anual durante el mes de abril.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo experto en anfibios. La inspección será visual y mediante la realización de muestreos.
Parámetros sometidos a control	Seguimiento de la efectividad de las medidas planteadas. Realización de censos de anfibios en el ámbito de la explotación.
Umbrales críticos para esos parámetros	La regresión de las poblaciones de anfibios de la zona de estudio.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En caso de detectarse la regresión de las poblaciones de anfibios de la zona, deberán plantearse nuevas medidas correctoras.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en informes específicos de seguimiento del Plan de Conservación
Documentación de referencia	DIA-Apartado E5

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-FAUNA, ESPACIOS NATURALES Y RED NATURA 2000 CONTROL DE LA APLICACIÓN DE LAS MEDIDAS IMPLANTADAS EN TENDIDOS ELÉCTRICOS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Evaluar la eficacia de las medidas implantadas para evitar mortalidad de aves en la línea eléctrica.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se realizarán recorridos para reconocimiento de ejemplares de aves afectados por colisión y/o electrocución por la presencia de los tendidos eléctricos.	
Lugar de Inspección	En el entorno del tendido eléctrico
Periodicidad	Se seguirá la siguiente periodicidad para efectuar los recorridos:: Quincenal durante todo el periodo de explotación Semanal en época de nidificación del quebrantahuesos y otras rapaces así como aves acuáticas presentes en el ámbito de la zona de estudio.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Experto en avifauna. Inspección visual
Parámetros sometidos a control	El parámetro de control será número de ejemplares de avifauna muertos por colisión y electrocución y especies afectadas
Umbrales críticos para esos parámetros	Detección de tramos con colisiones/electrocuciones repetitivas
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Caso de detectarse la recurrencia de los episodios de colisión/electrocución se plantearán medidas correctoras adicionales
Documentación generada durante el control	Los resultados de los diferentes controles se reflejarán en informes específicos. Los resultados de mortalidad por colisión y/o electrocución, se usarán para valorar la necesidad de adoptar medidas complementarias, como por ejemplo, una mayor señalización de la línea eléctrica.
Documentación de referencia	DIA-Apartado E5

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-FAUNA, ESPACIOS NATURALES Y RED NATURA 2000 CONTROL DE LA PERMEABILIDAD DEL PROYECTO PARA LA FAUNA	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Evaluar el grado de permeabilidad de la instalación para la fauna, una vez implantadas las medidas preventivas y correctoras propuestas
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se analizarán las obras de drenaje determinando si son funcionales para el paso de la fauna. Se verificará igualmente la adecuación del cerramiento para garantizar la permeabilidad de la fauna.	
Lugar de Inspección	Pasos de fauna y drenajes indicados en los planos de planta y cerramiento de instalaciones
Periodicidad	La inspección se realizará de forma semestral.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será experto en fauna. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Los parámetros de control serán los movimientos de la fauna.
Umbrales críticos para esos parámetros	Los umbrales serán el aumento de ejemplares en el perímetro de las instalaciones así como la ausencia de permeabilidad en el exterior inmediato al perímetro.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si se detectase imposibilidad del uso de algunos de los drenajes previstos como los pasos por parte de la microfauna se estudiará la adecuación de los mismos.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en informes específicos.
Documentación de referencia	DIA-Apartado E5

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-FAUNA, ESPACIOS NATURALES Y RED NATURA 2000 CONTROL DEL IMPACTO DE LOS POZOS DE VENTILACIÓN SOBRE LA FAUNA	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Evaluar la incidencia de las molestias derivadas de los pozos de ventilación sobre las poblaciones faunísticas
ACTUACIONES DE CONTROL	
Censos periódicos de las poblaciones de aves, anfibios y mamíferos en las inmediaciones de estos lugares para detectar posibles desplazamientos y afecciones a la dinámica de poblaciones. Se deberán realizar preferentemente en consonancia con las mediciones de los niveles de ruido en dichos puntos.	
Lugar de Inspección	Inmediaciones pozos de ventilación
Periodicidad	Trimestral
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Expertos en fauna (diversos grupos faunísticos). En su caso, material de muestreo
Parámetros sometidos a control	Cambios en el patrón de las poblaciones faunísticas en el entorno de los pozos
Umbrales críticos para esos parámetros	Regresión de las poblaciones
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Análisis de causas, especies afectadas y evaluación de medidas adicionales
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en informes específicos.
Documentación de referencia	DIA-Apartado E5

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN - FAUNA, ESPACIOS NATURALES Y RED NATURA 2000 **CONTROL DEL IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS BALSAS MINERAS SOBRE LA AVIFAUNA ACUÁTICA**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Evaluar la incidencia de la calidad del agua de las balsas de la instalación minera sobre las aves acuáticas
ACTUACIONES DE CONTROL	
Realización de censos periódicos de aves acuáticas (fundamentalmente durante las épocas de invernada y reproducción) que pudieran ser atraídas por las balsas del proyecto, con el fin de detectar cualquier afección que la calidad de las aguas de estas balsas pudiera generar sobre estas poblaciones.	
Lugar de Inspección	Balsas mineras
Periodicidad	Invierno y primavera
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Experto en avifauna. Inspección visual
Parámetros sometidos a control	Poblaciones de aves acuáticas invernantes y residentes
Umbrales críticos para esos parámetros	Regresión en las poblaciones
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Análisis de causas y evaluación de medidas adicionales
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en informes específicos.
Documentación de referencia	DIA-Apartado E5

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-FAUNA, ESPACIOS NATURALES Y RED NATURA 2000 CONTROL DE LA APLICACIÓN DEL PLAN DE ACUERDOS DE CUSTODIA DEL TERRITORIO	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Evaluar el grado de cumplimiento y la eficacia de las medidas implantadas en el marco del Plan de Acuerdos de Custodia del Territorio
ACTUACIONES DE CONTROL	
Verificación de la elaboración del Plan y revisión de su contenido y alcance para evaluar el grado de cumplimiento de las medidas y objetivos planteados. Comprobación de la implantación de las medidas adoptadas. Realización de las medidas de seguimiento que contemple el propio Plan	
Lugar de Inspección	Entorno de la explotación minera
Periodicidad	La que determine el Plan y/o la autoridad competente
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Expertos en biodiversidad (fauna, vegetación, etc.). Inspección visual y realización de muestreos y censos
Parámetros sometidos a control	Territorio bajo acuerdos de custodia Medias implantadas: Número, superficie afectada, etc. Evolución distintas poblaciones presentes en el área
Umbrales críticos para esos parámetros	Superficie bajo acuerdos de custodia inferior a 500 ha Superficie con medidas implantadas inferior a 250 ha Medidas ejecutadas Evolución negativa o sin cambios de las poblaciones faunísticas presentes en el área
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Nuevos acuerdos Medidas adicionales a acordar en el marco del Plan
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en informes específicos de seguimiento del Plan
Documentación de referencia	DIA-Apartado E5

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.4.2.6 RESIDUOS

En la fase de explotación se generarán varios tipos de residuos:

- Residuos salinos (no inertes, no peligrosos), que proceden de la ejecución de las galerías de mina y del proceso de beneficio del mineral, y serán depositados en escombreras y sus lixiviados. Tienen consideración de residuos mineros.
- Residuos, peligrosos y no peligrosos, tales como residuos de procesos térmicos, envases, vehículos, componentes de equipos, lodos de tratamiento de aguas, residuos municipales y domésticos, etc.
- Residuos peligrosos derivados de las operaciones auxiliares (laboratorios, mantenimiento, etc.): residuos de aceites y combustibles líquidos, envases de sustancias peligrosas, absorbentes, residuos de equipos eléctricos y electrónicos, residuos explosivos, pilas y acumuladores, productos químicos de laboratorio, etc.

La gestión de residuos salinos se recoge de forma específica en el Plan de Gestión de Residuos Mineros, que incluye la definición de medidas de vigilancia y seguimiento y un plan de contingencias. Las medidas de control y seguimiento se incluyen como Anexo **APX 05. Control y seguimiento de Instalaciones de Residuos Mineros** al presente documento.

Las balsas de aguas salinas (lixiviados, salmueras, evaporación) y depósito de residuo salino se consideran instalaciones Categoría A, sometidas a los requisitos definidos en el Real Decreto 975/2009.

Para el resto de los residuos, no específicamente mineros, se han previsto varias medidas de control:

- Creación de dos puntos limpios, uno en el área de mina y otro en la zona industrial, techados, impermeabilizados y dotados de sistemas de retención de fugas.
- Se identificarán y separarán debidamente la zona de residuos peligrosos de la de residuos no peligrosos. Cada zona dispondrá de distintos recipientes y contenedores, donde se depositarán los mismos hasta su retirada por el gestor autorizado. Los residuos se almacenarán seis meses en el caso de los peligrosos, un año en el caso de los no peligrosos destinados a eliminación y dos años si están destinados a valorización
- La documentación en relación a la gestión, traslados de residuos, valorización de subproductos se regirá por la normativa vigente y las determinaciones de las a de Aragón y Navarra.
- Todos los residuos serán recogidos por gestor autorizado.
- Se controlarán también las áreas destinadas al almacenamiento de productos químicos.
- El Plan de Explotación deberá incluir las fichas de datos de seguridad de los reactivos que se van a emplear en la planta de tratamiento, previendo medidas para su manipulación y almacenamiento, y así como los medios y protocolos a aplicar en caso de liberación accidental.
- La planta de beneficio se inscribirá como centro productor de residuos peligrosos, en el registro de Producción y Gestión de Residuos de la Comunidad Foral de Navarra.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Una vez puesta en marcha la planta, se realizará los siguientes análisis para determinar la presencia de reactivos clasificados como mezclas o sustancias peligrosas (en función de su clasificación, se establecerán medidas de gestión):
    - o residuos
    - o aguas de proceso
    - o lixiviado

De forma previa al inicio de la actividad se comprobará lo siguiente:

- Que con respeto al depósito de aguas y materiales en las balsas y en el depósito temporal, el órgano ambiental y minero de Navarra ha procedido a la inspección de las instalaciones de aguas salinas y residuos/subproductos salinos, a fin de garantizar el cumplimiento de las condiciones establecidas de control e impermeabilización.
- Que con respecto a la planta de sal vacuum, se cuenta con los permisos o autorizaciones sectoriales y ambientales, de forma previa al comienzo de su actividad, otorgada en función de la información sobre diseño y proyecto constructivo presentado, así como de la actividad de aprovechamiento de otros huecos mineros.
- Que ha quedado presentado el proyecto definitivo del proceso de backfilling y del proceso productivo, con descripción en detalle (memoria, ensayos, planos y presupuesto).
- Que han quedado debidamente aportadas las garantías establecidas en los artículos 42 y 43 del Real Decreto 975/2009.

Las medidas de vigilancia y seguimiento previstas para la gestión de residuos generados en esta fase se detallan en las siguientes fichas. A ellas, hay que añadir las contempladas en el Plan de gestión de Residuos Mineros, que afectan específicamente a los residuos salinos y aguas saladas, a los depósitos y balsas que las contienen (con sus sistemas auxiliares), que se incluyen en el Anexo 05**. Control y seguimiento de Instalaciones de Residuos Mineros**, y no se detallan en las fichas (si bien, aquellas relativas a controles de impermeabilidad de balsas y controles de niveles ya se contemplan en los epígrafes dedicados a las afecciones a las aguas de este PVA).

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-RESIDUOS **SEGUIMIENTO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS NO MINEROS**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Garantizar la correcta gestión de los residuos generados durante la explotación.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Inspección de instalaciones Inspección de almacenamientos temporales de residuos. Control de plazos de almacenamiento Inspección de destino final Control de incidencias Control de gestión documental	
Lugar de Inspección	Toda la instalación y, especialmente, almacenamientos intermedios de residuos y puntos limpios.
Periodicidad	Inspecciones visuales: Quincenal Revisión documental y presentación de la Declaración: anual.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Inspecciones visuales y gestión documental Equipo de vigilancia ambiental
Parámetros sometidos a control	Orden y limpieza de las zonas productiva, talleres y áreas de actividades auxiliares. Estado de los almacenamientos temporales de residuos y de los puntos limpios. Separación de los distintos tipos de residuos. Tiempo de almacenamiento de residuos peligrosos y no peligrosos. Disponibilidad de medios para hacer frente a incidencias (cubetos, recipientes, absorbentes, etc. Documentación de gestión de residuos
Umbrales críticos para esos parámetros	De carácter cualitativo: - Adecuado orden y limpieza en zonas de operación, talleres, actividades auxiliares y almacenamientos - Almacenamientos en condiciones adecuadas (en cada punto limpio deben estar diferenciadas la zona para almacenamiento de residuos peligrosos (deberá estar techada) y la zona de no peligrosos, ambas situadas sobre solera hormigonada y dotados con sistemas de retención de derrames. - Correcta clasificación, envasado y etiquetado de residuos en almacenes - Ausencia de residuos almacenados fuera de las zonas acondicionadas para ellos. Tiempo de almacenamiento. Plazos máximos: - Residuos no peligrosos. 1 año si van destinados a eliminación y 2 años si van destinados a valorización. - Residuos peligrosos: 6 meses en ambos supuestos. Destino final - Verificación de que aquellos residuos que puedan ser valorizados o reciclados, se destinarán a tal fin, evitándose su eliminación por vertido. - Verificación que tanto residuos peligrosos como no peligrosos, son recogidos periódicamente por gestores autorizados. Control de incidencias - Evidencias o indicios de vertidos o derrames no recogidos. - Ausencia o insuficiencia de medios de contención para derrames

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-RESIDUOS SEGUIMIENTO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS NO MINEROS	
	accidentales. Control administrativo: - Autorizaciones en vigor de productor / gestor / transportista u otras. - Gestión documental acorde con la legislación nacional y autonómica aplicable (contratos de tratamiento para cada residuo, notificaciones de traslado, documentos de control y seguimiento, catas de porte, registros de generación y gestión, etc.). - La documentación en relación a la gestión, traslados de residuos, valorización de subproductos se regirá por la normativa vigente y las determinaciones de los órganos competentes de Aragón y Navarra.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Se analizarán las causas para establecer las medidas necesarias (retirada y limpieza del área afectada por los residuos, uso de sepiolita, contratación de nuevos gestores, etc.).
Documentación generada durante el control	Documentación que certifique la gestión adecuada de todos los residuos especialmente los peligrosos. Declaración anual de productor de residuos, a presentar ante el órgano competente del Gobierno de Navarra Los resultados de los controles establecidos en la presente ficha se recogerán en los informes trimestrales del PVA correspondientes.
Documentación de referencia	DIA- Apartado C2.8, D6 y Apartado E6

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-RESIDUOS **SEGUIMIENTO DE LAS AREAS DESTINADAS AL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Correcto almacenamiento de productos químicos
ACTUACIONES DE CONTROL	
Verificar que todos los productos químicos almacenados en las instalaciones cumplen con el Reglamento de almacenamiento de productos químicos RD 656/2017 APQ o con sus instrucciones técnicas complementarias, si le son de aplicación. Si no es aplicable el RD APQ: - Comprobar que los productos químicos son almacenados en un almacén exclusivo, sobre solera de hormigón, techado, bajo llave, identificado, respetando incompatibilidades de productos, dotado de sistemas de retención en caso de liberación accidental. - Verificar que no existen derrames de productos peligrosos en las zonas de uso y almacenamiento. - Verificar que cumplen con las recomendaciones que determina el Decreto Foral 12/2006, respecto a los sistemas de almacenamiento: o Cubetos de retención con capacidad de retención igual o superior al mayor de los dos valores siguientes: 100% de la capacidad del depósito asociado más grande o 30% de la capacidad del total de los depósitos asociados. o Cubeto estanco a los productos que pueda contener y resistente a la acción física y química de los mismos. No dispondrá de válvula alguna de evacuación de su contenido al exterior por gravedad. No deben asociarse a un mismo cubeto depósitos que contengan productos incompatibles por reaccionar entre ellos. o Áreas de carga y descarga de vehículos cisterna, de almacenamiento y manipulación de productos contaminantes o peligrosos, y de almacenamiento de residuos susceptibles de contener productos contaminantes, deberán ser estancas y sus posibles fugas conectadas a depósitos de retención. Comprobar que se dispone de las fichas de datos de seguridad de todos los productos peligrosos tanto en el lugar donde se utilizan como donde se almacenan. Verificar que se dispone de los protocolos y medios necesarios a aplicar en caso de derrame accidental en los puntos de uso y de almacenamiento.	
Lugar de Inspección	Lugares de uso y almacenamiento de productos químicos
Periodicidad	Trimestral
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Estado del almacenamiento Existencia de sistemas de retención. Existencia de FDS y medios de contención en puntos de uso y almacenamiento.
Umbrales críticos para esos parámetros	Mal estado de los almacenamientos de productos químicos o que éstos no cumplan los requisitos establecidos en el apartado “Actuaciones de control”. Inexistencia de sistemas de retención o que éstos no cumplan los requisitos establecidos en el apartado “Actuaciones de control”. No disposición de las FDS y medios de contención en puntos de uso y almacenamiento. Existencia de derrames fuera de los sistemas de retención.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Se analizarán las causas para establecer las medidas necesarias (adecuación de almacenamiento, instalación, modificación o vaciado de los sistemas de retención, reposición de medios de contención, gestión de medios de contención manchados con gestor autorizado, solicitud de FDS a los proveedores, etc.).

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-RESIDUOS SEGUIMIENTO DE LAS AREAS DESTINADAS AL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS	
Documentación generada durante el control	Fichas de Datos de Seguridad (FDS). Documentación asociada al cumplimiento del RD APQ. El resultado de las inspecciones periódicas se recogerá en los informes trimestrales del PVA correspondientes.
Documentación de referencia	DIA- Apartado D6. Apartado E6.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-RESIDUOS CONTROL DE ENTRADAS Y ALTURAS EN EL DEPÓSITO TEMPORAL DE RESIDUOS SALINOS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Realizar un seguimiento de la correcta gestión del depósito temporal de residuos salinos
ACTUACIONES DE CONTROL	
Control topográfico mediante topografía de detalle y GIS ráster, para cubicación de materiales depositados, y control de alturas de acopio. Fotografía aérea del depósito	
Lugar de Inspección	Depósito de residuos salinos
Periodicidad	Topografía: De forma previa al inicio del uso del depósito, y posteriormente con periodicidad trimestral. Fotos aéreas: trimestral
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Técnicas de auscultación y topografía. A realizar por equipo de topografía de la explotación o contratación externa.
Parámetros sometidos a control	Superficie, volumen y altura de materiales acopiados
Umbrales críticos para esos parámetros	Altura: En ningún momento podrá excederse la altura de 13,75 m. respecto a la base del depósito. Superficie: no superior a las 37,6 ha, no se excederán los límites del vaso de contención impermeabilizado. Volúmenes anuales depositados. No se superarán en más de un 10% las cantidades acumuladas indicadas en el cuadro siguiente:
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En el caso de superarse los umbrales críticos, se deberá comunicar a las autoridades mineras y organismos ambientales responsable, que indicarán las pautas a seguir.
Documentación generada durante el control	Se realizarán informes trimestrales, donde se incluirán datos de volúmenes y masa generados, depositados y evacuados, y datos de alturas. En estos informes se detallará el cumplimiento de la tabla de cantidades acumuladas. Estos informes se remitirán a las autoridades mineras y al órgano ambiental de Navarra. Se acompañarán a los planes de labores anuales.
Documentación de	DIA- Apartado C2.8, D6 y Apartado E6

AÑO	Acumulado del depósito temporal (t)	AÑO	Acumulado del depósito temporal (t)
1	291.089	11	4.628.338
2	907.741	12	4.535.244
3	1.514.709	13	4.403.499
4	2.459.310	14	4.354.535
5	3.307.645	15	4.343.348
6	4.003.219	16	4.188.750
7	4.453.574	17	4.101.719
8	4.697.207	18	3.892.083
9	4.780.773	19	0
10	4.715.311		

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-RESIDUOS CONTROL DE ENTRADAS Y ALTURAS EN EL DEPÓSITO TEMPORAL DE RESIDUOS SALINOS	
referencia	

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.4.2.7 PAISAJE

En la fase de explotación se realizará el seguimiento de la efectividad de las medidas de restauración de la cubierta vegetal, evaluando hidrosiembras, plantaciones y resultados globales.

Si en esta fase se efectuaran nuevas revegetaciones, se aplicarán las mismas medidas que las contempladas para la Fase de construcción.

El seguimiento de la realización de estas medidas y su eficacia se desarrolla en las siguientes fichas:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-PAISAJE **SEGUIMIENTO DE LA EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS DE RESTAURACIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Determinar los resultados de las actuaciones de restauración de la cubierta vegetal ejecutadas, su efectividad y el grado de cumplimiento de los objetivos perseguidos (tanto las ejecutadas en Fase de Construcción como las que se ejecuten durante la explotación)
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se procederá a evaluar los resultados de las actuaciones ejecutadas contemplando: Hidrosiembras: Grado de cobertura de los terrenos, presencia de especies colonizadoras espontáneas, erosión en los taludes y necesidades de resiembras. Plantaciones: Porcentaje de marras o planta muerta, presencia de especies colonizadoras espontáneas, grado de cobertura del terreno. En caso de existir marras, causas posibles (enfermedades o plagas, sequía, inadecuada elección de especies.) Resultados globales: Grado de integración paisajística y protección frente a la erosión.	
Lugar de Inspección	Todas las zonas donde se hayan ejecutado actuaciones de implantación de vegetales.
Periodicidad	Se realizarán dos inspecciones anuales durante la fase de explotación, coincidiendo con los dos periodos óptimos para los vegetales en climas mediterráneos, una en primavera (abril a mayo) y otra en otoño (octubre).
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Cubierta vegetal resultante de siembras y plantaciones.
Umbrales críticos para esos parámetros	En hidrosiembras la cobertura del terreno debe ser mayor del 80%, descontando alcorques u hoyos de plantación. Para plantaciones el porcentaje de marras debe ser menor del 15%.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En caso de detectarse una cobertura inadecuada en hidrosiembras, o unos altos porcentajes de marras en plantaciones, se debe proceder a realizar resiembras y reposiciones de marras. De forma previa, se analizarán las posibles causas de los malos resultados obtenidos, modificando si fuera preciso las especies a emplear.
Documentación generada durante el control	Los resultados de las inspecciones se recogerán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA-Apartado E7

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.4.2.8 POBLACIÓN Y SALUD HUMANA

Durante la fase de explotación, se pueden generar molestias a las poblaciones vecinas debido al transporte de los productos comercializables que podrán generar polvo y emisión de partículas en suspensión. Además, la presencia de la línea eléctrica producirá modificaciones del planeamiento urbanístico.

Las operaciones de transporte de mineral de la mina a la planta, de producto final y de subproductos al depósito temporal, así como las operación de la planta y el funcionamiento de los pozos de ventilación, generarán emisiones de ruido.

En relación con los olores, se identifican como focos emisores la EDAR y el punto de repostaje de la maquinaria.

Como en la fase de construcción, también existe una incidencia positiva en la economía local, suponiendo un foco de atracción poblacional que frenará el despoblamiento de la comarca y creará puestos de trabajo.

En la mayoría de los casos, no se prevén afecciones significativas a la población debido a la distancia a la que se ubican. No obstante, se han previsto las siguientes medidas preventivas y correctoras:

- Reducción del impacto acústico y atmosférico: limitación de los trabajos en horario nocturno a lo estrictamente necesario, mantenimiento preventivo de la maquinaria, inspección técnica de vehículos actualizada (ITV), utilización del firme T1.

El seguimiento de la realización de estas medidas y su eficacia se desarrolla en las siguientes fichas:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN-POBLACIÓN Y SALUD HUMANA SEGUIMIENTO DE NIVELES ACÚSTICOS GENERADOS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Garantizar que las emisiones de ruido durante la explotación no afecten a zonas próximas habitadas, en las inmediaciones de los pozos de ventilación, en la carretera de acceso a las instalaciones y al Camino de Santiago.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se realizarán mediciones a través de un laboratorio de ensayos acústicos acreditado para ello, y teniendo en cuenta la normativa vigente.	
Lugar de Inspección	Se realizarán inspecciones en los núcleos de población más próximos. (Undués de Lerda y Javier), las inmediaciones de los pozos de ventilación, en la carretera de acceso a las instalaciones y en el entorno al camino de Santiago (*Plano 05: Control de ruido*). Los puntos de medición se elegirán teniendo en cuenta las zonas donde se prevean los máximos niveles de ruido. En todo caso, se estará a lo indicado por el laboratorio contratado para ello
Periodicidad	Inicialmente y siempre que la autoridad competente lo requiera.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	La medición se realizará por un laboratorio de ensayos acústicos acreditado.
Parámetros sometidos a control	Niveles acústicos emitidos por la actividad.
Umbrales críticos para esos parámetros	En la Comunidad Foral de Navarra, los valores límite de inmisión de ruido serán los establecidos en el Anexo III, del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de Ruido, expresados en dBA. En la Comunidad de Aragón, los valores límite de inmisión de ruido serán los establecidos en la y Ley 7/2010, de 18 de noviembre, de protección contra la contaminación acústica de Aragón.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si se sobrepasasen los umbrales, se analizarán las causas, en función de las cuales se pase establecerán medidas (paralización de actividades, cambio o mantenimiento de maquinara especialmente ruidosa, etc.).
Documentación generada durante el control	Los resultados de los análisis se recogerán en un anejo al informe ordinario correspondiente.
Documentación de referencia	DIA –Apartado D9 y Apartado E8

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.4.2.9 BIENES MATERIALES, PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO Y CULTURAL

En la fase de explotación, el proyecto puede generar las mismas afecciones que en la fase de construcción. En este caso, las principales medidas preventivas y correctoras adoptadas en relación a estos impactos, son las siguientes:

- Macizo de protección de 100 metros a cada lado de la traza del Canal de Bardenas, atravesado por un bitúnel que conecte ambos lados de la explotación.
- Macizo de exclusión sobre los pueblos, incluyendo un contorno de seguridad mínimo de 100 m en la horizontal.
- Garantías financieras de seguro de caución que incluyan posibles daños a infraestructuras existentes.
- Programa de mejora y mantenimiento del Canal de Bardenas, de común acuerdo con la CHE.
- Elaboración y presentación ante el Servicio 3.º de Explotación de la CHE, de los siguientes documentos:
    - las alternativas de refuerzo estructural y mantenimiento, en función de los distintos escenarios planteados y los horizontes temporales contemplados (en el plazo máximo de un año desde la autorización sustantiva).
    - un nuevo estudio de afecciones al canal de Bardenas, cuando la explotación alcance las cámaras más cercanas a este (deberá ser validado), donde se revisarán las soluciones de refuerzo estructural y mantenimiento en base a datos reales de explotación y podrá ampliarse o reducirse el macizo de protección (aproximadamente 10 años desde el inicio de actividad).
    - el «plan de monitorización y control en el entorno del canal y de la propia infraestructura» para analizar la convergencia entre datos reales y los estimados por el modelo (con carácter anual),
    - el Plan de Labores anual aprobado por el órgano sustantivo (con carácter anual).
- Seguro de responsabilidad civil para responder a daños y perjuicios en la infraestructura del canal o en la zona regable.

De acuerdo con la DIA, el plan de vigilancia ambiental debe contener las medidas para la protección del patrimonio arqueológico, vías pecuarias y caminos históricos, que se desarrollan en las siguientes fichas:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN- BIENES MATERIALES, PATRIMONIO ARQUELÓGICO Y CULTURAL **CONTROL DE LA PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO/PALEONTOLÓGICO**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Preservar el patrimonio arqueológico presente durante el desarrollo de la explotación y detectar yacimientos no conocidos.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Verificar que se lleva a cabo un seguimiento arqueológico, según lo indicado por la Dirección General de Patrimonio Cultural del Gobierno de Aragón, y por el Servicio de Patrimonio Histórico del Gobierno de Navarra. Verificar el correcto mantenimiento del jalonamiento de los yacimientos arqueológicos. En caso de detectarse algún hallazgo nuevo (arqueológico o paleontológico), se informará al órgano competente del Gobierno de Navarra o de Aragón, y se seguirán las directrices que éste marque.	
Lugar de inspección	Yacimientos identificados. Posibles zonas con movimientos de tierras. Zona de explotación.
Periodicidad	El seguimiento arqueológico/paleontológico se realizará trimestralmente o cuando o cuando se detecte algún indicio. El control del jalonamiento se realizará de forma trimestral.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El seguimiento deberá realizarlo un arqueólogo/paleontólogo. El control de protección de los elementos de interés a preservar lo realizará el vigilante ambiental. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Yacimientos inventariados y sus zonas de protección.
Umbrales críticos para esos parámetros	No será admisible ninguna afección a elementos inventariados.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Si se produjera algún hallazgo, se verificará la medida de obligado cumplimiento consistente en la paralización de las obras hasta que se obtenga una conclusión de la importancia, valor o recuperabilidad de los bienes en cuestión, la cual deberá estar constatada por el organismo competente. En caso de producirse alguna afección no prevista, se notificará al organismo competente en la materia y se procederá a la restauración de los elementos dañados, de acuerdo con las indicaciones que éste aporte.
Documentación generada durante el control	Las inspecciones periódicas a los yacimientos conocidos próximos a las obras se recogerán en los informes trimestrales del PVA. La afección de cualquier yacimiento dará lugar a la emisión de un informe extraordinario.
Documentación de referencia	DIA- Apartado D8 y Apartado E9 Informes patrimonio y arqueología Informe trabajos previos arqueología para Mina Muga

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN- BIENES MATERIALES, PATRIMONIO ARQUELÓGICO Y CULTURAL SEGUIMIENTO DE LOS RECURSOS CULTURALES	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Garantizar que se preserva la continuidad del Camino de Santiago y la Cañada Real de los Roncaleses y que no se producen afecciones al Castillo de Javier.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se verificará la continuidad del Camino de Santiago y de la Cañada Real de los Roncaleses, así como se mantenga el paso de los usuarios de los mismos y su seguridad. Se verificarán las áreas de exclusión establecidas en proyecto correspondientes al Castillo de Javier.	
Lugar de inspección	Camino de Santiago y Cañada Real de los Roncaleses. Interior desarrollo minero y su proyección en superficie coincidente con el Castillo de Javier.
Periodicidad	Trimestral
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el vigilante ambiental. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	Camino de Santiago y Cañada Real de los Roncaleses. Proyección subterránea del Castillo de Javier.
Umbrales críticos para esos parámetros	No se considerará aceptable el corte de al Camino de Santiago ni la Cañada Real de los Roncaleses, así como el desvío de los mismos, sin una autorización expresa del organismo competente. No se considerará aceptable la explotación en el área de exclusión coincidente con el Castillo de Javier.
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	En caso de que alguna vía o camino quedara desviada o no repuesta, deberá dársele continuidad. En caso de no se cumplan la prescripción en relación con el área de exclusión del Castillo de Javier se propondrá la paralización de los trabajos en los tajos afectados.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	Informes patrimonio y arqueología Informe trabajos previos arqueología para Mina Muga DIA- Apartado D8 y Apartado E9

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN- BIENES MATERIALES, PATRIMONIO ARQUELÓGICO Y CULTURAL CONTROL DE LA PROTECCIÓN DEL CANAL DE BARDENAS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Garantizar la adecuada conservación del Canal de Bardenas, así como su correcto funcionamiento, durante la fase de explotación.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se verificará que no hay explotación en el macizo de protección de 100 metros establecido a ambos lados del canal de Bardenas.	
Lugar de Inspección	Canal de Bardenas
Periodicidad	Trimestral.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el vigilante ambiental. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	No invasión del Canal de Bardenas y su perímetro de protección.
Umbrales críticos para esos parámetros	Realización de trabajos de explotación de la zona dentro del perímetro de protección.
Medidas complementarias si se alcanzan los umbrales críticos	No se permitirán afecciones sobre el Canal, ni sobre su correcto funcionamiento Se llevará a cabo la reparación de cualquier afección que se pueda producir sobre el Canal.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA- Apartado D8 y Apartado E9

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

FASE DE EXPLOTACIÓN- BIENES MATERIALES, PATRIMONIO ARQUELÓGICO Y CULTURAL **CONTROL DE LA PROTECCIÓN DE LOS NÚCLEOS DE JAVIER Y UNDUÉS DE LERDA**	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Garantizar la protección a los núcleos de población de Javier y Undués de Lerda.
ACTUACIONES DE CONTROL	
Se verificará que se han establecido y no hay explotación macizos de protección sin explotar bajo los núcleos de población de Javier y Undués de Lerda además de un contorno de seguridad de mínimo 100 metros en la horizontal, que podrán ser ampliados de conformidad con lo que dispongan los organismos competentes en la autorización sustantiva.	
Lugar de inspección	Núcleos urbanos de Javier y Undués de Lerda
Periodicidad	Trimestral
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El personal será el vigilante ambiental. La inspección será visual.
Parámetros sometidos a control	No invasión de los perímetros de protección.
Umbrales críticos para esos parámetros	Realización de trabajos de explotación de la zona dentro del perímetro de protección.
Medidas complementarias si se alcanzan los umbrales críticos	No se permitirán actuaciones dentro del perímetro de seguridad de los núcleos urbanos.
Documentación generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes trimestrales del PVA.
Documentación de referencia	DIA- Apartado D8.8 y Apartado E9

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.4.3 OTRAS ACTUACIONES DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO SOBRE LOS RECURSOS DEL MEDIO RELACIONADAS CON PARADAS TEMPORALES.

Las paralizaciones o suspensiones temporales de la actividad minera son circunstancias contempladas y reguladas en la legislación minera:

Así, de acuerdo a normativa vigente, en caso de producirse una suspensión temporal de trabajos, se deberá presentar un Proyecto de suspensión temporal que reúna todas las garantías técnicas ambientales y de seguridad necesarias, correspondiendo a la autoridad minera la aprobación de dicho Proyecto.

Este Proyecto será redactado en cumplimiento de:

- El *Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería*, que en su artículo 93 contempla cómo y en qué casos se podrían suspender temporalmente los trabajos de explotación, exigiendo en cualquier caso al titular de la explotación a mantener los de conservación, vigilancia, ventilación y desagüe, si hubiera lugar a ello, circunstancia a la que deberá hacerse referencia en la autorización, así como a tomar las medidas precisas para garantizar la seguridad de personas, bienes y derechos".
- La *Instrucción Técnica Complementaria 13.0.01 "Abandono de labores"* (aprobada por el *Real Decreto 863/1985. Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera*), que en su apartado 2.2., regula como debe llevarse a cabo una suspensión temporal de los trabajos para que se realice con todas las garantías ambientales y de seguridad necesarias. El citado apartado contempla: *"En el Proyecto de suspensión temporal de trabajos se hará constar detalladamente los accesos y explotaciones que se pretenden conservar, el plazo de suspensión de trabajos, las medidas de conservación que se aplicarán durante el período de suspensión, las obras de aislamiento a realizar, la ventilación de las labores conservadas, la revisión periódica de la maquinaria que permanecerá instalada y, en general, cuantas medidas se pretenda adoptar para la seguridad de la zona conservada. La autoridad minera podrá aprobar este plan con las modificaciones que estime adecuadas y fijará las precauciones a adoptar cuando se vuelva a poner en servicio la zona de trabajos paralizados*".

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

2 PRESUPUESTO

El presupuesto estimado del Programa de Vigilancia y Seguimiento Ambiental en sus fases de construcción y explotación puede verse en la siguiente tabla.

Para la elaboración de esta estimación se han considerado la duración de las diferentes etapas de la Fase de Construcción (C1 y C2) y de la Fase de Explotación (E1).

PRESUPUESTO DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL	
TOTAL PVA CONSTRUCCIÓN + EXPLOTACIÓN	**4.406.664 €**

FASE DE CONSTRUCCIÓN				
Ud	**Descripción**	**Medición**	**Precio unitario**	**Importe €**
PERSONAL (incluso dietas y desplazamientos)				**364.800**
día	**RESPONSABLE DEL PROGRAMA** (1 día/sem)	100	400	40.000
mes	**VIGILANTE AMBIENTAL** Continuo (incluye vehículo y gastos)	47	2.500	117.500
día	**RESTO EQUIPO PVA Y CONSTRUCCIÓN** (perfiles diversos, 2 día/semana)	200	600	120.000
campaña	**CENSO Y SEGUIMIENTO DE ANFIBIOS** Campaña inicial + seguimiento trimestral	9	1.500	13.500
campaña	**TRASLOCACIÓN DE ANFIBIOS** Campaña	1	2.500	2.500
mes	**SEGUIMIENTO ARQUEOLÓGICO** Continuo	23	3.100	71.300
ANALÍTICAS				**206.056**
ud	**AGUAS SUPERFICIALES**	208	342	71.136
ud	**AGUAS SUBTERRÁNEAS**	312	392	122.304
ud	**VERTIDOS**	16	401	6.416
ud	**MEDICIONES PARTÍCULAS EN RED DE CONTROL**	3	1.400	4.200
ud	**MEDICIONES RUIDO**	2	1.000	2.000
INFORMES				**10.800**
ud	**EDICIÓN DE INFORMES**	18	600	10.800
Total Fase Construcción				**581.656**

FASE DE EXPLOTACIÓN				
Ud	**Descripción**	**Medición**	**Precio unitario**	**Importe €**
PERSONAL (incluso dietas y desplazamientos)				**1.747.600**
día	**RESPONSABLE DEL PROGRAMA** (1 día/semana)	884	400	353.600
día	**VIGILANTE AMBIENTAL (Vehículo y gastos)** (1día/semana)	884	500	442.000
día	**RESTO EQUIPO PVA Y MINA**	884	600	530.400

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

	(perfiles diversos, 1 día/semana)			
campaña	**SEGUIMIENTO DE FAUNA (ANFIBIOS Y OTROS GRUPOS)**	68	3.100	210.800
campaña	**EXPERTO SEO**	34	3.100	105.400
campaña	**EXPERTO EN SUBSIDENCIA Y SISMICIDAD**	34	3.100	105.400
ANALÍTICAS				**1.843.108**
ud	**AGUAS SUPERFICIALES**	1.768	342	604.656
ud	**AGUAS SUBTERRÁNEAS**	2.652	392	1.039.584
ud	**VERTIDOS**	68	401	27.268
ud	**MEDICIONES PARTÍCULAS EN POZOS DE VENTILACIÓN**	80	1.400	112.000
ud	**MEDICIONES EMISIONES FOCOS FIJOS**	34	1.400	47.600
ud	**MEDICIONES RUIDO**	8	1.500	12.000
INFORMES				**43.800**
ud	**EDICIÓN DE INFORMES**	73	600	43.800
COSTES DE INVERSIÓN				**190.500**
ud	**PA Instrumentación portátil**	1	32.000	32.000
ud	**Instrumentación “in situ”**	1	115.000	115.000
ud	**PA Material diverso**	17	1.500	25.500
ud.	**Otros (software)**	1	18.000	18.000
Total Fase Explotación				**3.825.008**

El presupuesto para el PVA en la Fase de Construcción y Explotación asciende a 4.406.664,00. € (cuatro millones cuatrocientos seis mil seiscientos sesenta y cuatro euros). En concreto 581.656,00 € para la Fase de Construcción y 3.825.008,00 € para la Fase de Explotación.

Cabe señalar que el PVA es un documento “vivo” y orientativo, que debe adaptarse en cada momento a las circunstancias y estado de conocimiento del proyecto y la explotación, de los cambios normativos que se vayan produciendo a lo largo de la vida del proyecto y de los resultados que se vayan obteniendo en el marco del PVA.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

En Zaragoza, a 28 de febrero de 2020



Leticia Ortiz Bedia

Licenciada en Ciencias Biológicas

Colegiado 19616 ARN



Alfonso Martínez Andrés

Doctor Ingeniero de Minas NE 062 A

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE

Nº.Colegiado: **62A NE**
Nombre: **Alfonso Martínez Andrés**
Visado este proyecto con esta fecha, con el nº de visado E0004/20-NA, del libro de registro. 12 de Marzo de 2020

VISADO

Geoalcali
a Highfield Resources Company

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

3 ANEXOS

- ANEXO 01Plan de monitorización de la subsidencia.
- ANEXO 02Red de Control del Medio Hídrico.
- ANEXO 03Tabla de puntos de control de aguas subterráneas y superficiales
- ANEXO 04Listado de focos fijos de emisión
- ANEXO 05Control y seguimiento de Instalaciones de Residuos Mineros

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

Geoalcali
a Highfield Resources Company

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

ANEXO 01 PLAN DE MONITORIZACIÓN DE LA SUBSIDENCIA

Geoalcali
a Highfield Resources Company

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

Proyecto Mina Muga (Navarra y Aragón)

Anexo 01: PLAN DE MONITORIZACIÓN DE LA SUBSIDENCIA

Febrero de 2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

CRS ingeniería

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

Índice

1. PLAN DE AUSCULTACIÓN Y MONITORIZACIÓN DE LA SUBSIDENCIA 4

1.1. CONTROL DE LA SUBSIDENCIA EN SUPERFICIE 5

1.1.1. CONTROL TOPOGRÁFICO DE SUPERFICIE 6

1.2. CONTROL DE LA SUBSIDENCIA EN ZONAS URBANAS 20

1.2.1. MUNICIPIO DE JAVIER 21

1.2.2. MUNICIPIO DE UNDUÉS DE LERDA 22

1.3. CONTROL DE LA SUBSIDENCIA EN ESTRUCTURAS SINGULARES 24

1.3.1. CANAL DE LAS BÁRDENAS 24

1.3.2. CASTILLO DE JAVIER 31

1.4. CONTROL DE LA CONVERGENCIA EN EL ENTORNO MINERO EN PROFUNDIDAD 34

1.4.1. CONTROL TOPOGRÁFICO DE INTERIOR 35

1.4.2. CONTROL DE CONVERGENCIAS 37

1.4.3. CONTROL DE CÉLULAS DE CARGA 40

1.4.4. PIEZÓMETROS DE CUERDA VIBRANTE 40

1.5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS: UMBRALES Y MEDIDAS DE ACTUACIÓN PARA EL CONTROL TOPOGRÁFICO DE SUPERFICIE 43

1.5.1. NORMATIVA DE APLICACIÓN 43

1.5.2. UMBRALES DE CONTROL EN EDIFICACIONES Y ESTRUCTURAS 46

1.5.3. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN ANTE LA SUPERACIÓN DE UMBRALES 48

1.6. MONITORIZACIÓN TRAS CLAUSURA DE MINA 49

1.6.1. CONTROL DE SUBSIDENCIA EN SUPERFICIE 49

1.6.2. CONTROL DE SUBSIDENCIA EN EL MUNICIPIO DE JAVIER 51

1.6.3. CONTROL DE SUBSIDENCIA EN EL MUNICIPIO DE UNDUÉS DE LERDA 52

1.6.4. CONTROL DE SUBSIDENCIA EN EL CANAL DE BÁRDENAS 53

1.6.5. CONTROL DE SUBSIDENCIA EN EL CASTILLO DE JAVIER 55

TABLAS

Tabla 1. Medidas de control de la subsidencia de superficie 20

Tabla 2. Medidas de control de la subsidencia en el municipio de Javier 22

Tabla 3. Medidas de control de la subsidencia en el municipio de Undues 24

Tabla 4. Relación de los tramos inspeccionados en el Canal de Bardenas 27

Tabla 5. Medidas de control de la subsidencia en el Canal de Bardenas 31

Tabla 6. Medidas de control de la subsidencia en el Castillo de Javier 34

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Tabla 7. Medidas de auscultación de la subsidencia en el entorno minero en profundidad 43
Tabla 8. Criterio de movimientos admisibles 46
Tabla 9. Movimiento máximo en estructuras con sensibilidad baja a movimientos en la cimentación 47
Tabla 10. Movimiento máximo en estructuras con sensibilidad media a movimientos en la cimentación 47
Tabla 11. Movimiento máximo en estructuras con sensibilidad alta a movimientos en la cimentación 47
Tabla 12. Movimiento máximo admisibles en zonas libres de estructuras 48
Tabla 13. Movimiento máximo admisibles en estructuras subterráneas al excavar por debajo de ellas 48
Tabla 14. Protocolo de actuación ante la superación de umbrales. 48
Tabla 15. Medidas de control de la subsidencia de superficie una vez finalizada la actividad minera 51
Tabla 16. Medidas de control de la subsidencia en el municipio de Javier 52
Tabla 17. Medidas de control de la subsidencia en el municipio de Undues 53
Tabla 18. Medidas de control de la subsidencia en el Canal de Bardenas 55
Tabla 19. Medidas de control de la subsidencia en el Castillo de Javier 56

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Base topográfica fija de Sangüesa con sistema de monitorización 7
Ilustración 2. Ejemplo de prisma topográfico para monitoreo modelo GPR112 con cubierta protectora contra lluvia (Instop) 7
Ilustración 3. Esquema de hito de nivelación con extensómetro en su interior 8
Ilustración 4. Ejemplo de hitofeno de la empresa INSTOP 9
Ilustración 5. Equipo de extensómetro para control de movimientos en superficie 10
Ilustración 6. Esquema de clavo de nivelación 10
Ilustración 7. Clavo de nivelación y prisma topográfico móvil 10
Ilustración 8. Estación tipo Trimble 12
Ilustración 9. Sistema GPS móvil con posicionamiento en tiempo real RTK 13
Ilustración 10. Geometría de adquisición de las imágenes SAR y componente LOS de movimiento medida por el satélite radar 14
Ilustración 11. Esclerómetro en hormigón 28
Ilustración 12. Ejemplo de diana de nivelación adhesiva 32
Ilustración 13. Estación total robotizada en el interior de un túnel 36
Ilustración 14. Sección de convergencia 38
Ilustración 15. Extensómetros en galería 39
Ilustración 16. Extensómetro instalado 40
Ilustración 17. Esquema del alambre del piezómetro de cuerda vibrante 41
Ilustración 18. Método Observacional. Niveles de asientos. Construction Industry Research and Information Association (CIRIA R185-1999) 45

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1. Plan de auscultación y monitorización de la subsidencia

El Plan de Auscultación y Monitorización surge de la necesidad de detectar y evitar posibles afecciones en el entorno de la zona de proyecto ocasionadas por la actividad minera. Por tanto, en caso de que aconteciese cualquier suceso que pueda conllevar efectos adversos medioambientales o para la seguridad de la vida humana revelados a partir de los dispositivos de auscultación, se notificará a la autoridad competente y se aplicará un plan de emergencia donde se seguirán las instrucciones sobre las medidas que se deben emprender.

El principal objetivo del Plan de Auscultación es el de garantizar unos niveles de seguridad adecuados para las distintas operaciones que se lleven a cabo durante las labores mineras y una vez clausurada la mina. Además, tiene otros objetivos como son el de definir y describir:

- Las funciones y responsabilidades del personal asignado para la realización de la auscultación.
- Definición de los dispositivos de control, localización y tipo de instalación.
- Definición de las magnitudes umbrales y parámetros a controlar, su rango y precisión.
- Tiempo y frecuencia de las medidas y duración de la campaña de auscultación.
- Los procedimientos e instrucciones necesarias de operación, seguimiento, y mantenimiento de los dispositivos de auscultación y monitorización para asegurarse de que funcionan de acuerdo con su diseño, cumplen la normativa y obligaciones y enlaza con la planificación y respuesta ante emergencias.
- Interpretación de los resultados, documentación del funcionamiento de los dispositivos e infraestructuras asociadas y verificación del cumplimiento de los coeficientes de seguridad.
- Comprobación de la evolución del comportamiento y predicción a largo plazo durante las diferentes fases de proyecto.

Para un correcto monitoreo se deberán seleccionar las técnicas de auscultación e instrumentación que se adapten a las necesidades del proyecto y que sirvan a la obtención de información sobre el comportamiento del terreno, las estructuras y las instalaciones en cada momento durante el transcurso de la actividad minera y controlar algunos parámetros geotécnicos que puedan detectar la existencia de subsidencias en el entorno.

La elección de un método de auscultación y seguimiento de las deformaciones producidas en una zona subsidente depende de gran número de factores, algunos de ellos difíciles de cuantificar. Las principales variables son la precisión y la resolución requerida, el tipo y distribución de los datos, la frecuencia con la

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

que se dispone de ellos, las características del escenario y las condiciones ambientales en que son aplicables, la flexibilidad y los grados de libertad o independencia, la facilidad de acceso a los métodos, el tiempo de adquisición de datos, la geometría, cinemática y naturaleza del fenómeno a estudiar, el grado de automatización de los procesos de adquisición y tratamiento de los datos, etc

- Entornos sensibles

Previo a la instalación de los instrumentos de auscultación y monitorización, se deberán definir y localizar los entornos sensibles a sufrir daños ante una posible subsidencia en superficie y convergencia en las labores e infraestructuras de interior tanto para dimensionar los diferentes alcances de la campaña según avancen las labores mineras como para controlar las posibles afecciones a las mismos.

Dentro de la campaña de auscultación de la Mina Muga se plantean diferentes medidas que garanticen la integridad tanto del entorno minero como de entornos urbanos y patrimoniales próximos al proyecto. Así, por tanto, se definen los siguientes entornos donde se desarrollará la campaña de auscultación y monitorización en función del nivel de control:

  - Control de la subsidencia en superficie.
  - Control de la subsidencia en zonas urbanas
    - Municipio de Javier
    - Municipio de Undués
  - Control de la subsidencia en estructuras singulares
    - Castillos de Javier
    - Canal de las Bardenas

- Control de la convergencia en profundidad en el entorno minero.

Esta caracterización geotécnica también se ha desarrollado sobre aquellos materiales involucrados en la construcción de las instalaciones superficiales, donde se reflejan las características de tipo geotécnico que pueda afectar y condicionar el proyecto y sus instalaciones.

1.1. CONTROL DE LA SUBSIDENCIA EN SUPERFICIE

El Plan de Monitorización en superficie se define como referencia para el resto de entorno sensibles a sufrir daños por subsidencia. En el plano nº 1 se muestra la situación general de los hitos de control planteados.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.1.1. Control topográfico de superficie

Los controles topográficos convencionales se basan en las lecturas de prismas o estaciones totales apoyándose en bases topográficas o pilares geodésicos fijos. Para la lectura se recurre a métodos de posicionamiento global por satélite convencional (GPS) o estaciones totales móviles entre otros.

El control topográfico mide las variaciones obtenidas en las tres direcciones y puede utilizarse tanto para el control de subsidencia en superficie como para el control de afecciones en estructuras y edificaciones.

Para el correcto control de estos puntos se tendrán que implantar medidas que impidan daños en los mismos como consecuencia de la operación cotidiana y de las actividades mineras.

Se tomarán los valores de las coordenadas UTM de cada uno de los puntos topográficos definidos al inicio de la operación minera como mínimo cada tres meses, pudiendo realizar el análisis de su evolución con el objeto de actuar en caso necesario mediante la aplicación del sistema de gestión de la seguridad (medidas preventivas y, en caso de incidente, correctivas).

1.1.1.1. Puntos topográficos

Para el levantamiento de los puntos se plantea la construcción de una red de control basada en la implantación de hitos topográficos.

- Bases topográficas

Se trata de hitos topográficos de carácter permanente y que sirven de referencia a la red de control. Con el fin de garantizar la permanencia temporal de las bases topográficas, éstas se suelen instalar con hormigón armado.

Existe una base de referencia en Sangüesa con coordenadas (x=640.577; y=4.715.545; z=459,19) en la que se encuentra instalada una antena Leica AX1202 GG que permite la monitorización y adquisición instantánea de datos.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020



Ilustración 1. Base topográfica fija de Sangüesa con sistema de monitorización

– Prismas topográficos

En este caso la instrumentación utilizada se situará en las propias estructuras o en el terreno y así poder ver las afecciones que el desarrollo de la mina produce sobre ellas.

Esta instrumentación consiste en una serie de prismas topográficos, anclados al terreno o atornillados a las fachadas de los edificios o estructuras importantes, de las cuales se quiere determinar los movimientos. Las medidas sobre estos prismas se realizan mediante Estación Total o a través de un sistema de antenas fijas en los propios prismas con tecnología GNSS que permiten conocer los movimientos en las tres direcciones del espacio.

La colocación de estos prismas a diversas alturas permite determinar las variaciones en la inclinación. En el caso de no ser posible se completa la instrumentación mediante bases clinométricas.



Ilustración 2. Ejemplo de prisma topográfico para monitoreo modelo GPR112 con cubierta protectora contra lluvia (Instop)

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

– Hitos de nivelación y combinados

El hito de nivelación se trata de una varilla anclada en el terreno mediante una inyección de lechada de cemento que registra movimientos verticales, asentamientos o desniveles en superficie. Éstos podrán contar con una varilla (extensómetro) que será como mínimo de 1-1,5 m de profundidad, salvando así pavimentos y posibles capas cementadas. En el extremo superior de la varilla, se dispone una cabeza de nivelación semiesférica de acero inoxidable para el apoyo de la mira topográfica. Todo el conjunto está protegido con una arqueta.

Se contempla una malla de 300 x 300 metros en el entorno de la mina. En caso de difícil acceso o de accesos restringidos, lo hitos se recolocarán de forma que no superen una distancia de 300 metros entre sí. Los emplazamientos se realizarán preferiblemente en roca.

En el caso de los hitos de nivelación, además, se utilizan para nivelar la zona superior de los extensómetros y así corregir los datos registrados con este tipo de instrumentación. Mientras que, con los hitos combinados se corrigen los movimientos verticales y horizontales, y así determinan los desplazamientos horizontales reales que se extraen de los inclinómetros.

Su uso se puede aplicar tanto al terreno como en estructuras y edificios y sirven de apoyo a las medidas realizadas mediante extensómetros

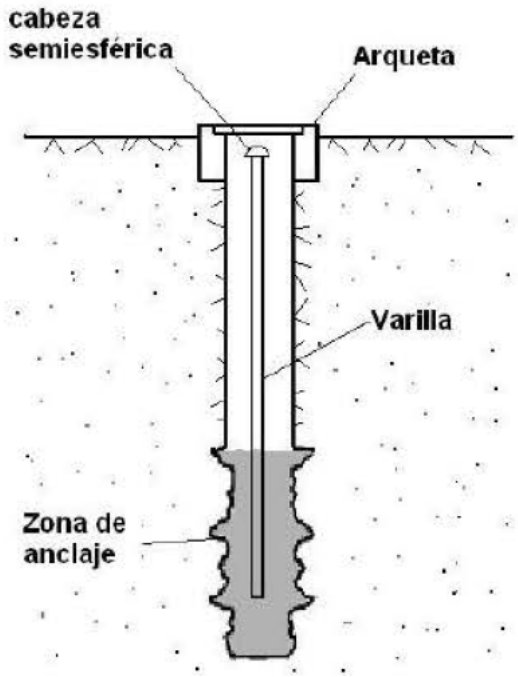


Ilustración 3. Esquema de hito de nivelación con extensómetro en su interior

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

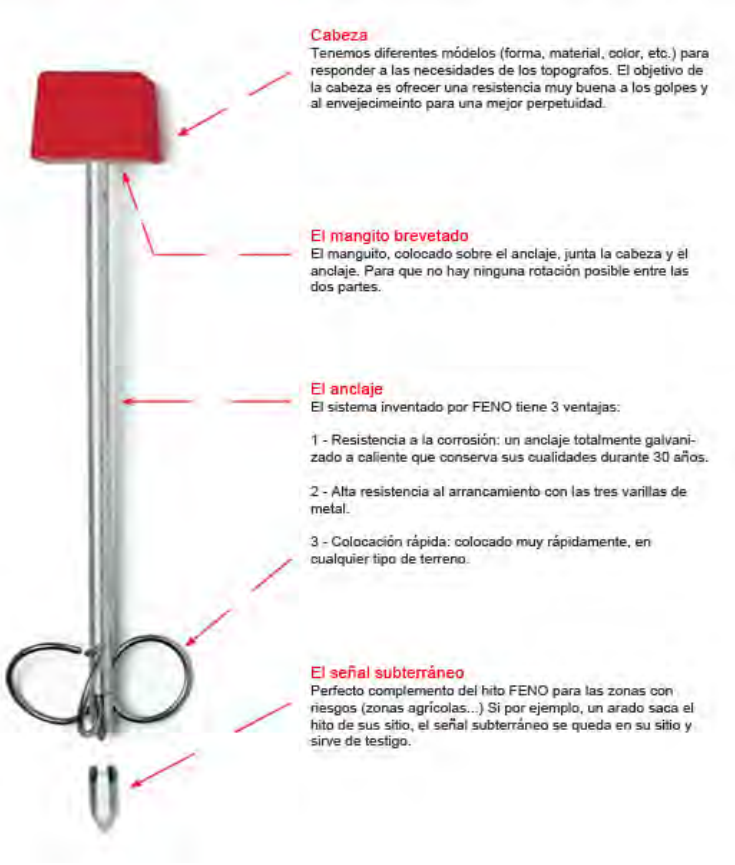


Ilustración 4. Ejemplo de hitofeno de la empresa INSTOP

– Extensómetros

Los extensómetros estarán compuestos de una única varilla y se instalarán en el interior de los hitos de nivelación. La precisión de medida de los extensómetros oscila entre ±0.5 mm.

Permiten el control de los movimientos verticales del terreno. Los desplazamientos son relativos entre distintos puntos y otro punto accesible de referencia situado en superficie. Además, permite controlar los asientos mediante medidas topográficas en la cabeza del extensómetro.

Los extensómetros pueden ser de lectura manual o encontrarse conectados a dispositivos de registro que proporcionen la representación de los movimientos con respecto al tiempo. Se pueden consultar periódicamente por medio de un sistema de telemetría o equiparse con interruptores que se configuran para emitir una señal de alarma cuando se produce un movimiento de magnitud determinada.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020



Ilustración 5. Equipo de extensómetro para control de movimientos en superficie

– Clavos de nivelación

Se utilizan en la superficie de edificios y estructuras de hormigón o en zonas de difícil acceso. Sirven para la medida de giros y desplomes en elementos estructurales en los que se pueden producir asientos diferenciales. La distancia horizontal entre los dos puntos contenidos en el plano de medida constituye el desplome.

Los clavos son de acero inoxidable y al igual que los hitos, disponen de una cabeza semiesférica para el apoyo de la mira topográfica.

Se tendrá en cuenta el tipo de terreno de instalación y la accesibilidad de todos los puntos de control para aplicar su correspondiente procedimiento constructivo, utilizándose hitos de nivelación en zonas de suelo o roca accesibles y los clavos de nivelación en roca u hormigón y en zonas con restricciones de accesibilidad.

Para poder mantener un estado de medidas sobre los puntos éstos se materializarán con prismas y/o antenas GNSS anclados sobre el terreno.

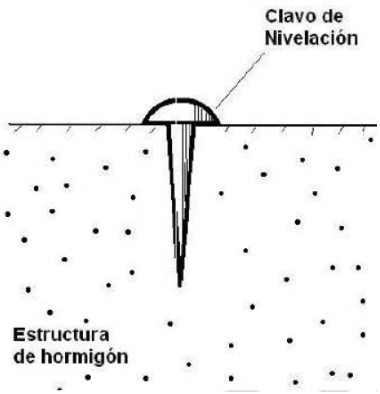


Ilustración 6. Esquema de clavo de nivelación



Ilustración 7. Clavo de nivelación y prisma topográfico móvil

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.1.1.2. Equipos topográficos

1.1.1.2.1. Estación total

La medición de los puntos de control situados en el entorno de las infraestructuras singulares se realizará mediante la utilización de estación total. No obstante, es necesario comprobar, respecto a bases de referencia que los instrumentos de medición y las bases de referencia no se muevan. Para ello se utilizan los métodos topográficos convencionales y GPS.

Este método se puede emplear como complemento al GPS ya que permite monitorizar las medidas y tiene una precisión mayor.

La Estación total permite la medida de la posición de los prismas distribuidos en la red de auscultación registrando el ángulo horizontal, vertical y distancia inclinada. Además, permite almacenar los datos; con doble lectura de ángulos y distancia, utilizándose la técnica de los tres trípodes.

En la actualidad cada vez tiene más difusión la utilización de teodolitos robotizados de alta precisión para el control de movimientos sin intervención de operador durante la fase de toma de medidas. Además, permiten el control de las zonas de difícil acceso o de acceso restringido, pudiéndose aumentar la frecuencia de lecturas respecto a los equipos manuales sin aumento de coste. El sistema se puede integrar en un software de gestión y visualización de datos con lo que se puede tener la información en tiempo real.

Se estima oportuno el uso de estaciones Trimble del tipo Trible S7 High Presicion en adelante, de 1” de precisión angular, siendo instrumentos de alta gama diseñados específicamente para monitorizaciones. Dicha estación será la encargada de medir los prismas distribuidos sobre la zona a auscultar. Así como se empleará en las estaciones móviles por los operarios de campo, para la medición en toda la extensión del área de estudio

Adicionalmente si el modelo Trimble dispone de una cámara interna, se podrá observar a través de video y en modo remoto, las visuales que esté realizando el instrumento y gracias al dispositivo de monitoreo SETTOP y observar en tiempo real el objetivo.

Las precisiones de dichos instrumentos se cifran según un segundo sexagesimal en precisión angular y un 1 mm más 1 ppm (partes por millón) de la distancia tomada, lo que representa que si realizamos una lectura media a 100m de longitud obtendremos una diana de puntos de máxima probabilidad de:

- Desviación Transversal (angular) = 100m x Tg (1’’) x $\sqrt{2} \approx 0.7$mm
- Desviación Longitudinal (distanciometría) = 1mm + 1 x 0.1 ≈ 1.1mm

Se estima oportuno realizar correcciones atmosféricas, correcciones de orientación y levantamiento.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020



Ilustración 8. Estación tipo Trimble

1.1.1.2.2. Sistema GPS y tecnología GNSS

El sistema Global de Navegación por Satélite (acrónimo en inglés de GNSS) más conocido como GPS aporta la posición absoluta de una base. Es adecuado para grandes extensiones de control o cuando se debe comprobar si la zona donde se ubica el instrumento y/o algunos de los puntos de orientación se encuentran dentro de la cubeta de asientos. Las antenas GNSS se instalarán en algunos prismas fijos para monitorizar los movimientos en continuo y servirán de apoyo a los sistemas GPS móviles tipo RTK.

La medición de los puntos de control se realizará sistemáticamente mediante la utilización de equipos portátiles GPS. La información obtenida será contrastada con la obtenida mediante estación total en aquellas zonas donde se sitúen estructuras singulares y se utilicen ambas técnicas de medición.

La precisión nominal se encuentra en torno a 1 cm en modo Postproceso y 2 cm en Tiempo Real (RTK). A tal efecto el posicionamiento de las antenas de referencia debe situarse lo suficientemente lejos para que su precisión no afecte a la determinación de la orientación del instrumento.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020



Ilustración 9. Sistema GPS móvil con posicionamiento en tiempo real RTK

1.1.1.2.3. LIDAR

Se plantea el uso de la tecnología LIDAR como método de verificación de las medidas obtenidas durante la campaña de GPS.

Esta tecnología se aplicará mediante un Unidad Autónoma tipo dron o mediante satélite, con la mayor densidad de puntos por metro cuadrado posible para obtener mayor precisión. Se recobraron un número de puntos de control conocidos igual a un tercio de los situados en campo y se cruzarán contra los 3 puntos de primer orden adicionales leídos con GPS geodésicos.

Con dichos puntos, se procederá a ajustar de los datos LiDAR.

Las distancias a la estación base nunca deberán superar los 10 kilómetros.

Esta campaña se puede realizar cada dos años.

Con la finalidad de poder ajustar las imágenes sobre la superficie con la mayor precisión posible, será necesaria la colocación de algún reflector. Con estos reflectores se consigue superponer las imágenes año tras año con una precisión aceptable.

1.1.1.3. Interferometría SAR

Otra posible tecnología a utilizar para el control de la subsidencia es la generación de imágenes SAR (Radar de Apertura Sintética), que será testada durante etapa inicial con hitos de control para su ajuste y definición.

Las tecnologías InSAR se componen de una serie de técnicas que utilizan imágenes de Radar de Apertura Sintética (SAR) para la creación de mapas topográficos del terreno y la monitorización de movimientos de la superficie. Teniendo en cuenta que el sistema radar a bordo del satélite realiza una medición de distancia,

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

las monitorizaciones de movimiento se obtienen en la dirección de visualización, conocida como Line Of Sight o Línea de Vista.

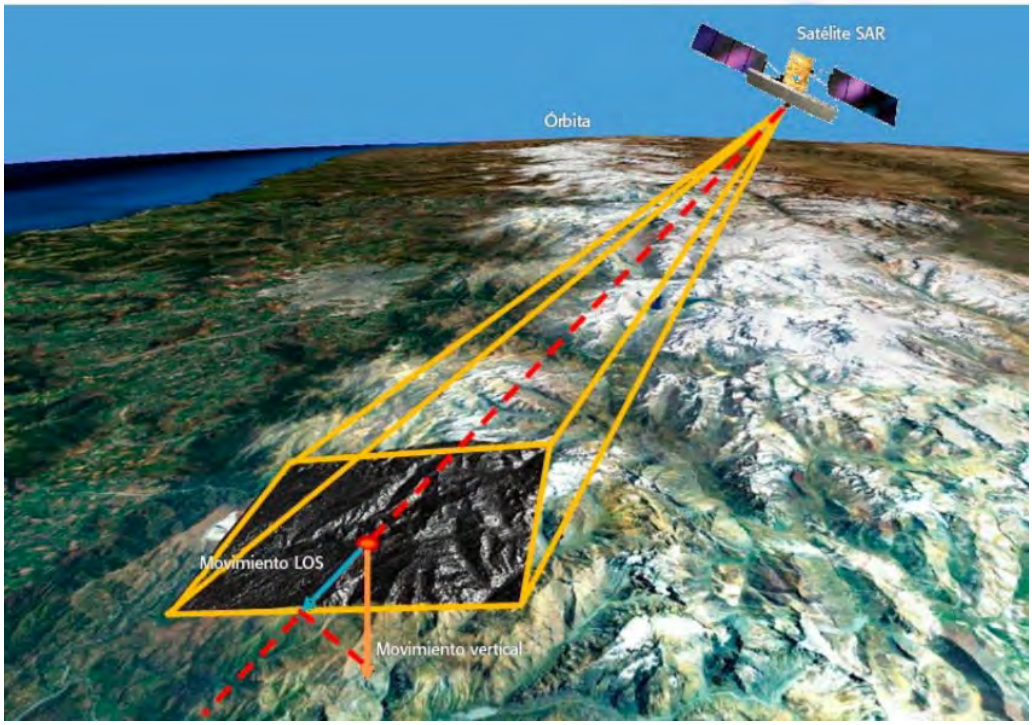


Ilustración 10. Geometría de adquisición de las imágenes SAR y componente LOS de movimiento medida por el satélite radar

De cara a obtener mediciones con precisión milimétrica se utilizará la técnica de interferometría por red de puntos estables (Stable Point Network), requiriendo un mínimo de imágenes de la zona de estudio para seleccionar los puntos electromagnéticamente estables a lo largo del periodo de estudio. De esta manera, se obtiene un mapa de deformación del terreno que indica para cada punto el movimiento durante el periodo de análisis, obteniendo adicionalmente series temporales de evolución que indican la evolución de la deformación a lo largo del tiempo.

Se prefiere la tecnología interferométrica SPN respecto a la clásica para garantizar la detección milimétrica de los movimientos del terreno.

1.1.1.4. Metodología de medida

La metodología a emplear consiste en la colocación de dos Bases GPS fijas, situadas en dos puntos fuera de la zona de influencia de la subsidencia, así como el uso de la base existente en Sangüesa. Estas dos bases se construirán de obra como las propias de los vértices geodésicos de la red topográfica estatal.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Durante la campaña de medición, estarán activas recibiendo datos de los satélites que se encuentren dentro de rango y triangulando constantemente con los GPS móviles RTK.

La medición de cada punto de control se realizará con los GPS móviles. Será necesario colocar los GPS con trípode sobre los puntos a medir y se medirán durante 10 minutos siempre que existan al menos 4 satélites dentro de rango durante los 10 minutos que dura la medición.

La técnica habitual para mejorar al máximo la precisión consiste en solapar el máximo tiempo posible la medición de 2 puntos (con dos GPS móviles). Con esto se consigue que dos GPS móviles estén triangulando durante el máximo tiempo posible con dos bases fijas, lo que permite afinar al máximo el dato obtenido. De este modo durante la medición, cada uno de los GPS móviles está triangulando con las bases y también con el otro GPS móvil. Todas las lecturas de los GPS móviles deben realizarse en lectura estática.

Para el estudio de detección de cambios se necesitarán al menos dos lecturas. Una primera toma de datos de los puntos de referencia y a continuación, las lecturas realizadas durante las diferentes campañas una vez iniciadas las labores mineras de excavación. Las lecturas se deberán comparar para determinar las variaciones entre las diferentes medidas.

1.1.1.4.1. Calidad de las lecturas

Para que las lecturas sean posibles, se deberá garantizar la visibilidad de los diferentes puntos de control y las referencias deberán encontrarse fuera de la zona de influencia de subsidencia o de movimientos de tierra y deberá contar con posibilidades de acceso.

Además, se recomienda que las bases topográficas estén ubicadas a una distancia que permita su enlace mediante poligonales de apoyo no muy largas para no perder precisión (recomendable no más de 10 km).

Con la finalidad de asegurar la calidad de las lecturas en bruto se post-procesan todos los datos en crudo obtenidos con los GPS.

Este proceso consiste en el volcado de los datos sobre el software.

Estos datos primero se filtran para ver que cumplen con las siguientes condiciones:

- Tiempo de lectura > 10 min
- Nº de satélites durante la lectura > 4

Todos los puntos medidos durante una jornada de trabajo que cumplen con las dos condiciones previas, se post-procesan y se corrigen internamente por el software y pasan a ser puntos limpios que se pueden usar para cualquier cálculo o representación.

De forma paralela se realizarán medidas mediante tecnología LIDAR/InSAR y se contrastarán con las realizadas con GPS.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.1.1.4.2. Criterios para variar la frecuencia de medidas

La variación de las medidas dependerá de la evolución de las lecturas, la correlación que se vaya estableciendo durante los primeros 5-10 años de explotación.

Respecto al final de la explotación será adecuado ajustar la frecuencia de medidas pues se podrá entonces conocer con bastante precisión en que año se detendrá completamente ya que para entonces existirán más de 15 años seguidos de registro y se conocerá con que ratio de hundimiento se desarrollaran los años futuros que seguramente será en la parte de desaceleración de la curva de hundimiento.

También se considera un criterio para variar la frecuencia de medidas el valorar si existe o no algún elemento de interés en ciertas zonas ya que aquellas zonas alejadas de cualquier punto de interés donde no se vean tasas de descenso anómalas se podrá medir con menor frecuencia.

1.1.1.5. Monitorización de los datos

Una vez registrado cada uno de los datos que se obtiene de cada estación, se deben enviar de forma remota al terminal de control. Para dichos sistemas, el dispositivo que realiza la comunicación entre el instrumento y el centro de control es un receptor GNSS de referencia con control remoto de la Estación Total que permite gestionar datos GPS al mismo tiempo que realiza el control de la monitorización de la Estación Total a través de diversos puertos de comunicación como:

- WiFI o WiMAX para grandes extensiones sin cobertura GSM.
- Cable de red Ethernet.
- Telefonía GSM.

Estos dispositivos son totalmente configurables mediante interfaz web.

Un ejemplo de dicho tipo de dispositivo es el SETTOP M1, comunicador entre el instrumento y el centro de control. Por un lado, envía los datos registrados y por otro aporta nuevas instrucciones. Así mismo, podrá realizar la doble función de Base/Móvil con conexión a una antena receptora de doble frecuencia. Además, gracias a su concepto multifunción, podrá conectar múltiples sensores como estaciones meteorológicas o sensores geotécnicos.

1.1.1.6. Gestión de los datos e información medidos

Mediante la aplicación de esta tecnología se medirá el desplazamiento de la superficie en términos de X, Y, Z respecto al tiempo, realizando comparaciones periódicas de las posiciones medidas para determinar los desplazamientos obtenidos.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Asociada a esta tecnología, de monitoreo SETTOP M1, se empleará el programa de gestión y análisis de datos SETTOP MONITORING. El software nos permite abrir un trabajo, configurar la geodesia, editar los parámetros de monitorización como la orientación, los prismas a auscultar, los ciclos de repetición, controlar los Instrumentos Topográficos y sensores y luego registrar, calcular, analizar y mostrar el conjunto de datos recibidos.

1.1.1.6.1. Control de los instrumentos

Antes de iniciar el levantamiento se debe indicar las lecturas que tomará el instrumento o instrumentos que configuren la auscultación. Una vez establecido los ciclos de lectura el programa SETTOP MONITORING enviará las instrucciones correspondientes a los Instrumentos Topográficos para que inicien el levantamiento.

Paralelamente una vez iniciado el proceso tomará los datos para su posterior análisis. A su vez, también recibirá los datos de los receptores GNSS como también de las estaciones meteorológicas y otros sensores, pudiendo utilizar los propios y con autorización los correspondientes a los geodésicos del IGN.

1.1.1.6.2. Base de datos

El software consta de una Base de Datos que registra y gestiona los datos que transmitirá la Estación Total y los receptores GNSS. Esta base de datos se clasifica según en un listado con referencia temporal donde se podrán realizar las consultas oportunas.

La base de datos anota sistemáticamente todos los registros para su uso posterior de forma rápida, sencilla y estructurada.

Al ser una base de datos dinámica permite operaciones como actualización, borrado y adición además de las acciones fundamentales de consulta.

1.1.1.6.3. Cálculo de coordenadas

Una vez registrados los datos se procede al cálculo de las coordenadas. Para ello si los datos se han obtenido con Estación Total el software reducirá las distancias con las variables atmosféricas y las correcciones de esfericidad y refracción a los ángulos verticales y si se ha seleccionado una geodesia evaluará su coeficiente de anamorfosis.

Si los datos se han obtenido mediante receptores GNSS se realizará el cambio de Dátum correspondiente y se transformarán las coordenadas a la proyección seleccionada.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.1.1.6.4. Análisis de datos y consultas

Con las coordenadas calculadas sobre la geodesia correspondiente SETTOP MONITORING procesará y analizará los datos generando unas gráficas desplazamiento-tiempo para obtener las velocidades vectores de cada uno de los puntos de control.

Los resultados se compararán con una previsión de movimientos donde, si es necesario, generará una señal de alarma en el supuesto que excedan de unos límites previamente establecidos según una graduación (verde, ámbar o rojo).

Así mismo, los datos pueden ser consultados por otros terminales donde se visualizarán de forma ágil e intuitiva.

Dichos resultados se observarán sobre gráficas de fácil interpretación donde se analizarán los datos diarios, semanales, mensuales e incluso anuales. Se busca, de este modo, obtener una gráfica general de tendencia donde se pueda observar la asíntota de estabilización del terreno y así poder prever la cuasi estabilización del entorno.

Las consultas podrán realizarse vía web server permitiendo observar el proceso desde cualquier terminal que tenga acceso a las consultas de los datos de la monitorización, pudiendo servir para que los operadores de campo puedan llevar algún terminal e identificar con facilidad alguna estación defectuosa.

1.1.1.7. Registro de la información

Para un correcto registro de los datos se deberá contar con un plano o croquis de ubicación de los diferentes puntos de control, de tal forma que sea posible su identificación. Se genererará un reporte por punto con sus características.

Con los datos obtenidos de la monitorización y provenientes del análisis de los datos, se deberá elaborar de manera anual o semestral para las primeras fases los siguientes documentos:

- Memoria con la descripción de los trabajos.
- Elaboración de curvas de velocidad-hundimiento
- Conjunto de planos para plasmar los desplazamientos de la superficie.
- Reseñas de todos los puntos de control nuevos instalados sobre el terreno.

Es práctica habitual substituir aquellos puntos de control que puedan haberse destruido o perdido por causas ajenas a la actividad minera (deforestación, reconstrucción de arcenes, arado de los márgenes de campos de cultivo, etc.).

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

La memoria deberá incorporar una valoración de las velocidades de hundimiento en toda la huella afectada y se deberá correlacionar con cada frente de explotación.

Se elaborarán tantos planos de isohipsas como sean necesarios para valorar la variación de cota respecto al año anterior, así como para intervalos de 5 años.

CONTROL DE LA SUBSIDENCIA EN SUPERFICIE	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Aseguramiento de la estabilidad del terreno en superficie y detección de posibles movimientos en el terreno ocasionados por las actividades mineras.
ACTUACIONES Y MEDIDAS DE CONTROL	
Documentación e inventariado de las zonas potencialmente sensibles y situación de red de control acorde al grado de afección. Control y mantenimiento de accesos. Medición y control de movimientos, desplazamientos o asentamientos del terreno y de la aparición de posibles subsidencias. Monitoreo y seguimiento de la red de control topográfico en superficie para determinar las posibles variaciones en XYZ. mediante GPS, estación total o Satélite InSAR. Inspecciones visuales y control del estado y calidad de las infraestructuras y edificaciones en superficie. Detección mediante inspecciones visuales de fisuras, desplomes u otras anomalías. Verificar el funcionamiento de los instrumentos de control mediante lectura de puntos de referencia fuera de la influencia de la cubeta de subsidencia • Instalación de hitos y prismas topográficos. • Extensómetros. • Dianas o clavos de nivelación. • Utilización de 3 bases fijas topográficas para triangulación de los equipos, entre ellas la de Sangüesa.	
Lugar de Inspección	La actividad de monitorización se realiza en todo el entorno del yacimiento, comenzando en el entorno de las rampas e incrementando su superficie a medida que las labores mineras avancen. Municipios cercanos a la explotación Estructuras, instalaciones y edificaciones situadas en el área de influencia por subsidencia. Se considera que para que las medidas sean significativas, y aunque haya zonas que tarden en manifestar cierta subsidencia, debido a que los propios estudios de subsidencia podrían redefinir la secuencia de explotación de los paneles, se recomienda abarcar toda el área con la red de hitos antes de empezar las excavaciones con un mallado de 300x300 metros. La tecnología InSAR puede ser precisa para la medición temprana y continua de toda la extensión del área.
Periodicidad	Las tareas de monitorización se realizan desde el año antes del inicio de la explotación y se mantendrán con mayor o menor intensidad en función de los resultados medidos. Las mediciones se podrán extender hasta 20 años después de que finalice la explotación. Las lecturas de los instrumentos se realizan con periodicidad variable en función del desarrollo de las actividades mineras y de los resultados obtenidos. • Trimestralmente medida de toda la red de control hitos topográficos/ extensómetros/InSAR. • Cada dos años control LIDAR
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Instrumentación en superficie (hitos, prismas, clavos, bases) y equipos topográficos de medida: GPS, Estación total, LIDAR, InSAR. El personal involucrado en las tareas de control será_ • Responsable de auscultación especialista en geotecnia. • Técnico especialista en instrumentación. • Ingeniero topógrafo

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

<table>
<tr><th colspan="2">CONTROL DE LA SUBSIDENCIA EN SUPERFICIE</th></tr>
<tr><td>Parámetros sometidos a control</td><td>Los parámetros sometidos a control continuo y quincenal serán la variación de las coordenadas XYZ de cada punto de control.
Asiento del terreno en superficie.
Asiento del terreno en profundidad.
Desplazamiento horizontal del terreno en profundidad.
Movimientos en edificaciones y estructuras próximas.</td></tr>
<tr><td>Umbrales críticos para esos parámetros</td><td>Véase apartado de umbrales de control en edificación y estructuras:<table><tr><th>Umbral de control</th><th>Distorsión angular</th></tr><tr><td>Zonas sin edificación</td><td>>1/50</td></tr></table>Movimiento máximo admisible en zonas libres de estructuras:<table><tr><th>Tipo de estructura</th><th>Distorsión Angular</th></tr><tr><td>Zona libre de estructuras y sin firme</td><td>1/100</td></tr><tr><td>Zona libre de estructuras y con firme</td><td>1/200</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos</td><td>Se deberá avisar a la Dirección de obra y seguir las instrucciones correctoras que se precisen.
Según sean los resultados de la evolución topográfica, puede resultar necesaria la adopción de medidas constructivas y refuerzos en las estructuras.</td></tr>
<tr><td>Documentación de referencia o generada durante el control</td><td>Los resultados de los controles y de las propuestas de corrección se reflejarán en los informes ordinarios y se enviarán al Órgano competente (Minas)
Planos de isohundimiento.</td></tr>
</table>

Tabla 1. Medidas de control de la subsidencia de superficie

1.2. CONTROL DE LA SUBSIDENCIA EN ZONAS URBANAS

Los movimientos y asentamientos del terreno ocasionados en superficie como consecuencia de las labores mineras en profundidad pueden afectar a estructuras y edificios. Esta afección dependerá del diámetro de la cubeta de asiento y de la distancia al eje de excavación de la mina, así como del tipo de terreno, cimiento, presencia de agua entre otros factores.

La admisibilidad de los movimientos en la cimentación de los edificios tiene un carácter empírico donde influyen decisivamente en la magnitud de los posibles daños estructurales las siguientes variables:

- La distancia de la vertical de la excavación hasta la estructura de afección considerando unas franjas de mayor a menor asiento en trazadas paralelas a la alineación de la perforación.
- La longitud del edificio, pues si es muy corta, respecto a la curva de asientos, se produce simplemente un giro, sin distorsión angular, que no produce daños.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Debido al contenido de hormigón de los edificios la distorsión sufrida en zonas de tracción, distancia "x" tomada respecto el eje de la excavación, suele ser mucho más dañina que en zonas de compresión.
- La cimentación y rigidez de la estructura y la tipología de suelo que los sustenta.

1.2.1. Municipio de Javier

Javier es un municipio de la Comunidad Foral de Navarra, situado al norte de las instalaciones mineras con una superficie aproximada de 47 km^2. Es interesante realizar una inspección de las construcciones existentes en el entorno de las instalaciones mineras que permita obtener un conocimiento suficientemente detallado del estado y sensibilidad frente a subsidencias, vibraciones y movimientos.

Los escenarios urbanos en ocasiones pueden impedir el uso de ciertos métodos de medida de deformaciones ya que los GPS pueden encontrarse con problemas a la hora de disponer de horizontes de localización de satélites o por recibir múltiples señales rebotadas de edificaciones próximas al punto de control o simplemente por accesibilidad a los puntos de control.

Las mediciones se realizarán mediante triangulación con distanciómetros láser a dianas o clavos de nivelación instalados en las fachadas de los edificios o mediante el análisis de deformaciones en estructuras por asentamientos del terreno mediante la red de hitos topográficos instalados en superficie.

Se considera inicialmente una malla de 150 x 150 metros entre puntos de control topográfico. La situación de los puntos de monitorización se muestra en el plano nº 2 hoja 1 que acompaña al presente documento.

De manera general, si los puntos de control no se encuentran monitorizados, las medidas se podrán realizar trimestralmente al inicio de las actividades mineras.

SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN ZONAS URBANAS: MUNICIPIO DE JAVIER	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Aseguramiento de la estabilidad de las infraestructuras del municipio de Javier ante subsidencias
ACTUACIONES Y MEDIDAS DE CONTROL	
Documentación e inventariado de los edificios e infraestructuras situados en la zona de influencia, de sus características geotécnicas y diagnóstico preliminar sobre el estado de los edificios.	
Análisis de sensibilidad de las construcciones.	
Inspección visual del terreno para detectar la aparición de signos de posibles subsidencias en el terreno en las proximidades al municipio y dentro del mismo.	
Monitoreo y seguimiento de la red de control topográfico en superficie para determinar las posibles variaciones en XYZ. (150 x 150 m)	
Detección mediante inspecciones visuales de fisuras, desplomes u otras anomalías.	
Verificar el funcionamiento de los instrumentos de control mediante lectura de puntos de referencia fuera de la influencia de la cubeta de subsidencia	
Control del nivel freático.	

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN ZONAS URBANAS: MUNICIPIO DE JAVIER	
Lugar de Inspección	La actividad de monitorización se realiza en todo el entorno del municipio de Javier. En edificios, carreteras y red de tubería entre otras infraestructuras. La densidad de puntos de control será mayor que en zonas alejadas al municipio y en función de la accesibilidad a los mismos.
Periodicidad	Las lecturas de los instrumentos se realizan con periodicidad variable en función del desarrollo de las actividades mineras y de los resultados obtenidos • Trimestralmente: lectura de todos los niveles topográficos en superficie. • En continuo los que se encuentran monitorizados.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Control topográfico en superficie de asentamientos del terreno mediante: • Hitos de nivelación y prismas topográficos • Clavos y dianas de nivelación Control topográfico de estructuras singulares mediante estación total y GPS de puntos de control ubicados en fachadas de edificios y en terreno.
Parámetros sometidos a control	Los parámetros sometidos a control continuo y quincenal serán la variación de las coordenadas XYZ de cada punto de control. • Movimientos inducidos en el terreno y afecciones en edificaciones o estructuras existentes • Modificaciones del régimen hidrostático • Asientos verticales
Umbrales críticos para esos parámetros	*Véase apartado de umbrales de control en edificación y estructuras:*
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Se deberá comunicar a la dirección de obra. Se pueden establecer medidas de aseguramiento estructural adicionales. Si sobrepasan los umbrales puede resultar necesaria la adopción de medidas constructivas y refuerzos en las estructuras.
Documentación de referencia o generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes ordinarios. Plano de Subsidencia del Proyecto de Explotación

Umbral de alerta de control	Distorsión angular	Deformación unitaria (%)
Edificios cimentados profundos o con losa, en buen estado. Conducciones de gas	> 1/500	> 0,20
Edificios cimentados superficialmente, sin daños aparentes	> 1/1000	> 0,20

Tabla 2. Medidas de control de la subsidencia en el municipio de Javier

1.2.2. Municipio de Undués de Lerda

Undués es un municipio de la provincia de Zaragoza situado al oeste de las instalaciones mineras de la Mina Muga con una superficie aproximada de 43 km^2.

Se considera inicialmente una malla de 150 x 150 metros entre puntos de control topográfico. La situación de los puntos de monitorización se muestra en el plano nº 2 hoja 3 que acompaña al presente documento.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Al igual que en el municipio de Javier se deberá realizar un control y seguimiento de los posibles movimientos que sufran las infraestructuras y edificios ante el avance de las labores mineras.

<table>
<tr><th colspan="2">SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN ZONAS URBANAS: MUNICIPIO DE UNDUES</th></tr>
<tr><td>OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO</td><td>Aseguramiento de la estabilidad de las infraestructuras del municipio de Undués ante subsidencias</td></tr>
<tr><td colspan="2">ACTUACIONES Y MEDIDAS DE CONTROL</td></tr>
<tr><td colspan="2">Documentación e inventariado de los edificios e infraestructuras situados en la zona de influencia, de sus características geotécnicas y diagnóstico preliminar sobre el estado de los edificios.

Análisis de sensibilidad de las construcciones.

Inspección visual del terreno para detectar la aparición de signos de posibles subsidencias en el terreno en las proximidades al municipio y dentro del mismo.

Monitoreo y seguimiento de la red de control topográfico en superficie para determinar las posibles variaciones en XYZ (150 x 150 m)

Detección mediante inspecciones visuales de fisuras, desplomes u otras anomalías.

Verificar el funcionamiento de los instrumentos de control mediante lectura de puntos de referencia fuera de la influencia de la cubeta de subsidencia

Control del nivel freático.</td></tr>
<tr><td>Lugar de Inspección</td><td>La actividad de monitorización se realiza en todo el entorno del municipio de Undués. En edificios, carreteras y red de tubería entre otras infraestructuras.

La densidad de puntos de control será mayor que en zonas alejadas al municipio y en función de la accesibilidad a los mismos.</td></tr>
<tr><td>Periodicidad</td><td>Las lecturas de los instrumentos se realizan con periodicidad variable en función del desarrollo de las actividades mineras y de los resultados obtenidos

• Trimestralmente: lectura de todos los niveles topográficos.
• En continuo: los que estén monitorizados.</td></tr>
<tr><td>Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico</td><td>Control topográfico en superficie de asentamientos del terreno mediante

• Hitos de nivelación y prismas topográficos

• Clavos y dianas de nivelación

Control topográfico de estructuras singulares mediante estación total y GPS de puntos de control ubicados en fachadas de edificios y en terreno.</td></tr>
<tr><td>Parámetros sometidos a control</td><td>Los parámetros sometidos a control continuo y quincenal serán la variación de las coordenadas XYZ de cada punto de control.

• Movimientos inducidos en el terreno y afecciones en edificaciones o estructuras existentes

• Modificaciones del régimen hidrostático

• Asientos verticales</td></tr>
<tr><td>Umbrales críticos para esos parámetros</td><td>Véase apartado de umbrales de control en edificación y estructuras:
<table>
<tr><th>Umbral de control</th><th>Distorsión angular</th><th>Deformación unitaria (%)</th></tr>
<tr><td>Edificios cimentados profundos o con losa, en buen estado.
Conducciones de gas</td><td>> 1/500</td><td>> 0,20</td></tr>
<tr><td>Edificios cimentados superficialmente, sin daños aparentes</td><td>> 1/1000</td><td>> 0,20</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN ZONAS URBANAS: MUNICIPIO DE UNDUES	
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Según sea la evaluación previa a las actividades mineras se pueden establecer medidas de aseguramiento estructural. Según sean los resultados de la evaluación estructural, puede resultar necesaria la adopción de medidas constructivas y refuerzos en las estructuras.
Documentación de referencia o generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes ordinarios. Plano de Subsidencia del Proyecto de Explotación

Tabla 3. Medidas de control de la subsidencia en el municipio de Undues

A la vista de elementos singulares como son edificios de gran valor arquitectónico cultural o instalaciones industriales sensibles, se pueden realizar estudios pormenorizados sobre cada uno de ellos. En el resto de los casos es más práctico establecer franjas de daños potenciales con una clasificación de posibles daños debidos a los asientos diferenciales.

1.3. CONTROL DE LA SUBSIDENCIA EN ESTRUCTURAS SINGULARES

El control de la subsidencia puede realizarse mediante la medición de las variaciones de cota del terreno en el entorno y mediante la comprobación de la integridad de las infraestructuras o edificaciones singulares.

Para comprobar que los movimientos del terreno se mantengan dentro de los límites previstos es necesaria una continua toma de datos sobre el terreno, registrando los movimientos producidos.

En una primera etapa, se realizará una revisión previa del Castillo de Javier y de todas las edificaciones de las poblaciones de Javier y de Undués de Lerda, realizándose los planos necesarios con la ubicación de los instrumentos de control propuestos de cada uno de los entornos de monitorización, con el permiso y colaboración de los propietarios o entidades administradoras de estas infraestructuras.

Una vez registrados los datos y conociendo los desplazamientos se debe valorar si dichos desplazamientos entran dentro de la previsión o por el contrario están fuera de los márgenes establecidos.

1.3.1. Canal de Las Bárdenas

El Canal de las Bardenas conduce agua desde el pueblo de Yesa hacia el sur de Navarra y Zaragoza y sirve de suministro al regadío. La Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) gestiona la infraestructura del canal y en 2018 tras vaciado, realizó un estudio de patologías entre el P.K.0+463 y P.K. 6+040.

Las inspecciones fueron de tipo visual a lo largo de la infraestructura que presenta en su traza principal con tramos soterrados y en superficie.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

El control de la subsidencia en el entorno de la zona de proyecto, de cara a detectar la posible afección por la actividad de la mina en profundidad a la integridad del Canal de las Bardenas, se engloba dentro de la campaña de monitorización sistemática del proyecto minero.

En relación con lo anterior, cabe decir que se tomarán las siguientes medidas de auscultación en el entorno del Canal de las Bardenas:

1.3.1.1. Instrumentación topográfica en superficie

Se considera que es la metodología más adecuada para la determinación de movimientos del terreno que rodean al Canal y que puedan afectar estructuralmente al Canal de las Bardenas.

Por tanto, la metodología y procedimientos de actuación descritos corresponden a los seleccionados para la realización de las tareas de monitorización superficial ya contempladas, aunque con una mayor densidad de puntos de control entorno al canal.

La implementación de esta medida como ya se ha mencionado, consiste en la instalación de puntos de control sobre el terreno (hitos de varias clases) y su posterior medición con Estación Total y tecnología GPS.

A partir de las medidas obtenidas mediante estación total o mediante medición GPS con posprocesado, se determinan los movimientos del terreno a partir de la evolución de la superficie topográfica y la comparación de las coordenadas medidas con las mediciones de lecturas anteriores.

Para el control de los posibles movimientos se hace necesario un seguimiento automatizado mediante una monitorización de los instrumentos anteriormente descritos. Para ello se debe contar con un software que registre y gestione la información en tiempo real como apoyo al topógrafo de campo.

Los resultados obtenidos durante el control topográfico se comparan con el rango de tolerancias establecido con el objeto de detectar movimientos superiores a los umbrales críticos y establecer las medidas de emergencia oportunas.

Se plantea la colocación de puntos de control tanto en la superficie del terreno como a lo largo de la traza del canal, en zonas de la estructura de las que se quiera conocer su variación espacial porque sean especialmente sensibles al movimiento.

Se debe disponer un conjunto de hitos de nivelación fijados sobre la superficie del terreno. El movimiento de dichos puntos será objeto de estudio, de modo que, para la modelización y extrapolación de un modelo de previsiones de movimiento se debe analizar la posición que debe ocupar cada uno de ellos y comparar posteriormente el movimiento vector de cada punto con el modelo previsto. Para ello se procederá a la instalación de instrumentación topográfica en la superficie del terreno.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Se propone una densidad de hitos de control en superficie de 150 x 150 metros. La situación de los hitos planteados se muestra en el plano nº 2 hoja 2 que acompaña al presente documento.

- Clavos de nivelación

Se instalan en estructuras de hormigón o en zonas en las que existan restricciones de accesibilidad como para poder colocar hitos.

Los clavos son de acero inoxidable y al igual que los hitos, disponen de una cabeza semiesférica para el apoyo de la mira topográfica.

Se tendrá en cuenta el tipo de terreno de instalación y la accesibilidad de todos los puntos de control para aplicar su correspondiente procedimiento constructivo, utilizándose hitos de nivelación en zonas de suelo o roca accesibles y los clavos de nivelación en roca u hormigón y en zonas con restricciones de accesibilidad.

De manera general, los clavos de nivelación podrán instalarse en las paredes del canal en zonas visibles en superficie de tal forma que el agua no imposibilite su medida o situados en la bóveda de los túneles para tomar sus coordenadas durante las campañas de auscultación una vez vaciado el canal.

Para poder mantener un estado de medidas en continuo sobre los puntos éstos se pueden materializar con prismas y/o antenas GNSS anclados sobre el terreno.

1.3.1.2. Auscultación de la estructura

Se realizará un control del estado y calidad del hormigón a lo largo de la traza del canal mediante la utilización de técnicas geofísicas no destructivas, instalación de fisurómetros y campaña de control mediante esclerómetro.

1.3.1.2.1. Campaña de medidas mediante esclerómetro

El martillo para ensayos de hormigón Schmidt es la herramienta más utilizada para realizar ensayos no destructivos en hormigón. Su funcionamiento consiste en una pesa tensada con un muelle. Dicha pesa tensada es lanzada contra el hormigón y se mide su rebote.

Existen varios modelos con energías de impacto diferentes para diferentes materiales. Los modelos N, NR, L y LR están diseñados especialmente para evaluar la calidad y la resistencia a la compresión del hormigón con valores de 10 a 70 N/mm2 (de 1.450 a 10.152 psi).

El esclerómetro digital frente a los esclerómetros convencionales, la ventaja de incorporar una pantalla en la que se recogen valores mínimos y máximos de una serie cuyo número de medidas establece el usuario. Además de establecer de forma automática tablas de edad del hormigón, descartar valores erráticos, mostrar la desviación estándar y corregir directamente la dirección de impacto, traduce el valor medio R a

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

las unidades convencionales de resistencia, asigna un número a la medida y puede transferir todos los datos a documentos digitales a través de un PC.

Los modelos digitales tienen la ventaja de registrar valores mínimos y máximos de una serie cuyo número de medidas establece el usuario. Además de establecer de forma automática tablas de edad del hormigón, descartar valores erráticos, mostrar la desviación estándar y corregir directamente la dirección de impacto, traduce el valor medio R a las unidades convencionales de resistencia, asigna un número a la medida y puede transferir todos los datos a documentos digitales a través de un PC.

Se ha establecido una campaña de control mediante esclerómetro a partir de los resultados obtenidos durante la inspección visual realizada por la empresa Compás Consultores del estado del Canal de Bardenas entre los P.K. 0+463 y P.K. 6+040 en 2018.

El alcance del estudio de inspección y los tramos de estudio correspondieron a aquellos susceptibles de ser afectados por fenómenos de subsidencia debidos a la actividad minera. Los tramos inspeccionados se resumen en la siguiente tabla:

TRAMO INSPECCIONADO	P.K. INICIO	P.K. FIN	LONGITUD (m)
Túnel 1	0+463	1+533	1.070
Canal 1	1+533	1+594	61
Túnel 2	1+594	2+873	1.279
Canal 2	2+873	3+670,8	797,8
Acueducto	3+670,8	3+755	84,2
Canal 3	3+755	4+089	334
Túnel 3	4+089	6+040	1.951
Túnel 3	6+000	7+442	1.442

Tabla 4. Relación de los tramos inspeccionados en el Canal de Bardenas

Las inspecciones visuales se realizaron durante las épocas de vaciado del canal. Entre las patologías encontradas se detectaron desconchones, degradación superficial, degradación avanzada, fisuras, grietas, juntas degradadas, filtraciones y abombamiento y deformaciones.

Los tramos con mayor degradación serán objeto de la campaña de medidas mediante esclerómetro. De manera general, se observa que los tramos con mayor deterioro se concentran en las zonas de túnel.

Los tramos con mayor deterioro se encuentran por norma general en el interior de los túneles. En el Anexo se adjunta el informe de Inspección del Canal de Bardenas con la descripción general del estado de conservación observada a lo largo de su traza: A continuación, se resumen los tramos que presentan mayor deterioro:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- En el **túnel 1** se observaron fisuras en los hastiales entre el P.K. 0+475 y 0+537, entre 0+695 y 0+950 y P.K 250 y 1+350. Entre los P.K 0+918 y 1+533 no se considera necesaria la realización de medidas mediante esclerómetro por presentar buen estado de conservación.
- El **canal 1** se encuentra en buen estado de conservación y sólo requiere de inspecciones visuales aprovechando las campañas previstas con esclerómetro.
- El **túnel 2** presenta zonas con abundantes filtraciones a través de juntas, oquedades y fisuras. Los tramos más afectados se han encontrado entre 1+687 y 1+779, entre 1+875 y 1+975 y entre el P.K. 2+385 y 2+646.
- El **canal 2** presenta desgaste superficial generalizado con fisuras de gran longitud y apertura entre el P.K. 2+875 y 3+430.
- El **acueducto** se encuentra en buen estado de conservación.
- En el **canal 3** se han observado numerosas grietas horizontales a lo largo de su traza con pérdida de cemento y áridos entre el P.K. 3+813 y 3+878 y los PPKK 3+966 y P.K.4+089.
- En el **túnel 3**, en el P.K. 4+729 se ha detectado una oquedad con pérdida del revestimiento y de la fábrica de mampostería de 45 cm de profundidad, a través de la cual se observa el terreno en el trasdós. Así mismo se han observado deterioros entre el PP.KK.4+200 y 4+254, entre los P.K.4+706 y P.K.5+075, entre los PP.KK. 5+381 y 5+398 y entre PP.KK. 5+450 y 5+464. Se observó un abombamiento de la solera en su parte central entre los P.P.K.K. 6+446 y 6+554. Siendo alrededor del P.K. 6+528 el punto de la solera que se encuentra en peor estado y donde este abombamiento ha originado una grieta transversal en el punto medio de la solera de 118 metros de longitud con una apertura máxima de la grieta de 3 cm de espesor.



Ilustración 11. Esclerómetro en hormigón

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.3.1.2.2. Fisurómetros

Se trata de un método de medida para el control de la apertura de grietas y fisuras, su uso se basa en la medida de movimientos diferenciales en las estructuras donde se instalan.

El informe de patologías se han identificado un conjunto de fisuras y deterioros que generan filtraciones en el hormigón por lo que serán objeto el control y monitoreo durante la ejecución de las labores mineras ya que dichas juntas son susceptibles de sufrir filtraciones de mayor envergadura causadas por movimientos del terreno.

El fisurómetro permite medir el cambio de anchura de una fisura superficial. Los instrumentos más simples constan de una escala graduada y una placa transparente acrílica con una marca muy fina como indicador. Cuando está instalada a través de una fisura, la escala graduada y el cursor tienen un movimiento relativo el uno respecto al otro según se esté abriendo o cerrando la grieta.

Para colocar el fisurómetro, bastará con colocar cada uno de sus extremos en los bordes opuestos de la grieta o fisura. Generalmente se instalan con adhesivo o bien mediante tornillos o cimentación, dependiendo del material de soporte.

Los fisurómetros se instalarán en aquellas zonas del canal que presentaron mayores deterioros y que permitan monitorizar la evolución de las grietas y fisuras observadas a lo largo de toda la infraestructura.

1.3.1.2.3. Georradar (GPR)

Para un control exhaustivo de la resistencia de los hastiales del canal se plantea la realización de una campaña mediante georradar y se podrá realizar una medida antes del inicio de las labores mineras con el canal vacío.

El georradar (*Ground Penetrating Radar*) es una técnica geofísica no destructiva que proporciona una imagen del subsuelo midiendo diferencias en las propiedades electromagnéticas de los materiales. Dichas propiedades son definidas por una serie de parámetros que, junto con las características de la onda emitida, determinan la propagación de la energía del pulso electromagnético por el medio. El resultado es la generación de una imagen del subsuelo con una altísima resolución vertical y lateral permitiendo caracterizar el entorno

El GPR utiliza pulsos electromagnéticos de alta frecuencia desde un transmisor situado en el interior de la antena. Los pulsos de estas antenas pueden oscilar desde los 400MHz (hasta 3m de profundidad) hasta 270MHz (hasta 5m. de profundidad que permite localizar la posición exacta, profundidad y longitud de cualquier grieta, instalación, objeto o material que se encuentre bajo el subsuelo.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Es importante recordar que el espesor de cualquier estructura de hormigón no supera los 100 cm.; por lo tanto, no es necesario un gran alcance de profundidad del equipo de medición, por el contrario, es más relevante contar con una alta resolución en los datos obtenidos.

SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN EL CANAL DE BARDENAS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Aseguramiento de la estabilidad del canal y detección de posibles movimientos.
ACTUACIONES Y MEDIDAS DE CONTROL	
Detección de patologías previas al comienzo de las actividades mineras. Control de movimientos, desplazamientos o asentamientos del terreno en el entorno próximo al tramo del canal. Monitoreo y seguimiento de la red de control topográfico en superficie para determinar las posibles variaciones en XYZ del terreno circundante al canal. Control del estado y calidad de los materiales, hormigón mediante **inspección visual** a lo largo del trazado y en puntos concretos mediante **esclerómetro**. Detección mediante inspecciones visuales de fisuras, desplomes u otras anomalías. Instalación de **fisurómetros** en caso de que fuese necesario. Verificar el funcionamiento de los instrumentos de control mediante lectura de puntos de referencia fuera de la influencia de la cubeta de subsidencia • **Instalación de hitos topográficos y extensómetros en el terreno.** • **Dianas o clavos de nivelación en la estructura.** • **Utilización de 3 bases fijas topográficas para triangulación de los equipos, entre ellas la de Sangüesa.** Control mediante **georradar**, con medidas periódicas sobre la superficie del terreno.	
Lugar de Inspección	La actividad de monitorización se realiza a lo largo de la traza del canal y en la red de hitos topográficos definidos.
Periodicidad	Las tareas de monitorización se realizan desde el año antes del inicio de la explotación y se mantendrán con mayor o menor intensidad en función de los resultados medidos Las lecturas de los instrumentos se realizan con periodicidad variable en función del desarrollo de las actividades mineras y de los resultados obtenidos • **Trimestralmente**: lectura de todos los niveles topográficos. • **En continuo**: los que estén monitorizados. • **Anualmente, durante vaciado del canal:** contraste mediante georradar.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El seguimiento y medición por ambas técnicas será realizado por el jefe de Topografía de la explotación en superficie mediante: • Variación XYZ en red de hitos topográficos de control. Control de la estructura: • Hitos de nivelación, prismas topográficos. • Fisurómetros mecánicos • Esclerómetro • Georradar Para las medidas topográficas serán necesarios la Estación total y GPS.
Parámetros sometidos a control	Los parámetros sometidos a control serán la variación de las coordenadas XYZ de cada punto de control. Además, se analizarán: • Empujes provocados por el terreno y el agua.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

	• Deformaciones y tensiones internas en el sostenimiento. • Desplazamientos y/o movimientos en el sostenimiento. • Movimientos inducidos en el terreno y afecciones en edificaciones o estructuras existentes • Modificaciones del régimen hidrostático • Asientos verticales
Umbrales críticos para esos parámetros	*Véase apartado de umbrales de control en edificación y estructuras:* Los umbrales de referencia sobre los movimientos máximos admisibles sobre estructuras subterráneas al excavar por debajo de ellas son: Tipo de estructura: Distorsión Angular Túneles M. tradicional: 1/2000
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Según sean los resultados de la evaluación estructural, puede resultar necesaria la adopción de medidas constructivas y refuerzos en las estructuras. Se actuará atendiendo a las indicaciones establecidas por la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE)
Documentación de referencia o generada durante el control	Se deberá informar a la dirección de obra en caso de detectar indicios de subsidencia y las actuaciones deberán ser autorizadas por la administración competente. *"Inspección del estado actual del Canal de Bardenas del P.K. 0+430 al P.K. 6+040" de Compás Consultores* Plano de Subsidencia del Proyecto de Explotación

Tabla 5. Medidas de control de la subsidencia en el Canal de Bardenas

1.3.2. Castillo de Javier

Es Castillo de Javier, considerado un bien cultural, se ubica a 8 km de Sangüesa y se alza sobre roca viva. Al tratarse de un bien patrimonial, el castillo se ha definido como una estructura potencialmente sensible ante una subsidencia del terreno ocasionada por las labores mineras. Es por ello, que se deberá evaluar las características y condiciones reales del edificio previamente al comienzo de la actividad minera y se deberá proceder a un monitoreo de su estado una vez iniciada la explotación para evitar movimientos en el terreno que puedan afectar a su estructura.

Las técnicas adoptadas para este tipo de entornos deberán proporcionar datos importantes y a la vez ser conservadoras con la estructura del edificio:

1.3.2.1. Instrumentación topográfica en superficie

Se considera que es la metodología más adecuada para la determinación de movimientos del terreno que rodean al Castillo de Javier y que puedan afectar estructuralmente al edificio.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Por tanto, la metodología y procedimientos de actuación descritos corresponden a los seleccionados para la realización de las tareas de monitorización superficial, contemplando una mayor densidad de puntos de control entorno al castillo.

La implementación de esta medida consiste en la instalación de puntos de control sobre el terreno (hitos de varias clases) y su posterior medición con Estación Total y tecnología GPS.

A partir de las medidas obtenidas mediante estación total o mediante medición GPS con posprocesado, se determinan los movimientos del terreno a partir de la evolución de la superficie topográfica y la comparación de las coordenadas medidas con las mediciones de lecturas anteriores.

Se debe disponer un conjunto de hitos de nivelación fijados sobre la superficie del terreno, su densidad deberá ser mayor en las inmediaciones del Castillo.

1.3.2.2. Instrumentación sobre estructuras singulares

El Castillo, al tratarse de una estructura rígida no contempla movimientos a menos que colapse el terreno. Para ello se deberá controlar la estabilidad del edificio por medio de instrumentos que no dañen el patrimonio.

- Dianas de nivelación

Las dianas se instalan en aquellos elementos estructurales en los que la aparición de un asiento diferencial implique una inclinación peligrosa del conjunto de la estructura. Éstas se sitúan por parejas a dos alturas. La distancia horizontal entre los dos puntos contenidos en el plano de medida constituye el desplome.

Las dianas pueden ser autoadhesivas o disponer de anclajes o soportes. El rango de medición suele ser de 250 metros aunque depende del tamaño y de su visibilidad. Las lecturas sobre los puntos se realizan por medio de Estación Total tomando como referencia el estado inicial de la lectura de referencia antes del inicio de las actividades mineras.



Ilustración 12. Ejemplo de diana de nivelación adhesiva

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Control de fisuras

Se realizará mediante inspección visual o mediante testigos que permitan monitorizar la evolución de las mismas y registrar los datos en tiempo real.

1.3.2.3. Ensayos no destructivos

Los ensayos no destructivos son preferibles a aquellos que implique alteraciones de la estructura, no obstante, si no fuesen suficientes, se podrán realizar pequeñas intervenciones sobre la estructura del edificio.

- **Termografía infrarroja** permite la detección de humedades, grietas y distribución de los materiales.
- **Ultrasonidos** permiten las detecciones de discontinuidades en el material.

SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN EL CASTILLO DE JAVIER	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Aseguramiento de la estabilidad del Castillo de Javier y control de la subsidencia
ACTUACIONES Y MEDIDAS DE CONTROL	
Inspección visual del terreno próximo al Castillo y detección de signos de inestabilidad, subsidencia o asentamientos del terreno. Inspección visual previa de la estructura exterior e interior del Castillo y detección de posibles anomalías. Instalación de los **clavos de nivelación** en la fachada del Castillo y lectura mediante estación total. Monitoreo y seguimiento de la red de control topográfico en superficie próxima al entorno para determinar las posibles variaciones en XYZ. Verificar el funcionamiento de los instrumentos de control mediante lectura de puntos de referencia fuera de la influencia de la cubeta de subsidencia	
Lugar de Inspección	La actividad de monitorización se realiza en todo el entorno del Castillo y en su estructura Reconocimiento del terreno de la cimentación. La densidad de puntos de control topográfico en el entorno del Castillo será mayor que en otras zonas.
Periodicidad	Las lecturas de los instrumentos se realizan con periodicidad variable en función del desarrollo de las actividades mineras y de los resultados obtenidos • **Trimestralmente**: lectura de todos los niveles topográficos. • **En continuo**: los que estén monitorizados.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El seguimiento y medición por ambas técnicas será realizado por el jefe de Topografía de la explotación en superficie mediante: • Hitos topográficos de nivelación y prismas topográficos Control de la estructura: • Dianas y clavos de nivelación y Estación Total. De manera adicional se podrá recurrir a ensayos mecánicos de control y termográficos sobre la estructura.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN EL CASTILLO DE JAVIER	
Parámetros sometidos a control	Variación de las coordenadas XYZ de cada punto de control topográfico ubicados en la superficie del terreno circundante al Castillo. Desplazamientos y/o movimientos de la estructura del Castillo mediante la lectura de los clavos de nivelación ubicados en la fachada del Castillo. Asientos verticales
Umbrales críticos para esos parámetros	Los umbrales de las deformaciones admisibles para edificios monumentales son: **Sensibilidad a movimientos** / **Distorsión Angular** Baja: 1/2250 - 1/2500 Media: 1/1500 - 1/1900 Alta: 1/6000
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Según sean los resultados de la evaluación estructural, puede resultar necesaria la adopción de refuerzos en las estructuras, inyecciones de consolidación, recalces superficiales o profundos en la edificación. Las intervenciones se harán de acuerdo con el marco legal general sobre el patrimonio histórico de la Comunidad Foral de Navarra.
Documentación de referencia o generada durante el control	Las actuaciones deberán ser autorizadas por la administración competente en protección de bienes de interés patrimonial. Los resultados de los controles se reflejarán en los informes ordinarios y se informará a la autoridad competente.

Tabla 6. Medidas de control de la subsidencia en el Castillo de Javier

1.4. CONTROL DE LA CONVERGENCIA EN EL ENTORNO MINERO EN PROFUNDIDAD

Durante la ejecución de la explotación minera subterránea se produce una alteración del estado inicial del terreno originando movimientos a fin de establecer el equilibrio tensional. Esto se manifiesta en superficie en forma de asentamientos del terreno o como deformaciones en edificaciones e instalaciones. En profundidad, los movimientos se manifestarán en forma de movimientos convergentes hacia el interior de las galerías.

Los sistemas de auscultación en el interior de la mina se centran en los asentamientos del terreno en superficie y convergencia interior de la galería.

Para el control del comportamiento geotécnico de la mina durante las labores de avance y su estabilidad posterior, y como herramienta para la toma de decisiones y comprobación de la idoneidad de los sostenimientos aplicados, se contará con un conjunto de medidas de control que constan de:

- Control topográfico de asientos verticales en superficie del terreno con mallado 300x300 metros mediante hitos y prismas topográficos o aplicación de tecnología InSAR para control total de subsidencia en superficie.
- Control mediante inspección visual y realización del levantamiento geotécnico del frente.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Levantamiento topográfico de galería mediante estaciones robotizadas y tecnología láser
- Estaciones de convergencias cada 50 metros
- Instalación de extensómetros de varilla cada 100 metros.
- Instalación de células de carga para el control de la carga que soportan bulones y cerchas cada 200 metros.
- Piezómetros de cuerda vibrante para el control presiones intersticiales en las rampas.

Además, se continuarán con las mediciones de los hitos topográficos instalados en superficie para el control de subsidencia.

Todo este tipo de medidas sirven para llevar un correcto control y seguimiento del comportamiento del terreno durante las labores mineras, verificar la correcta elección del sostenimiento colocado y prevenir con suficiente antelación intervenciones correctoras para lograr su estabilización.

A continuación, se definen las medidas de control y obtención de datos geotécnicos durante la realización del proyecto cuya localización se muestra en el plano nº 4 en el año 5 de explotación:

1.4.1. Control topográfico de interior

Además de los controles topográficos en superficie, mediante lecturas de dianas y prismas con estaciones totales apoyándose en bases fijas o pilares geodésicos, el uso de teodolitos robotizados de alta precisión puede aplicarse tanto en superficie como en profundidad.

Para ello el sistema de referencia deberá ser el mismo para todos los puntos de control existentes en profundidad, tratándose de sistema de coordenadas absolutas.

La medición es mediante procedimiento óptico por lo que la única limitación existente es la visibilidad entre los puntos y su distancia a la estación, por lo que no interfiere en las labores de excavación.

La lectura se realiza de manera automática para el control de zonas de difícil acceso y para aumentar la periodicidad de lectura.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020



Ilustración 13. Estación total robotizada en el interior de un túnel

Su instalación se realizará en aquellas zonas donde se observen mayores convergencias para un control más exhaustivo. Se puede estimar la instalación de entre 5 y 10 estaciones robotizadas.

- Escáner láser 3D

Las aplicaciones de los levantamientos con escáner láser 3D en las operaciones mineras permiten un óptimo funcionamiento de la infraestructura y los servicios.

Mediante el análisis de puntos de datos recogidos con la tecnología de escaneo en 3D, se crean modelos muy precisos de todos los sistemas que se encuentran actualmente en uso. Las características del Trimble TX5, que corresponde con un escáner láser de alta precisión, son: precisión de 1-2 mm, un alcance de 120 m, velocidad de 976.000 ptos/segundo, cámara de 70 Mp y con control wifi.

Esto proporciona una información valiosa y extremadamente útil para la operación minera y donde los modelos integrados permiten ahorrar una gran cantidad de tiempo en las fases de diseño y construcción.

Las ventajas son las siguientes:

- Mejora sustancial de la velocidad y la seguridad en la obtención de datos de las labores de interior.
- Minimiza el tiempo que el personal debe pasar en zonas de alto riesgo.
- Permite desarrollar nuevos planes de prevención de riesgo que además pueden ser utilizados para una capacitación más fluida y eficiente, gracias a información multimedia.
- Permite obtener datos precisos de las obras en construcción, lo cual facilitará la implementación de mejoras.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Permite levantar estructuras existentes que luego pueden ser modeladas y llevadas a planos para su posterior reingeniería o rehabilitación.
- Los datos obtenidos de un levantamiento en 3D se pueden utilizar para mejorar los tiempos de instalación, identificando espacios estrechos y puntos de inflexión antes de la instalación de equipos y componentes.
- Con los datos de una mina, convertidos en modelos computacionales, se pueden ejecutar diseños de dinámica de fluidos para determinar el grado de eficiencia de las redes de ventilación.

1.4.2. Control de convergencias

La medida de convergencia informa de las deformaciones del sostenimiento de la galería mineras ocasionadas por los acortamientos y alargamientos de sus dimensiones por la liberación de tensiones naturales del terreno. Al tratarse de medidas relativas, se deberá recurrir a las referencias topográficas establecidas en superficie de tal forma que estén lo suficientemente alejadas para medir movimientos absolutos.

Durante la excavación de las galerías de infraestructura, desarrollo, acceso a panel y en los propios paneles de producción, se medirán las convergencias de las galerías. Estas mediciones se repetirán para cada tipo de infraestructura cada 50 metros de profundidad.

1.4.2.1. Estaciones de convergencia

La medición de estas posibles deformaciones se realizará mediante cinta extensométrica. La precisión de las lecturas será de 0,05 mm, realizándose calibración diaria de la cinta y tomándose la temperatura durante la medición. Las lecturas tomadas en obra se corregirán con las posibles variaciones de calibración y temperatura medidas.

La instalación de las anillas y la toma de la lectura origen de la sección se realizará antes del inicio del siguiente ciclo de excavación.

Se tomarán tres medidas de convergencia en sección de avance:

- Diagonal A-B: desde clave hasta hastial izquierdo
- Diagonal B-C: desde clave hasta hastial derecho
- Horizontal A-C: desde hastial derecho hasta hastial izquierdo

La anilla de clave (B) se desplazará lo mínimo necesario hacia el lado derecho de manera que una vez se haya prolongado la tubería de ventilación esta no impida la lectura de la cuerda oblicua.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

En las secciones en que se realice una destroza igual o superior a 1,5 m de altura se instalaran anillas de convergencia en los hastiales de la destroza y tomara la medida de la cuerda horizontal E-D.

Si se realiza la excavación de únicamente uno de los lados de la destroza y se prevé demorar la excavación del otro lado más de tres días se instalará la anilla en el hastial excavado y se leerá la cuerda inclinada entre esa anilla y la del avance del hastial contrario.

En la figura siguiente se detalla la estación de convergencia definida:

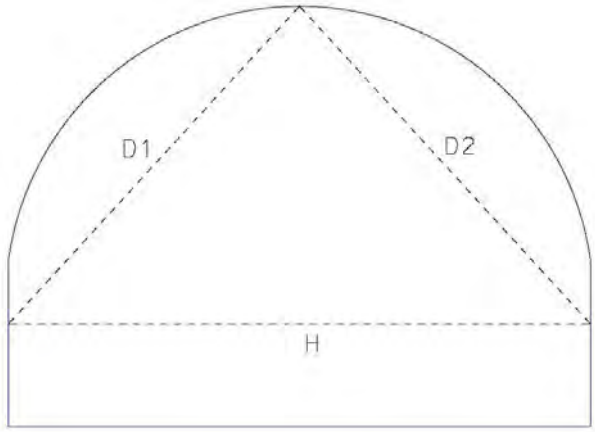


Ilustración 14. Sección de convergencia

Una vez instalada la cinta transportadora, la diagonal izquierda quedará inutilizada, debido a la imposibilidad de unir con la cinta las dos argollas con la cinta extensométrica.

Se instalarán tres pernos de anclaje con terminación en argolla, de una longitud suficiente para que queden anclados dentro del macizo 0,15 m.

Las estaciones de convergencia se instalarán cada 50 metros

La primera medida debe realizarse lo más rápido posible respecto el momento en que se excavó dicha sección ya que caracterizar las primeras reacciones del terreno es muy importante para el conocimiento en detalle del comportamiento del terreno.

1.4.2.2. Instalación de extensómetros

Se plantea la colocación de extensómetros de varilla de 1, 3 y 9 metros en los hastiales y en el techo de las galerías en el interior de sondeos. En los extensómetros se registra el desplazamiento de la punta del extensómetro, para así conocer que movimiento en la dirección del extensómetro está sufriendo el terreno.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

El principal problema que presentan los extensómetros es el prever cuál será su desplazamiento máximo puesto que todos los extensómetros tienen un rango de medida limitado. Si el terreno antes de que se detenga su movimiento sufre un desplazamiento mayor al rango del extensómetro, el extensómetro acabará consumiendo todo su recorrido y dejará de proporcionar la información. Por este motivo, se propone instalar los extensómetros de 1 y 3 metros el rango de 200 mm. Solo para los extensómetros de 9 metros se plantea la instalación de extensómetros de 100 mm de rango. La resolución de los aparatos será de 0.02% y la precisión de 0.1%.

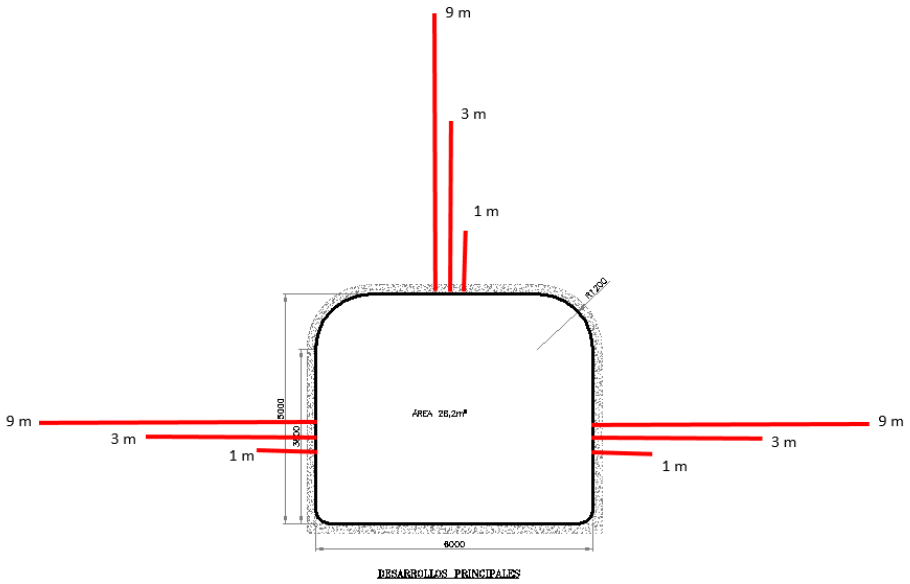


Ilustración 15. Extensómetros en galería

Se plantea el uso de extensómetros de varilla con medición mediante tecnología de cuerda vibrante. Para la aplicación en cuestión se considera idóneo el empleo de una sola varilla por perforación pues de esta forma se asegura que estén operativos un mayor número de equipos que si se concentran tres varillas por sondeo.

Para poder iniciar las lecturas, es necesario conectar el cableado de cada extensómetro a un Datalogger lo cual permite realizar mediciones con cierta periodicidad y almacenar la información.

Se instalarán en los distintos tipos de galerías y se repetirán las instalaciones cada 100 metros de diferencia respecto la primera instalación de extensómetros.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020



Ilustración 16. Extensómetro instalado

Para la representación de la curva de convergencia se debe elaborar una tabla en la que se detalle la lectura medida (mm) respecto al tiempo acumulado desde la medida anterior y así poder elaborar curvas de convergencia vs. Velocidad de convergencia.

1.4.3. Control de células de carga

El objetivo de este instrumento de medida es registrar los esfuerzos a los que está sometido el sostenimiento. La célula de carga se sitúa entre la placa de reparto y el terreno, y en su interior tiene tres cuerdas vibrantes o tres hilos, que proporcionan la información de la carga a la que están sometidos los bulones.

En el caso de las cerchas, se situará una célula de carga bajo cada una de las patas, por lo que proporcionarán información de la carga vertical a la que está sometida la cercha.

Las células de carga tendrán un rango de 50 t, y precisión del 0,5% del fondo de escala.

Las células de carga se ubicarán en las secciones de auscultación total (cada 200 m) y en aquellas zonas singulares como zonas de falla.

1.4.4. Piezómetros de cuerda vibrante

Mide las variaciones en las presiones intersticiales mediante la detección de variaciones originadas por movimientos o por un descenso en el nivel piezométrico por drenaje.

Mediante un sensor detecta la presión intersticial en un punto mediante un transductor que da una señal proporcional a los cambios de presión. Los transductores funcionan utilizando la frecuencia de vibración de un alambre conectado a un diafragma metálico flexible sensible a los cambios de presión. La frecuencia del piezómetro se mide utilizando una unidad de lectura portátil o también puede ser conectado a un sensor de sistema automático de adquisición de datos. Los transductores transforman los parámetros medidos (periodos, frecuencias) a unidades de medida

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Con objeto de medir los niveles piezométricos, las cargas hidráulicas y las propiedades hidrogeológicas en puntos críticos a lo largo de las rampas se ha planteado la instalación de un par de piezómetros por rampa de 200 y 400 metros de profundidad aproximadamente.

Estos piezómetros se unirán a la red de puntos de monitoreo existente para la auscultación de niveles piezométricos y de calidad de las aguas subterráneas. Se medirán mensualmente o en continuo si disponen de sensores o con mayor frecuencia en caso de detectar descensos en el nivel.

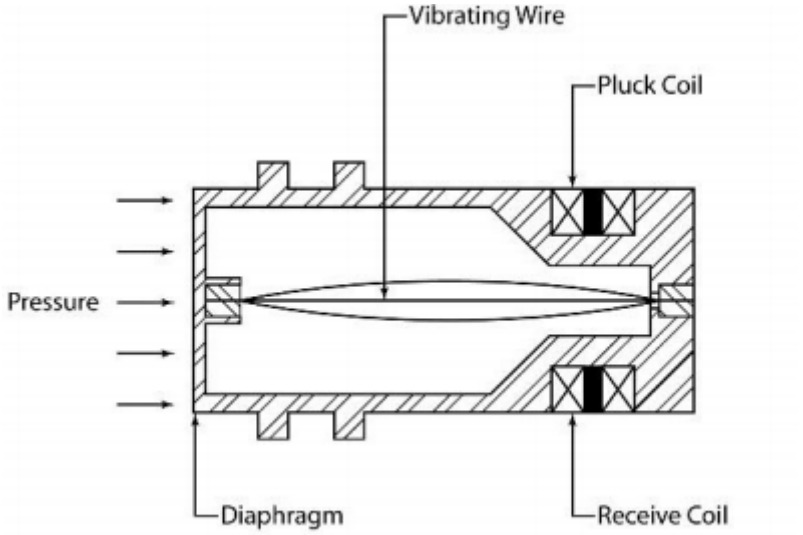


Ilustración 17. Esquema del alambre del piezómetro de cuerda vibrante

PLAN DE AUSCULTACIÓN DE LA SUBSIDENCIA DEL ENTORNO MINERO EN PROFUNDIDAD	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Aseguramiento de la estabilidad de la mina y de las estructuras del entorno
ACTUACIONES Y MEDIDAS DE CONTROL	
Control de movimientos, desplazamientos o asentamientos del terreno y de la aparición de posibles subsidencias. Monitoreo y seguimiento de la red de control topográfico en superficie para determinar las posibles variaciones en XYZ. Control del estado y calidad de los materiales, hormigón. Detección mediante inspecciones visuales de fisuras, desplomes u otras anomalías. Verificar el funcionamiento de los instrumentos de control mediante lectura de puntos de referencia fuera de la influencia de la cubeta de subsidencia • Levantamiento geotécnico de cada frente de excavación. • Estaciones de convergencia cada 50 metros. • Extensómetros de varilla cada 100 metros. • Control de asientos verticales mediante dispositivos de nivelación en superficie. • Células de carga cada 200 metros, en zonas singulares y cerchas. • Instalación de piezómetros de cuerda vibrante en rampas de 200 y 400 m de profundidad.	

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

PLAN DE AUSCULTACIÓN DE LA SUBSIDENCIA DEL ENTORNO MINERO EN PROFUNDIDAD	
Lugar de Inspección	La actividad de monitorización se realiza en todo el entorno del yacimiento, comenzando en el entorno de las rampas e incrementando su superficie a medida que las labores mineras avancen. Municipios cercanos a la explotación y terreno en superficie. Estructuras, instalaciones y edificaciones situadas en el área de influencia por subsidencia.
Periodicidad	Las tareas de monitorización se realizan desde el año antes del inicio de la explotación y se mantendrán con mayor o menor intensidad en función de los resultados obtenidos a partir de las lecturas. Las lecturas de los instrumentos se realizan con periodicidad variable en función de la posición de las estaciones y puntos de control respecto al avance del frente de mina: **Frecuencia de lectura de secciones de auscultación** / **Duración período de lectura** Diariamente / Durante el avance Cada tres días / Durante una semana, una vez el frente de avance supere tres diámetros de la sección Semanalmente / Durante un mes Mensualmente / Durante un mínimo tres meses Hasta su estabilización (mínimo tres meses) Además, se continuarán con las mediciones **trimestrales** de los hitos y prismas topográficos instalados en superficie para el control de subsidencia. La red de piezómetros de control se medirá **mensualmente** o en **continuo** si disponen de sensores.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Para la correcta medida de los equipos instalados se deberá disponer de los siguientes equipos: • Equipo de topografía, estación total o GPS • Cinta extensiométrica • Fisurómetros El personal involucrado en las tareas de control será: • Responsable de auscultación especialista en geotecnia. • Técnico especialista en instrumentación. • Ingeniero topógrafo
Parámetros sometidos a control	Durante el levantamiento geotécnico del frente de excavación: Discontinuidades, Q de Barton y RMR. Durante las diferentes fases de explotación de interior: • Convergencias en galerías mineras. • Empujes del terreno. • Estado tensional de los elementos estructurales, sostenimientos, arriostramientos, etc. • Fuerza del estado de anclajes. • Presiones de agua freática. En superficie: • Asiento del terreno en superficie. • Desplazamiento horizontal del terreno.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

PLAN DE AUSCULTACIÓN DE LA SUBSIDENCIA DEL ENTORNO MINERO EN PROFUNDIDAD	
	• Movimientos en edificaciones y estructuras próximas.
Umbrales críticos para esos parámetros	*Véase apartado de umbrales de control en edificación y estructuras:* Los umbrales se determinan con el movimiento medido respecto a la lectura anterior. Dispositivo de control: Umbral de alerta Extensómetros de varillas: ± 20 mm Convergencias: ± 40 mm Piezómetros de cuerda vibrante: ± 5 m.c.a Hitos topográficos en superficie: >25 mm
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Se deberá comunicar a la dirección de obra. Se pueden establecer medidas de aseguramiento estructural adicionales. Llegar al nivel de riesgo provocará automáticamente la aplicación de un refuerzo del sostenimiento.
Documentación de referencia o generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes ordinarios. Plano de Subsidencia del Proyecto de Explotación

Tabla 7. Medidas de auscultación de la subsidencia en el entorno minero en profundidad

1.5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS: UMBRALES Y MEDIDAS DE ACTUACIÓN PARA EL CONTROL TOPOGRÁFICO DE SUPERFICIE

1.5.1. Normativa de aplicación

En la actualidad, la normativa de aplicación respecto a los umbrales es escasa, y en general, se refieren a las instalaciones o a las condiciones de seguridad que se deben cumplir. En lo referente a la auscultación, de las estructuras a tanto durante su construcción como durante su vida útil, no existe en la actualidad ningún documento de obligado cumplimiento. Por ello, a continuación, se expone la filosofía del CIRIA, la cual sirve como referente en muchos y diferentes ámbitos.

El Método Observacional es un método de control del proceso constructivo que contribuye eficazmente a mejorar la calidad de los túneles, aportando seguridad y economía al proceso constructivo, permitiendo gestionar mejor las incertidumbres geotécnicas, estableciendo un enlace permanente entre los equipos de proyecto y de construcción.

Las condiciones necesarias para la aplicación del método son las siguientes:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Deben establecerse límites de comportamiento aceptables.
- Debe valorarse el rango de posibles comportamientos y demostrar que existe una probabilidad aceptable de que el comportamiento actual esté dentro de los límites aceptables.
- Debe crearse un plan de auscultación que revelará si el comportamiento actual se encuadra dentro de los límites aceptables. La auscultación realizará esta tarea de forma clara y en una fase lo suficientemente previa y en intervalos suficientemente breves como para permitir que las acciones de~ contingencia se realicen con éxito.
- El tiempo de respuesta de los instrumentos y procedimientos para el análisis de resultados debe ser lo suficientemente rápido en relación con la evolución del sistema.
- Debe crearse un plan de acción de contingencia si la auscultación revela un comportamiento fuera de los límites aceptables.
- Estos límites de comportamiento son también denominados umbrales de estado. La elección de un sistema de niveles semafórico está extendida hoy en día por su intuitividad.

El documento R185 (1999) CIRIA define diversos niveles: zona segura (verde), zona de decisión (ámbar), zona de aplicación de las modificaciones establecidas (rojo) y zona de aplicación de planes de emergencia establecidos.

En la siguiente figura se puede observar cada una de las fases del proceso en función del tiempo transcurrido y los valores medidos. La fase comprendida entre el umbral ámbar (de detección) y el umbral rojo (alerta) es la denominada fase de decisión, mientras que, superado el umbral rojo se distinguen la fase de aplicación de acciones de contingencia, y la fase de aplicación del Plan de Emergencia.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

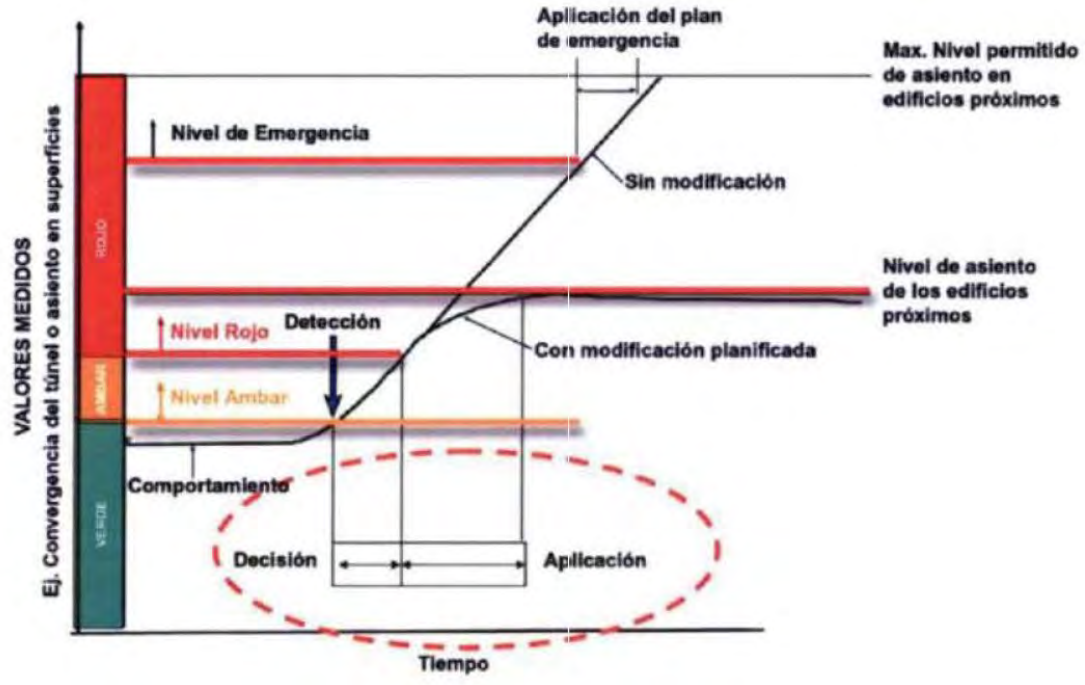


Ilustración 18. Método Observacional. Niveles de asientos. Construction Industry Research and Information Association (CIRIA R185-1999)

Como ya se ha comentado, es necesario establecer un procedimiento en virtud del cual se garantice que la información que proporcionan los dispositivos se compare con valores de referencia, asociados con medidas y soluciones a adoptar para cada caso concreto.

Para ello, en el Plan de Auscultación es preciso cuantificar unos umbrales de control, de forma que al comparar con ellos las medidas reales de movimientos, esfuerzos y deformaciones, sea posible establecer una primera evaluación de la situación de riesgo existente en cada fase de la obra.

Normalmente, se parte de unos índices de referencia genéricos, basados en la experiencia, pero posteriormente será necesario ajustar cada dispositivo de acuerdo con sus condiciones particulares. Además de esto, el Plan de Auscultación debe establecer la cadena de transmisión de la información y el protocolo de actuación en caso de superación de estos valores de referencia.

Establecidas las bases de control y actuaciones derivadas de la observación, el problema radica en la determinación de los valores umbrales para cada magnitud.

A continuación, se propone los criterios para la determinación de umbrales, en función del parámetro que empleemos de referencia, considerándose estos valores como conservadores, pero, dada la dificultad de definir las condiciones de un macizo rocoso o suelo con la exactitud necesaria antes de la construcción, estos parecen valores adecuados.

A cada uno de estos estados le corresponderán unas determinadas medidas de actuación.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- En el estado verde (zona segura) se seguirá midiendo con normalidad y con la frecuencia establecida en el Plan de Auscultación.
- Al pasar al estado ámbar (zona de decisión) se incrementará el número de lecturas y se realizará una inspección visual de los elementos estructurales. En esta fase, será necesario evaluar la tendencia y evolución del valor de la magnitud observada y la velocidad de su variación para anticiparse al momento en que alcance el umbral rojo.
- Si se alcanza esta última fase (zona de actuación) se incrementará el control y se introducirán las medidas correctoras oportunas.

MOVIMIENTOS ADMISIBLES						
Umbral de control	Distorsión angular			Deformación horizontal unitaria (%)		
	Verde	Ámbar	Rojo	Verde	Ámbar	Rojo
Zonas sin edificaciones	< 1/100	1/100 a 1/50	>1/50	< 1,5	1,5-2,0	> 2,0
Edificios cimentados profundos o con losa, en buen estado/ Conducciones de gas	<1/1000	1/1000 a 1/500	>1/500	< 0,15	0,15-0,20	> 0,20
Estructura subterránea o túneles existentes	<1/2000	1/2000 a 1/1000	>1/1000	< 0,15	0,15-0,20	> 0,20
Edificios cimentados superficialmente, sin daños aparentes	<1/2000	1/2000 a 1/1000	>1/1000	< 0,15	0,15-0,20	> 0,20
Edificios cimentados superficialmente con daños/ Edificios monumentales/ Edificios con más de 10 pisos/Tuberías de gas	<1/3000	1/3000 a 1/2000	>1/2000	< 0,05	0,05-0,10	> 0,10

Tabla 8. Criterio de movimientos admisibles

1.5.2. Umbrales de control en edificaciones y estructuras

Como se ha comentado, los máximos movimientos admisibles de las distintas estructuras y edificaciones afectadas serán función de su tipología estructural y estado de conservación. Para poder asignarlos, será necesario el correspondiente estudio del estado de las estructuras que concluya estableciendo para cada una la sensibilidad estructural a los movimientos adicionales que puedan provocar los trabajos de excavación.

A continuación, se incluyen valores de referencia para estas deformaciones máximas admisibles en función de la sensibilidad de la estructura:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Tipo de estructura	Distorsión Angular
Edificios monumentales	1/2250 - 1/2500
Muros de carga	1/11 00 - 1/1300
Porticada de hormigón armado en arenas	1/750 - 1/900
Porticada de hormigón armado en arcillas	1/500 - 1/600
Porticada de hormigón armado con más de 10 pisos en arenas	1/1100-1/1300
Porticada de hormigón armado con más de 10 pisos en arcillas	1/750 - 1/900
Porticada metálica o mixta en arenas	1/600 - 1/700
Porticada metálica o mixta en arcillas	1/450 - 1/500

Tabla 9. Movimiento máximo en estructuras con sensibilidad baja a movimientos en la cimentación

Tipo de estructura	Distorsión Angular
Edificios monumentales	1/3000 1/3750
Muros de carga	1/1500 - 1/1900
Porticada de hormigón armado en arenas	1/1000 - 1/1300
Porticada de hormigón armado en arcillas	1/700 - 1/900
Porticada de hormigón armado con más de 10 pisos en arenas	1/1500 - 1/1900
Porticada de hormigón armado con más de 10 pisos en arcillas	1/1000 - 1/1300
Porticada metálica o mixta en arenas	1/800 - 1/1000
Porticada metálica o mixta en arcillas	1/600 - 1/750

Tabla 10. Movimiento máximo en estructuras con sensibilidad media a movimientos en la cimentación

Tipo de estructura	Distorsión Angular
Edificios monumentales	1/6000
Muros de carga	1/3000
Porticada de hormigón armado en arenas	1/2000
Porticada de hormigón armado en arcillas	1/1400
Porticada de hormigón armado con más de 10 pisos en arenas	1/3000
Porticada de hormigón armado con más de 10 pisos en arcillas	1/2000
Porticada metálica o mixta en arenas	1/1600
Porticada metálica o mixta en arcillas	1/1200

Tabla 11. Movimiento máximo en estructuras con sensibilidad alta a movimientos en la cimentación

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Tipo de estructura	Distorsión Angular
Zona libre de estructuras y sin firme	1/100
Zona libre de estructuras y con firme	1/200

Tabla 12. Movimiento máximo admisibles en zonas libres de estructuras

Tipo de estructura	Distorsión Angular
Tuberías y colectores	1/2000
Galerías de servicio	1/1500
Túneles M. tradicional	1/2000
Túneles de dovelas	1/1500

Tabla 13. Movimiento máximo admisibles en estructuras subterráneas al excavar por debajo de ellas

1.5.3. Protocolo de actuación ante la superación de umbrales

De llegar a superarse los umbrales fijados anteriormente, se deben seguir los protocolos incluidos a continuación.

Situación	Medidas de actuación
Valores inferiores al Umbral Ámbar	Proseguir con la frecuencia de lecturas establecida en el Plan de Auscultación.
	Continuar con el Proceso de ejecución de las obras según lo previsto.
Valores entre el Umbral Ámbar y el Rojo	Incrementar la frecuencia de lecturas, evaluando si es preciso la situación a partir de la velocidad de variación del parámetro registrado.
	Poner en conocimiento de la Dirección de Obra
	Efectuar una inspección visual somera.
	Continuar con el Proceso de ejecución de las obras según lo previsto.
Valores superiores al Umbral Rojo	Poner en conocimiento de la Dirección de Obra y asesores de la misma.
	Establecer un análisis específico de la situación.
	Colocar instrumentación complementaria si es preciso.
	Revisar el proceso constructivo para introducir posibles modificaciones.
	Valorar la necesidad de introducir medidas correctoras, refuerzo o protección de las estructuras o elementos afectados.

Tabla 14. Protocolo de actuación ante la superación de umbrales.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.6. MONITORIZACIÓN TRAS CLAUSURA DE MINA

Una vez producido el cese de la actividad minera se contempla realizar mediciones semestrales durante dos años para posteriormente pasar a mediciones anuales. Esta monitorización se llevará a cabo hasta obtener tres mediciones consecutivas con valores inferiores al error de medida de la instrumentación utilizada. La monitorización se centrará en el control de superficie, de las zonas urbanas y estructuras singulares (canal de Bardenas y Castillo de Javier). La monitorización será idéntica a la contemplada durante la explotación, excepto en su periodicidad.

Con los datos obtenidos de la monitorización y provenientes del análisis de los datos, se deberá elaborar de manera semestral los dos primeros años una vez finaizada la actividad minera, y de manera anual a partir del tercer año los siguientes documentos:

- Memoria con la descripción de los trabajos.
- Elaboración de curvas de velocidad-hundimiento
- Conjunto de planos para plasmar los desplazamientos de la superficie.
- Reseñas de todos los puntos de control instalados sobre el terreno.

La memoria deberá incorporar una valoración de las velocidades de hundimiento en toda la huella afectada.

Se elaborarán tantos planos de isohipsas como sean necesarios para valorar la variación de cota respecto a la medida anterior.

1.6.1. Control de subsidencia en superficie

CONTROL DE LA SUBSIDENCIA EN SUPERFICIE	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Aseguramiento de la estabilidad del terreno en superficie y detección de posibles movimientos en el terreno ocasionados por las actividades mineras una vez finalizada la explotación.
ACTUACIONES Y MEDIDAS DE CONTROL	
Medición y control de movimientos, desplazamientos o asentamientos del terreno y de la aparición de posibles subsidencias. Monitoreo y seguimiento de la red de control topográfico en superficie para determinar las posibles variaciones en XYZ. mediante GPS y/o estación total. Inspecciones visuales y control del estado y calidad de las infraestructuras y edificaciones en superficie. Detección mediante inspecciones visuales de fisuras, desplomes u otras anomalías. Verificar el funcionamiento de los instrumentos de control mediante lectura de puntos de referencia fuera de la influencia de la cubeta de subsidencia • Utilización de 3 bases fijas topográficas para triangulación de los equipos, entre ellas la de Sangüesa. • Medición de hitos y prismas topográficos. • Lectura de Extensómetros. • Dianas o clavos de nivelación.	

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

CONTROL DE LA SUBSIDENCIA EN SUPERFICIE	
Lugar de Inspección	La actividad de monitorización se realiza en todo el entorno del yacimiento, una vez finalizadas las labores. Municipios cercanos a la explotación Estructuras, instalaciones, edificaciones y estructuras singulares (como el Canal de Bardenas) situadas en el área de influencia por subsidencia.
Periodicidad	Las tareas de monitorización una vez finalizada la explotación se realizarán con periodicidad semestral los dos primeros años y de forma anual una vez transcurridos el período de medición semestral previo, extendiéndose hasta la obtención de tres mediciones consecutivas con valores inferiores al error de medida del aparato. Las lecturas de los instrumentos se realizan con periodicidad variable en función de la finalización de las actividades mineras y de los resultados obtenidos. • Semestralmente medida de toda la red de control hitos topográficos/ extensómetros/InSAR los dos primeros años una vez finalizada la actividad minera. • Anualmente medida de toda la red de control hitos topográficos/ extensómetros/InSAR a partir del tercer año de la finalización de la actividad minera.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Instrumentación en superficie (hitos, prismas, clavos, bases) y equipos topográficos de medida: GPS, Estación total, LIDAR, InSAR. El personal involucrado en las tareas de control será: • Responsable de auscultación especialista en geotecnia. • Técnico especialista en instrumentación. • Ingeniero topógrafo
Parámetros sometidos a control	Los parámetros sometidos a control continuo y quincenal serán la variación de las coordenadas XYZ de cada punto de control. • Asiento del terreno en superficie. • Asiento del terreno en profundidad. • Desplazamiento horizontal del terreno en profundidad. • Movimientos en edificaciones y estructuras próximas.
Umbrales críticos para esos parámetros	*Véase apartado de umbrales de control en edificación y estructuras:* Umbral de control: Distorsión angular — Zonas sin edificación: >1/50 Movimiento máximo admisible en zonas libres de estructuras: Tipo de estructura: Distorsión Angular — Zona libre de estructuras y sin firme: 1/100 — Zona libre de estructuras y con firme: 1/200
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Se deberá avisar a la Dirección de obra y seguir las instrucciones correctoras que se precisen. Según sean los resultados de la evolución topográfica, puede resultar necesaria la adopción de medidas constructivas y refuerzos en las estructuras.
Documentación de referencia o generada durante el control	Los resultados de los controles y de las propuestas de corrección se reflejarán en los informes ordinarios y se enviarán al Órgano competente (Minas) Planos de isohundimiento.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Tabla 15. Medidas de control de la subsidencia de superficie una vez finalizada la actividad minera

1.6.2. Control de subsidencia en el municipio de Javier

SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN ZONAS URBANAS: MUNICIPIO DE JAVIER	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Aseguramiento de la estabilidad de las infraestructuras del municipio de Javier ante subsidencias
ACTUACIONES Y MEDIDAS DE CONTROL	
Documentación e inventariado de los edificios e infraestructuras situados en la zona de influencia, de sus características geotécnicas y diagnóstico preliminar sobre el estado de los edificios. Análisis de sensibilidad de las construcciones. Inspección visual del terreno para detectar la aparición de signos de posibles subsidencias en el terreno en las proximidades al municipio y dentro del mismo. Monitoreo y seguimiento de la red de control topográfico en superficie para determinar las posibles variaciones en XYZ. (150 x 150 m) Detección mediante inspecciones visuales de fisuras, desplomes u otras anomalías. Verificar el funcionamiento de los instrumentos de control mediante lectura de puntos de referencia fuera de la influencia de la cubeta de subsidencia Control del nivel freático.	
Lugar de Inspección	La actividad de monitorización se realiza en todo el entorno del municipio de Javier. En edificios, carreteras y red de tubería entre otras infraestructuras. La densidad de puntos de control será mayor que en zonas alejadas al municipio y en función de la accesibilidad a los mismos.
Periodicidad	Las tareas de monitorización una vez finalizada la explotación se realizarán con periodicidad semestral los dos primeros años y de forma anual una vez transcurridos el período de medición semestral previo, extendiéndose hasta la obtención de tres mediciones consecutivas con valores inferiores al error de medida del aparato. Las lecturas de los instrumentos se realizan con periodicidad variable en función de la finalización de las actividades mineras y de los resultados obtenidos. • Semestralmente medida de toda la red de control hitos topográficos/ extensómetros los dos primeros años una vez finalizada la actividad minera. • Anualmente medida de toda la red de control hitos topográficos/ extensómetros a partir del tercer año de la finalización de la actividad minera.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Control topográfico en superficie de asentamientos del terreno mediante: • Hitos de nivelación y prismas topográficos • Clavos y dianas de nivelación Control topográfico de estructuras singulares mediante estación total y GPS de puntos de control ubicados en fachadas de edificios y en terreno.
Parámetros sometidos a control	Los parámetros sometidos a control continuo y quincenal serán la variación de las coordenadas XYZ de cada punto de control. • Movimientos inducidos en el terreno y afecciones en edificaciones o estructuras existentes • Modificaciones del régimen hidrostático • Asientos verticales

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN ZONAS URBANAS: MUNICIPIO DE JAVIER	
Umbrales críticos para esos parámetros	*Véase apartado de umbrales de control en edificación y estructuras:* Umbral de alerta de control: Distorsión angular / Deformación unitaria (%) Edificios cimentados profundos o con losa, en buen estado. Conducciones de gas: > 1/500 / > 0,20 Edificios cimentados superficialmente, sin daños aparentes: > 1/1000 / > 0,20
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Se deberá comunicar a la dirección de obra. Se pueden establecer medidas de aseguramiento estructural adicionales. Si sobrepasan los umbrales puede resultar necesaria la adopción de medidas constructivas y refuerzos en las estructuras.
Documentación de referencia o generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes ordinarios. Plano de Subsidencia del Proyecto de Explotación

Tabla 16. Medidas de control de la subsidencia en el municipio de Javier

1.6.3. Control de subsidencia en el municipio de Undués de Lerda

SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN ZONAS URBANAS: MUNICIPIO DE UNDUES	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Aseguramiento de la estabilidad de las infraestructuras del municipio de Undués ante subsidencias
ACTUACIONES Y MEDIDAS DE CONTROL	
Documentación e inventariado de los edificios e infraestructuras situados en la zona de influencia, de sus características geotécnicas y diagnóstico preliminar sobre el estado de los edificios. Análisis de sensibilidad de las construcciones. Inspección visual del terreno para detectar la aparición de signos de posibles subsidencias en el terreno en las proximidades al municipio y dentro del mismo. Monitoreo y seguimiento de la red de control topográfico en superficie para determinar las posibles variaciones en XYZ (150 x 150 m) Detección mediante inspecciones visuales de fisuras, desplomes u otras anomalías. Verificar el funcionamiento de los instrumentos de control mediante lectura de puntos de referencia fuera de la influencia de la cubeta de subsidencia Control del nivel freático.	
Lugar de Inspección	La actividad de monitorización se realiza en todo el entorno del municipio de Undués. En edificios, carreteras y red de tubería entre otras infraestructuras. La densidad de puntos de control será mayor que en zonas alejadas al municipio y en función de la accesibilidad a los mismos.
Periodicidad	Las tareas de monitorización una vez finalizada la explotación se realizarán con periodicidad semestral los dos primeros años y de forma anual una vez transcurridos el período de medición semestral previo, extendiéndose hasta la obtención de tres mediciones consecutivas con valores inferiores al error de medida del aparato. Las lecturas de los instrumentos se realizan con periodicidad variable en función de la finalización de las actividades mineras y de los resultados obtenidos. • Semestralmente medida de toda la red de control hitos topográficos/ extensómetros los dos primeros años una vez finalizada la actividad minera.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN ZONAS URBANAS: MUNICIPIO DE UNDUES	
	• Anualmente medida de toda la red de control hitos topográficos/ extensómetros a partir del tercer año de la finalización de la actividad minera.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	Control topográfico en superficie de asentamientos del terreno mediante • Hitos de nivelación y prismas topográficos • Clavos y dianas de nivelación Control topográfico de estructuras singulares mediante estación total y GPS de puntos de control ubicados en fachadas de edificios y en terreno.
Parámetros sometidos a control	Los parámetros sometidos a control continuo y quincenal serán la variación de las coordenadas XYZ de cada punto de control. • Movimientos inducidos en el terreno y afecciones en edificaciones o estructuras existentes • Modificaciones del régimen hidrostático • Asientos verticales
Umbrales críticos para esos parámetros	*Véase apartado de umbrales de control en edificación y estructuras:*

Umbral de control	Distorsión angular	Deformación unitaria (%)
Edificios cimentados profundos o con losa, en buen estado. Conducciones de gas	> 1/500	> 0,20
Edificios cimentados superficialmente, sin daños aparentes	> 1/1000	> 0,20

Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Según sea la evaluación previa a las actividades mineras se pueden establecer medidas de aseguramiento estructural. Según sean los resultados de la evaluación estructural, puede resultar necesaria la adopción de medidas constructivas y refuerzos en las estructuras.
Documentación de referencia o generada durante el control	Los resultados de los controles se reflejarán en los informes ordinarios. Plano de Subsidencia del Proyecto de Explotación

Tabla 17. Medidas de control de la subsidencia en el municipio de Undues

1.6.4. Control de subsidencia en el Canal de Bárdenas

SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN EL CANAL DE BARDENAS	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Aseguramiento de la estabilidad del canal y detección de posibles movimientos.
ACTUACIONES Y MEDIDAS DE CONTROL	
Detección de patologías previas al comienzo de las actividades mineras. Control de movimientos, desplazamientos o asentamientos del terreno en el entorno próximo al tramo del canal. Monitoreo y seguimiento de la red de control topográfico en superficie para determinar las posibles variaciones en XYZ del terreno circundante al canal. Control del estado y calidad de los materiales, hormigón mediante inspección visual a lo largo del trazado y en puntos concretos mediante esclerómetro.	

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN EL CANAL DE BARDENAS	
Detección mediante inspecciones visuales de fisuras, desplomes u otras anomalías. Instalación de **fisurómetros** en caso de que fuese necesario. Verificar el funcionamiento de los instrumentos de control mediante lectura de puntos de referencia fuera de la influencia de la cubeta de subsidencia • Instalación de hitos topográficos y extensómetros en el terreno. • Dianas o clavos de nivelación en la estructura. • Utilización de 3 bases fijas topográficas para triangulación de los equipos, entre ellas la de Sangüesa. Control mediante **georradar**, con medidas periódicas sobre la superficie del terreno.	
Lugar de Inspección	La actividad de monitorización se realiza a lo largo de la traza del canal y en la red de hitos topográficos definidos.
Periodicidad	Las tareas de monitorización una vez finalizada la explotación se realizarán con periodicidad semestral los dos primeros años y de forma anual una vez transcurridos el período de medición semestral previo, extendiéndose hasta la obtención de tres mediciones consecutivas con valores inferiores al error de medida del aparato. Las lecturas de los instrumentos se realizan con periodicidad variable en función de la finalización de las actividades mineras y de los resultados obtenidos. • **Semestralmente** medida de toda la red de control hitos topográficos/ extensómetros los dos primeros años una vez finalizada la actividad minera. • **Anualmente** medida de toda la red de control hitos topográficos/ extensómetros a partir del tercer año de la finalización de la actividad minera. • **Anualmente, durante vaciado del canal:** contraste mediante georradar.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El seguimiento y medición por ambas técnicas será realizado por el jefe de Topografía de la explotación en superficie mediante: • Variación XYZ en red de hitos topográficos de control. Control de la estructura: • Hitos de nivelación, prismas topográficos. • Fisurómetros mecánicos • Esclerómetro • Georradar Para las medidas topográficas serán necesarios la Estación total y GPS.
Parámetros sometidos a control	Los parámetros sometidos a control serán la variación de las coordenadas XYZ de cada punto de control. Además, se analizarán: • Empujes provocados por el terreno y el agua. • Deformaciones y tensiones internas en el sostenimiento. • Desplazamientos y/o movimientos en el sostenimiento. • Movimientos inducidos en el terreno y afecciones en edificaciones o estructuras existentes • Modificaciones del régimen hidrostático • Asientos verticales

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN EL CANAL DE BARDENAS	
Umbrales críticos para esos parámetros	*Véase apartado de umbrales de control en edificación y estructuras:* Los umbrales de referencia sobre los movimientos máximos admisibles sobre estructuras subterráneas al excavar por debajo de ellas son: Tipo de estructura: Distorsión Angular Túneles M. tradicional: 1/2000
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Según sean los resultados de la evaluación estructural, puede resultar necesaria la adopción de medidas constructivas y refuerzos en las estructuras. Se actuará atendiendo a las indicaciones establecidas por la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE)
Documentación de referencia o generada durante el control	Se deberá informar a la dirección de obra en caso de detectar indicios de subsidencia y las actuaciones deberán ser autorizadas por la administración competente. *"Inspección del estado actual del Canal de Bardenas del P.K. 0+430 al P.K. 6+040" de Compás Consultores* Plano de Subsidencia del Proyecto de Explotación

Tabla 18. Medidas de control de la subsidencia en el Canal de Bardenas

1.6.5. Control de subsidencia en el castillo de Javier

SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN EL CASTILLO DE JAVIER	
OBJETIVOS DEL CONTROL ESTABLECIDO	Aseguramiento de la estabilidad del Castillo de Javier y control de la subsidencia
ACTUACIONES Y MEDIDAS DE CONTROL	
Inspección visual del terreno próximo al Castillo y detección de signos de inestabilidad, subsidencia o asentamientos del terreno. Inspección visual previa de la estructura exterior e interior del Castillo y detección de posibles anomalías. Instalación de los clavos de nivelación en la fachada del Castillo y lectura mediante estación total. Monitoreo y seguimiento de la red de control topográfico en superficie próxima al entorno para determinar las posibles variaciones en XYZ. Verificar el funcionamiento de los instrumentos de control mediante lectura de puntos de referencia fuera de la influencia de la cubeta de subsidencia	
Lugar de Inspección	La actividad de monitorización se realiza en todo el entorno del Castillo y en su estructura Reconocimiento del terreno de la cimentación. La densidad de puntos de control topográfico en el entorno del Castillo será mayor que en otras zonas.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

SEGUIMIENTO DE LA SUBSIDENCIA EN EL CASTILLO DE JAVIER	
Periodicidad	Las tareas de monitorización una vez finalizada la explotación se realizarán con periodicidad semestral los dos primeros años y de forma anual una vez transcurridos el período de medición semestral previo, extendiéndose hasta la obtención de tres mediciones consecutivas con valores inferiores al error de medida del aparato. Las lecturas de los instrumentos se realizan con periodicidad variable en función de la finalización de las actividades mineras y de los resultados obtenidos. • Semestralmente medida de toda la red de control hitos topográficos/ extensómetros los dos primeros años una vez finalizada la actividad minera. • Anualmente medida de toda la red de control hitos topográficos/ extensómetros a partir del tercer año de la finalización de la actividad minera.
Material necesario, método de trabajo y necesidades de personal técnico	El seguimiento y medición por ambas técnicas será realizado por el jefe de Topografía de la explotación en superficie mediante: • Hitos topográficos de nivelación y prismas topográficos Control de la estructura: • Dianas y clavos de nivelación y Estación Total. De manera adicional se podrá recurrir a ensayos mecánicos de control y termográficos sobre la estructura.
Parámetros sometidos a control	Variación de las coordenadas XYZ de cada punto de control topográfico ubicados en la superficie del terreno circundante al Castillo. Desplazamientos y/o movimientos de la estructura del Castillo mediante la lectura de los clavos de nivelación ubicados en la fachada del Castillo. Asientos verticales
Umbrales críticos para esos parámetros	Los umbrales de las deformaciones admisibles para edificios monumentales son: **Sensibilidad a movimientos** / **Distorsión Angular** Baja: 1/2250 - 1/2500 Media: 1/1500 - 1/1900 Alta: 1/6000
Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos	Según sean los resultados de la evaluación estructural, puede resultar necesaria la adopción de refuerzos en las estructuras, inyecciones de consolidación, recalces superficiales o profundos en la edificación. Las intervenciones se harán de acuerdo con el marco legal general sobre el patrimonio histórico de la Comunidad Foral de Navarra.
Documentación de referencia o generada durante el control	Las actuaciones deberán ser autorizadas por la administración competente en protección de bienes de interés patrimonial. Los resultados de los controles se reflejarán en los informes ordinarios y se informará a la autoridad competente.

Tabla 19. Medidas de control de la subsidencia en el Castillo de Javier

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

Geoalcali
a Highfield Resources Company

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

ANEXO 02 RED DE CONTROL DEL MEDIO HÍDRICO

Geoalcali
a Highfield Resources Company

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Programa de Vigilancia Ambiental

Proyecto Mina Muga (Navarra y Aragón)

ANEXO 02: ACTUALIZACIÓN DE LA RED DE CONTROL DEL MEDIO HÍDRICO

Octubre de 2019

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

eshyg

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Índice

1. INTRODUCCIÓN 6

2. MARCO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO 8

2.1 INTRODUCCIÓN 8
2.2 GEOLOGÍA 10
2.2.1 MARCO GEOLÓGICO 10
2.2.2 GEOLOGÍA DEL ÁREA DEL YACIMIENTO 12
2.3 HIDROGEOLOGÍA 18
2.3.1 CONTEXTO GENERAL 18
2.3.2 UNIDADES HIDROESTRATIGRÁFICAS. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO 19
2.3.3 CONSIDERACIONES HIDROQUÍMICAS 27
2.4 AGUAS SUPERFICIALES 29
2.5 SÍNTESIS HIDROQUÍMCA 32

3. RED DE CONTROL DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE SONDEOS AGUAS ABAJO DE LAS INSTALACIONES DE MINA MUGA 34

3.1 INTRODUCCIÓN 34
3.2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS DE LA ZONA 37
3.2.1 GEOLOGÍA 37
3.2.2 HIDROGEOLOGIA 40
3.3 DEFINICIÓN DE LA RED DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS AGUAS ABAJO DE LAS INSTALACIONES 47
3.3.1 INTRODUCCIÓN 47
3.3.2 PROPUESTA DE RED DE CONTROL 48
3.3.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS SONDEOS 57
3.3.4 CONSIDERACIONES SOBRE LA SALINIDAD DE LAS AGUAS 59

4. RED DE CONTROL DEL MEDIO HÍDRICO. REVISIÓN DE LOS PUNTOS INCLUIDOS EN EL PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL 66

4.1 INTRODUCCIÓN 66
4.2 ESTABLECIMIENTO/REVISIÓN PUNTOS DE CONTROL 68
4.2.1 RED DE CONTROL PROPUESTA POR GEOALCALI 68
4.2.2 PUNTOS DE CONTROL ADICIONALES 86

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

ANEJO 1: MAPA GEOLÓGICO 93

TABLAS

Tabla 1. Estimación profundidad y cota nivel piezométrico sondeos Nivel 1 (*datos LIDAR sin correcciones) 51
Tabla 2. Estimación profundidad y cota nivel piezométrico sondeos Nivel 2 (*datos LIDAR sin correcciones) 52
Tabla 3. Estimación profundidad y cota nivel piezométrico sondeos Nivel 3 (*datos LIDAR sin correcciones) 54
Tabla 4. Estimación profundidad y cota nivel piezométrico sondeos Nivel 4 (*datos LIDAR sin correcciones) 56
Tabla 5. Conductividades eléctricas en puntos zona de instalaciones 62
Tabla 6. Puntos considerados en la DIA a propuesta de Geoalcali 69
Tabla 7. Propuesta red de control del medio hídrico 91

FIGURAS

Figura 1. Encuadre regional del Proyecto 8
Figura 2. Zona de actuaciones 9
Figura 3. Distribución de las instalaciones en superficie 10
Figura 4. Cartografía geológica 1:25.000 de la zona (INYPSA, 2018) 11
Figura 5. Estructuras geológicas principales que limitan la cuenca sedimentaria investigada. 16
Figura 6. Corte Geológico representativo de la zona este del Proyecto Mina Muga 17
Figura 7. Masas de agua subterránea en la zona de estudio 18
Figura 8. Mapa piezométrico de la zona de estudio basado en criterios hidrológicos superficiales (Geoalcali, 2014) y dominio del modelo numérico. En Amphos21 (2018) 21
Figura 9. Superficie piezométrica de los materiales detríticos terciarios calculada a partir de modelización matemática. Calibración con datos reales (CRN, 2018) 23
Figura 10. Superficie piezométrica de los materiales detríticos terciarios calculada a partir de modelización matemática. Calibración con datos reales (Amphos21, 2018) 23
Figura 11. Evolución del nivel piezométrico en zona de mina y rampa 25
Figura 12. Evolución del nivel piezométrico en zona de instalaciones 26
Figura 13. Puntos de control de agua subterránea y superficial (CRN, 2018) 28
Figura 14. Cauces superficiales 31

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Figura 15. Quimismo aguas a partir del muestreo realizado en 2014 32
Figura 16. Quimismo solo de las aguas cloruradas sódicas a partir del muestreo realizado en 2014 33
Figura 17. Distribución de la zona de instalaciones 35
Figura 18. Disposición en 4 niveles de control 36
Figura 19. Geología aguas abajo de las instalaciones y posición aproximada corte geológico de la siguiente figura (mayor detalle en anexo 1) 39
Figura 20. Corte Geológico. En mapa geológico a escala 1:25.000 de Navarra. Hoja 174-IV. Sangüesa 40
Figura 21. Detalle piezometría en zona de planta industrial 41
Figura 22. Situación puntos en zona de planta 42
Figura 23. Evolución del nivel piezométrico en zona de instalaciones 43
Figura 24. Posibles direcciones de flujo en la zona. Los flujos cuaternarios/terciarios no tienen porque estas diferenciados en todas las zonas 45
Figura 25. Niveles de control previstos en el PGRM 49
Figura 26. Sondeos correspondientes al Nivel 1 de control 51
Figura 27. Sondeos correspondientes al Nivel 2 de control 53
Figura 28. Sondeos correspondientes al Nivel 3 de control 55
Figura 29. Sondeo correspondiente al Nivel 4 de control 56
Figura 30. Puntos de control existentes en la zona sur 61
Figura 31. Perfiles conductividad eléctrica sondeos instalaciones (1) 62
Figura 32. Perfiles conductividad eléctrica sondeos instalaciones (2) 63
Figura 33. Perfiles conductividad eléctrica sondeos al norte de las instalaciones 63
Figura 34. Situación topográfica red propuesta por Geoalcali 69
Figura 35. Situación topográfica de S-7 red propuesta por Geoalcali 71
Figura 36. Captación del manantial JYP-73M 71
Figura 37. Ubicación principales cauces en zona de actuaciones 77
Figura 38. Desvío de la Esquiva fuera de las instalaciones de Mina Muga (la orientación del mapa es hacia el oeste) 78
Figura 39. Desvío de Valdemolinero por el interior de las instalaciones de Mina Muga 79
Figura 40. Desvío de Valdeborro por el límite norte de las instalaciones (la orientación del mapa es hacia el oeste) 80
Figura 41. Situación puntos de vertido previstos y actual punto de control en Valdeborro 81
Figura 42. Flujos de vertido procedentes de la EDAR y de la zona de bocamina (rojo y verde) 85
Figura 43. Zonas de protección de abastecimiento 86
Figura 44. Distribución de la red de control del medio hídrico 92

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1. Introducción

La Declaración de Impacto Ambiental (DIA) de la Mina Muga de fecha 31 de mayo de 2019, publicada en el Boletín Oficial del Estado, el día 21 de junio de 2019, establece el condicionado que debe ser cumplido por parte del titular (Geoalcali), para la puesta en explotación del aprovechamiento de potasa.

En su apartado E referente al Plan de Vigilancia Ambiental (PVA) y en concreto en el punto E2 (Agua), se recogen las prescripciones que deben ser cumplidas en cuanto a las características de la red de control de las aguas subterráneas y superficiales donde se incluyen los elementos de control y vigilancia del medio hídrico. En la DIA se incluyen ya una serie de puntos de control que se vienen operando desde el año 2015 (red preoperacional), e igualmente se indica que dicha red deberá ser completada con aquellos puntos de control de las aguas subterráneas y superficiales que permitan la monitorización del medio hídrico, aguas abajo de las instalaciones, tanto de extracción como de beneficio de la potasa.

En concreto se hace referencia a la definición de la red de control hidrogeológico en cuatro niveles que debe ser establecida entre la huella de la zona de instalaciones y los ríos Onsella y Aragón, dado que se trata de la zona más susceptible de afección en fase de construcción y fundamentalmente de explotación, al estar localizada aguas abajo de la dirección de los flujos subterráneos y superficiales. Estos cuatro niveles de control se incluyen en el Plan de Gestión de Residuos Mineros (PGRM) del PREN y en el PVA del Proyecto Mina Muga.

Por lo tanto, al objeto de dar respuestas a los requerimientos de la DIA, el siguiente informe se estructurará fundamentalmente en dos fases que son las siguientes:

a) Diseño de la red de control de aguas subterráneas aguas abajo de la instalación.

b) Revisión y optimización del resto de puntos de control establecidos en la DIA.

Hay que señalar desde el inicio, que la zona situada aguas abajo, tanto superficial como subterráneamente, de la huella, carece de datos hidrogeológicos en su mayor parte, dado que no tiene interés minero alguno. Por lo tanto, el establecimiento de los puntos de esta red se realizará atendiendo a los datos hidrogeológicos existentes en el resto del territorio y de criterios geológicos e hidrogeológicos generales por lo que el funcionamiento hidrogeológico real solo se conocerá a medida que se vayan ejecutando los puntos de control. En este sentido, la red propuesta en este informe se irá modificando con los resultados hidrogeológicos que se obtengan, siempre teniendo como objetivo el control de las posibles afecciones que puedan producirse.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Con objeto de disponer en un único documento de la caracterización geológica e hidrogeológica que permita la definición de la red, se ofrece previamente una visión de conjunto de toda la zona con las principales características geológicas e hidrogeológicas.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

2. Marco geológico e hidrogeológico

2.1 INTRODUCCIÓN

El Proyecto se ubica al sur del embalse de Yesa, a unos 42 km al sudeste de la ciudad de Pamplona, en las Hojas Nº 174 Sangüesa y Nº 175 Sigües del Mapa Topográfico Nacional a escala 1/50.000 entre las Comunidades Autónomas de Navarra y Aragón.



Figura 1. Encuadre regional del Proyecto

La zona de desarrollo se encuentra delimitada a grandes rasgos, como se describe a continuación:

- Norte: Sierra de La Cardonera, al sur del embalse de Yesa (Norte y Nordeste).
- Oeste: Río Aragón y núcleo urbano de Sangüesa.
- Sur: Término Municipal de Sos del Rey Católico.
- Este: Sierra de Peña Musera y río Regal.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

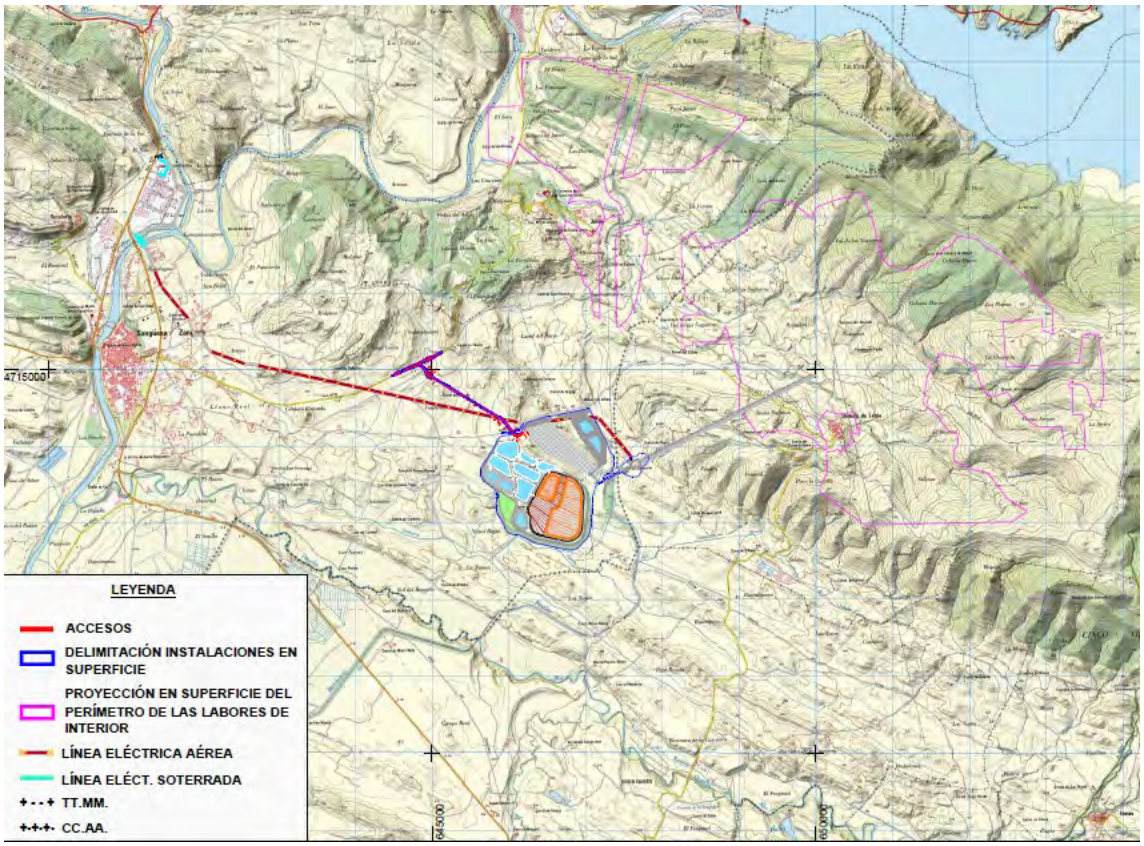


Figura 2. Zona de actuaciones

El mineral extraído es Silvina (cloruro potásico) mezclado con halita, y arcillas. La explotación se realiza mediante minería subterránea de cámaras y pilares con acceso al yacimiento mediante dos rampas. El arranque se realiza mediante minadores para extraer Silvinita (agregado mineral de Silvina y Halita), para obtener como producto final MOP (Muriato de Potasio) cuyo principal uso es como fertilizante. Como producto secundario se genera sal de deshielo.

La distribución prevista de las instalaciones de superficie es aproximadamente la siguiente, si bien puede experimentar ligeras modificaciones según proyecto de obra definitivo.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

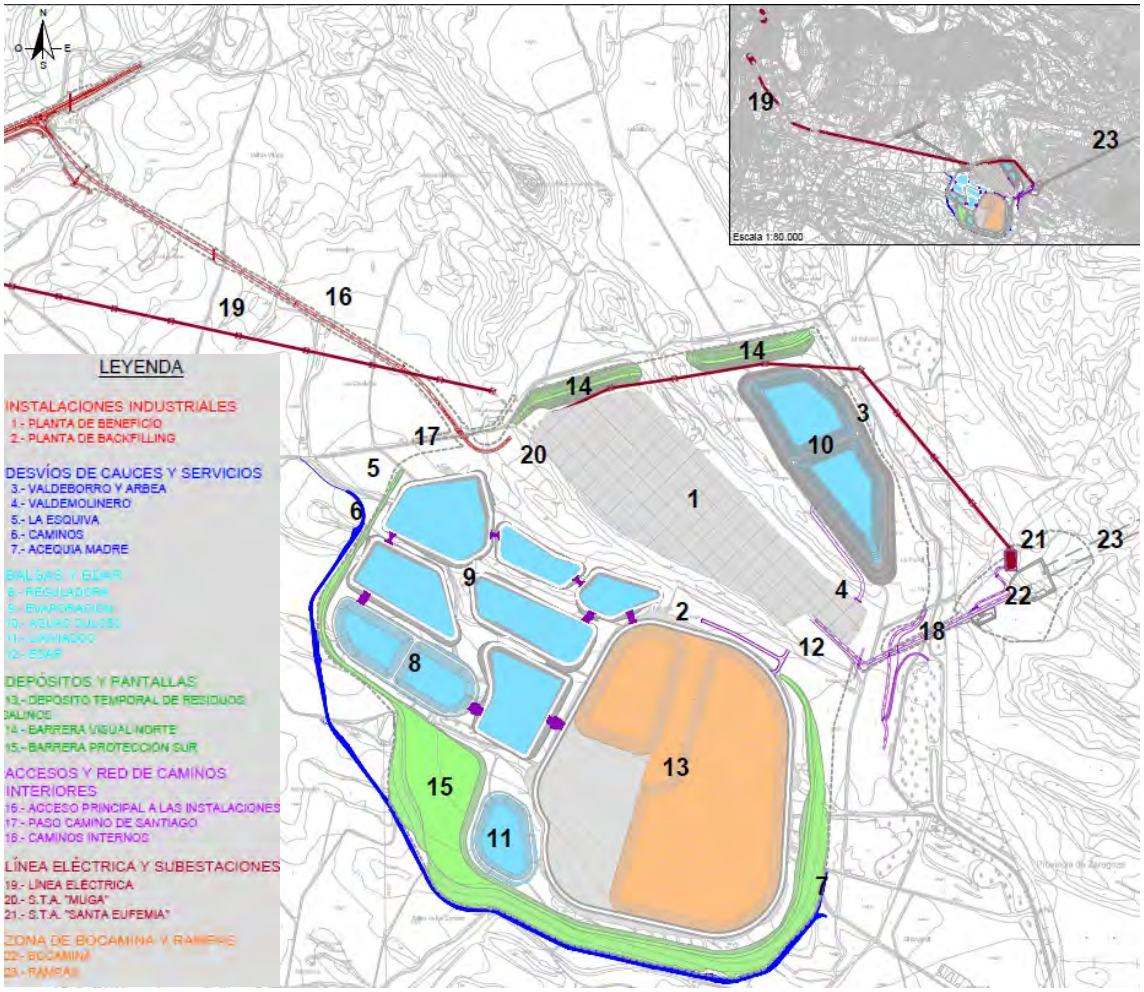


Figura 3. Distribución de las instalaciones en superficie

2.2 GEOLOGÍA

2.2.1 Marco geológico

El Proyecto Mina Muga se encuentra al sur (S) de la Cordillera Pirenaica, en la denominada zona Surpirenaica. Esta zona se caracteriza por estar integrada por materiales mesozoicos y cenozoicos fundamentalmente, formando pliegues y cabalgamientos con vergencia general al sur. Dentro de esta zona se diferencian tres sectores en función de sus características estratigráficas y tectónicas, que se disponen de oeste (W) a este (E). El Proyecto se localiza concretamente en la Zona Surpirenaica Occidental, en el

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

dominio del Sinclinorio del Guarga, formado por los sedimentos de la Cuenca de Jaca-Pamplona, con edades Eoceno y Oligoceno.

El entorno del yacimiento potásico está formado al norte por el frente de cabalgamiento de la Sierra de Leyre, que discurre con rumbo casi E-W y donde afloran rocas carbonatadas del Cretácico Superior y de Paleoceno a Eoceno Inferior. Hacia el sur aparecen los relieves de las Sierras Exteriores, formadas por una gruesa alternancia de areniscas y margolutitas cuyas capas buzan hacia el sur, de edades Oligoceno a Mioceno.

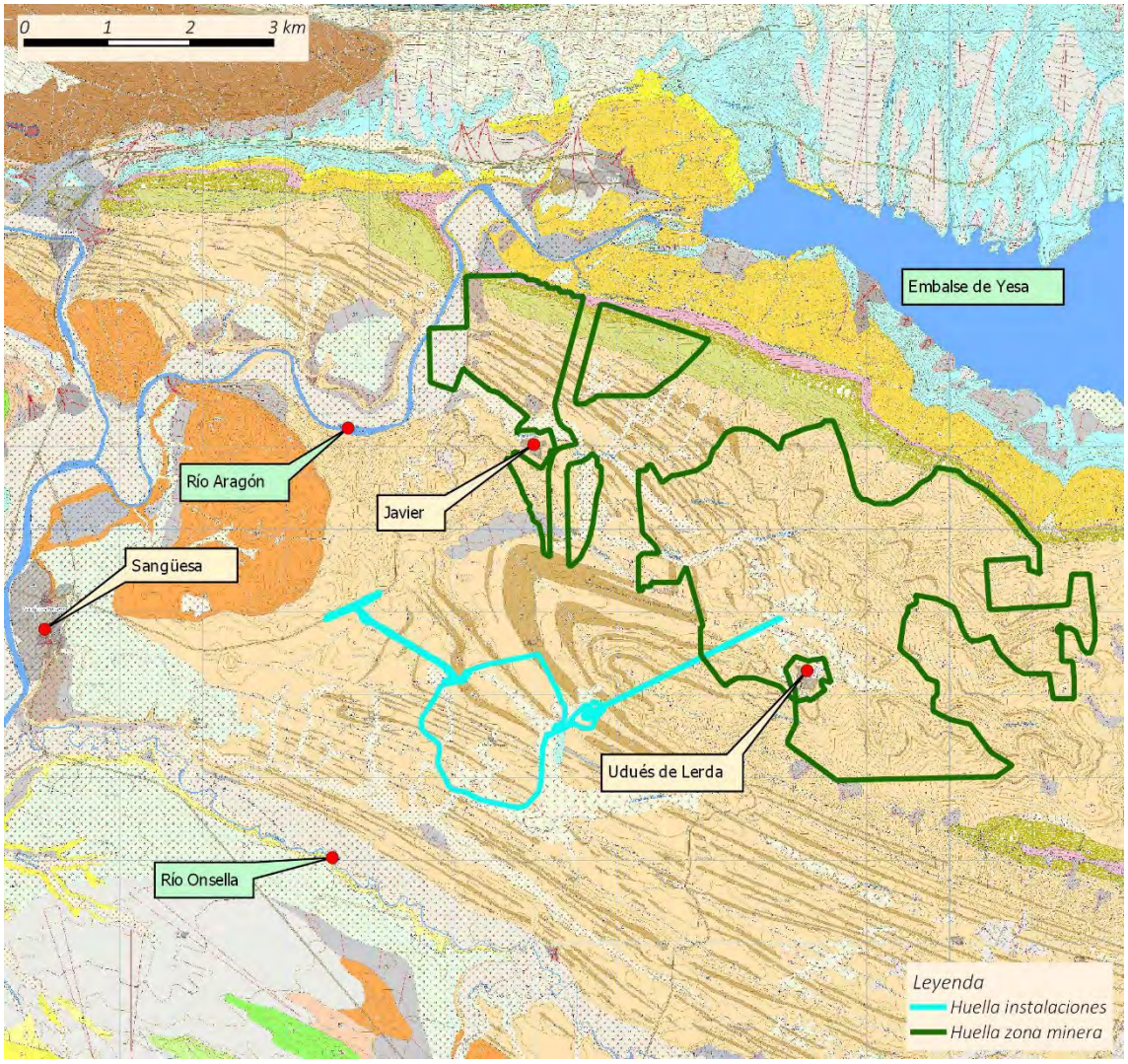


Figura 4. Cartografía geológica 1:25.000 de la zona (INYPSA, 2018)

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

En el anejo 1 se adjunta el mapa geológico y la leyenda de los materiales para su consulta detallada. En las páginas siguientes se realiza un resumen de las características geológicas e hidrogeológicas más relevantes para el establecimiento de la red de control del medio hídrico.

2.2.2 Geología del área del yacimiento

2.2.2.1 Estratigrafía

La secuencia estratigráfica presente en la zona de estudio es, de muro a techo la siguiente[1]:

- Margas de Pamplona. Nº 9 (INYPSA, 2018). Está formada por una monótona alternancia de margas grises oscuras y delgados niveles arenosos algo más claros de color, en secuencias de somerización que en la vertical incorporan términos de margas calcáreas, a veces nodulosas o limolitas calcáreas margosas. Se ha formado en un ambiente marino profundo con afinidades turbidíticas en el Eoceno Superior con una potencia que puede superar los 700 m. Su edad es Bartoniense (Eoceno medio).
- Flysch de Yesa. Nº 10-11 (INYPSA, 2018). Está formada por una alternancia de areniscas ocres y lutitas que corresponden a un intervalo de carácter turbidítico, con un espesor en esta zona de entre 100 y 150 m. Las capas de areniscas presentan tamaños de grano fino a muy fino y potencias de orden centimétrico, cuya presencia suele aumentar hacia techo (de 50 a 75%), y están bien cementadas con componentes clásticos de granos de cuarzo y bioclastos. Su edad es Bartoniense-Priaboniense inferior (Eoceno medio-superior).
- Margas Bandeadas (Fajeadas). Nº 12 (INYPSA, 2018). En esta unidad se localizan los tramos evaporíticos susceptibles de explotación y la secuencia reconocida en las prospecciones realizadas permite diferenciar los siguientes tramos, de abajo a arriba:
    - Anhidrita basal. Tramo muy delgado, pero con una gran continuidad.
    - Sal de Muro. Formado mayoritariamente por sal masiva cristalina, con espesores muy variables, desde unos pocos metros a más de un centenar. En la parte occidental incluye capas de potasas.
    - Sal de Techo. Es un tramo de alternancias de capas centimétricas de halita y margas, y presencia de finas bandas de anhidrita y brechas rellenas de sales. Tiene un espesor variable, pero siempre de varias decenas de metros. El tramo comienza con un nivel de

[1] Según mapa geológico 1:25.000 Gobierno de Navarra hojas 174 y 175 y mapa 1:25.000 INYPSA (2018)

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

potasa. En general aparecen diversas intercalaciones de potasas, más frecuentes y abundantes en la parte inferior.

- Margas Bandeadas. Alternancia de delgadas capas de lutitas rojas y lutitas margosas grisáceas y gris verdosas con intercalaciones milimétricas y centimétricas de limos ocres laminares y areniscas amarillentas en estratificación lenticular. Los términos lutíticos presentan una fina laminación de frecuencia milimétrica paralela que le aporta el aspecto bandeado. Hacia el techo va aumentando de forma progresiva el contenido en areniscas en tránsito hacia la siguiente unidad. El espesor de esta unidad bandeada es decamétrico.

Se atribuye a todo el conjunto una edad Priaboniense superior (Eoceno superior).

- Areniscas de Liédena. Nº 13-14 (INYPSA, 2018). Las Margas Bandeadas van aumentando su contenido en arena y pasan gradualmente a una alternancia que mantiene el aspecto bandeado de areniscas y margolutitas. Hacia el techo aumenta el contenido en lutitas grises y presentan tramos desorganizados a modo de brechas intraformacionales. Este nivel, aunque de espesor variable, es muy constante en la zona investigada. Con 40 a 50 m de espesor.

Se distinguen en afloramiento dos intervalos que pueden pasar lateralmente de uno a otro:

- Parte inferior (13): Areniscas tableadas que alternan por tramos con limos y lutitas margosas grises.
- Parte superior (14): Que se distingue del anterior por la presencia de términos lutíticos rojizos con trazas de yesos.

Las areniscas tienen del orden de un 65% de elementos detríticos (granos de cuarzo de tamaño fino) con cemento calcáreo (30%). Las lutitas presentan contenido carbonatado del orden del 30%.

La edad es Priaboniense-Stampiense (Eoceno superior-Oligoceno inferior)

- Areniscas y Lutitas de Javier-Pintano. Nº 15-16 (INYPSA, 2018). Es una sucesión lutítitico-areniscosa de estratos decimétricos y métricos de areniscas compactas de grano medio a fino, que presentan granoclasificación decreciente. El espesor los términos areniscosos es variable pero siempre decamétrico y en general esta unidad puede alcanzar los 1.000-1.500 m de espesor. Se cita la presencia de fósiles que permiten datar la unidad como del Oligoceno Inferior (Headoniense-Sueviense).

Se distinguen dos unidades. La denominada nº 15 (INYPSA, 2018) se corresponde con una alternancia heterogénea de lutitas, areniscas y eventualmente margas y calizas que es el término general de la

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Formación Javier y que origina las zonas más deprimidas del relieve, y la unidad 16 (INYPSA, 2018) que se corresponde con los niveles de mayor competencia por el predominio de los términos areniscosos y que conforman los resaltes estructurales más destacables del terreno.

Las asociaciones de facies detectadas en campo son varias pero hay que destacar, desde el punto de vista hidrogeológico, la presencia de facies canalizadas representadas por niveles de areniscas de potencia métrica generalmente aislados en lutitas, que pueden tener una extensión lateral de varias decenas de metros y que localmente pueden alcanzar una continuidad kilométrica.

Algunas facies de ambientes más lacustres y evaporíticos, localizados fundamentalmente a base de la Formación Javier, están representadas por margas y lutitas margosas grises con niveles de anhidritas.

- Areniscas y Lutitas de Sangüesa. Nº 17-18 (INYPSA, 2018). Está representada por un potente conjunto aluvial que supera en algunos puntos los 1.000 m de potencia, con facies areniscosas a base que van perdiendo importancia para hacerse eminentemente lutíticos a techo. Las facies canalizadas, a muro, pueden alcanzar y superar los 5 m de potencia, si bien lo más habitual es localizar estas areniscas entre los materiales lutíticos en facies no canalizadas, con potencias decimétricas. Las facies lutíticas ocres, y homogéneas son dominantes, formando intervalos masivos de potencia métrica-decamétrica.

  Su edad es Sueviense (Oligoceno inferior).

- Lutitas, calizas y margas de Eslava. Nº 22 (INYPSA, 2018). En la margen izquierda del río Onsella, afloran esta unidad detrítico-carbonatada que pasa lateralmente a la unidad Nº 23 (INYPSA, 2018) Lutitas y areniscas de Ayesa. La Fm. Eslava se presenta en la zona como un conjunto detrítico-carbonatado formado a expensas de lutitas ocres, a veces algo rojizas de aspecto masivo que localmente pueden tener cristales de yesos dispersos, así como alguna intercalación de areniscas de poco espesor. A veces se presentan intercalaciones de margas de tonalidades claras y en ocasiones verdosas, así como calizas margosas de color gris con cierta continuidad lateral y espesor centimétrico a decimétrico.

Geomorfológicamente originan zonas ampliamente deprimidas y solo los niveles carbonatados con buzamientos altos pueden originar resaltes morfológicos.

Lateralmente pasan a las lutitas y areniscas de Ayesa, e igualmente constituyen zonas deprimidas, bastante enmascaradas por los depósitos cuaternarios tipo glacis y aluviales. Se caracterizan por la abundancia de lutitas, tratándose de una monótona sucesión de finos, en general arcillas de tonalidades muy claras, que algunas veces presentan tonalidades rojizas debidas a procesos edáficos.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

El aspecto es masivo e intercalan delgados niveles de areniscas de espesor normalmente decimétrico incluso con yesos dispersos.

Su edad es Arveniense (Oligoceno inferior-medio).

Por encima de estos materiales y con interés hidrogeológico se encuentran diferentes tipologías de depósitos cuaternarios:

- Depósitos aluviales-coluviales. Lutitas y cantos. Nº 37 (INYPSA, 2018). Tienen un importante desarrollo en la zona de las instalaciones industriales ya que sobre ellos se desarrollan los cauces de Santa Eufemia, Valdemolinero, Valdeborro y arroyo Solano hasta su desembocadura en el arroyo Salmacio.

  Se trata de depósitos de origen fluvial aunque difieren de los depósitos de fondo de valle por aportes laterales difíciles de separar de los propiamente fluviales.

  Se localizan en áreas de topografía suave asociados a cursos de carácter ligeramente divagante y bastante efímeros.

  Están normalmente constituidos por materiales finos, lutíticos que engloban cantos, procedentes de zonas laterales o arrastrados por el propio arroyo.

- Fondos de valle. Lutitas, arenas y cantos. Nº 34 (INYPSA, 2018). Se asocian normalmente estos depósitos a los cursos de escorrentía superficial efímera o nula en la actualidad constituyendo la red fluvial de menor orden. Suelen tener longitud kilométrica y una cierta anchura aunque de escaso espesor (3-5 m), localmente algo superior.

  La litología son lutitas con cantos de diverso tamaño y a veces bloques. Ocasionalmente se reconocen niveles de arenas. Los cantos son de litología muy variable, aunque los que predominan son las areniscas.

- Terrazas. Gravas, arenas y lutitas con cantos y bloques. Nº 32 (INYPSA, 2018). Son los depósitos relacionados con la red fluvial actual de los ríos Onsella y Aragón, dispuestas en diferentes cotas, siendo las más interesantes las terrazas bajas (cotas +3-12 m, y +15-20 m).

  La composición de los 5 niveles de terrazas es muy similar. Están formados por gravas y arenas con lutitas en proporciones muy variables. Predominan los clastos de calizas grises y areniscas ocres, siendo además el tamaño de los mismos muy variable. Hay que destacar que los niveles

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

de terrazas medias y altas predomina una cierta cementación por carbonatos mientras que en las terrazas más bajas este fenómeno es menos frecuente.

El espesor de las terrazas suele ser muy variable, fluctuando entre los 3 y 5 m generalmente.

2.2.2.2 Estructura geológica

Tectónicamente, la zona estudiada se localiza sobre los materiales margosos y flyschs eocenos cabalgados por los cretácicos y paleocenos-eocenos de unidad alóctona de la Sierra de Leyre situada al norte, a través de la falla de Loiti. En concreto, la explotación minera se realizará en una zona replegada donde destacan el anticlinal de La Magdalena (o de Undués) y el sinclinal de Javier, hasta la falla de La Cardonera, que presenta un fuerte buzamiento al norte. El flanco sur del anticlinal de La Magdalena tiene su límite en otra falla longitudinal que presenta una traza arqueda, de forma que gira de WNW-ESE en el extremo oriental, a NW-SE en el occidental, condicionando el cierre periclinal del anticlinal. Al sur de esta fractura se presenta una secuencia de anticlinales-sinclinales paralelos al río Onsella, asociados a frentes de cabalgamiento de importante envergadura, algunos no aflorantes.

Es en esta zona donde se ubican las instalaciones industriales de la explotación (al SE del cierre percilinal del sinclinal de Sangüesa o Rocaforte). La estructura queda abierta hacia el NW por el sector de Vipasca, mientras que por el este aparece limitada por el corredor de fracturación NE-SW de Ruesta

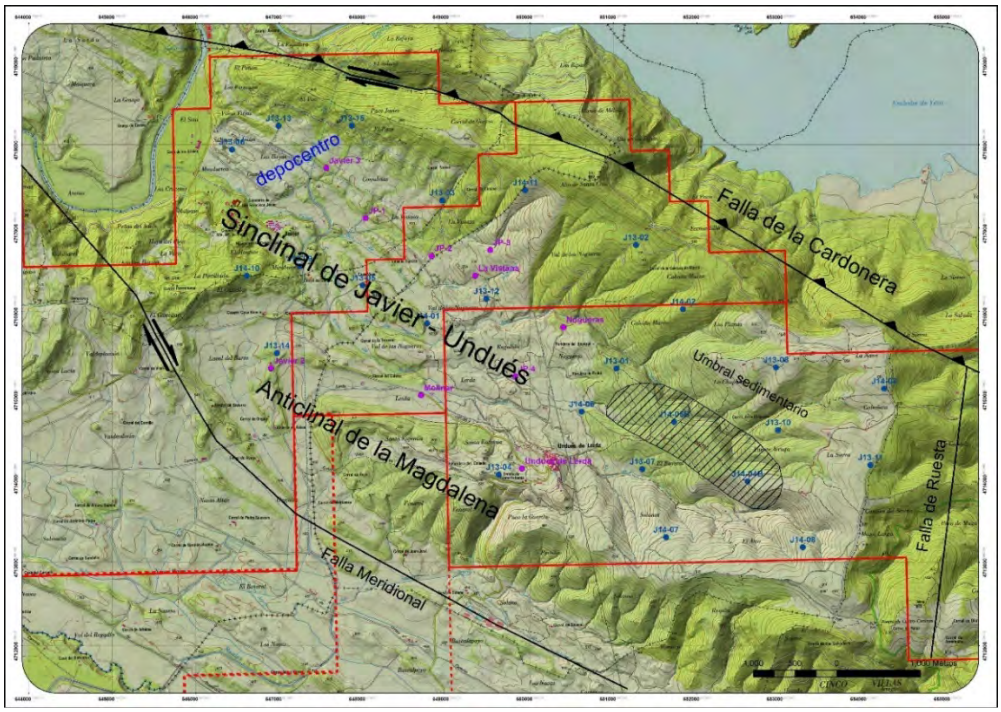


Figura 5. Estructuras geológicas principales que limitan la cuenca sedimentaria investigada.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

Geoalcali
a Highfield Resources Company
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

El anticlinal de La Magdalena o de Undués es una amplia e importante estructura de dirección NW-SE y vergencia hacia el suroeste, que se prolonga durante varios kms, produciéndose en esta zona su cierre periclinal. Los buzamientos hacia el norte son del orden de 25º, mientras que hacia el suoreste oscilan entre los 25 y los 75º.

Paralelos a esta estructura se reconocen hasta el río Onsella una serie de pliegues, anticlinales y sinclinales de casi igual dirección, bastante simétricos y de poca resolución en profundidad, aunque de gran longitud de eje y que deben estar relacionados con accidentes a relativa poca profundidad.

En la zona se reconoce el cabalgamiento de Aibar, que con una dirección NW-SE responde a una ruptura del flanco más meridional de la estructura anticlinal de Aibar. En superficie resulta bastante difícil de ser observado y normalmente es reconocido porque produce verticalidad en las capas y a veces incluso su inversión y también por el acortamiento de espesores de la serie detrítica ya que no se corresponden con lo esperable en los flancos del pliegue de Aibar.

En profundidad se reconoce como un solo accidente pero en superficie se descompone en una serie de fallas, también de alto ángulo y paralelas vergentes todas ellas hacia el sur. Se extiende a lo largo del valle del Onsella, aunque su traza es difícil de seguir al estar enmascarada por los depósitos cuaternarios.

También hay que reseñar la existencia de una falla inversa de dirección WNW-ESE de alto ángulo y vergencia meridional, aunque de poco salto, al SW de la estructura anticlinal de Los Pintanos y que se interpreta como una acomodación del tren de pliegues de igual dirección que en esa zona se observa.

Un corte representativo de la disposición de los materiales en profundidad puede observarse en la figura siguiente.

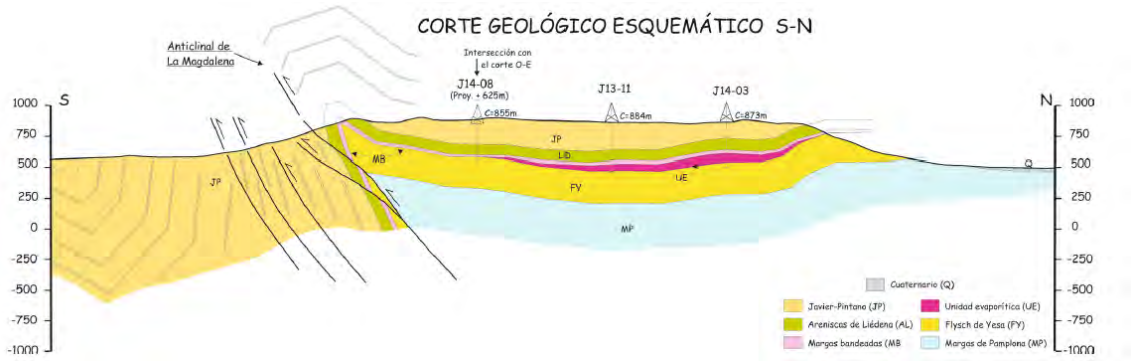


Figura 6. Corte Geológico representativo de la zona este del Proyecto Mina Muga

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

En el anejo 1 se adjunta el mapa geológico y la ubicación de las principales estructuras indicadas en este apartado.

2.3 HIDROGEOLOGÍA

2.3.1 Contexto general

El proyecto de mina Muga se localiza dentro de la masa de agua subterránea *09.30 Sinclinal de Jaca-Pamplona* que se corresponde con el sector central de la gran estructura sinclinal prepirenaica, comprendida entre las Sierras Interiores al Norte y las Sierras Exteriores al Sur.

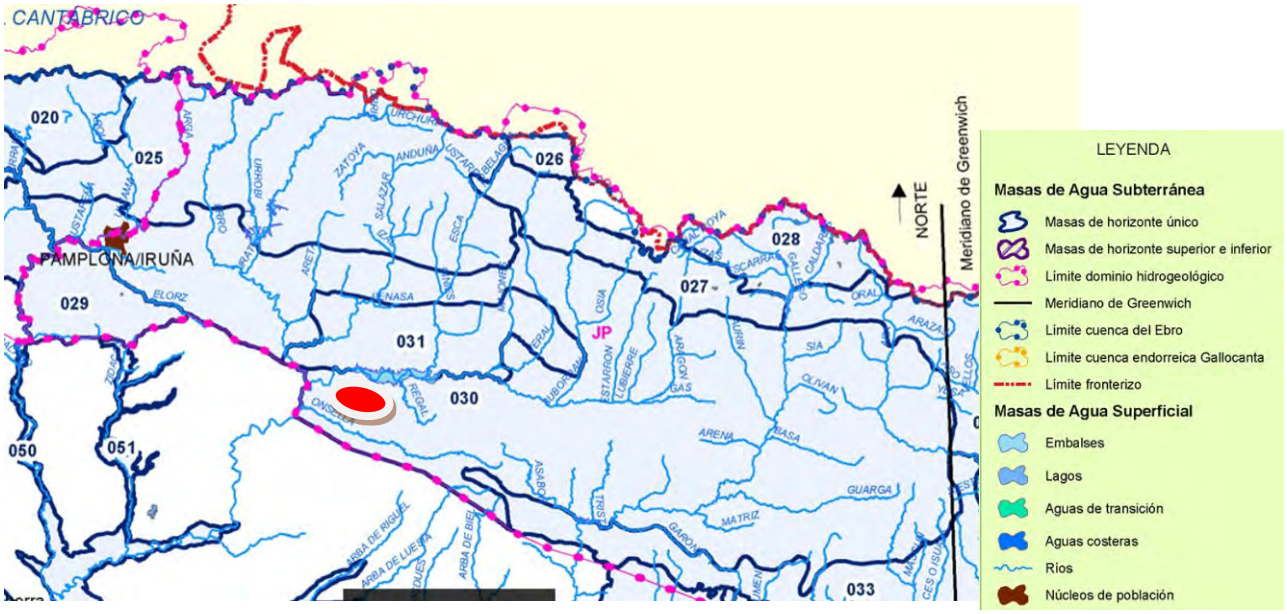


Figura 7. Masas de agua subterránea en la zona de estudio

Esta masa de agua subterránea alberga una extensa superficie de 4.066 Km^2, repartida entre las comunidades autónomas de Navarra (21%) y Aragón (79%). Posee unos recursos naturales de 72 Hm^3/año y disponibles 58 Hm^3/año según el Plan Hidrológico 2015-2021. Según la tabla 62 del Plan Hidrológico 2015-2021, los recursos disponibles en 2013 eran de 63,8 Hm^3/año de los cuales sólo 4 Hm^3/año estaban comprometidos, siendo el índice de explotación de 0,06.

Según la Planificación Hidrológica vigente, esta masa de agua subterránea está considerada en riesgo de que no alcance los objetivos establecidos por la Directiva Marco del Agua (DMA) por la existencia de contaminación puntual relacionada con Hidrocarburos, metales (Pb, As, Fe, Mn, Al, B), VOC's (Suma Etiltoluenos, Suma Trimetilbencenos, Monoclorobenceno), plaguicidas (o,p´-DDT, p,p´-DDD, p,p´-DDE, a-

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

HCH, b-HCH, lindano, atrazina, ametrina, prometrina, terbutrina, desetilatrazina, 4,4´- Diclorobenzofenona, metolacloro, molinato, terbutilazina).

Aun así, con carácter general y debido a su gran extensión, el estado final de la masa de agua subterránea es bueno tanto en su estado cuantitativo (2008) como cualitativo o químico (2008).

En la zona de proyecto se identifican como zonas de protección las relacionadas con las captaciones de agua para abastecimiento de los núcleos de población de Javier y Undués de Lerda, sin haber futuras zonas protegidas para abastecimiento.

En el caso de Undués de Lerda, se abastece de un manantial denominado "Fuente del Secretario" (codificado en el inventario de Geoalcali como JYP-14-M), este manantial está en la margen izquierda del arroyo del Molinar en la zona de cabecera de este arroyo. Respecto al proyecto, se sitúa en la zona de mina y a unos 3,8 km aguas arriba de las instalaciones de superficie.

El resumen de las principales características hidrogeológicas de la zona que se expone a continuación tiene como único objetivo ofrecer una visión suficiente que permita justificar la selección de los puntos de control hídrico que forman parte del Programa de Vigilancia Ambiental.

2.3.2 Unidades hidroestratigráficas. Funcionamiento hidráulico

Desde el punto de vista hidrogeológico y realizando la máxima simplificación posible, se pueden distinguir las siguientes unidades hidroestratigráficas:

- Unidad 1. Margas grises. Margas de Pamplona y Turbiditas de Yesa (esta unidad no aflora en las proximidades del afloramiento). Estas unidades se encuentran a muro de la unidad evaporítica. Hidrogeológicamente constituyen un conjunto de baja a muy baja permeabilidad. El grado de permeabilidad de estos materiales se asocia al grado de fracturación. Constituye un borde impermeable junto con la unidad evaporítica.
- Unidad 2. Unidad evaporítica. Son las sales evaporíticas que presentan una alternancia muy fina de lutitas hacia el techo del paquete evaporítico y que culminan con las margas fajeadas. Constituye un conjunto de muy baja permeabilidad. Dentro de la unidad evaporítica se encuentra el tramo potásico o mineralización que es una unidad impermeable, si bien, en las zonas superficiales puede tener una cierta permeabilidad (ocasionalmente alta) asociada a fenómenos localizados de disolución de sales.
- Unidad 3. Unidad detrítica. En la unidad detrítica se agrupan las Margas Bandeadas, las Areniscas de Liédena y Unidad de Javier-Los Pintanos, ambas unidades de origen continental. La unidad 3

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

está constituida por un tramo mayoritariamente arenoso con pasadas lutíticas y margosas. Se trata de una unidad con un espesor variable desde 175 m hasta los 800 m. Hidrogeológicamente constituye una unidad de permeabilidad media-baja, asociada al grado de fracturación y/o meteorización y al espesor de los niveles de margas y lutitas. Esta unidad, a techo, presenta una zona de mayor alteración (del orden de unos 25 m) que puede aumentar la permeabilidad del tramo notablemente.

- Unidad 4. Depósitos cuaternarios. Constituido por depósitos aluviales y terrazas que enlazan lateralmente con depósitos coluviales. Es una unidad con una permeabilidad media. El conjunto se ha definido como Unidad Acuífera, Formaciones Permeables del Cuaternario que se recarga por infiltración directa del agua de lluvia o por transferencia de niveles rocosos permeables del Terciario con los que contactan actuando como transmisores de los aportes procedentes de dichos niveles. La descarga se produce a partir de pequeños manantiales en las áreas de cota inferior o bien hacia los ríos y arroyos presentes en la zona que presentan como colectores finales los ríos Onsella y Aragón.

Por lo que se refiere a los límites hidrogeológicos son los siguientes:

- Al norte, inicialmente podría pensarse en que la Falla de La Cardonera puede suponer un borde de no flujo dado que pone en contacto la serie detrítica terciaria con las Margas de Pamplona, pero en todo caso, y suponiendo una cierta permeabilidad horizontal para estos materiales, entre el propio embalse de Yesa y los arroyos de Las Nogueras y el Molinar (al sur del cabalgamiento) existe una divisoria de aguas superficiales/ subterráneas que independiza los flujos hacia el embalse de Yesa.
- Al este, los datos piezométricos indican que el límite del sistema hidrogeológico se encuentra en el río Aragón.
- De la misma manera, al sur el límite del sistema hidrogeológico habría que situarlo en el río Onsella.
- Al este, y al igual que al norte, existe una divisoria de aguas superficiales/subterráneas entre la cuenca del río Aragón y el río Regal, que se puede considerar límite hidrogeológico en lo que a la explotación de la Mina Muga se refiere.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

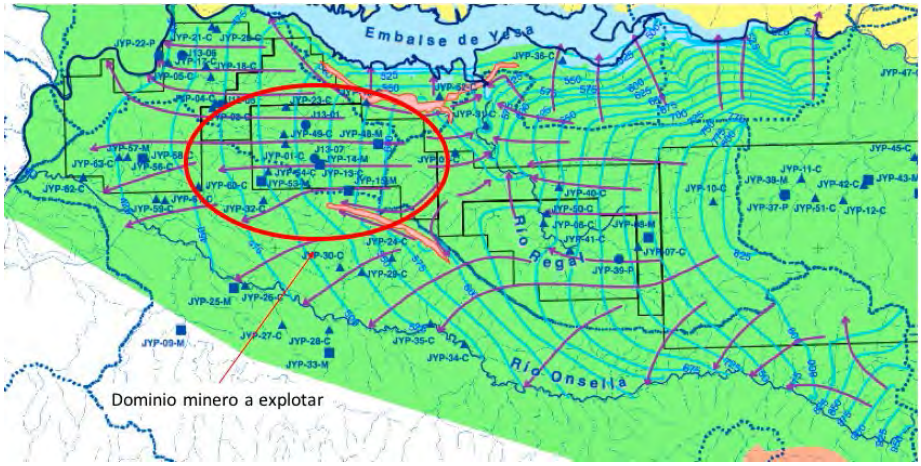


Figura 8. Mapa piezométrico de la zona de estudio basado en criterios hidrológicos superficiales (Geoalcali, 2014) y dominio del modelo numérico. En Amphos21 (2018)

La recarga de estos materiales, a favor de las precipitaciones y de los retornos de riego, debe de ser muy reducida. En principio los tramos basales (dominantemente Margas de Pamplona) se considera que presentan una recarga prácticamente nula, evaluándose la producida sobre el paquete terciario detrítico del orden de 20 mm/año[2] debido a la baja permeabilidad general de los materiales. Este valor puede ser algo superior sobre los materiales cuaternarios aluviales y coluviales sin embargo, su representatividad se reduce a la zona sur, donde se ubicarán las instalaciones y hacia el rio Onsella.

La descarga del sistema se produce a favor de todos los cursos de aguas superficiales existentes en la zona de estudio, así como los escasos manantiales.

Por lo que respecta al funcionamiento hidráulico, está admitido que al ser un medio de muy baja permeabilidad, la circulación del agua está muy condicionada por la topografía y está en relación con las discontinuidades (estratificación, lineaciones, fisuras y fracturas fundamentalmente). Así, los materiales arcillosos y margosos presentan una escasa porosidad eficaz y muy baja conductividad hidráulica, y aquellos materiales inicialmente más susceptibles de sufrir fisuración y fracturación, como son los tramos areniscosos, en profundidad presentan las discontinuidades bastante selladas por cementos carbonáticos (incluso salinos en la zona de las margas bandeadas).

Las zonas preferentes para la circulación del flujo de agua subterránea, al margen de la posible existencia de discontinuidades no selladas en profundidad, se sitúan en los 25-30 m superiores del conjunto detrítico, donde la alteración de los materiales hace que se produzca la reducción de los cementos carbonáticos por

[2] Amphos21 (2018). Calibrada según modelización

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

disolución, etc, lo que hace que los parámetros hidráulicos en estas zonas sean superiores que en profundidad. Un comportamiento similar tendrían los materiales cuaternarios de origen aluvial y coluvial, que presentan en origen mejores características hidráulicas, pero cuya representatividad es muy reducida en la zona norte y tiene una mayor representación en la zona sur, aguas abajo de las instalaciones.

Dada la baja permeabilidad general de todos los materiales, los gradientes hidráulicos suelen ser altos, siguiendo las isopiezas las vertientes superficiales, con líneas de flujo que convergen en los arroyos que drenan difusamente estas vertientes, o bien hacia puntos de surgencia más concentrados tanto en las propias vertientes y proximidades de los arroyos. La dirección de flujo general es hacia el Aragón y el Onsella que constituirían los puntos de drenaje general y últimos de esta zona hidrogeológica.

Toda la zona está surcada por estructuras en las que los planos de falla y los ejes de anticlinales y sinclinales se disponen con una orientación WNW-ESE. Todas las estructuras, en general tienen vergencia hacia el sur, por lo que la dirección del flujo de agua subterránea es sensiblemente coincidente con la disposición estructural de los materiales (predominantemente hacia el Aragón y al Onsella).

Así, las fracturas longitudinales pueden actuar como zonas de permeabilidad preferente. Iguales consideraciones cabría reseñar para los ejes de las charnelas de los pliegues, planos de estratificación, lineaciones, etc, especialmente en las zonas más someras, donde la alteración de los materiales es mayor.

Se observa también la presencia de fracturas más o menos conjugadas (NNE-SSW) , especialmente en zonas situadas al este de la explotación, cuyo papel hidrodinámico no está claramente definido.

Por lo que respecta a la piezometría, la zona de proyecto se sitúa entre las isopiezas 425 y 900 m.s.n.m. según las mediciones de nivel piezométrico realizadas en diferentes sondeos, piezómetros y manantiales del entorno.

La superficie piezométrica se encuentra ligada a la topografía con un sentido general de circulación hacia el oeste y suroeste es decir, que la descarga se produce hacia el río Aragón, que marca las cotas más bajas del drenaje de la zona, y hacia el Onsella.

En las siguientes figuras se presentan diferentes superficies piezométricas de la zona. La primera de ellas corresponde a un mapa de isopiezas elaborado a partir de datos observados (CRN, 2018) y el segundo corresponde a la superficie piezométrica elaborada a partir de los datos de la modelización realizada en 2018.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

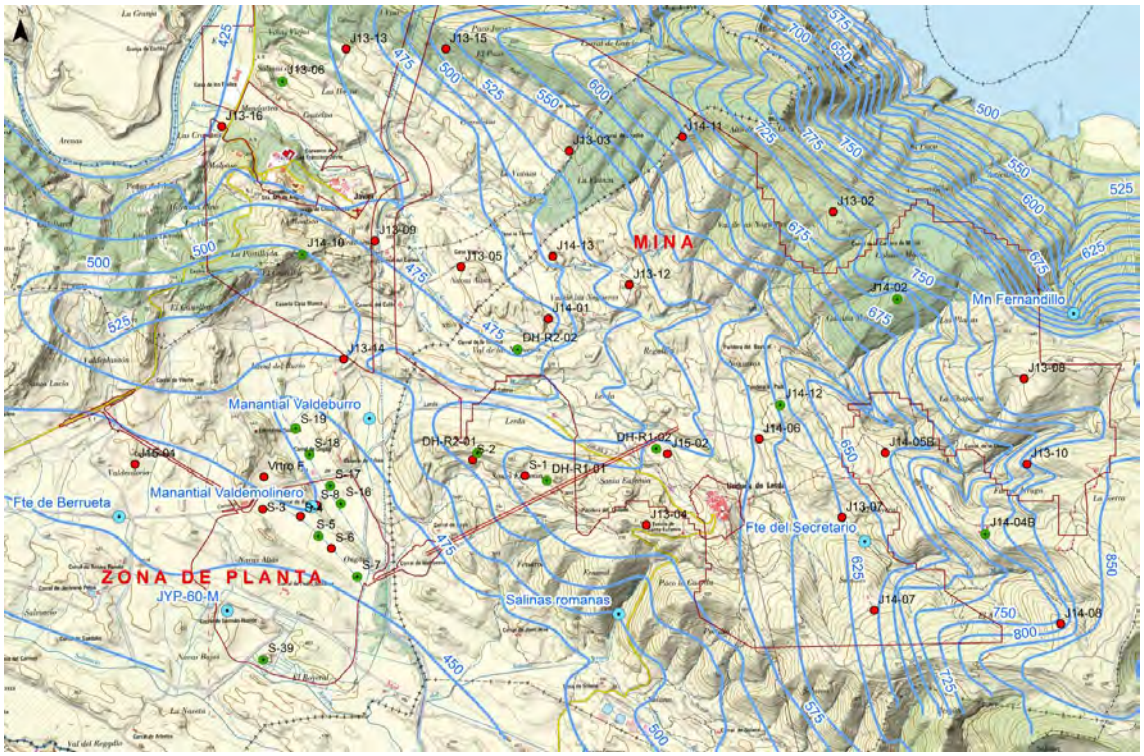


Figura 9. Superficie piezométrica de los materiales detríticos terciarios calculada a partir de modelización matemática. Calibración con datos reales (CRN, 2018)

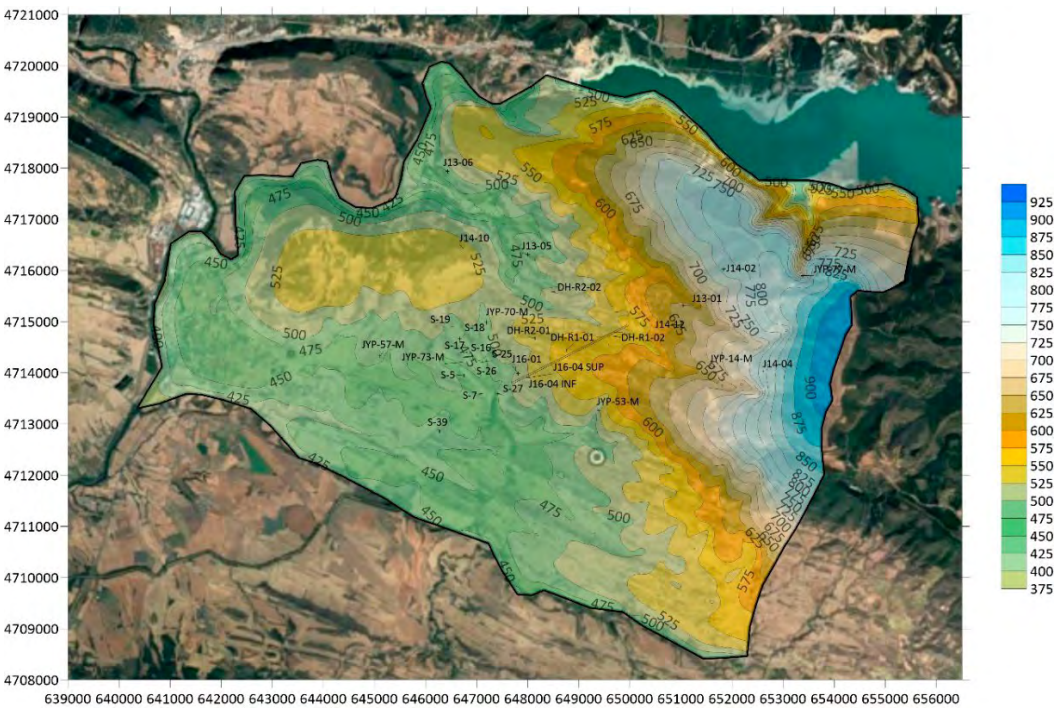


Figura 10. Superficie piezométrica de los materiales detríticos terciarios calculada a partir de modelización matemática. Calibración con datos reales (Amphos21, 2018)

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Por lo que se refiere al comportamiento y oscilaciones de los niveles se puede realizar una cierta diferenciación entre la evolución de los niveles medidos en piezómetros perforados en zonas de mina y rampa, que en general representan la piezometría general del acuífero detrítico terciario de aquellos perforados en la zona de instalaciones, de mucha menor profundidad que representan el funcionamiento de los materiales cuaternarios y la zona más alterada del acuífero terciario.

En la siguiente figura se observa la evolución del acuífero detrítico terciario “profundo” (en general), donde se observan diferentes tipos de comportamiento. Una buena parte de los puntos presentan pequeñas variaciones en el nivel a lo largo de los años en los que se ha realizado el estudio, otros son sensibles a las precipitaciones. Estos diferentes comportamientos deben estar en relación con su ubicación dentro del dominio de flujo (zonas recarga/descarga, flujos verticales), con la presencia de zonas más o menos fracturadas en las proximidades que puedan permitir recargas más o menos rápidas y adicionalmente con la porción de acuífero cuyo nivel representan, dado que los sondeos tienen diferente profundidad, atraviesan diferentes materiales y tienen diferentes tramos ranurados.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

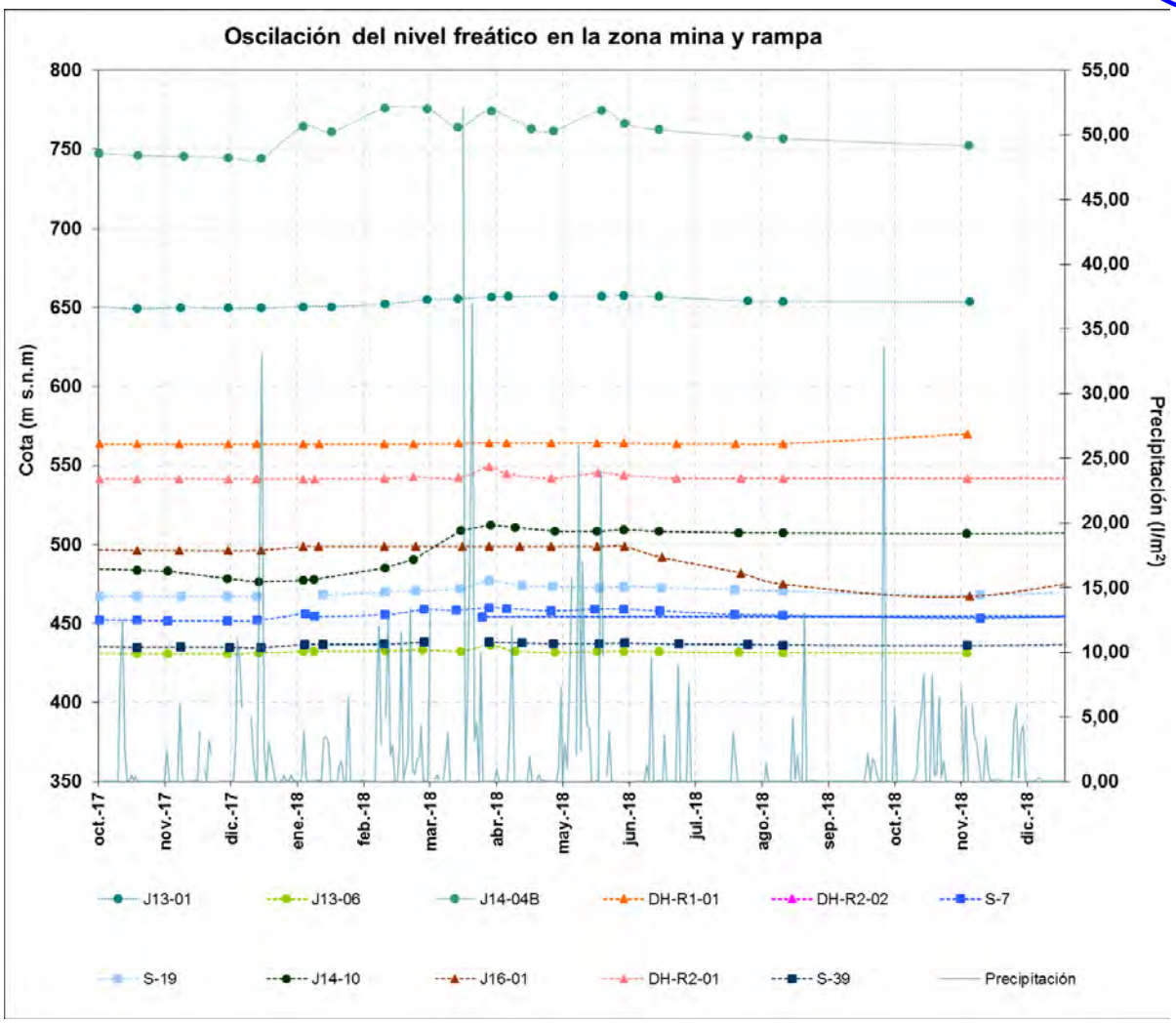


Figura 11. Evolución del nivel piezométrico en zona de mina y rampa

Por otra parte, los piezómetros construidos en la zona de instalaciones (ver figura siguiente) muestran un comportamiento más homogéneo. Todos ellos son perforaciones poco profundas y por tanto representarían el nivel del acuífero "más superficial". Todos los sondeos están próximos entre si (la mayor distancia es de unos 2 kms) y salvo comportamientos puntualmente anómalos, todos ellos presentan la misma evolución, mostrando claramente la influencia de los periodos más lluviosos y de los retornos de riego, ya que todos ellos se sitúan en zona más intensamente cultivada (flanco sur del anticlinal de La Magdalena hasta el río Onsella).

El gradiente entre estos piezómetros indica claramente un flujo de agua hacia el río Onsella, cuestión que será necesario confirmar con la ejecución de los nuevos sondeos que completarán la red de control aguas

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

abajo de las instalaciones, dado que en la actualidad no existen puntos de control de aguas subterráneas aguas abajo de la huella que marca el límite sur de las instalaciones.

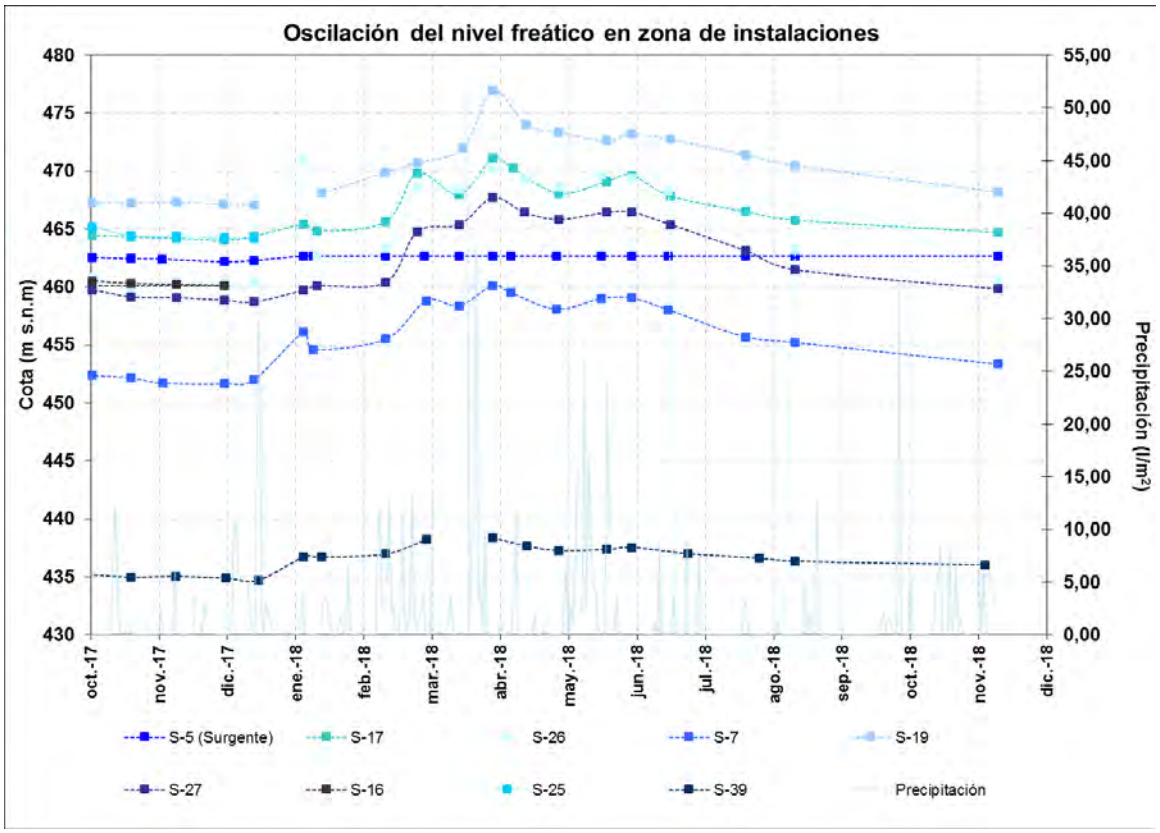


Figura 12. Evolución del nivel piezométrico en zona de instalaciones

Con los pocos datos existentes se puede indicar que en esta zona los niveles son altos, muy próximos a la superficie en época de lluvias, especialmente en la parte sur de la huella (S-39, abril de 2018, nivel a 1,6-1,7 m de profundidad, cota 435 m). Estos niveles altos es esperable que se mantengan dado que la cota del río Onsella es de 425 m aguas abajo del cruce con el Canal de Bardenas, si bien es cierto que el flujo de agua subterránea en su zona más superficial debe estar muy condicionado por la disposición estructural de los materiales, cuestión que como ya hemos indicado solo se podrá confirmar a medida que se vayan ejecutando los sondeos en esta zona.

Por lo que se refiere parámetros hidráulicos, la última modelización realizada, basada en datos de ensayos de bombeo y otro tipo de ensayos (Lugeon, slug test, etc), se ha calibrado con los siguientes parámetros de permeabilidad (Amphos21, 2018):

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Formación detrítica terciaria superficial: 0,005 m/d
- Formación detrítica terciaria profunda: 0,001 m/d
- Formación evaporítica: 0,0001 m/d
- Margas de Pamplona: 0,00005 m/d

Estos valores se refieren a conductividades hidráulicas atribuidas a todo el macizo rocoso sin considerar la posibilidad de zonas de mayor conductividad hidráulica asociada a fracturas u otras discontinuidades.

No existen datos sobre la conductividad de los materiales cuaternarios que no han sido considerados de forma diferenciada en la modelización realizada, entre otras cuestiones porque no son representativos en la zona de rampas. Por motivos obvios, es en esta zona donde se han concentrado los ensayos para obtener datos sobre los parámetros hidráulicos.

Algunos ensayos Lefranc realizados sobre la zona alterada de los materiales detríticos terciarios ubicados en la zona central del anticlinal de La Magdalena (Undués), arrojan valores del orden de 0,8 a 0,25 m/día (Geoalcali, 2014).

El coeficiente de almacenamiento para los materiales detríticos terciarios es del orden de $1 \cdot 10^{-4}$ (Geoalcali, 2016) y variable entre 1 y $5 \cdot 10^{-4}$ (Amphos21, 2018).

2.3.3 Consideraciones hidroquímicas

Desde el año 2014-2015 se vienen registrando datos en diferentes puntos de agua subterránea (sondeos y manantiales) al objeto de conocer las características hidroquímicas de las aguas subterráneas.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

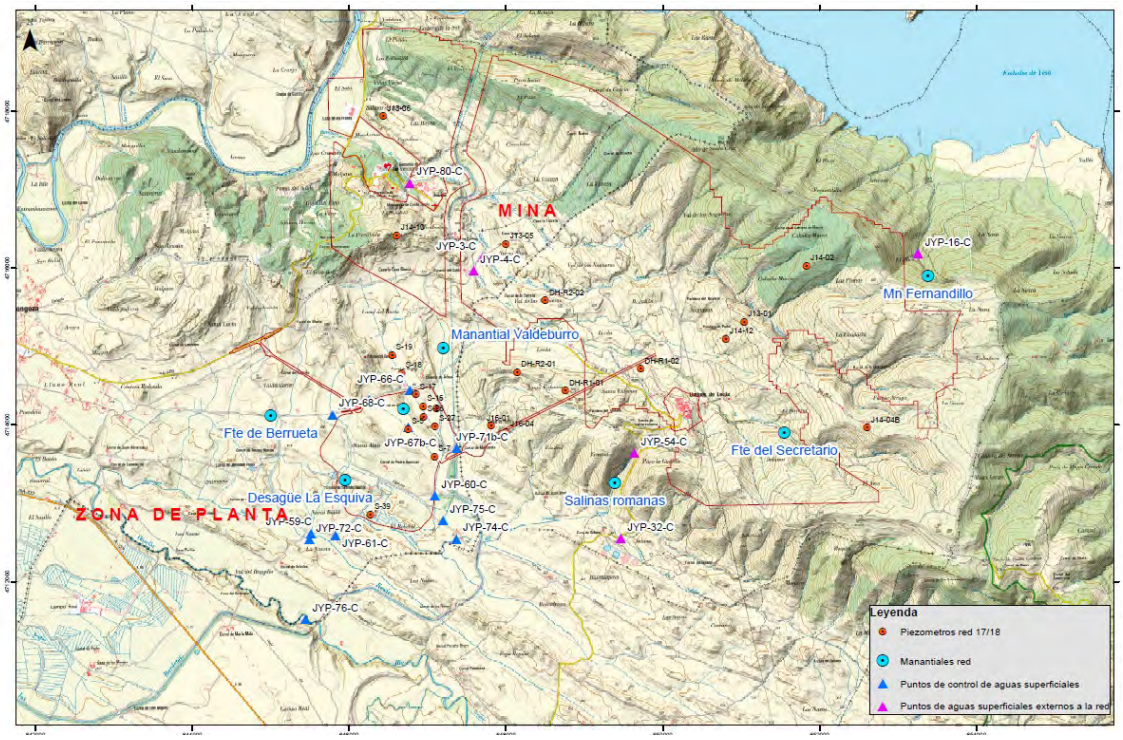


Figura 13. Puntos de control de agua subterránea y superficial (CRN, 2018)

En general, puede decirse que las características hidroquímicas de las aguas muestreadas presentan una gran variabilidad incluso dentro de la misma columna perforada de tal manera que la hidroquímica es muy dependiente de los materiales atravesados en cada sondeo, de la profundidad de cada uno de los sondeos, y de la posición de estos en las diferentes líneas de flujo, de tal manera que en los registros de conductividad realizados en algunos de ellos se observan importantísimas variaciones de este parámetro, por lo que la atribución de una facies hidroquímica u otra depende de los factores antes mencionados.

La conductividad, a los efectos de detección de procesos contaminantes derivados de la actividad de la Mina Muga, es uno de los parámetros de control más efectivos, entre otras cuestiones porque permite un control prácticamente en continuo con los actuales sistemas de instrumentación.

Los datos existentes muestran que la mayor parte de los sondeos presentan una clara evolución de los valores de conductividad a lo largo de la columna de agua, pasando de valores más o menos dulces/salobres hasta valores que podrían calificase de salmueras.

Puede establecerse ya una clara diferenciación entre los sondeos de la zona de la planta de instalaciones y el resto. Los sondeos de esta zona (todos de poca profundidad) presentan, en su mayoría, conductividades elevadas (3-4 mS/cm) que permiten calificar las aguas como salobres. Solo S-39, en el límite sur de la huella presenta conductividades entre 10-11 mS/cm que se reducen en los momentos de

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

lluvia. Este sondeo es algo más profundo que el resto y es el más distante (a unos 2 km al sur) por lo que habría que estudiar que posición ocupa en el sistema de flujo. Las aguas son dominantemente sulfatadas y sulfatadas-cloruradas. Algunos de estos sondeos pueden quedar secos a lo largo del año y cuando recuperan nivel presentan aguas más dulces.

Aguas abajo de S-39 y hasta el Onsella no hay más datos, siendo el objetivo obtenerlos en la definición de la red de control.

En el resto de los sondeos y manantiales ubicados en zona de mina y rampas, se observan una gran variabilidad. Así sondeos en zona de descarga hacia el Aragón presentan aguas salobres que aumentan su conductividad en profundidad por lo que se les supone una cierta mezcla con aguas más saladas (J13-06 y J14-10).

También se observan perfiles que presentan una cierta inversión, como por ejemplo en J16-04 donde tras continuos aumentos bruscos de la conductividad a partir de los 30 m de profundidad llegando a valores que alcanzan los 20 mS/cm, se observa posteriormente (a partir de 50 m de profundidad), la reducción de ésta por mezcla con aguas dulces (ya detectadas en tomografías realizadas) que sugiere circulación a favor de fracturas.

En otros sondeos se registran valores de conductividad muy elevados (salmueras) en profundidad y manantiales, como las Salinas de Undués de Lerda, llegan a mostrar conductividades entre 150 y 200.000 µS/cm, frente a la Fuente del Secretario, que constituye el abastecimiento de Undués de Lerda, cuya conductividad muy variable, pero que no ha sobrepasado los 2.000 µS/cm según los registros existentes.

2.4 AGUAS SUPERFICIALES

Como ya se ha indicado anteriormente, la zona de estudio se localiza en el interfluvio de los ríos Aragón por su margen izquierda y su tributario el Onsella por su margen derecha. Al este el límite es con la divisoria del río Regal.

En la zona de mina y rampas el único cauce que lo atraviesa con agua más o menos de forma permanente es el Barranco de Undués (con sus tributarios Molinar y Las Nogueras)

Las labores mineras no afectan directamente a las aguas superficiales al desarrollarse en profundidad, y así las instalaciones de superficie se desarrollan en las subcuencas de Valdeborro, con sus arroyos tributarios Arbea y Santa Eufemia por la margen izquierda y Valdemolinero por la derecha.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

El arroyo Valdeborro es tributario por la margen izquierda del Solano, que a su vez desemboca en el Arroyo Salmacio y este alcanza el río Onsella, apenas 2,5 kms antes de su desembocadura.

En la zona de las instalaciones, más al oeste, también se localiza el Desagüe de La Esquiva.

Los únicos cauces continuos en la zona, en relación con las actuaciones en zona de planta, además de los ríos Aragón y Onsella, que constituyen el drenaje final, son el arroyo Salmacio y su tributario el arroyo Solano. El resto de los cauces tienen funcionamiento en época de lluvias y/o de riegos y algunos son alimentados mínimamente por manantiales de muy escaso caudal.

Desde el punto de vista de la calidad de las aguas, el río Onsella a la altura de la zona de proyecto presenta facies sulfatada-bicarbonatada cálcico-magnésica, con valores de conductividad entre 650 y 1.100 µS/cm. La cuenca del Valdeborro presenta facies *sulfatada-bicarbonatada magnésico- cálcica*, con unos valores de conductividad entre 880 y 1.669 µS/cm. El arroyo del Solano tiene facies *clorurada sódico-cálcica* con valores de conductividad algo más altos, entre 651 y 5.280 µS/cm, dado que conduce las aguas procedentes del manantial de las Salinas de Undués.

En general, las conductividades de los caudales de base (salvo los ríos principales Aragón y Onsella) en la zona de la planta, son altas, reflejando el quimismo de los materiales de la zona y de las aguas subterráneas que circulan por ellos, dado que, en general, estos cauces tienen manantiales en su origen o en alguna zona de su trazado que proporcionan esos caudales de base. Solamente en las zonas de mina y rampas, y en los principales cauces (barranco de Undués) existe una menor mineralización de las aguas denotando una componente más superficial y/o alimentación subterránea de menor recorrido o más superficial.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

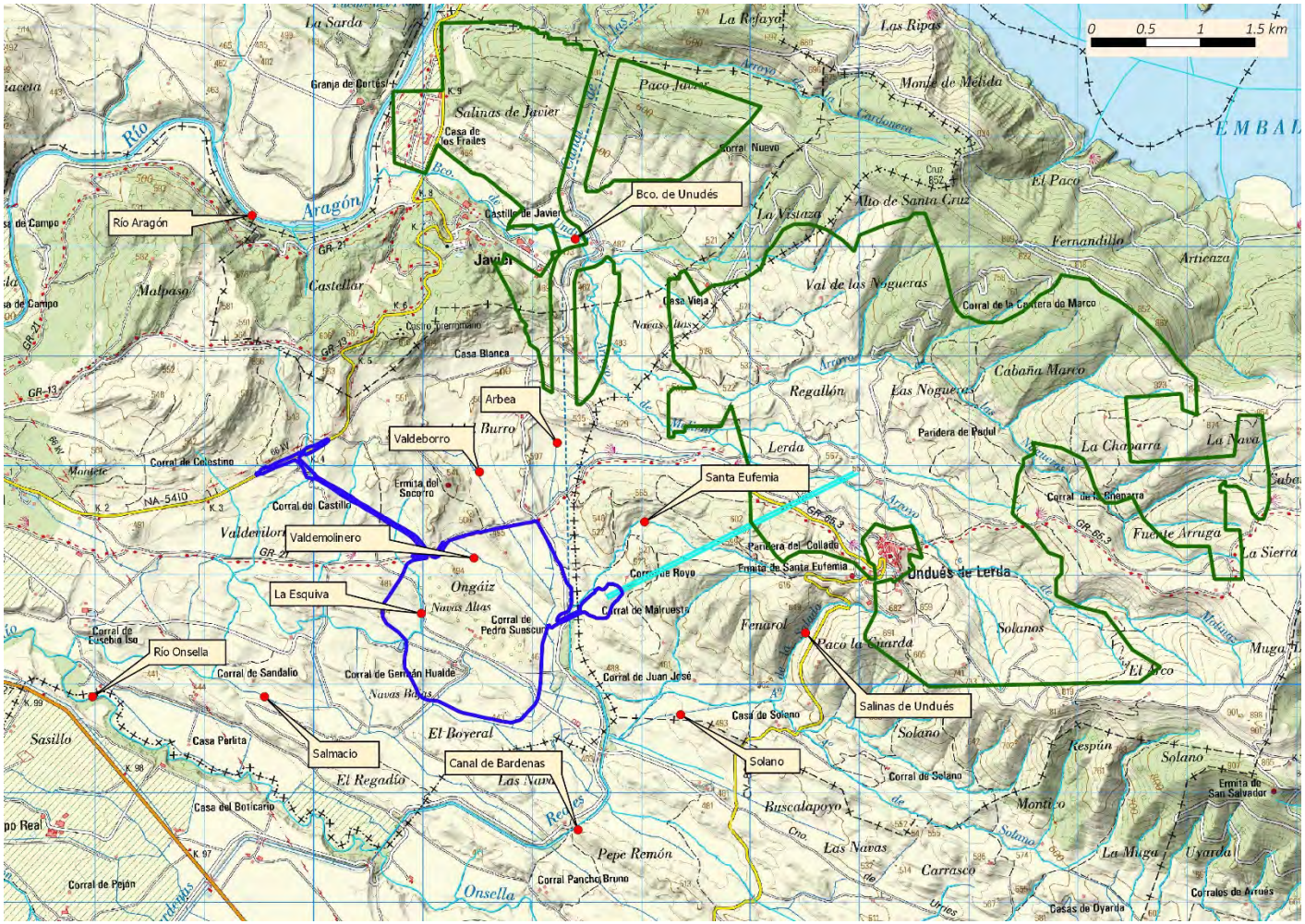


Figura 14. Cauces superficiales

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Los mayores valores de conductividad se detectan en el Arroyo Solano, aguas abajo de la zona de planta. Este cauce recibe las aguas de las Salinas de Undués a través del arroyo de La Salada, con conductividades que superan los 100.000 µS/cm, por lo que salinizan sus aguas. Desde este punto, hasta su desembocadura en el arroyo Salmacio, va disminuyendo su conductividad por dilución hasta valores del orden de 2.400 µS/cm y con una marca clorurada que refleja el origen de unas aguas que están en contacto con depósitos evaporíticos en profundidad.

2.5 SÍNTESIS HIDROQUÍMCA

La mineralización es muy variable tanto espacialmente como en función de la profundidad de muestreo, lo cual pone de manifiesto un sistema de flujo en el que, en función de los materiales atravesados por las diferentes líneas de flujo, el quimismo varía notablemente. Es decir, que en esta zona queda muy patente en el quimismo de sus aguas la situación exacta del muestreo realizado: zonas de recarga/descarga, flujos someros/profundos, existencia de zonas de recarga preferente como fracturas u otras estructuras que permitan vehicular el agua de una manera mucho más rápida que el resto del macizo, o bien que independicen sistemas de flujo (por ej. las fracturas conjugadas a la directriz general al este de la zona de estudio). A continuación, se muestran dos figuras generales con datos representativos de una situación de muestreo en ciertos puntos correspondientes al año 2014.

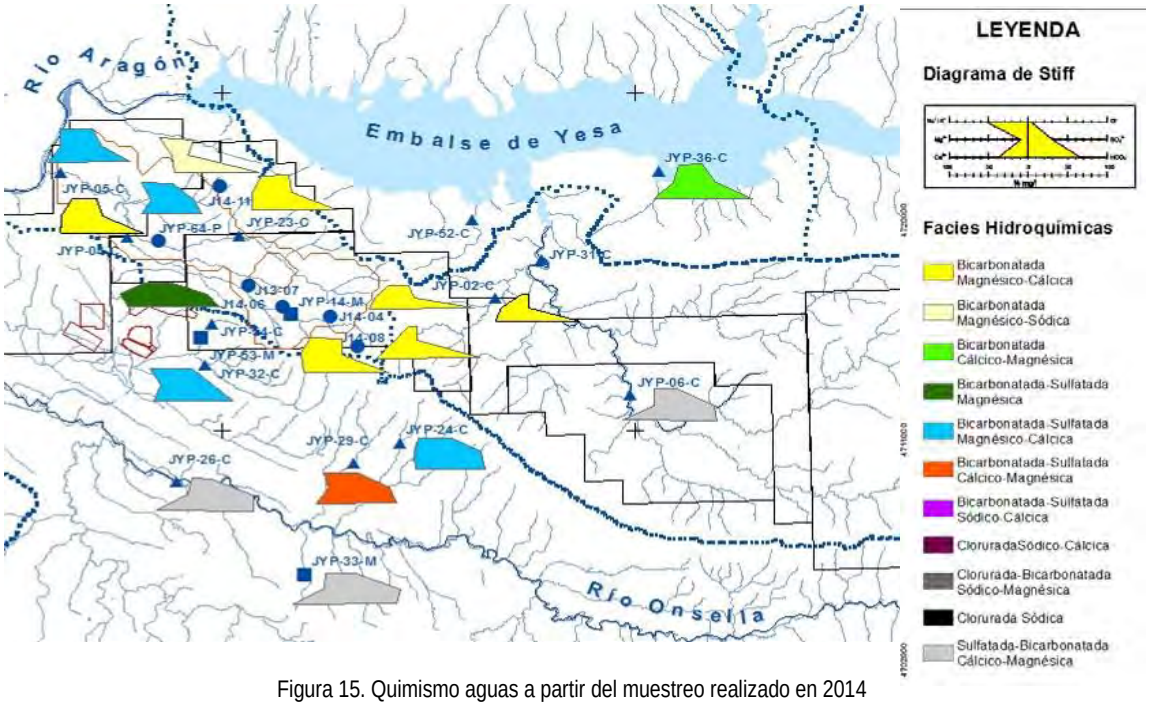


Figura 15. Quimismo aguas a partir del muestreo realizado en 2014

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

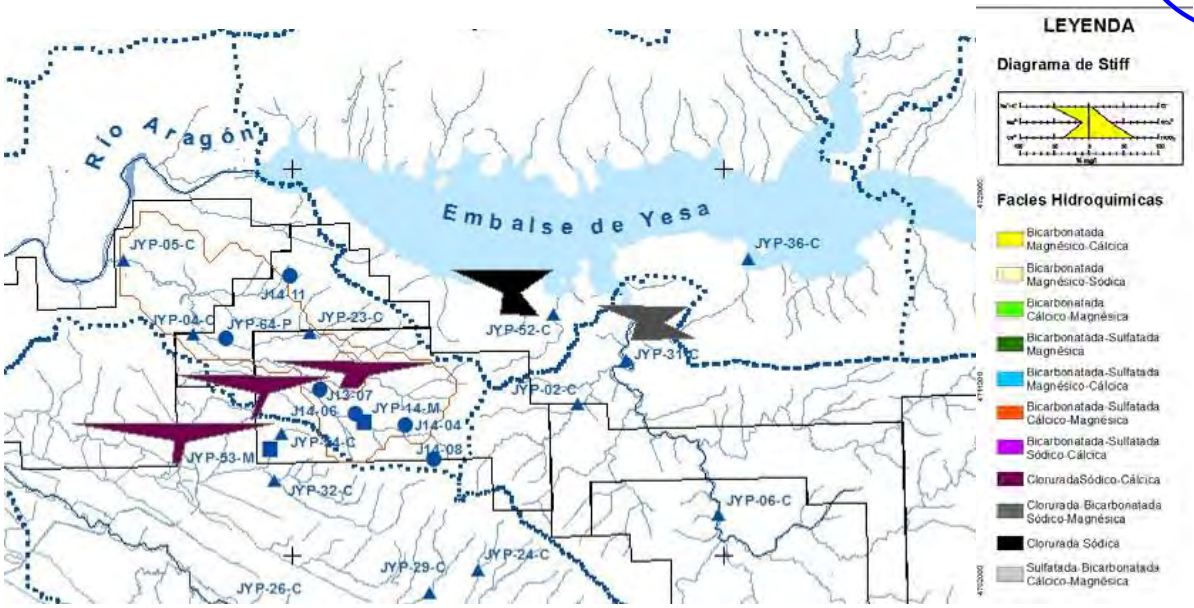


Figura 16. Quimismo solo de las aguas cloruradas sódicas a partir del muestreo realizado en 2014

Tal y como se indica en los estudios hidroquímicos realizados o encargados por Geoalcali, en la zona de mina y rampas, el agua que no entra en contacto con el macizo salino es dulce y tiene una composición bicarbonatada cálcica y diluida por lo que indicaría una circulación rápida, frente al agua clorurada sódica cuya composición procede del contacto con el macizo salino (además de otras posibilidades como que esté afectada por la evaporación local). Estas aguas producen salmueras y pueden muestrearse en puntos como las Salinas romanas de Undués.

Hacia el Este, fuera del dominio de Mina Muga se producen mezclas de las salmueras con aguas de recarga que descargan hacia el embalse de Yesa, cuestión que no se produce en el propio dominio, tal y como pone de manifiesto el quimismo bicarbonatado cálcico del punto JYP-16C, frente a JYP-52C.

En la zona de descarga del río Aragón, las aguas saladas se detectan en profundidad, por debajo de aguas más dulces y/o salobres hacia la zona del Onsella, condicionadas igualmente por los materiales existentes en zonas más superficiales.

Los flujos de base de los arroyos están condicionados por este comportamiento de las aguas subterráneas que interaccionan con los materiales existentes en la zona.

La zona situada al sur de las instalaciones, y que *a priori* constituye el área más vulnerable ante la actividad de la mina Muga (aguas abajo de las balsas de evaporación, salmuera y depósito salino), no está suficientemente caracterizada en estos momentos, cuestión que debe realizarse a partir de los datos que se vayan obteniendo en el diseño y ejecución de la red de control a definir en el PGRM y PVA.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

3. Red de control de las aguas subterráneas mediante sondeos aguas abajo de las instalaciones de Mina Muga

3.1 INTRODUCCIÓN

Tal y como se deduce de la presentación geológica/hidrogeológica realizada anteriormente, donde se recoge de forma muy resumida el estado del conocimiento de la zona a partir de los datos recabados hasta la actualidad, las zonas de descarga de las aguas subterráneas, especialmente la zona sur, hacia el río Onsella, son las menos caracterizadas hasta el momento, dado que su interés desde el punto de vista minero o constructivo es inexistente.

La actividad minera se desarrolla en profundidad, en unos materiales de tipo evaporítico que no presentan circulación de agua, aunque puedan existir algunas zonas que por condicionantes estructurales o de otro tipo tengan un cierto contacto con las aguas subterráneas y sean las responsables de la existencia de flujos salinos (como por ejemplo las Saladas de Undués).

Por lo tanto, no son esperables interacciones entre las labores de interior y las aguas subterráneas más allá de las que puedan producirse en la construcción de las rampas de acceso y que ya han sido evaluadas mediante la realización de modelización matemática, estableciéndose unos caudales inferiores a los 5 l/s conjuntamente en las dos rampas (al margen de posibles entradas de agua a través de fracturas). Está previsto que los flujos concentrados de agua sean sellados mediante inyección a medida que avance la perforación de las rampas.

Las instalaciones previstas en superficie comienzan en la bocamina, desde donde el material se extraerá mediante cintas hasta las instalaciones de planta de tratamiento. Tras el proceso industrial, en la zona central y sur de la huella, se localizan las balsas de evaporación, la balsa de regulación de salmueras y el depósito salino, que son las instalaciones que contienen salmueras o sólidos salinos en superficie.

En la figura siguiente puede observarse la disposición de estos elementos.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

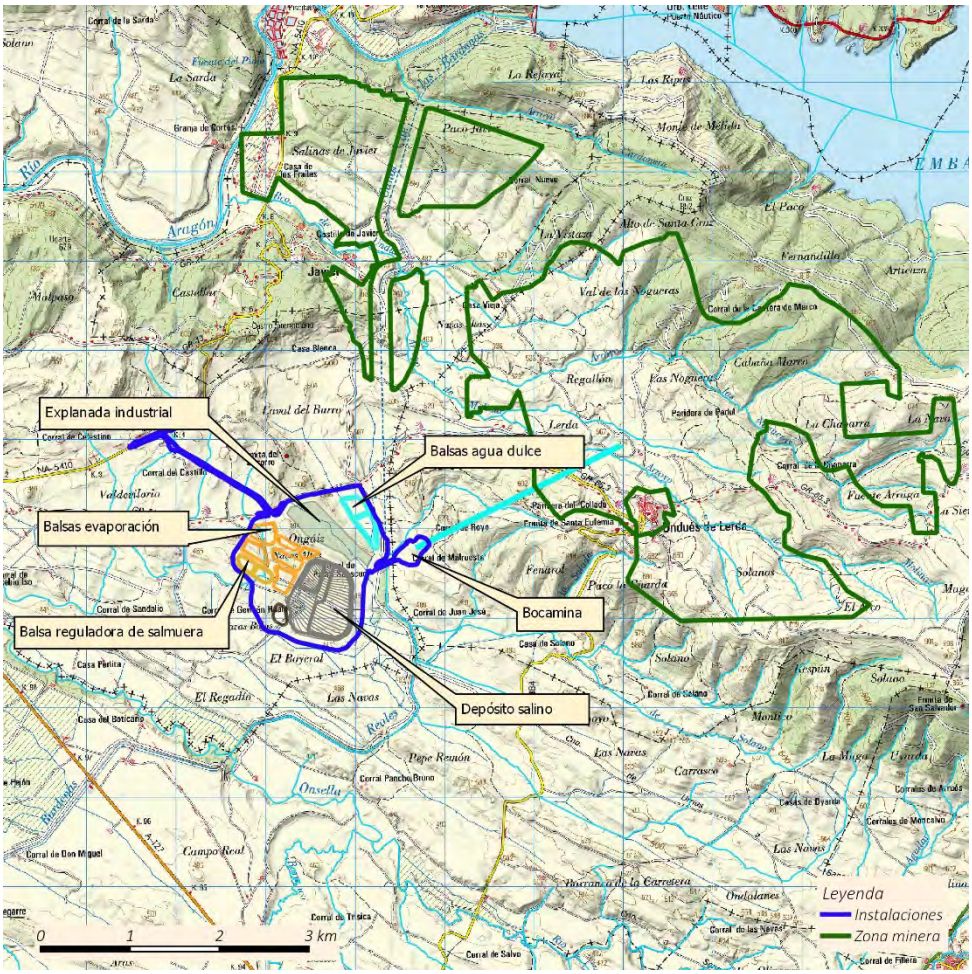


Figura 17. Distribución de la zona de instalaciones

El Plan de Gestión de Residuos Mineros (PGRM) incluido como documentación en el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental, ya incluía la necesidad de realizar el control hídrico, tanto de aguas superficiales como subterráneas. Esta cuestión fue recogida en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y básicamente consiste en la disposición de puntos de control, distribuidos en 4 niveles que presentan una separación aproximadamente logarítmica entre sí, tal y como se observa en a figura siguiente.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

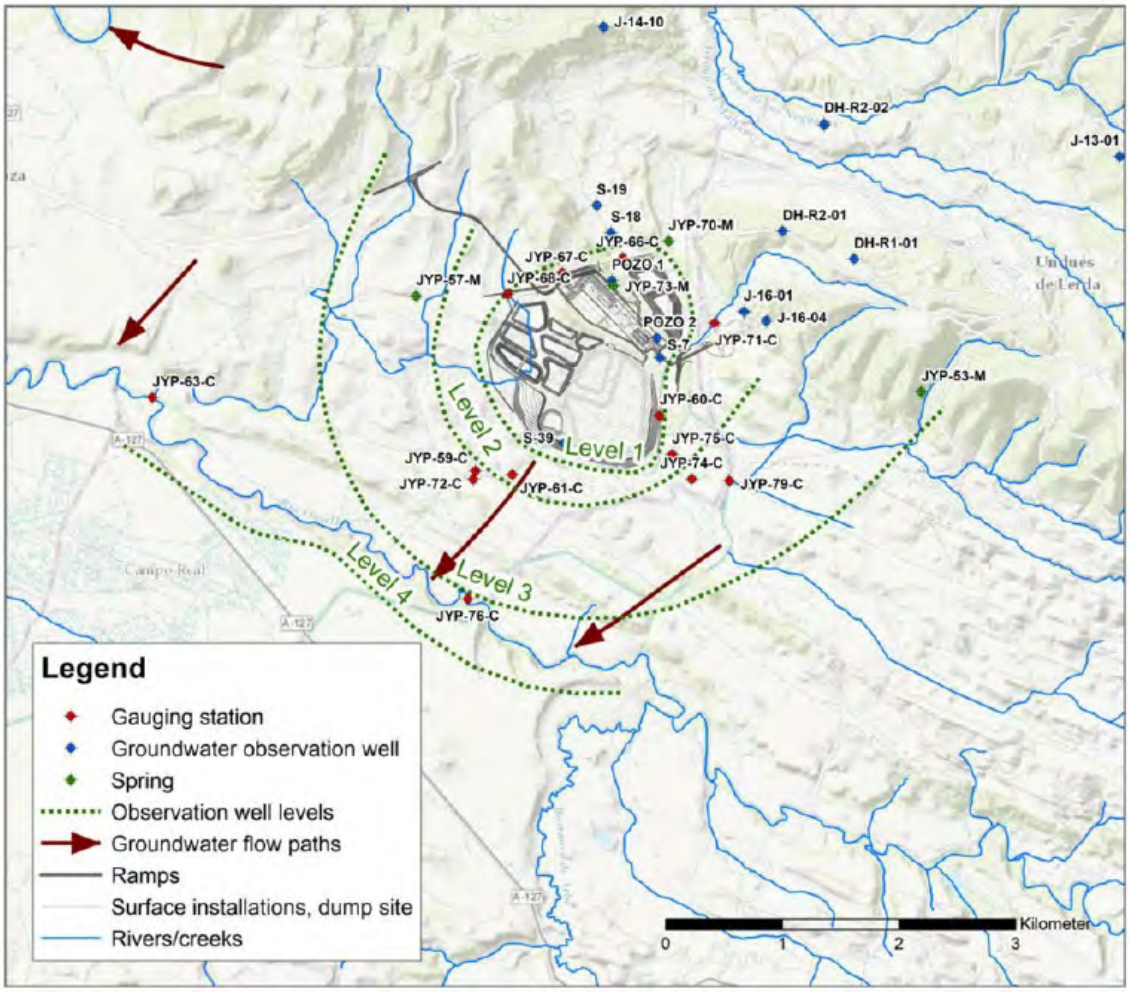


Figura 18. Disposición en 4 niveles de control

El primer nivel, el más próximo a las instalaciones, se considera la primera barrera de detección de un posible aumento de la mineralización en el flujo de agua subterránea.

Los 2 siguientes niveles, son barreras de detección a mayor distancia (inicialmente previstas del orden de 250 a 1.500-2.000 m de distancia) y existiría un cuarto nivel, más allá del río Onsella cuyo objetivo es comprobar el modelo hidrogeológico y la posibilidad de flujo bajo éste.

Lógicamente se trata de un modelo de control teórico cuyo diseño debe adaptarse, como mínimo a las siguientes cuestiones:

- Funcionamiento hidrogeológico estimado para la zona y los elementos de control geológico-hidrogeológicos que puedan existir en esta zona sur.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- La litología de los terrenos atravesados en esta zona que conferirán un determinado comportamiento hidrogeológico en esta zona.
- La evolución piezométrica de la zona de estudio.
- Las características hidroquímicas de las aguas subterráneas en esta zona.

Lógicamente, todas estas cuestiones solo pueden conocerse cuando se desarrolle la red de esta zona, por lo que en esta fase del diseño de la red se partirá de los pocos datos recabados en esta área y del modelo de funcionamiento hidrogeológico general estimado para todo el conjunto. Necesariamente, este diseño sufrirá modificaciones a medida que se vayan obteniendo datos. Por todo ello la propuesta que se realiza a continuación debe ser considerada como una estimación inicial susceptible de modificaciones en función de los resultados que se vayan obteniendo.

Las modificaciones que se realicen tendrán siempre como objetivo mejorar la eficiencia de la red para la detección de potenciales procesos de salinización de las aguas subterráneas.

3.2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS DE LA ZONA

3.2.1 Geología

En el apartado anterior ya se ha descrito con carácter general la geología de todo el dominio de la Mina Muga por lo que este capítulo se centrará exclusivamente en la zona sur, aguas abajo de las instalaciones, resumiendo lo que ya se ha comentado en el apartado correspondiente anterior.

Las instalaciones de Mina Muga (bocamina y zona industrial) se asientan sobre los materiales terciarios denominados Unidad areniscosa (Areniscas y Lutitas de Javier-Pintano). Nº 15-16 (INYPSA, 2018). Es una sucesión lutítico-areniscosa de estratos decimétricos y métricos de areniscas compactas de grano medio a fino, que presentan granoclasificación decreciente. El espesor de los términos areniscosos es variable pero siempre decamétrico y en general esta unidad puede alcanzar los 1.000-1.500 m de espesor. Se cita la presencia de fósiles que permiten datar la unidad como del Oligoceno Inferior (Headoniense-Sueviense).

Se distinguen dos unidades. La denominada nº 15 (INYPSA, 2018) se corresponde con una alternancia heterogénea de lutitas, areniscas y eventualmente margas y calizas que es el término general de la

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Formación Javier y que origina las zonas más deprimidas del relieve, y la unidad 16 (INYPSA, 2018) que se corresponde con los niveles de mayor competencia por el predominio de los términos areniscosos.

En los sondeos aparece sistemáticamente anhidrita.

Además, se reconocen materiales aluviales, de poco espesor (del orden de 3-5 m), en la zona de planta industrial y en la parte S-SE en relación con los arroyos Valdeborro y Solano que conectan con los materiales aluviales del arroyo Salmacio. El aluvial del Salmacio no tiene desarrollo hacia el sur ya que la topografía (resaltes areniscosos de la Fm. Javier-Los Pintanos), así lo impiden y solo conecta con el aluvial del río Onsella en la desembocadura del primero, aproximadamente 3 kms al oeste de la zona de planta.

Desde esta zona de planta y hacia el río Aragón se localiza el cierre periclinal del Sinclinal de Sangüesa conformado por los materiales de las Areniscas y Lutitas de Sangüesa. Nº 17-18 (INYPSA, 2018). Está representada por un potente conjunto aluvial que supera en algunos puntos los 1.000 m de potencia, con facies areniscosas en la base que van perdiendo importancia para hacerse eminentemente lutíticas hacia el techo.

Estructuralmente esta zona se encuentra en el flanco sur del anticlinal de La Magdalena (Undués), donde se presentan una serie de pliegues apretados entre la falla meridional y el Arroyo Salmacio, probablemente hasta el río Onsella, o cuando menos hasta el cabalgamiento de Aibar (ver mapa geológico en anexo 1), algunos de ellos fracturados.

La orientación de los materiales, al igual que las estructuras en esta zona es WNW-ESE, cuestión que queda patente en las facies terciarias por el perfecto alineamiento de los canales areniscos en la misma dirección que los cabalgamientos, fracturas y los ejes de los pliegues.

En el flanco sur del anticlinal de La Magdalena los buzamientos de estas capas están entorno a los 35-40º hacia el SW hasta la fractura que se observa en la zona de balsas. Al norte los materiales comienzan a apretarse, plegarse y fracturarse, de tal manera que los materiales muestran, al sur de la traza del cabalgamiento que atraviesa la zona del depósito salino, aguas abajo de la planta, buzamientos también hacia el SW del orden de 75-80º hasta el río Onsella, es decir, los materiales tienen una orientación WNW-ESE con una disposición subvertical.

Sobre ellos los materiales cuaternarios sobre los que desarrollan los arroyos de la zona y que como hemos dicho deben de tener poco espesor.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

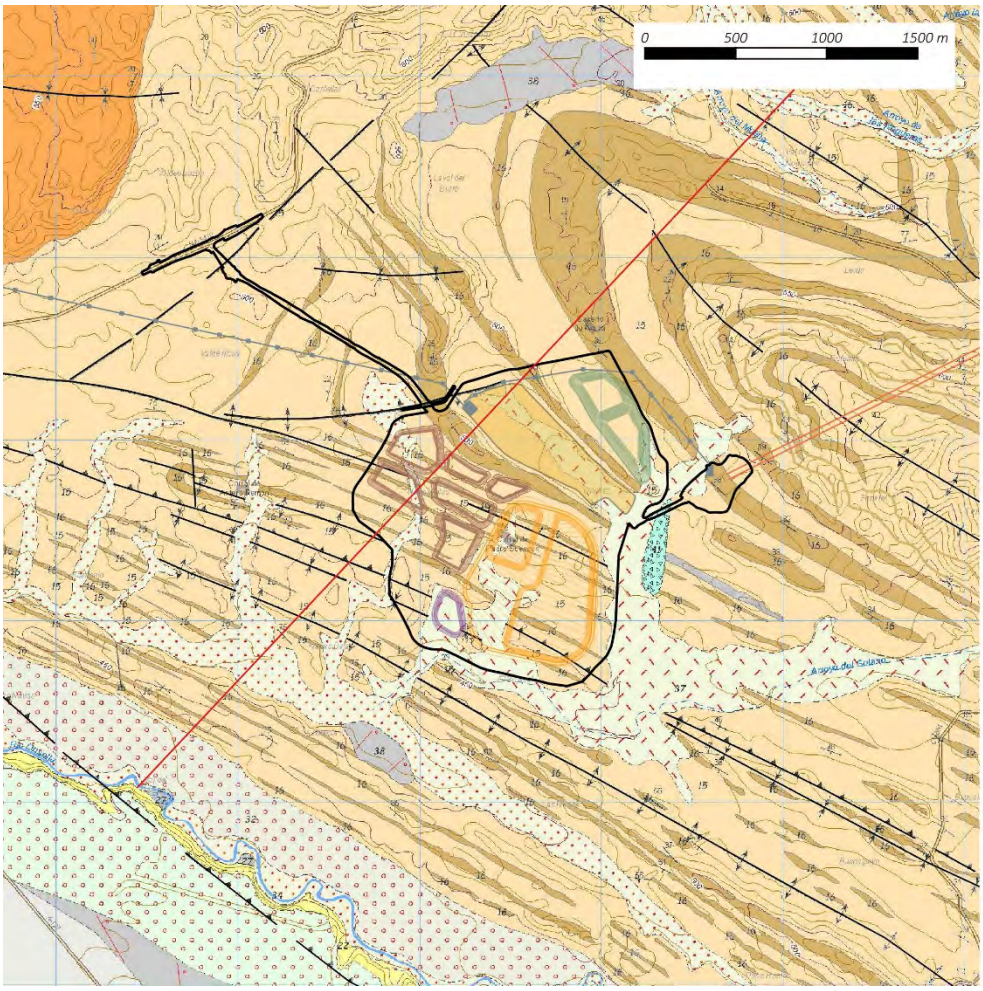


Figura 19. Geología aguas abajo de las instalaciones y posición aproximada corte geológico de la siguiente figura (mayor detalle en anexo 1)

En la margen izquierda del río Onsella la principal estructura es el cabalgamiento de Aibar, cuyo funcionamiento ha producido un acortamiento de la serie de detrítica (del flanco norte del anticlinal de Aibar) y que parece ser, verticaliza los materiales, aunque en la zona no es posible de apreciarse claramente al estar la traza del cabalgamiento cubierta por materiales cuaternarios.

Esta disposición se intuye en el siguiente corte geológico realizado entre el Arroyo de Las Nogueras (al norte, tributario del Barranco de Undués), hasta el río Onsella, pasando por la zona de Navas Altas. Ese corte pasa por las balsas de evaporación situadas más al oeste y por la balsa de regulación de salmuera.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

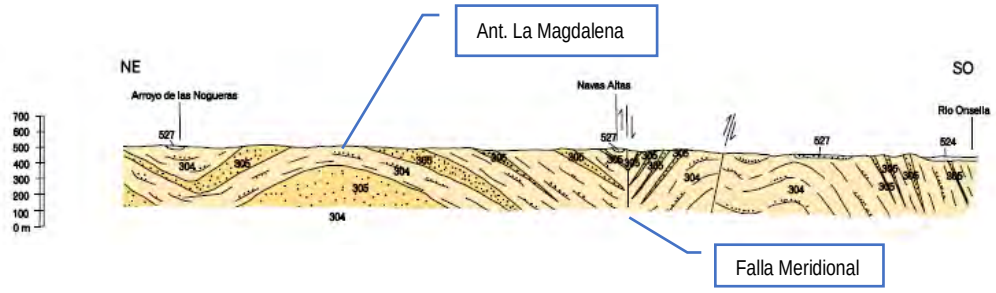


Figura 20. Corte Geológico. En mapa geológico a escala 1:25.000 de Navarra. Hoja 174-IV. Sangüesa

Esta disposición de los materiales necesariamente condiciona los flujos de agua subterránea y requieren de un análisis hidrogeológico más concreto para esta zona.

3.2.2 Hidrogeologia

3.2.2.1 Funcionamiento hidráulico

En el capítulo anterior se han recogido los aspectos básicos que permiten comprender el funcionamiento de toda la zona de actuación, especialmente la zona minera y de rampas. Para ello se desarrolló un modelo conceptual, y desde el año 2015 se vienen tomando sistemáticamente medidas de control de niveles, caudales y parámetros físico-químicos (sondeos, manantiales y cursos de agua). A partir de todos estos datos se ha elaborado un modelo matemático de funcionamiento hidráulico del sistema, que se ha revisado y refinado para intentar prever el comportamiento hidrogeológico en la zona de las rampas.

Así, se han podido elaborar mapas piezométricos como el que se observa en la Figura 9 y se ha realizado una interpretación del funcionamiento de los flujos de agua teniendo en cuenta los datos obtenidos de las determinaciones analíticas y de datos físico-químicos.

El funcionamiento hidrogeológico en la zona aguas abajo de las instalaciones debe responder a este modelo conceptual, cuestión que se debe corroborar con los datos que se vayan obteniendo.

Desde un punto de vista del funcionamiento hidrogeológico general, la red de control se localizará en la zona que descarga al río Onsella siguiendo la dirección principal de los flujos de agua en esa zona (dirección ENE-SWS). Así, las cotas piezométricas más altas del sistema están entorno a los 900-850 m.s.n.m. en la zona este (divisoria superficial/falla de Ruesta), y las más bajas las zonas de descarga en el río Onsella, en el área de influencia de la zona de instalaciones que se encuentra entre las cotas 435 m.s.n.m. (Onsella aguas arriba del canal de Bardenas), 405 m.s.n.m. (zona de desembocadura del Salmacio en el Onsella) y 390 m.s.n.m (desembocadura del Onsella en el Aragón).

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Los valores piezométricos medios registrados en la zona de las instalaciones son del orden de 475 m.s.n.m. en la zona de la planta industrial y sobre los 430 m.s.n.m. en la zona sur.

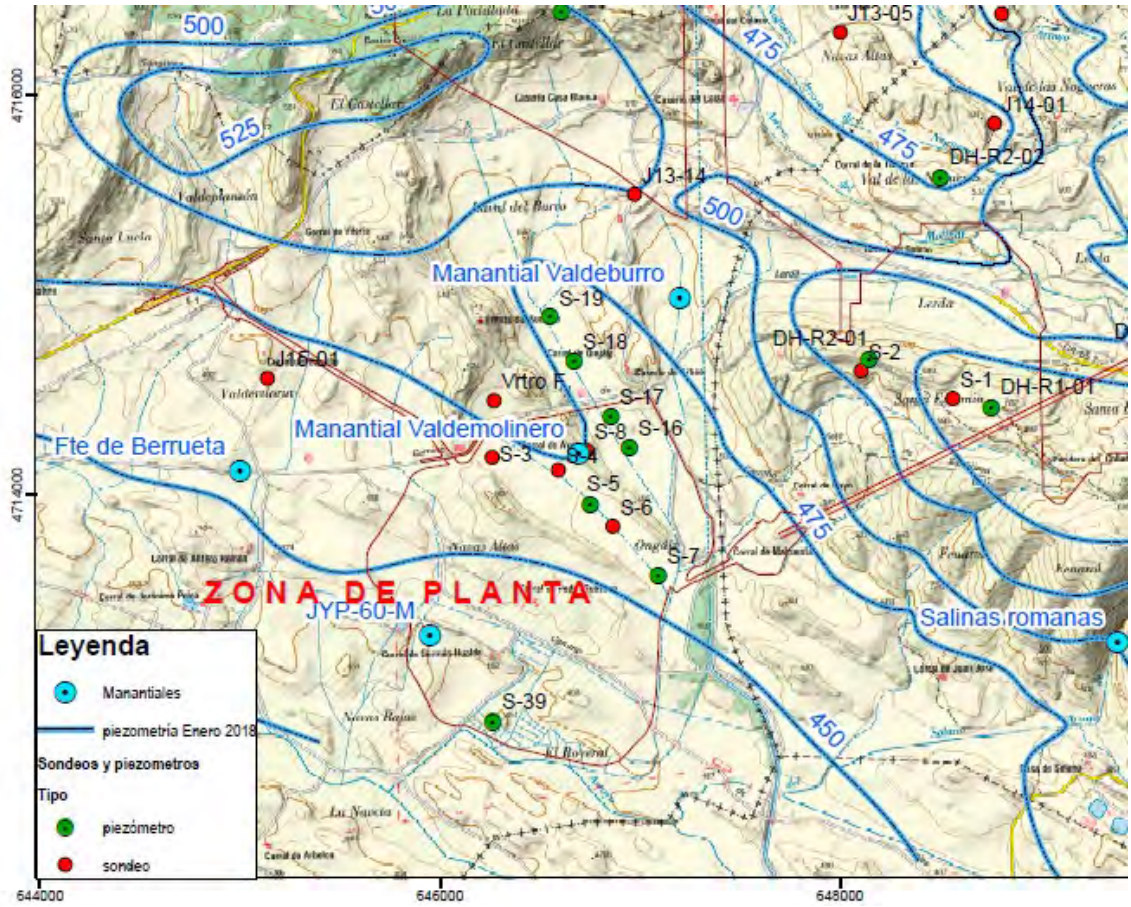


Figura 21. Detalle piezometría en zona de planta industrial

En la anterior figura se pueden comprobar los puntos de agua que han servido para trazar el mapa de isopiezas teniendo en cuenta las cotas de ambos ríos (Aragón y Onsella).

Los sondeos realizados en esta zona han tenido como objetivo la obtención de datos geotécnicos y posteriormente han sido aprovechados para obtener datos hidrogeológicos. Por este motivo existe un cierto agrupamiento en la zona norte de las instalaciones (S-19, S-18, S-17, S-16, S-5, S-7) y solamente el S-39, el situado más al Sur, se localiza en el extremo sur de la huella de las instalaciones.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

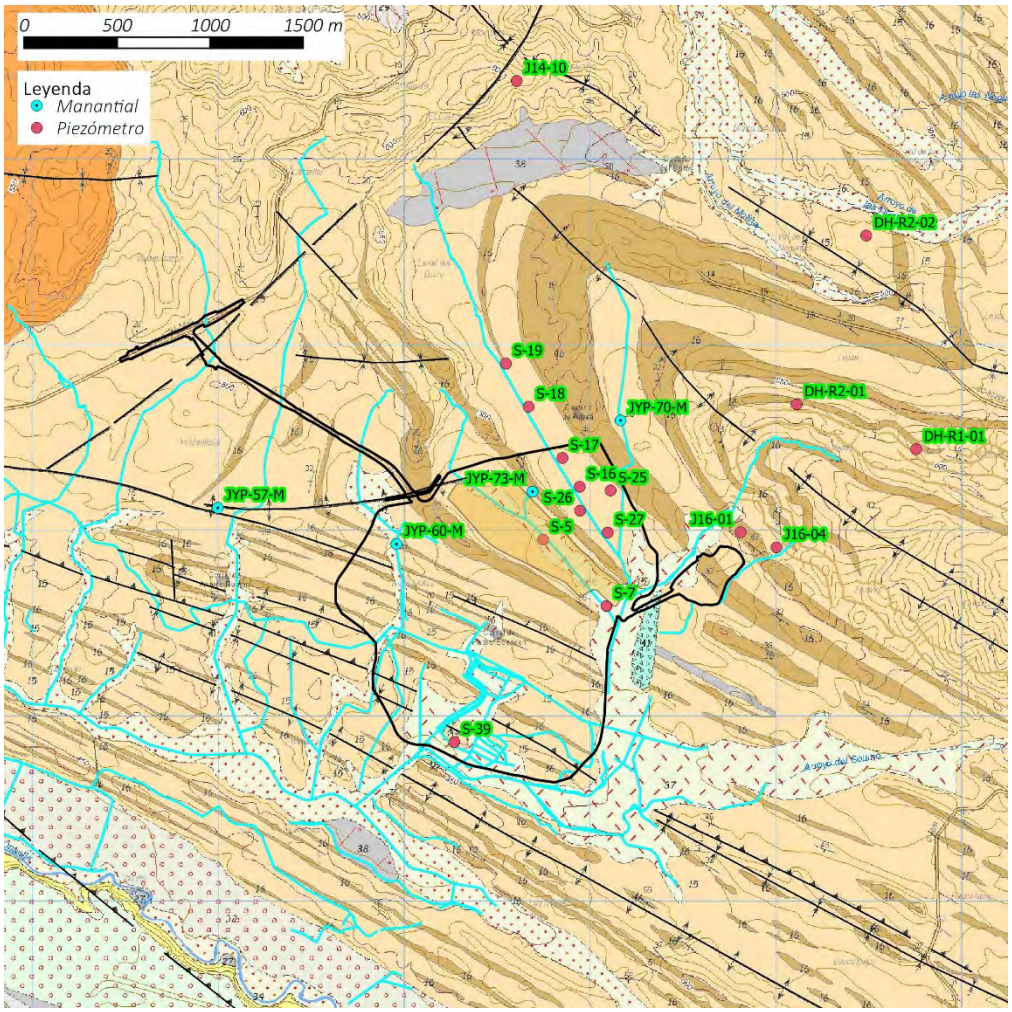


Figura 22. Situación puntos en zona de planta

Por este motivo, los niveles registrados en todos estos puntos siguen un comportamiento similar tal y como se puso de manifiesto en la figura 2-12 (que repetimos aquí para su mejor consulta), claramente influenciados por los episodios de lluvia, y en su caso, por la existencia de retornos de riego.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

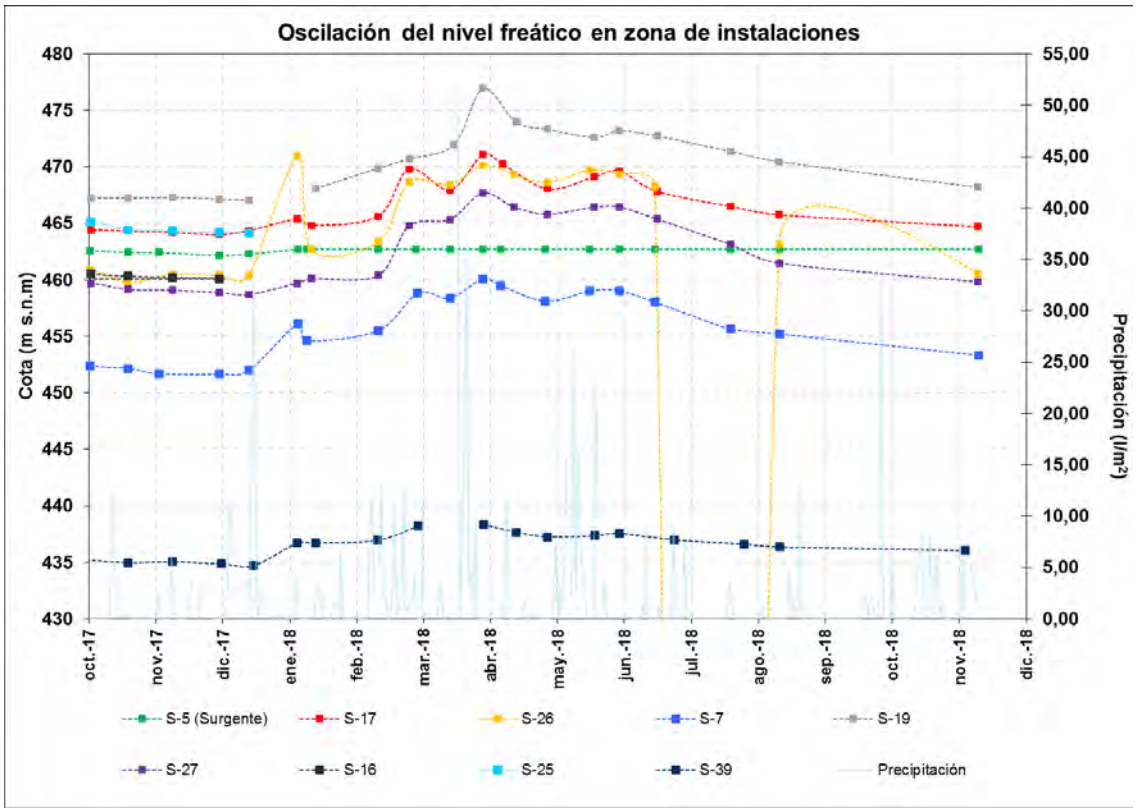


Figura 23. Evolución del nivel piezométrico en zona de instalaciones

Si se observa la disposición de los puntos en planta, se comprueba que la cota de los niveles es paulatinamente más baja desde S-19 a S-27, y desde allí a S-7 y S-39, lo que hace que en esta zona la dirección general de flujo se vea algo modificada.

Esta situación puede producirse porque en general todos los sondeos realizados en esta zona son de poca profundidad y estarían representando el flujo de agua de zonas más someras (frente a los piezómetros de la zona de mina y rampas en general representativos de flujos más profundos). Se asocian fundamentalmente a los materiales cuaternarios y a la zona más alterada de los materiales terciarios. En este sentido en la zona puede existir una condicionante local de flujo a favor de las “vales” situadas entre los resaltes areniscosos más competentes, que seguiría la topografía existente en dirección hacia el río Onsella, cuestión que es conveniente tener en cuenta en el diseño de la red.

Los niveles en estos sondeos están relativamente altos, especialmente en época de lluvias, presentando una respuesta relativamente rápida con un notable ascenso de nivel que les hace en ese momento surgentes o estar muy cerca de la surgencia.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Así por ejemplo S-7 presenta un nivel que oscila entre los 8 m de profundidad en época de estiaje y alcanza la surgencia en época de lluvias, y el S-39, el situado más al sur, presenta niveles en época de estiaje a unos 3,5-4 m de profundidad, alcanzando probablemente la surgencia en época de lluvias.

Esta proximidad de los niveles a superficie en ciertos momentos del año hace que exista una mayor vulnerabilidad a la contaminación, porque la zona no saturada es prácticamente inexistente.

Igualmente es conveniente tener en consideración la disposición estructural de los materiales terciarios que pueden condicionar el flujo en la dirección de las estructuras, es decir ESE-WNW, que por otra parte es la dirección general de flujo establecida para el acuífero pero condicionada por los niveles de drenaje impuestos en los ríos Onsella y Aragón.

Esta disposición estructural se manifiesta en la zona a favor de pliegues apretados, que incluso se fracturan mediante cabalgamientos, que aunque no presenten gran salto sí que tienen un importante desarrollo lateral, como el cabalgamiento que atraviesa la zona sur de la planta. Esto hace que los materiales se dispongan bastante verticalizados y paralelos al río Onsella, lo cual, dependiendo del grado de continuidad de las facies más areniscosas, puede condicionar el flujo dirigiéndolo al río Aragón más que al propio Onsella, ya que es complicado pensar en un flujo perpendicular a los canales de areniscas y a los estratos margosos.

Si se admite que las vías preferente de flujo se asocian a fisuración y fracturación, y en general a las discontinuidades existentes en el terreno, entre las que se encontrarían por ejemplo las superficies de estratificación, y por otra parte, si existe una cierta continuidad en los materiales areniscosos como aparentemente parece en esta zona próxima al Onsella, la red deberá prestar especial atención a zonas de circulación preferente, asociadas a los planos de cabalgamiento o de cualquier otro tipo de fracturación, ejes de pliegues, cierres periclinales, contactos areniscas/margas y las intersecciones de todas estas lineaciones.

Si el flujo dominante fuera en este sentido, se dirigiría de manera preferente hacia la parte baja del río Onsella en su confluencia con el Aragón y a la terraza superior de este último. Esta cuestión solo podrá comprobarse tras la ejecución de piezómetros donde comprobar la dirección de flujo de la zona.

En cuanto a las posibilidades de existencia de flujos más profundos bajo el río Onsella (sondeos previstos del 4º nivel), en dirección sur, es aplicable lo dicho anteriormente. La dirección de flujo general tendría que ser en dirección al río Onsella, perpendicular a la dirección estructural general y no hacia el Aragón, y además el río no sería el punto de drenaje último de la totalidad de los flujos del sistema (cuestión que no está contemplada inicialmente en el modelo conceptual). Esta cuestión igualmente debe ser contrastada

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

mediante la ejecución de perforaciones cuyas características se comentarán en el apartado correspondiente.

Por tanto, a modo de resumen, teniendo en cuenta que la zona donde es necesario definir la red de control del PGRM no existen datos que permitan su diseño de forma inequívoca, será necesario contemplar todas las posibilidades de flujo. Los escasos datos existentes, procedentes de los sondeos denominados “S”, parecen indicar un flujo condicionado por la topografía de “valles” y los rellenos aluviales de estos a favor de una permeabilidad algo superior a la de los materiales terciarios menos alterados. La posible existencia de este flujo asociado a los materiales aluviales permitiría la circulación de aguas subterráneas hacia el arroyo Solano/Salmacio/Onsella.

Por otra parte, la existencia de flujos más profundos en sentido perpendicular a las direcciones estructurales de los materiales terciarios, como podría deducirse de los datos existentes hasta ahora (condicionados por considerar el río Onsella zona de drenaje final del sistema) requiere que sea constatado mediante la ejecución de piezómetros, siendo plausible que la dirección de flujo general y dominante de los materiales terciarios sea en el sentido estructural hacia el río Aragón (zona de desembocadura con el Onsella).

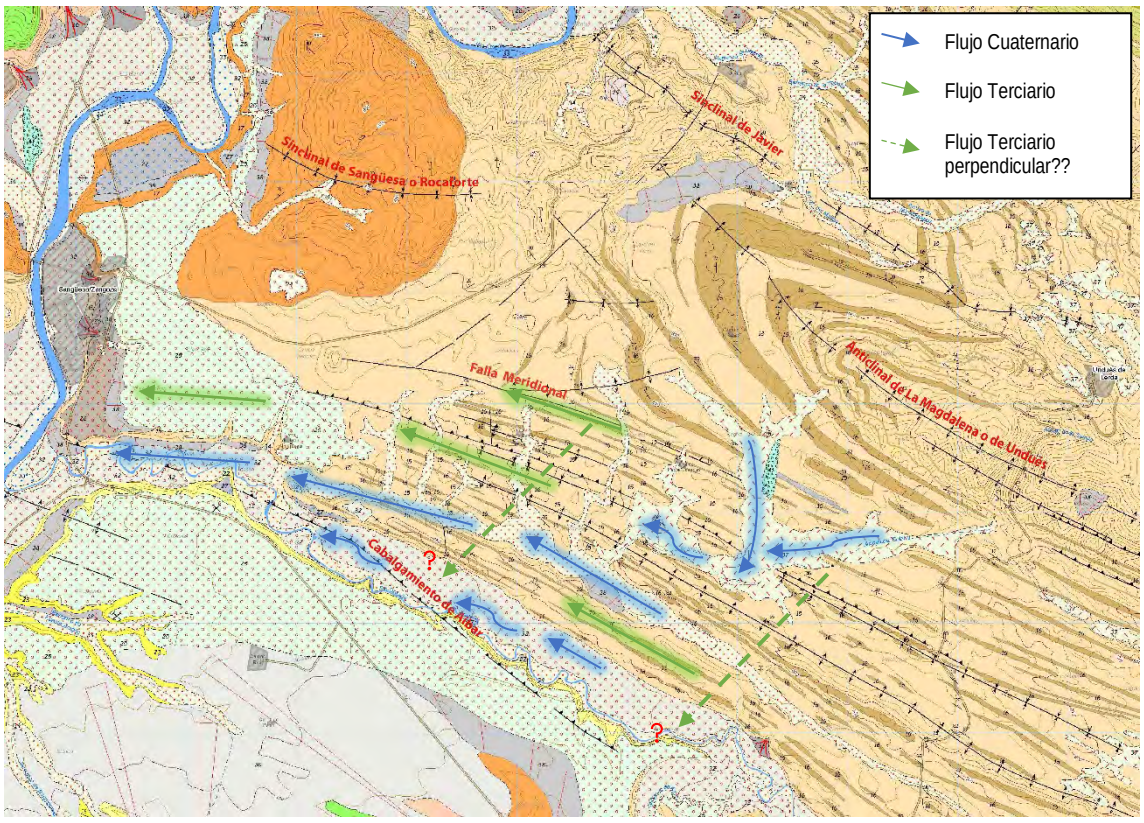


Figura 24. Posibles direcciones de flujo en la zona. Los flujos cuaternarios/terciarios no tienen porque estas diferenciados en todas las zonas

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

3.2.2.2 Datos hidroquímicos

La hidroquímica de la zona solo es igualmente conocida a través de los datos de los piezómetros S y unos pocos manantiales.

En general, las aguas subterráneas de esta zona tienen un marcado carácter sulfatado, reflejando la composición química de los materiales de la zona con abundante presencia de anhidrita, ya que todos los sondeos de esta zona, o bien están perforados directamente sobre los materiales terciarios más alterados o bien atraviesan previamente materiales cuaternarios

La conductividad eléctrica muestra variaciones en función de los flujos que interceptan cada uno de los sondeos y al igual que en el resto de la zona de estudio, debido a las grandes variaciones que se observan, debe ser estudiada a través de perfiles de conductividad con objeto de establecer las variaciones que se producen en profundidad.

En general las conductividades oscilan entre los 1.200 µS/cm (S-17, S-26) hasta los más de 13.000 µS/cm que se registran en S-39, si bien son más habituales los valores entre 1.200 y 2.700 µS/cm. En general, el comportamiento de la conductividad está ligado al de las precipitaciones cuestión que se pone de manifiesto en todos los puntos de agua subterránea de esta zona (piezómetros y manantiales).

Las aguas de esta zona presentan una facies sulfatada-bicarbonatada y bicarbonatada, excepto S-39, más profundo que el resto, que presenta una facies con cierta impronta clorurada, aunque es dominantemente sulfatada.

Por lo que se refiere a la composición catiónica y aniónica, lógicamente también depende de la profundidad en la que se tome la muestra, pero la concentración de cloruro, en las aguas sulfatadas-bicarbonatadas a bicarbonatadas-sulfatadas, especialmente en los sondeos perforados sobre materiales terciarios, varían entre los 25 mg/l (incluso menos) hasta los 60 mg/l. En otros sondeos, algunos de ellos perforados inicialmente sobre depósitos cuaternarios la concentración es sensiblemente mayor variando desde los 70-100 mg/l de S-7, 120-130 mg/l en S-5 hasta los 300-500 mg/l en S-27 y los 1.000-1.600 mg/l en S-39.

El ión sulfato muestra la misma diferenciación que el cloruro, variando entre 300 a 800 mg/l (S-5, S-7); 100 a 350 mg/l (S-17, S-19, S-26); y 1.900 a 4.200 mg/l (S-27, S-39).

La diferencia de flujos queda claramente puesta de manifiesto por el contenido en nitratos, que en la zona en principio solo pueden ser atribuidos a la aplicación de fertilizantes en las superficies de riego. En general las aguas subterráneas de esta zona presentan unas concentraciones de nitratos muy elevadas, superando los 100 mg/l que denotan la incorporación de estos iones prácticamente sobre la propia zona de las instalaciones y al norte de estas, y por lo tanto se pueden caracterizar como flujos relativamente

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

superficiales. La excepción es S-39 donde el contenido en nitratos es muy bajo y por lo tanto debe corresponder a flujos de mayor recorrido sin contacto con flujos procedentes de zonas más superficiales (este sondeo tiene cementados los 6 m superiores).

Cationes como el magnesio y sodio muestran el mismo comportamiento que el sulfato y cloruro respectivamente, sin entrar en consideraciones hidroquímicas de mayor calado.

Otros iones que presentan valores anómalos para las aguas subterráneas en general son el aluminio con valores que alcanzan los 2000 µg/l (incluso valores que alcanzan los 4.000 µg/l), y en menor medida el arsénico, hierro y boro.

En conclusión, las aguas subterráneas de la zona de estudio muestran una composición variable en función de numerosos factores que dependen de su posición en el flujo general de todo el sistema. En general, los niveles piezométricos en esta zona están próximos a superficie y por su composición iónica se corresponden con flujos intermedios/superficiales. Cuando su comportamiento es de un acuífero libre son susceptibles de incorporar iones como los nitratos que inicialmente tienen su origen en los procesos de fertilización agraria. Los flujos más profundos presentan mucha menor concentración de especies nitrogenadas.

3.3 DEFINICIÓN DE LA RED DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS AGUAS ABAJO DE LAS INSTALACIONES

3.3.1 Introducción

La configuración de la red de control de aguas subterráneas, respondiendo al esquema de 4 niveles propuesto por la empresa Fugro y presentado en el PGRM y estipulado en la DIA, debe de tener en consideración las características geológicas e hidrogeológicas conocidas y estimadas expuestas anteriormente.

Dado que el nivel de conocimiento hidrogeológico de este sector es insuficiente en estos momentos, la propuesta que aquí se realiza es susceptible de variaciones y modificaciones que pueden afectar a los siguientes aspectos:

- Número de puntos que finalmente conformen la red, bien sea aumentando el número previsto en esta propuesta o disminuyéndolo, todo ello en función de los resultados que se vayan obteniendo, y con el único fin de garantizar el establecimiento de una red suficiente para el control de la calidad de las aguas.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Sustitución de unos puntos por otros, bien a juicio del hidrogeólog@ encargado del tema o bien por indicaciones de las Administraciones competentes.
- Modificación de las características de los puntos previstas en la siguiente propuesta, que pueden incluir modificaciones de la técnica de perforación, diámetros, profundidades, cementaciones, colocación de filtros, ejecución de ensayos de permeabilidad, y en general todo lo relacionado con la construcción de los sondeos cuyas características finales dependen de los resultados que se vayan obteniendo a medida que se ejecuten los sondeos.
- Finalmente hay que indicar que una red de control es un elemento "vivo" que durante toda su vida va sufriendo variaciones ya que surgen nuevos datos que implican modificaciones en los puntos y formas de control; los sondeos tienen una durabilidad en el tiempo limitada; aparecen nuevas técnicas y métodos de control que pueden inducir cambios, etc.

3.3.2 Propuesta de red de control

La red de control se organizará en 4 niveles tal y como ha sido previsto inicialmente y recogido en la Declaración de Impacto Ambiental (figura siguiente), si bien se primará en mayor medida la situación hidrogeológica de cada uno de los puntos.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

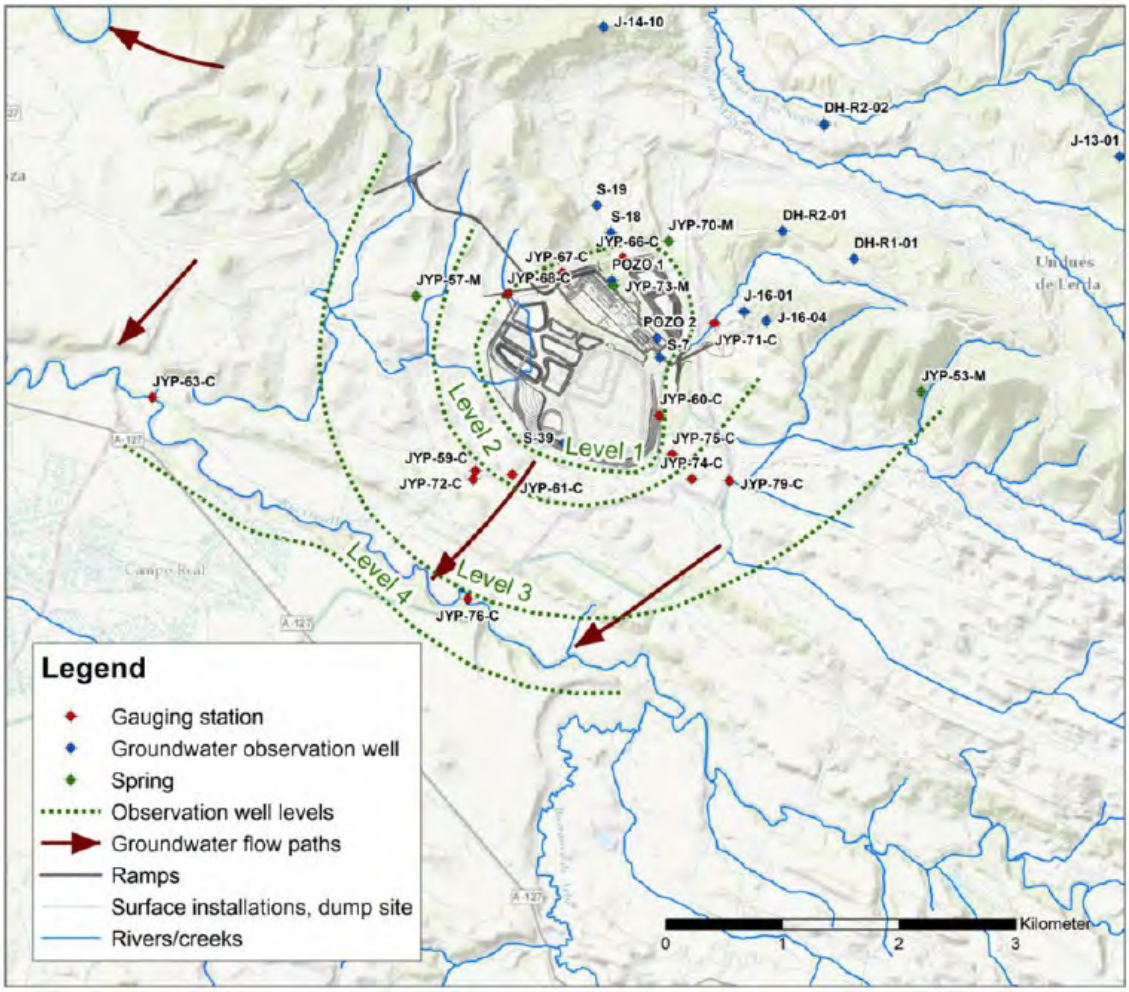


Figura 25. Niveles de control previstos en el PGRM

Lógicamente, los puntos más próximos al límite de las instalaciones, son los que deben detectar en primera instancia un proceso salinizante y por tanto este nivel debe tener una mayor densidad de puntos en la dirección prevista del flujo e igualmente deben ser los de menor profundidad, ya que una pluma salina alcanzaría el nivel freático circulando a través del medio no saturado y una vez alcanzado este seguiría teniendo tendencia a desplazarse en la dirección del flujo aguas abajo debido a la mayor densidad de la salmuera. Todo ello teniendo en cuenta la escasa permeabilidad de los materiales que hace que este movimiento del agua sea relativamente lento.

Si bien todo lo anterior es conforme con el modelo hidrogeológico, la presencia de discontinuidades pueden constituir vías preferenciales de flujo y por tanto constituir zonas de mayor velocidad de desplazamiento de éste. Por ello, y en la medida de lo posible, todos los puntos de la red de control se localizarán preferentemente en estos puntos que hipotéticamente podrían ser zonas preferenciales de flujo: planos de

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

cabalgamiento, fracturas de todo tipo, charnelas de pliegues, contactos de grandes canales areniscosos con margas, intersecciones de lineaciones, etc

El nivel 1 estaría constituido por 14 sondeos, situados, de oeste a este, siguiendo la traza de la huella, entre el vial de acceso desde el Camino de Santiago hasta el vial de acceso a la bocamina.

No se considera necesario cerrar el perímetro por la zona norte, porque la dirección de flujo es opuesta y además no existen acumulaciones de sales (salmuera o depósito) que sean susceptibles de, tras un incidente, contaminar las aguas subterráneas. La dirección de flujo preferente es hacia el SW y WSW por lo que la densidad de puntos en esa zona es mayor.

Por lo que se refiere a la profundidad de estos sondeos, debe estar en relación con la profundidad del nivel piezométrico y con la de la zona más alterada de los materiales margosos de tal manera que la profundidad de la perforación será la de la zona más o menos alterada, siempre y cuando el nivel piezométrico se localice en esa profundidad (y no más abajo). Teniendo en cuenta estas consideraciones se realiza la siguiente previsión:

Sondeo	Coor X	Coor Y	Cota (m)*	Cota nivel piezométrico (m) estimada	Profundidad estimada (m)[3]
1-1	645826,4	4714062,3	468,0	467	15
1-2	645718,8	4713872,8	468,36	460	15-20
1-3	645623,7	4713707,6	460,9	455	15
1-4	645743,9	4713474,3	455,0	445	15-20
1-5	645827,5	4713257,6	447,3	440	15-20
1-6	645839,8	4713092,8	439,2	437	15
1-7	645922,9	4712912,5	441.2	433	15-20
1-8	646078,0	4712826,3	434.2	431	15
1-9	646311,6	4712727,3	437,2	430	15

[3] La profundidad del nivel piezométrico se estima a partir de los datos de piezometría existente.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Sondeo	Coor X	Coor Y	Cota (m)*	Cota nivel piezométrico (m) estimada	Profundidad estimada (m)[3]
1-10	646603,7	4712655,6	438,8	434	15
1-11	646890,1	4712648,7	443,8	437	15-20
1-12	647095,0	4713005,4	450,7	440	15-20
1-13	647154,9	4713469,7	460,2	455	15-20
1-14	647600,9	4713549,7	467	465	15

Tabla 1. Estimación profundidad y cota nivel piezométrico sondeos Nivel 1 (*datos LIDAR sin correcciones)

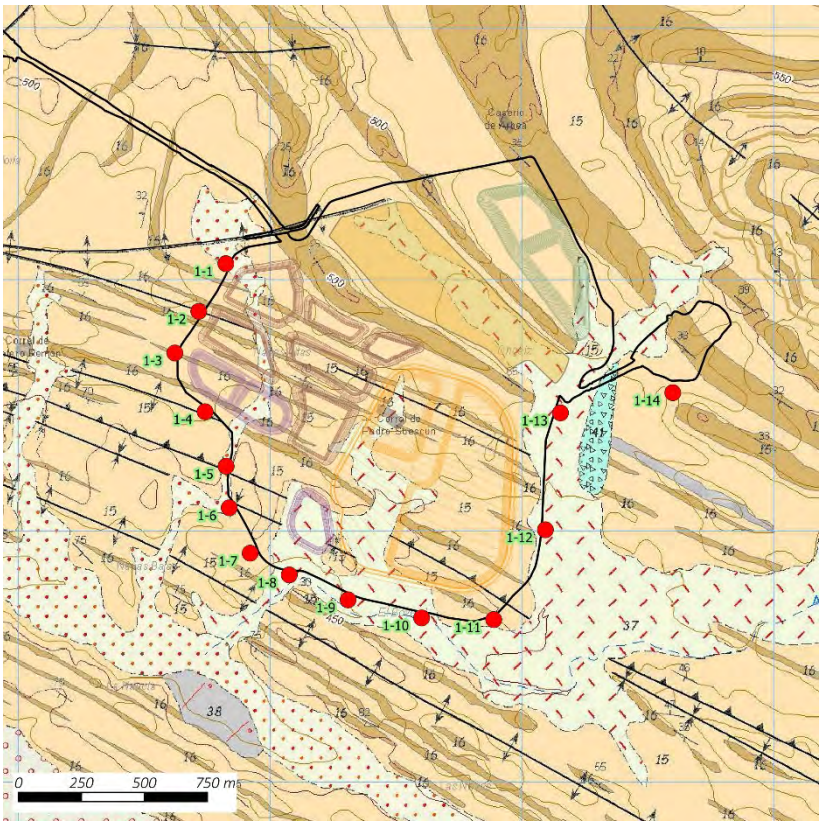


Figura 26. Sondeos correspondientes al Nivel 1 de control

La situación exacta de los sondeos, especialmente los situados más al sur, (1-4 a 1-11) es dependiente de las características de la barrera/dique sur, que tendrá una cimentación que se estima variable entre 0,5 y 2

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

m de profundidad, por lo que se requiere una cierta separación para que no se afecte el flujo natural en época de aguas altas.

Se pretende con la distribución prevista disponer de un control areal que cubra toda la zona en la dirección del flujo subterráneo. Cumpliendo con este criterio, una buena parte de los sondeos (1-1 a 1-6) se colocan preferentemente en posiciones que puedan suponer la existencia de flujos preferentes (como ya hemos indicado antes todo tipo de lineaciones). Los sondeos 1-6 a 1-11 controlan la zona más baja de las instalaciones y por tanto la zona de concentración de flujos superficiales en momentos de precipitaciones por lo que es la zona que en principio requeriría un control más exhaustivo. Los sondeos 1-12 y 1-13 se han colocado con objeto de controlar posibles afecciones en la zona del aluvial del Valdeborro, aunque pueden sufrir modificaciones en su posición según los resultados piezométricos que se vayan obteniendo. 1-14 controlaría posibles afecciones en zona de bocamina.

El nivel 2 está constituido por 7 sondeos, situados a una distancia variable de las instalaciones, en el entorno de los 250-500 m y localizados en zonas que inicialmente deben tener una cierta preferencia para el flujo de aguas subterráneas y siempre que el acceso sea posible.

Sondeo	Coor X	Coor Y	Cota (m)*	Cota nivel piezométrico (m) estimada	Profundidad estimada (m)
2-1	644994,1	4714110,8	463,3	458	20-25
2-2	645121,9	4713625,5	447,8	445	15-20
2-3	645061,2	4713435,0	441,7	438	15-20
2-4	645287,2	4713047,2	441,5	430	20-25
2-5	645773,3	4712602,4	433,2	425	20-25
2-6	646281,2	4712508,1	446,7	428	30-35
2-7	646665,9	4711972,6	447,1	426	30-35

Tabla 2. Estimación profundidad y cota nivel piezométrico sondeos Nivel 2 (*datos LIDAR sin correcciones)

El sondeo 2-1 está en las inmediaciones del manantial JYP-57-M (Fuente de la Berrueta) que se localiza en la confluencia de dos estructuras (eje de anticlinal y Falla Meridional), pero habitualmente está seco o

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

con un caudal muy exiguo. El sondeo debería ubicarse en ese punto al considerarse una situación hidrogeológicamente "estratégica". De esta manera el manantial dejaría de controlarse.

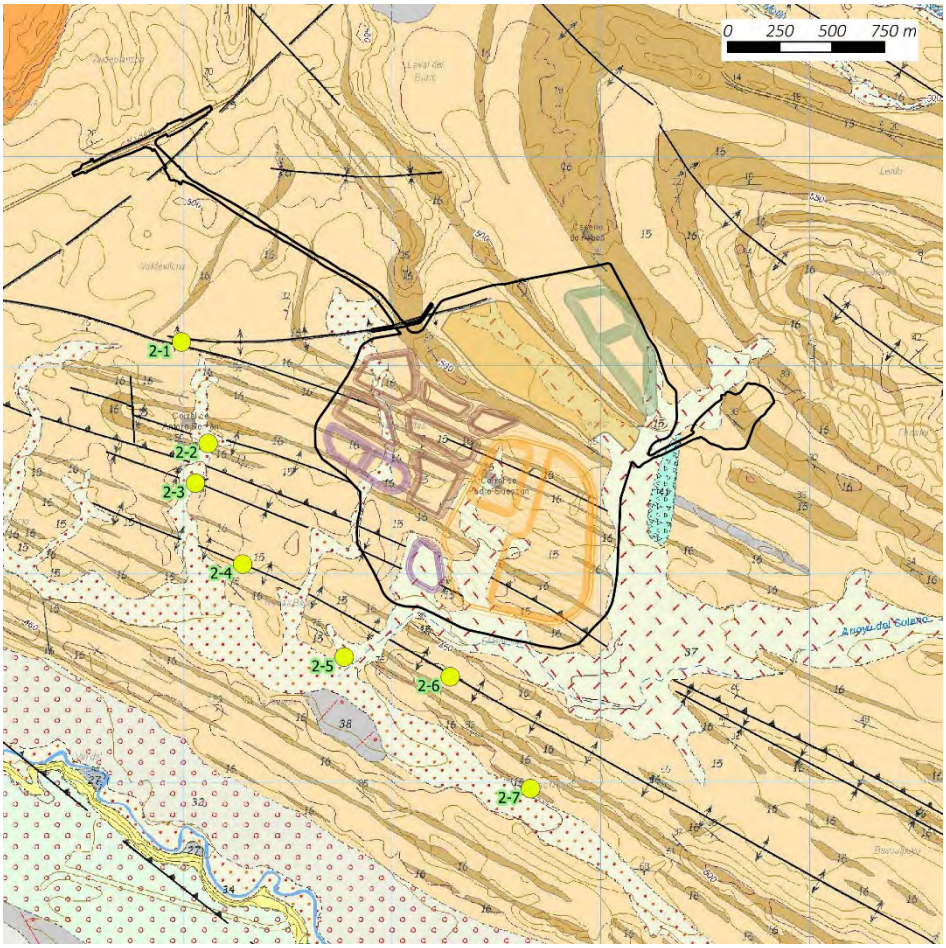


Figura 27. Sondeos correspondientes al Nivel 2 de control

En cuanto al sondeo S2-2 se pretende localizar en la charnela del anticlinal dentro del pequeño tramo aluvial del arroyo Viloria que a su vez es el tramo de menor cota de la zona y de mayor proximidad del nivel piezométrico, además de tener un acceso sencillo. Se han primado estas consideraciones sobre la posibilidad de colocarlo unos 350 m más al oeste ya que allí el cierre del anticlinal es desplazado por una pequeña fractura conjugada que en principio no parece tener gran recorrido.

Los sondeos 2-3, 2-4 y 2-6 se localizan sobre las charnelas de los pliegues (sinclinal y anticlinal) paralelos al río Onsella y que presentan un importante recorrido. Estos pliegues apretados verticalizan los materiales en esta zona.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Los sondeos 2-5 y 2-7 se localizan algo más al sur. El primero en la confluencia de los materiales aluviales del arroyo Solano y el Salmacio, en la zona de menor cota de todo el sistema, donde a "*priori*" el nivel piezométrico se localiza unos pocos metros por debajo de ambos arroyos y por tanto en condiciones de aguas bajas los arroyos no constituirían elementos drenantes en esta zona, si bien en aguas altas puede producirse drenaje. El sondeo S2-7 permitiría controlar un hipotético flujo transversal que alcanzara el arroyo Salmacio, de acuerdo con la hipótesis piezométrica planteada. Su ejecución se pospondrá a la comprobación de los resultados que se obtengan de los sondeos de Nivel 1 y del resto de nivel 2, ya que en función de los resultados piezométricos que se obtengan podría ser desplazado al norte del sondeo 2-1, si en esa zona resulta más conveniente, o no ser ejecutado.

El nivel 3 se completa con sondeos de control en zonas más alejadas. Su definición exacta es difícil de precisar en estos momentos ya que en estas zonas no se dispone de dato alguno más allá de suponer que el río Onsella y el Aragón constituyen los drenajes generales de la zona. Por otra parte, ya se ha comentado anteriormente que el flujo en sentido perpendicular a las estructuras y los materiales parece algo complicada por lo que en principio se plantea la ejecución de sondeos de control en la dirección E-W.

Sondeo	Coor X	Coor Y	Cota (m)*	Cota nivel piezométrico (m) estimada	Profundidad estimada (m)
3-1	643639,7	4714371,8	456,0	440?	25-30
3-2	643076,4	4714116,8	445,2	430?	25-30
3-3	642827,8	4713215,9	407,7	406	10-15
3-4	644167,0	4712670,9	425,3	420	15
3-5	645743,4	4711598,7	433,19	430	15

Tabla 3. Estimación profundidad y cota nivel piezométrico sondeos Nivel 3 (*datos LIDAR sin correcciones)

Respecto a la profundidad de los sondeos, serán muy dependientes de los materiales atravesados por lo que solo se pueden apuntar órdenes de magnitud. Hay que tener en cuenta que la potencial incorporación al flujo de aguas salinizadas, se realizaría ya prácticamente en zona de descarga, según el modelo hidrogeológico planteado, por lo que en principio deben detectarse en relación a flujos relativamente poco profundos pero por debajo de los materiales aluviales del Onsella. Además, la mayor densidad de las salmueras favorecería la circulación hacia zonas más profundas del acuífero, siempre que la permeabilidad

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

lo permita, por lo que los sondeos de control deberían ser algo más profundos que los de zonas más cercanas. En este sentido 3-1 y 3-2 serían los más profundos por controlar flujos hacia la zona del río Aragón y 3-3, 3-4 y 3-5 menos profundos por controlar la zona de descarga hacia el río Onsella.

En este modelo no se tienen en cuenta la presencia de posibles flujos ascendentes en zonas de descarga, que pudieran aportar aguas más salinas a los materiales aluviales, cuestión que se comprobará durante la ejecución de los sondeos.

Al igual que en el Nivel 2, los resultados obtenidos mostrarán la conveniencia o no de realizar otros sondeos en distintas localizaciones.

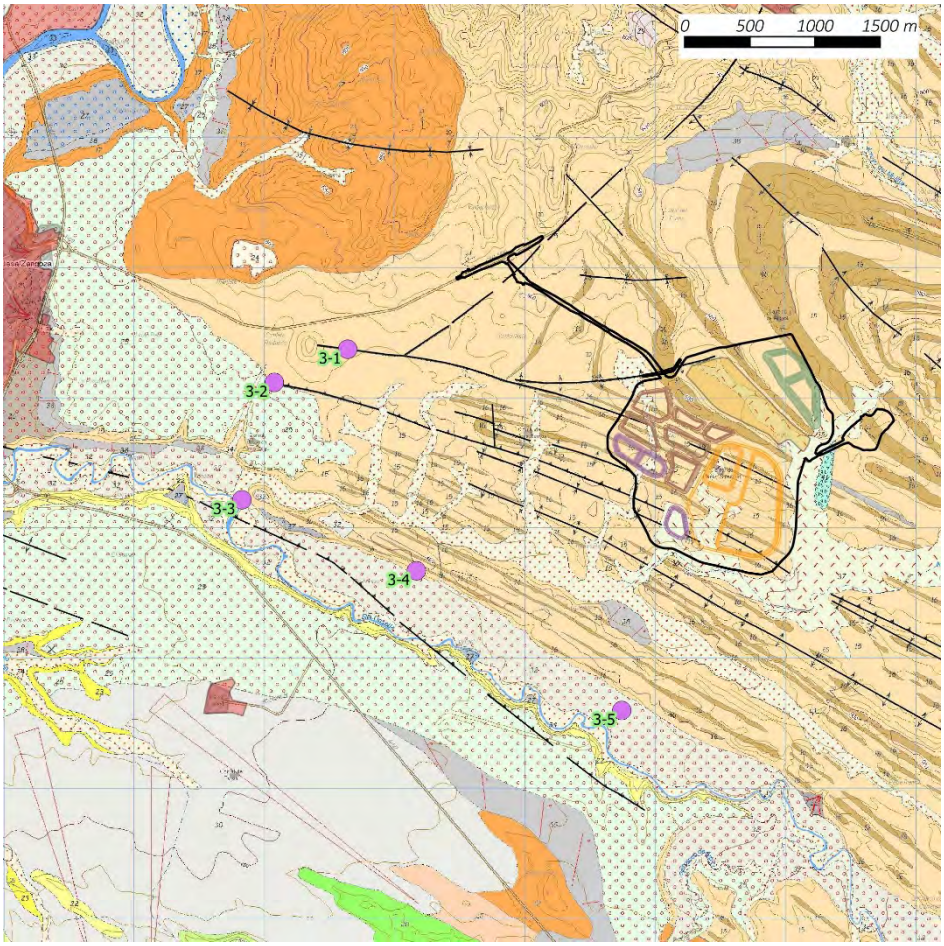


Figura 28. Sondeos correspondientes al Nivel 3 de control

Finalmente, el Nivel 4 de control está encaminado a la determinación de la existencia de flujo de aguas subterráneas bajo el río Onsella, para lo cual se propone la ejecución de un sondeo, con las características

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

constructivas necesarias y que se comentarán en el siguiente apartado que ponga de manifiesto la existencia de estos flujos en la margen izquierda del río Onsella, en el bloque cabalgado a favor de la Falla de Aibar. Se propone un emplazamiento en la figura siguiente, si bien, este sondeo que debe ser el último a realizar, podrá sufrir modificaciones en función de los resultados que se vayan obteniendo y en función de las posibilidades de emplazamiento.

Sondeo	Coor X	Coor Y	Cota (m)*	Cota nivel piezométrico (m) estimada	Profundidad estimada (m)
4-1	642456,6	4713142,0	416,1	Desconocida. Cota río 404	50

Tabla 4. Estimación profundidad y cota nivel piezométrico sondeos Nivel 4 (*datos LIDAR sin correcciones)

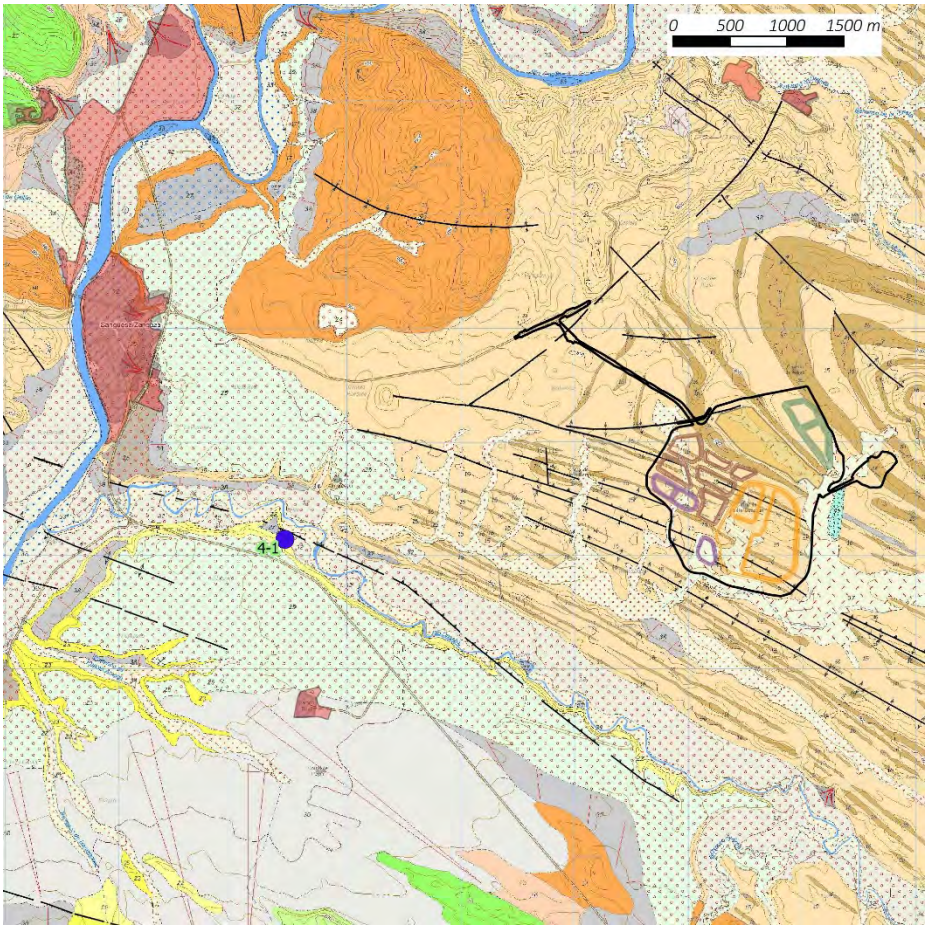


Figura 29. Sondeo correspondiente al Nivel 4 de control

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

3.3.3 Características de los sondeos

Los sondeos serán de tipo medioambiental para permitir la caracterización y el control a largo plazo de la hidrogeología de la zona (desde el punto de vista del funcionamiento hidráulico y de la hidroquímica), por lo tanto, se perforarán y equiparán con estos objetivos.

Dado que uno de los aspectos más importantes es reconocer los materiales perforados, las discontinuidades existentes y su grado de alteración, se propone la perforación mediante rotación y extracción de testigo continuo.

Los diámetros de perforación serán variables, previéndose comenzar el sondeo a 175 mm (hasta una profundidad aproximada de 15-16 m) y acabarlo a 135 mm.

Estos diámetros permiten la entubación con tubería y filtros de PVC de 4" (103,4X114 MM) a 3" (80x89 mm). En ese diámetro inferior de 3" sería factible como mínimo realizar un ensayo de bombeo y/o toma de muestras en bombeo con la Grundfos MP1.

Los sondeos quedarían engravillados con gravilla silícea de granulometría 2-4/3-5 mm, lavada, en la zona de filtros y cementados en la parte superior en el tramo que se considere conveniente, mediante arcilla expansiva granular tipo "compactonit".

Irán dotados de tapón de fondo y de tapa metálica de protección, todo ello dentro de una arqueta antivandálica (se propone llave SGOP). Las dimensiones finales de la arqueta serán en función del emplazamiento y del equipamiento a instalar en su interior.

Se realizarán ensayos de permeabilidad durante la construcción en los tramos que se consideren adecuados por la Dirección Técnica, tipo Lefranc, Gilg Gavard. Una vez finalizados se realizarán ensayos tipo Slug Test o ensayos de bombeo tradicionales si se disponen de piezómetros, así como registros de conductividad en toda la columna de agua.

Por lo que se refiere a la distribución de los filtros dependerá de la situación particular de cada uno de los sondeos, pero se debe tener en cuenta que el objetivo principal de esta red, aguas abajo de la planta es la de controlar una posible afección por aguas de mayor salinidad.

La mejor forma de detectar modificaciones en la salinidad de las aguas es mediante el registro de conductividad eléctrica e interesan las modificaciones que puedan producirse a cualquier profundidad en el acuífero.

Como ya se ha indicado anteriormente, si un flujo de agua salinizado procedente de la zona de la planta alcanza el nivel freático, tendrá un movimiento descendente, debido a la mayor salinidad de las salmueras

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

y “horizontal” en función del gradiente hidráulico existente. Este movimiento podrá ser más o menos rápido en función de que se desplace a favor de zonas más o menos fisuradas pero en principio, y al objeto de tener un control sobre toda la columna de agua posible, es recomendable que la zona de filtros alcance la totalidad del espesor saturado, desde la zona de máxima oscilación del nivel hasta lo que se considere en cada punto como la base de la zona acuífera. Teniendo en cuenta la zona en que nos encontramos, inicialmente los sondeos pretenden perforar la zona más alterada por donde se supone que se producirá un flujo preferente, frente a otros flujos más profundos que en principio no deberían ser afectados por la incorporación de aguas salinizadas en esta zona próxima a la descarga.

El inconveniente de este tipo de sondeos, es que caracterizan, desde el punto de vista piezométrico todo el tramo de acuífero que perforan (ofreciendo una media de los potenciales existentes), aunque como ya hemos indicado su principal objetivo es la detección de potenciales flujos salinizados provenientes de la planta y por tanto este cometido es el que prima sobre cualquier otro.

Otro inconveniente quizás más importante es que si se detecta un flujo salinizado en un sondeo con todo el tramo de acuífero ranurado, en función de los potenciales hidráulicos, se pueden producir trasvases de flujos salinos hacia zonas menos salinizadas del acuífero utilizando el propio sondeo como medio transmisor. No obstante, detectado el problema (foco salinizante) y si fuera necesario, siempre es factible sacrificar estos puntos de control mediante inyección de bentonita-cemento, resinas, etc, con la presión suficiente, cortando esta vía de transmisión.

Así, en general, se prevé que todos los sondeos presenten ranurado todo el tramo acuífero que se debería corresponder con el tramo de margas y areniscas con anhidrita de la F. Javier-Los Pintanos. En el caso del Nivel 1, también quedarán ranurados los tramos de los materiales aluviales en los sondeos 1-6, 1-8, 1-9, 1-10, 1-12 y 1-13, ya que en principio serían los materiales que más fácilmente vehicularían unas aguas salinizadas procedentes de la planta. Iguales consideraciones cabe realizar para el Nivel-2 (especialmente 2-2, 2-3 y 2-5).

En cuanto al Nivel 3, y teniendo en cuenta la disposición de los materiales no parece factible que aguas salinizadas puedan alcanzar los materiales aluviales, que pueden presentar una cierta saturación (desconocida en estos momentos), por lo que en este caso es factible que se proceda al sellado de este tramo de materiales aluviales en el punto 3-5, aunque no así en el 3-3, ubicado en el estrecho aluvial por lo que el flujo del aluvial del Onsella que no descargue directamente al río deberá pasar por ese estrecho.

Finalmente, el sondeo 4-1, cuyo objetivo es la determinación de flujos por debajo del Onsella, se ejecutará cementando los tramos superiores para garantizar que no hay influencia de los niveles de otros flujos de agua subterránea asociados a los materiales cuaternarios suprayacentes. La existencia de flujos bajo el río

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

necesariamente implicará que los niveles piezométricos que se midan sean diferentes al nivel freático del aluvial en el tramo que se ejecute el sondeo.

En todas las perforaciones se realizará un estricto control hidrogeológico con objeto de comprobar en la medida de lo posible los puntos/zonas de entrada de agua para lo cual se perforará sin agua adicional siempre que sea posible.

3.3.4 Consideraciones sobre la salinidad de las aguas

Con respecto a la salinidad de las aguas, se han venido comentado diversos aspectos a lo largo de este informe. La presencia de materiales evaporíticos en profundidad, que en algunos puntos pueden localizarse más o menos próximos a superficie gracias a accidentes tectónicos, y las señales de circulación de agua a muro/techo de estas formaciones, unido a la presencia de otro tipo de sales en formaciones más superficiales (anhidritas en la Fm. Javier-Los Pintanos), hacen que las aguas tengan una impronta salina natural muy marcada.

Así, se detecta en general que flujos de mayor recorrido y mayor profundidad hacen que las aguas tengan una clara marca clorurada frente a los de menos recorrido y "más someros" que presentan una facies bicarbonatada, si bien en función de la zona en que nos encontremos rápidamente se encuentran facies sulfatadas.

Además en la zona se reconocen flujos ascendentes tal y como se pone de manifiesto en puntos como las Salinas de Undués probablemente a favor de discontinuidades importantes. En otros puntos, hacia la zona de descarga se reconocen estos flujos clorurados a poca profundidad como es el caso de S-9, al sur de la planta de instalaciones.

Esta variabilidad se reconoce a lo largo de las columnas de los sondeos, de tal manera, y por regla general, la salinidad va aumentando con la profundidad, a veces apreciándose claramente la mezcla de aguas y otras veces de forma brusca, asociada a líneas de flujo discretas que parecen indicar separaciones netas de estos flujos (o bien a procesos de estatificación por diferencias de densidad, aunque en estos casos debería apreciarse una cierta interfaz de mezcla)[4].

[4] Toda esta información está detalladamente disponible en las determinaciones realizadas en fase preoperacional en los puntos que han venido controlándose hasta la actualidad y no se adjunta aquí. Se encuentra disponible para su consulta en el expediente medioambiental tramitado.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Esta situación hace que el funcionamiento del medio hidrogeológico (hidroquímico) sea muy variable tridimensionalmente, que presente singularidades (zonas de aguas más dulces en profundidad asociadas a circulación por fracturas, presencia de salmueras en superficie…) y que tenga una expresión superficial en general escasa (no se han reconocido aumentos de salinidad en el río Aragón ni en el Onsella). Hay que recordar que estamos en un medio de muy baja permeabilidad por lo que los caudales drenados a los ríos deben ser de muy escasa magnitud en relación con los caudales circulantes por ellos, y por tanto detectar modificaciones en la salinidad es altamente improbable, especialmente si el drenaje dominante es hacia el río Aragón.

A toda esta situación, se suma que el funcionamiento hidrogeológico/hidroquímico en la zona que nos ocupa (al sur de las instalaciones) solo puede catalogarse como estimado, ya que no existen datos medidos hasta la actualidad.

Los datos disponibles en zona de planta se concentran en la zona norte y se corresponden en su mayoría con sondeos realizados con fines geotécnicos por lo que son puntos en general de poca profundidad, con entubaciones ranuradas prácticamente en toda su longitud.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

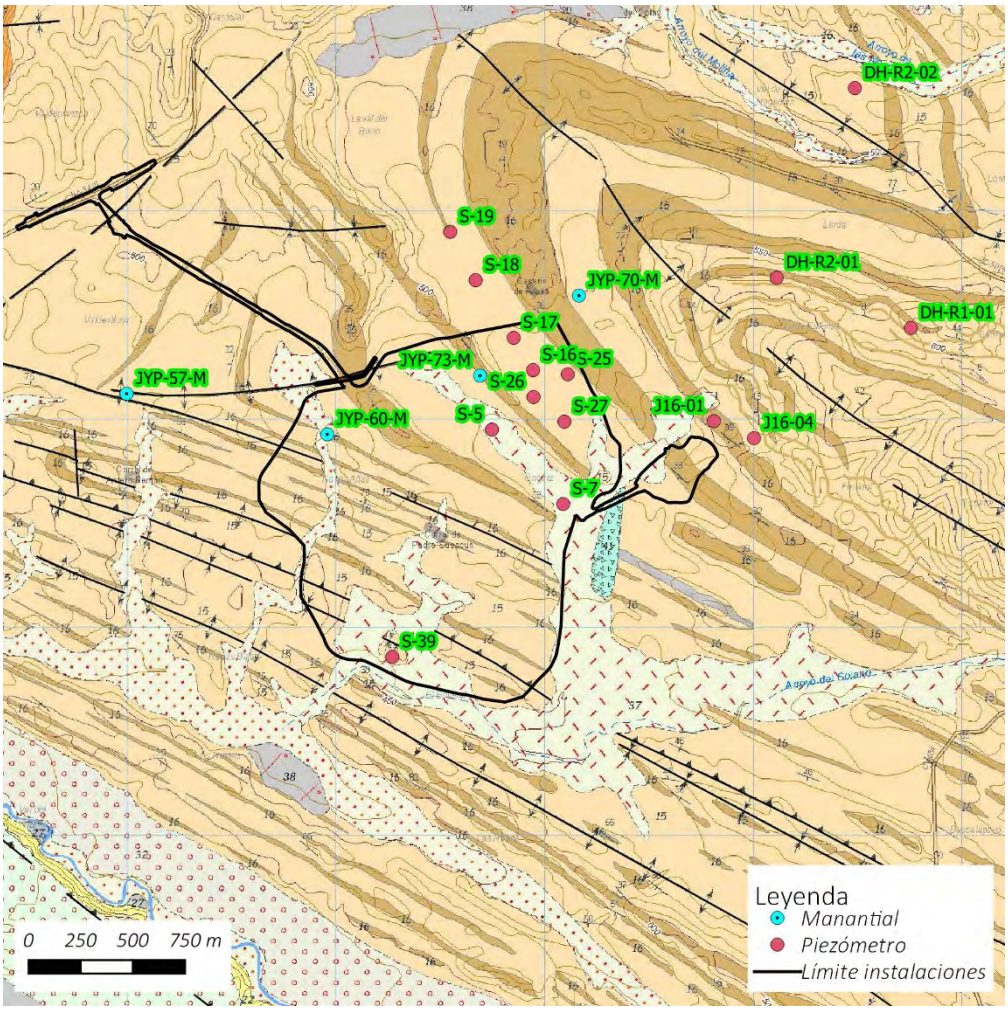


Figura 30. Puntos de control existentes en la zona sur

En la siguiente tabla se adjunta los valores de conductividad eléctrica tomados en diferentes periodos, pero que ofrecen una idea de los valores entre los que oscilan estas aguas.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

	Conductividad eléctrica (µS/cm)	
Punto de agua	Máximo	Mínimo
J16-01	2.670	1.060
S-19	2.560	1.000
S-17	4.820	802
S-16	5.440	2.660
S-25	1.970	1.045
JYP-73-M	1.550	1.027
S-26	2.150	1.000
S-27	9.570	4.860
S-5	2.820	1.901
S-7	2.900	1.241
S-39	13.560	1.069
JYP-57-M	1.396	818

Tabla 5. Conductividades eléctricas en puntos zona de instalaciones

Tal y como se pone de manifiesto, en general las conductividades son altas, asociadas a facies mayoritariamente sulfatadas-bicarbonatadas, con excepción de S-39 donde se observa la impronta clorurada y S-27 claramente sulfatada.

Por lo que se refiere a los perfiles de conductividad existentes se muestran a continuación con objeto de observar la variabilidad medida:

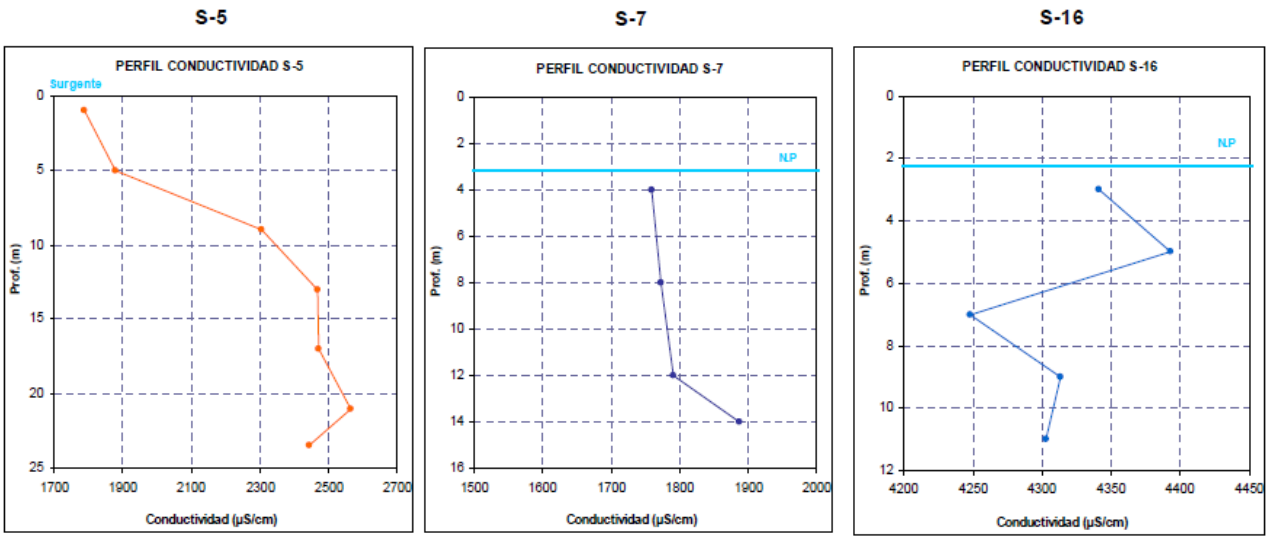


Figura 31. Perfiles conductividad eléctrica sondeos instalaciones (1)

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

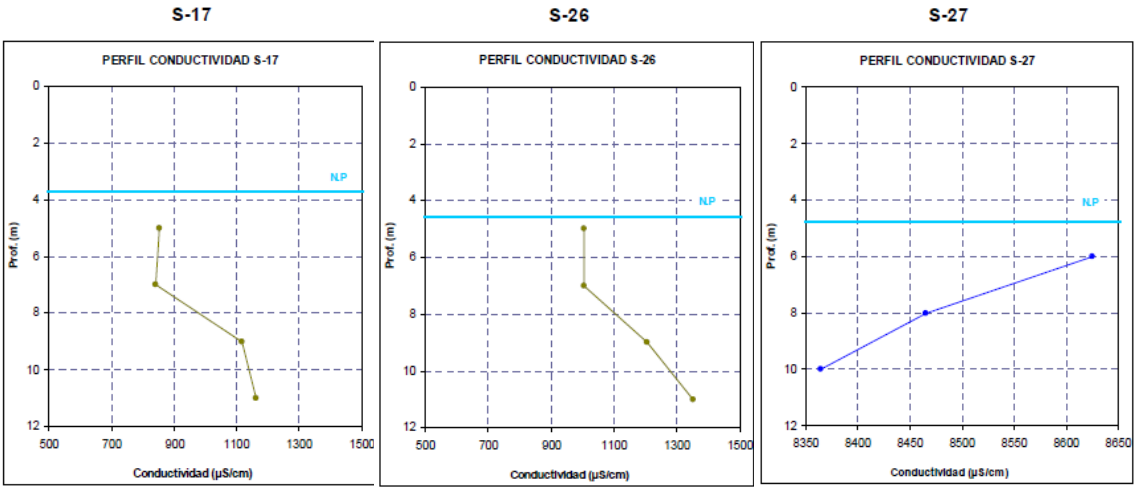


Figura 32. Perfiles conductividad eléctrica sondeos instalaciones (2)

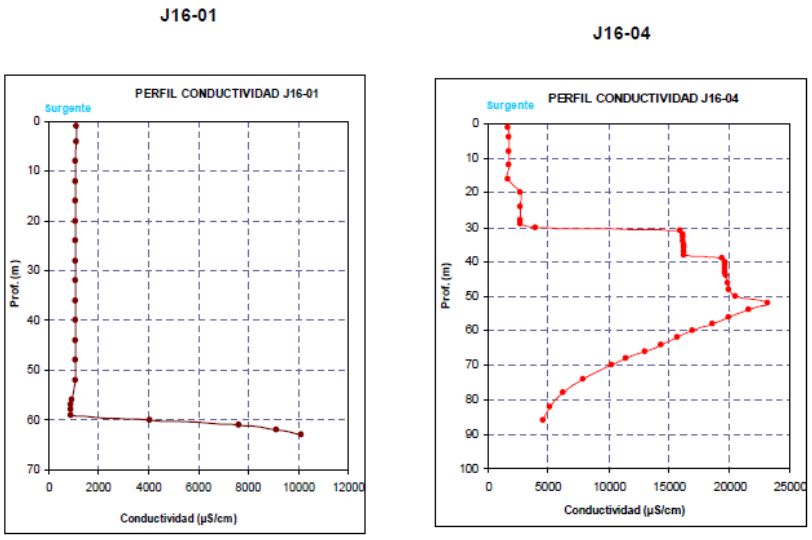


Figura 33. Perfiles conductividad eléctrica sondeos al norte de las instalaciones

Las principales conclusiones que pueden observarse de estos perfiles (realizados una única vez) es que existe una cierta variabilidad en profundidad a pesar de tratarse de perfiles muy cortos en general (8-10 m), con tendencia, en general al aumento de salinidad. Los dos perfiles de la Figura corresponden a dos sondeos al norte de las instalaciones, en el comienzo de la zona de rampas (ver Figura). Estos sondeos ya tienen una mayor profundidad y en ellos se puede comprobar la enorme variabilidad de salinidad de las aguas que se registra en profundidad. El J16-01 muestra un gran aumento de conductividad a una determinada profundidad que indicaría que se ha interceptado una línea de flujo de mucha mayor salinidad que los flujos que se localizan más arriba.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Al contrario, J16-04 muestra una situación que podría calificarse como excepcional en la zona y tras varios aumentos relativamente bruscos de conductividad a los 30, 38 y 50 m de profundidad se observa un descenso importante de la salinidad de las aguas hasta los 85 m en que acaba el perfil y que debería estar en relación con flujos de agua dulce más rápidos a favor de fracturas, en general de discontinuidades.

Por otra parte, la evolución de los valores de la conductividad con las precipitaciones no es clara, aunque aparentemente tras periodos de precipitaciones más o menos intensos parece ser que se observan aumentos de conductividad (vistos ya en otras zonas de niveles piezométricos someros), sin embargo, esta cuestión requiere de un mayor número de datos para poder pronunciarse sobre ella.

Toda esta discusión tiene como objeto realizar una reflexión sobre que umbrales considerar en lo que a una posible salinización de las aguas se refiere. Ya hemos indicado que la forma más rápida de detectar un proceso de salinización es la medida de la conductividad ya que permite incluso disponer de registro en continuo y en tiempo real, pero lógicamente este aumento de salinización debe de estar muy por encima de los valores detectados como fondo natural del acuífero, y con los datos recabados hasta el momento estos valores son muy variables en función del punto de medida (es decir en función de la línea/líneas de flujo que esté atravesando). Por ello no es factible establecer un valor fijo de este umbral sino que debe estar en relación con los valores de fondo natural que se midan en cada punto, y dentro de cada punto con los registros en la vertical de conductividad.

Por todo ello, a "*priori*" y mientras no se dispongan de datos directamente obtenidos en los puntos de control a realizar en la zona sur de las instalaciones, estos umbrales de detección no pueden ser establecidos, y en cualquier caso nada tendrán que ver con los existentes en las varias reglamentaciones de aguas (consumo, vertidos) ya que como se desprende de los datos existentes muy a menudo se superan de forma natural.

No obstante, y aunque la conductividad es el principal parámetro de control, no debe ser el único. El depósito salino y la salmueras tienen una composición que se acerca los siguientes valores (de la salmuera):

- 16,0% NaCl
- 9,0% KCl
- 4,2% $MgCl_2$
- 0,4% $CaSO_4$
- 70,4% H_2O

Por lo tanto, una posible salinización de las aguas procedente de la planta debería suponer una importante variación de varios iones, fundamentalmente Na^+, K^+ y Cl^-. Especialmente los cloruros deberían comportarse como marcadores importantes en aquellas aguas que presentan una conductividad elevada y

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

variable, pero fundamentalmente debida a la presencia de sulfatos. Este tipo de aguas se han detectado de manera importante en esta zona y por tanto, aumentos de conductividad en aguas con conductividades ya de por si elevadas, que en principio no indiquen procesos de salinización importantes o que podrían estar enmarcadas dentro de los valores esperables, pero cuyo origen sea debido exclusivamente a aumentos de iones como cloruros, potasio y nitratos, pueden constituir indicadores válidos de procesos incipientes de salinización de las aguas.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

4. Red de control del medio hídrico. Revisión de los puntos incluidos en el plan de vigilancia ambiental

4.1 INTRODUCCIÓN

La red de control del medio hídrico sobre la que se articulará el Plan de Vigilancia Ambiental (PVAaguas) de la mina Muga, no solo comprende lo relativo a las aguas subterráneas aguas abajo de la zona de instalaciones y hasta el río Onsella (e incluso en la margen izquierda), sino que incluye también el control del resto de las aguas subterráneas en la zona de mina y rampas, así como el control de las aguas superficiales.

La Declaración de Impacto Ambiental (DIA) recoge ya una serie de puntos de control propuestos por Geoalcali y las diversas Administraciones Públicas, especialmente la Confederación Hidrográfica del Ebro, indican también que se incorporen algunos puntos adicionales de control.[5]

Así en la DIA se recogen los siguientes puntos de control:

- Puntos incluidos en el PVA a propuesta de Geoalcali, comprende un total de 35 puntos en listado (pag 66528 y 66529 de la DIA, BOE de 21/6/2019). Está constituidos por puntos de control de aguas superficiales entre los que se encuentran dos puntos de control en el Canal de Bardenas y de aguas subterráneas (piezómetros y manantiales), además de los dos pozos previstos inicialmente para el abastecimiento de las instalaciones.

  En relación con las aguas superficiales la DIA indica la necesidad de instalación de conductivímetros con lectura en continuo en los arroyos afectados por la explotación, en los puntos de desembocadura en los cauces de superior jerarquía aguas debajo de la explotación, cuestión a la que se da cumplimiento en el Plan de Vigilancia Ambiental.

- Se incluyen igualmente el control de todos los puntos de vertido.

- Puntos de captación de abastecimiento incluidos en la red de zonas protegidas de la Confederación Hidrográfica del Ebro, y las zonas de descarga del acuífero, así como otras captaciones y manantiales más distantes para verificar la no afección a derechos preferentes o a

[5] No se consideran en esta red los puntos de control relativos a las instalaciones: balsas, depósito salino, etc. Esta red será definida en otro documento específico para esta cuestión.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

la calidad del recurso. Se realizará un seguimiento de las obras de drenaje y canalización y de los dispositivos de decantación y sus puntos de desagüe[5].

- Puntos pertenecientes a la red operacional de la Confederación Hidrográfica del del Ebro. Se incorporarán los datos de puntos de control ya existentes en las redes de la Confederación Hidrográfica del Ebro. Estos puntos no forman parte como tales de la red de seguimiento en el PVA de Geoalcali, si bien sus datos serán analizados en los informes de seguimiento.

Punto muestreo	Toponimia	Masa de agua	Municipio	ETRS89 X30	ETRS89 Y30	Tipo de control
1309-FQ	Onsella/Sangüesa (FQ).	291	Sangüesa.	641088	4713593	OPER-FQ + VIG-FQ
0101-FQ	Aragón/Yesa (FQ).	417	Yesa.	646732	4719742	VIG-FQ
0205-FQ	Aragón/Cáseda (FQ).	420	Cáseda.	634308	4709416	REF-FQ + VIG-FQ
E4037	Embalse de Yesa.	37	Yesa.	656292	4718764	VIG-EMB

- Ejecución de ciertos sondeos nuevos que resulten necesarios para completar con información real que permita validar la simulación del funcionamiento hidrogeológico y las condiciones de contorno consideradas en el modelo.
- Ejecución de dos puntos adecuados que permitan controlar la zona de descarga al embalse de Yesa y la zona del cono de depresión inducido por la rampa de acceso.
- Seguimiento de la presencia de agua y su composición en la zona no saturada, y el control de la calidad del agua subterránea aguas abajo mediante una red de control de piezómetros.

En las páginas siguientes se procede a la revisión de todos estos aspectos incluidos en la Declaración de Impacto Ambiental. En primer lugar, se procederá a la optimización de la red de control propuesta dado que el transcurso del tiempo hace que algunos puntos de los previstos ya no se encuentren operativos o se han obtenido datos que justifican su anulación, y se han incorporado otros que pueden ofrecer información más fiable o detallada para algunas cuestiones en concreto.

Además, hay que tener en cuenta que en el anterior apartado se han incorporado un total de 27 puntos de control de las aguas subterráneas aguas abajo de las instalaciones por ser la zona más susceptible de posibles afecciones. Estos puntos pasan a engrosar la red de control total del medio hídrico.

Revisada esta red propuesta, se completará teniendo en cuenta las consideraciones adicionales establecidas en la DIA para conformar una red final de control del medio hídrico que, en todo caso, deberá ser considerada como una red dinámica en continua adaptación a los datos y resultados que se vayan obteniendo.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

4.2 ESTABLECIMIENTO/REVISIÓN PUNTOS DE CONTROL

4.2.1 Red de control propuesta por Geoalcali

La red prevista en la DIA y cuya revisión se realiza en estos momentos, se recoge en la siguiente tabla:

Punto de control	X	Y	Tipo
J13-01	651037,43	4715316,8	Piezómetro
J13-06	646434,94	4717937,1	Piezómetro
J14-02	651833,31	4716026,3	Piezómetro
J14-04B	652606,15	4713965,9	Piezómetro
J14-10	646608,19	4716418,1	Piezómetro
DH-R1-01	648756,23	4714434,8	Piezómetro
DH-R2-01	648113,6	4714676,4	Piezómetro
DH-R2-02	648488,41	4715585,1	Piezómetro
J16-01	647812,75	4713988,3	Piezómetro
J16-04	648005,09	4713906,7	Piezómetro
S-7 (SM-7)	647090,98	4713591	Piezómetro
S-18	646672,0	4714664,0	Piezómetro
S-19	646550,0	4714896,0	Piezómetro
S-39	646273,0	4712858,0	Piezómetro
Pozo 1	646688,0	4714253,0	Piezómetro
Pozo 2	647079,0	4713754,0	Piezómetro
JYP-14-M	651549,1	4713900,2	Manantial
JYP-53-M	649388,2	4713265,1	Manantial
JYP-57-M	645000,4	4714119,6	Manantial
JYP-73-M	646693,0	4714206,4	Manantial
JYP-77-M	645961,2	4713925,5	Manantial
JYP-68-C	645786,0	4714134,0	Punto de aforo
JYP-59-C	645512,0	4712619,0	Punto de aforo
JYP-66-C	646772,0	4714446,0	Punto de aforo
JYP-67a-C	646254,0	4714317,0	Punto de aforo
JYP-71a-C	647560,0	4713888,0	Punto de aforo
JYP-60-C	647089,0	4713095,0	Punto de aforo
JYP-74-C	647365,0	4712548,0	Punto de aforo
JYP-61-C	645825,0	4712587,0	Punto de aforo
JYP-75-C	647197,0	4712780,0	Punto de aforo
JYP-16-C	653259,0	4716183,0	Punto de aforo
JYP-72-C	645490,0	4712546,0	Punto de aforo
JYP-76-C	645445,0	4711521,0	Punto de aforo

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Punto de control	X	Y	Tipo
JYP-78-C	647613,0	4717008,0	Punto de aforo
JYP-79-C	647656,0	4712368,0	Punto de aforo

Tabla 6. Puntos considerados en la DIA a propuesta de Geoalcali

Su situación sobre la base topográfica es la siguiente:

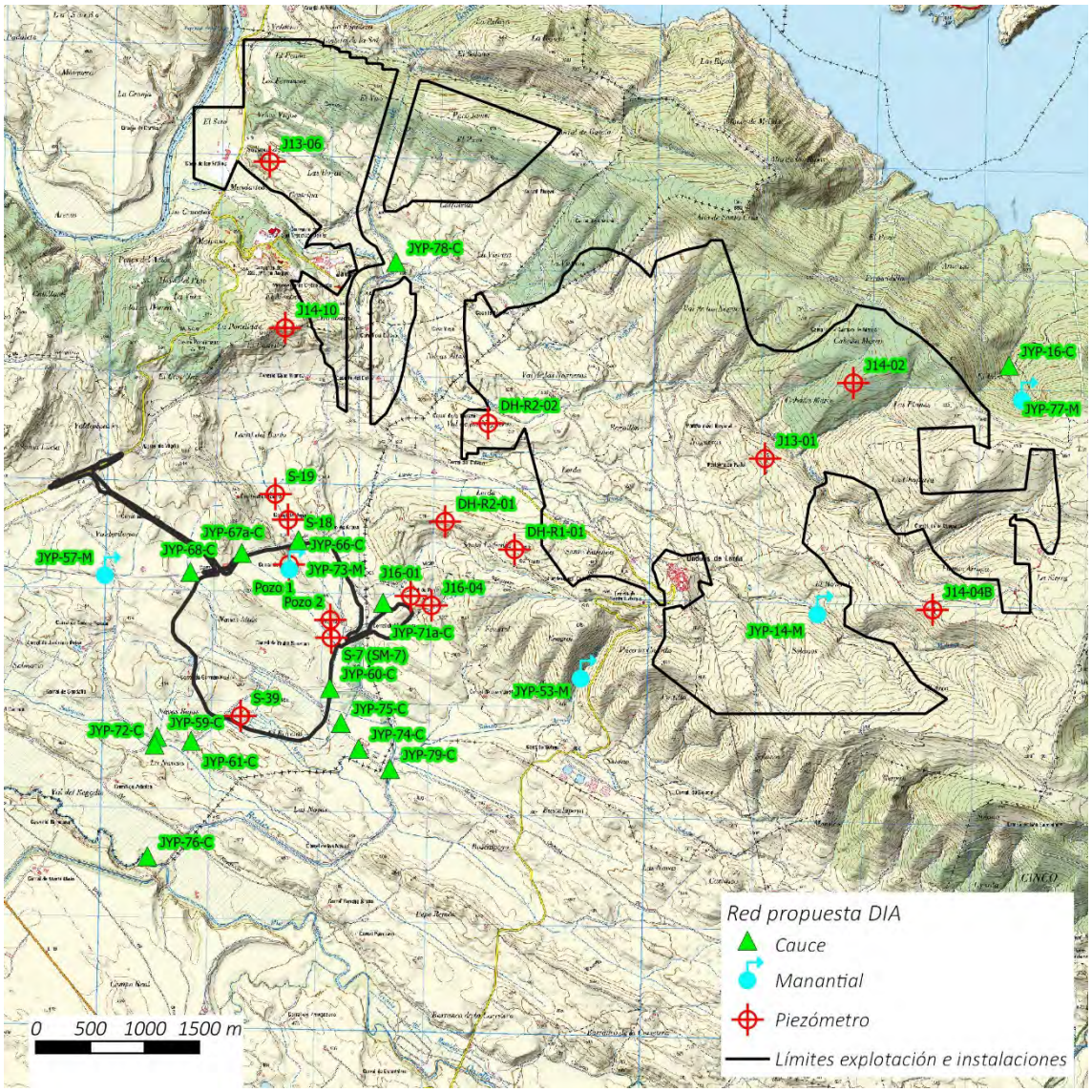


Figura 34. Situación topográfica red propuesta por Geoalcali

En relación a estos puntos se analizarán los correspondientes a aguas subterráneas (piezómetros y manantiales) y posteriormente los relativos a aguas superficiales.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

– Puntos de control de aguas subterráneas

En primer lugar, se indican aquellos puntos que por diferentes motivos o bien salen fuera de la red prevista o bien han sufrido algún tipo de modificación:

- Pozo 1 y Pozo 2. Son los puntos inicialmente previstos para el abastecimiento de las instalaciones. A lo largo de estos años y tras la ejecución de numerosos sondeos, especialmente el más recientemente realizado SH-1 (próximo a la zona de rampas) se ha puesto de manifiesto que existen problemas importantes para la obtención de los caudales previstos en estos sondeos (2,5 l/s de caudal continuo en cada uno), pero sobre todo que la calidad esperable de las aguas no es la adecuada para el uso previsto, por lo que inicialmente se desestima la construcción de estos sondeos.
- El piezómetro DH-R2-02 ha sido anulado por problemas técnicos. En su lugar se dispone del sondeo SH-1.
- JYP-57-M (Fuente de Berrueta) es un manantial que normalmente permanece seco durante una buena parte del año. Teniendo en cuenta que está previsto realizar en sus inmediaciones el sondeo del Nivel 2 (2-1) la calidad química de las aguas subterráneas correspondiente al manantial se controlará preferiblemente en este piezómetro.
- El piezómetro S-39 se localiza al pie del talud del dique sur, en el vial perimetral del depósito salino, por lo que si bien se pretende su conservación es probable que no pueda ser mantenido en condiciones óptimas.
- Una situación similar sucede con S-7 que se localiza en el emplazamiento de la balsa de almacenamiento de agua dulce prevista en las inmediaciones de la EDAR y del arroyo de Valdeborro. Si es factible se mantendrá operativo pero esta cuestión quedará pendiente al desarrollo de las obras.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020



Figura 35. Situación topográfica de S-7 red propuesta por Geoalcali

- JYP-73-M es un manantial que quedará afectado por el desvío del arroyo de Valdemolinero, de tal manera que desaparecerá como tal al ser captado, tanto él como la zona húmeda de alrededor, mediante zanjas drenantes y conducido a la nueva traza del cauce. Se mantiene la denominación actual.

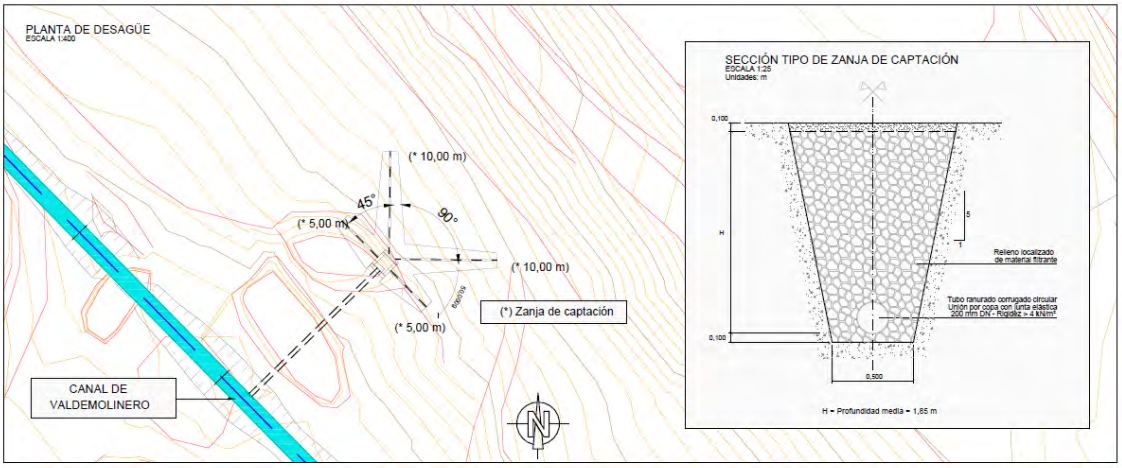


Figura 36. Captación del manantial JYP-73M

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Así, en lo que a las aguas subterráneas se refiere, la red de control del medio hídrico quedará conformada de la siguiente manera:

- JYP-77-M (Manantial Fernandillo): Se localiza fuera de la zona de actuaciones mineras. Con una facies química bicarbonatada-cálcica y situado al lado norte de la divisoria existente, pone de manifiesto la no existencia de conexión hidráulica a ambos lados de la divisoria de aguas a través de los materiales salinos. Este punto está claramente en relación con el JYP-16-C (Bco. de Articaza) que recoge las aguas de este manantial y que igualmente presente un quimismo de baja mineralización en relación al resto de los puntos de control. Su caudal es muy pequeño (normalmente por debajo de 0,5 l/s) y en numerosas ocasiones está prácticamente seco.

  La coexistencia de ambos puntos de control en la red a largo plazo, será establecida tras el análisis de una serie suficientemente representativa de datos, al objeto de comprobar en época de caudales de base, si existen diferencias en el quimismo.

- J14-04B. Piezómetro situado igualmente fuera del dominio minero, con una profundidad de 140 m, presenta un funcionamiento hidráulico influenciado por las precipitaciones, al menos en momentos de precipitación importante en primavera y otoño. Se encuentra monitorizado en continuo en cuanto a la variación del nivel piezométrico. En profundidad es representativo de las diferentes "líneas de flujo" mostrando aumentos bruscos de conductividad en al menos 3 escalones (60, 90 y 98 m aproximadamente).

- J14-02 y J13-01. En una dirección de flujo más intermedia en relación al anterior se localizan estos piezómetros (especialmente el segundo).

  J14-02 es un piezómetro con una profundidad inicial de 109 m, que en estos momentos está obstruido a la profundidad de 96,7 m, y el nivel piezométrico, aunque variable se localiza sobre los 90 m, con lo que apenas presenta 6 m de espesor saturado (de hecho, en el año 2017 el nivel se situó prácticamente en el fondo). Esto hace que este punto carezca de fiabilidad y por sus condiciones constructivas no pueda ser considerado como punto de control a largo plazo. La variación de conductividad es muy acusada y aparentemente se produce un aumento de conductividad muy brusco hacia los 93 m, aunque la proximidad al final del sondeo no permite confirmar que se trate de una evolución natural de la conductividad.

  J13-01 tiene una profundidad de 200 m, pero está obstruido a 147 m. En el único perfil de conductividad existente se detecta la presencia de varios tramos permeables con diferentes características hidrogeoquímicas hasta los 97 m de profundidad donde la conductividad es representativa de salmueras.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Teniendo en cuenta la posición de ambos sondeos y el más que probable deterioro de J14-02, así como la indeterminación que supone la medición de la conductividad en la parte más profunda del sondeo, se propone su eliminación de la red ya que su posición en la dirección del flujo es similar a la de J13-01, ambos atraviesan los mismos materiales y aparentemente no muestran una evolución discordante.

- JYP-14M. Fuente del Secretario. Se trata del abastecimiento de la localidad de Undués de Lerda. Además de estar ya incluido en la red propuesta por Geoalcali, forma parte de la red de zonas protegidas de la Confederación Hidrográfica del Ebro al tratarse de un abastecimiento de población.
- JYP-200. Mediante esta perforación se tendría un punto intermedio en la dirección del flujo, desde la zona de recarga a descarga, por lo que se propone su construcción en las inmediaciones de las coordenadas 648710, 4716557, emboquillando sobre la cota 500-510 m. Se trataría de un sondeo de unos 200 m de profundidad, construido con las mismas características y técnica que lo indicado para la red de control aguas abajo de las instalaciones, que permitiría completar espacialmente la visión hidrogeológica de la zona minera
- J14-10. Situado hacia la zona de descarga, este piezómetro tiene una profundidad de 204 m. En general las aguas presentan una salinidad importante (5.000 a 7.500 µS/cm), con zonas de mezcla a diferentes profundidades (hasta los 107 m en que se detiene el único perfil de conductividad existente) y con una variación en los niveles piezométricos bastante amortiguada en líneas generales.
- J13-06. Presenta una situación similar al anterior. Está obstruido a 73 m de profundidad por lo que constructivamente no es esperable una buena evolución. Presenta salinidades importantes (10.000 a 12.000 µS/cm) y se observan procesos de mezcla de aguas de diferentes características hidroquímicas. Se mantiene en la red al ser el piezómetro más cercano al río Aragón en la zona de la explotación minera.

Todos estos puntos de control situados en la mitad norte, son los de mayor profundidad al estar localizados en la zona de la explotación minera (estos sondeos tenían un objetivo inicial de investigación del recurso minero).

Los puntos de control situados en la mitad sur se corresponden sondeos realizados en la zona de rampas y los geotécnicos en relación con la zona de instalaciones. Las características de estos puntos son las siguientes:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- JYP-53M. Salinas de Undués. Se trata del manantial que da origen a las salinas de Undués y que representa necesariamente la existencia de flujo ascendentes, probablemente a favor de discontinuidades (fracturas, pliegues, etc). Corrobora la existencia de este tipo de flujos y es el origen de la existencia de aguas salinas en superficie (arroyo Solano).

- DH-R1-01 y DH-R2-01. Se trata de dos sondeos, el primero de 25 m de profundidad en las proximidades de la rampa Oeste y el segundo de una profundidad similar, situado unos 700 m al W. Piezométricamente presentan una evolución más o menos similar, con algo más de variabilidad el DH-R2-01. Ambos presentan conductividades similares, pero se descarta que permanezca en la red DH-R1-01 ya que el nivel habitualmente está sobre los 24,5 m de profundidad, es decir que tiene menos de 0,5 m de agua, lo que supone que las medidas piezométricas y los datos hidroquímicos tengan muy poca fiabilidad al estar en el fondo del sondeo. Se mantiene DH-R2-01, dado que ofrece mayores garantías en cuanto a los datos tomados.

- J16-01 y J16-04. Ambos sondeos se localizan respectivamente al oeste y al este la traza de las rampas. El sondeo J16-01, de 70 m de profundidad, presenta datos de difícil interpretación. La evolución de nivel desde el momento de su construcción en febrero de 2016 hasta junio de 2018 ha sido una, estando el nivel a pocos metros de la superficie o incluso surgente. A partir de este momento se observa un continuo descenso que se mantiene hasta la actualidad. En ese mismo momento se observó un cambio en la conductividad, pasando de conductividades en el entorno los 1.000-1.200 µS/cm a los 2.100 µS/cm, lo que sugiere que se ha podido producir un nuevo acceso de agua al sondeo. El sondeo está ranurado entre los 47 y los 66 m de profundidad. Su mantenimiento en la red dependerá de las posibilidades de interpretación de los datos que se vayan obteniendo.

  J16-04 es un sondeo de 87 m de profundidad que está equipado con dos sensores de cuerda vibrante a 31 y 71,5 m de profundidad, por lo que permite la obtención de datos piezométricos pero no la toma de muestras.

- S-18 y S-19. Se trata de dos sondeos de 12 m de profundidad. El sondeo S-18 no tiene registros hasta la actualidad, ni de niveles, ni de características químicas. Además, el nivel piezométrico puede situarse por debajo del fondo del sondeo y además cuando se detecta nivel siempre se encuentra muy cerca del límite por lo que las medidas son poco fiables. Por otra parte, está a 270 m de S-19 por lo que se elimina de la red.

  S-19, también de 12 m de profundidad, presenta una gran variabilidad en el nivel piezométrico, como todos los sondeos de la zona, pero en sus niveles más bajos permite el muestreo de aguas

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

(solamente hay registrada una medida en la que el nivel estaba bajo el fondo). Su conductividad varía entre los 1.000 y 2.100 µS/cm y es representativo de flujos más o menos superficiales. Su facies hidroquímica es bicarbonatada-sulfatada sódico-cálcica.

- S-7 y S-39. Se trata de dos sondeos realizados con los mismos objetivos que los anteriores.

  S-7 tiene una profundidad de 16 m aunque está obstruido a 15 m. Presenta un ligero aumento de conductividad hacia el final del sondeo aunque se mantiene bastante estable en el entorno de los 1.700-1.800 µS/cm. Su nivel oscila de la misma forma que S-19.

  S-39 tiene una profundidad algo mayor (25 m) y representa flujos algo más profundos, con una oscilación del nivel piezométrica similar aunque algo más amortiguada. La conductividad de sus aguas bastante superior a los anteriores, superando los 12.000 µS/cm en alguna ocasión. Su facies hidroquímica es sulfatada-clorurada sódico-cálcica, lo que denota que representa la existencia de flujos de mayor recorrido que han estado en contacto con los materiales salinos.

  Ambos sondeos se mantienen en la red, si bien como se ha comentado anteriormente su permanencia dependerá de la ejecución de las instalaciones ya que su posición hace que sea posible que tengan que ser eliminados. No obstante, en caso de ser necesaria su eliminación se sustituirían por los sondeos 1-13 y 1-9 del nivel 1 de los puntos de control previstos aguas abajo de las instalaciones.

- JYP-73-M pasará a estar captado, pero se sigue manteniendo en la red. Presenta conductividades bajas para la zona (1.200-1.500 µS/cm) y tiene un caudal muy escaso (0,3 l/s). Al igual que en los sondeos de esta zona la facies hidroquímica es sulfatada-bicarbonatada cálcico-sódica.

- Puntos de control de aguas superficiales

  El funcionamiento hidrogeológico del área de influencia de la Mina Muga pone de manifiesto que los ríos Aragón y Onsella son los cauces donde se produce el drenaje mayoritario de aguas subterráneas y superficiales. Una pequeña parte, fuera del ámbito minero y nunca en relación con los materiales salinos, podría drenar hacia el embalse de Yesa a favor de una divisoria de aguas superficiales/subterráneas en las proximidades del cabalgamiento de La Cardonera (ver zona norte en Figura).

  Así, las aguas subterráneas drenan mayoritariamente hacia los dos cursos antes citados, y ocasionalmente en época de aguas altas, especialmente en el sur, aguas abajo de la zona de instalaciones, podría llegar a producirse drenaje subterráneo en alguna zona o punto concreto del

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

sistema arroyo Solano/Salmacio. Esta afirmación será contrastada en campo cuando se ejecuten los sondeos de control previstos para la zona sur y se proceda a la monitorización de los arroyos, ya que no solo depende de cuestiones topográficas, sino también de cuestiones tales como la conductividad hidráulica del lecho de los cauces.

Hay que indicar además que nos encontramos en zona de regadío por lo que algunos de estos arroyos son desagües o drenajes de zonas de riego, cuyo funcionamiento se ve muy influenciado por los momentos de aplicación de las aguas de riego, lo que a su vez modifica el quimismo de las aguas que ya de por sí tienen una determinada impronta química derivada de los terrenos por donde circulan y en su caso de los aportes subterráneos.

El control de las aguas superficiales persigue detectar este tipo de cuestiones para lo cual es necesario controlar la calidad, y en algunos puntos la cantidad de las aguas que circulan naturalmente por estos cauces.

Asimismo, hay que indicar que, a excepción de los dos cursos de aguas principales y de los barrancos de Undués (Las Nogueras-El Molinar) y los arroyos Solano y Salmacio, los cauces de agua son intermitentes (y si son continuos con caudales realmente exiguos), por lo que su funcionamiento depende totalmente de las precipitaciones y de los retornos de riego (aguas altas) y del escaso caudal de base que pueden aportar algunas surgencias de aguas subterráneas en época de aguas bajas.

Esta situación pone de manifiesto que la variabilidad en el quimismo de los diferentes arroyos e incluso tramos de arroyo puede ser importante por lo que el grado de monitorización de las aguas superficiales debe adaptarse a esta situación, respondiendo además a lo establecido en la DIA que indica que "*se considera necesario incorporar a la red de control de aguas superficiales la instalación de conductímetros con lectura en continuo en los arroyos afectados por la explotación, en los puntos de desembocadura de mayor jerarquía, aguas abajo de la explotación".*

Atendiendo a estas cuestiones se analiza el diseño de la red de control de aguas superficiales propuesta en la DIA.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

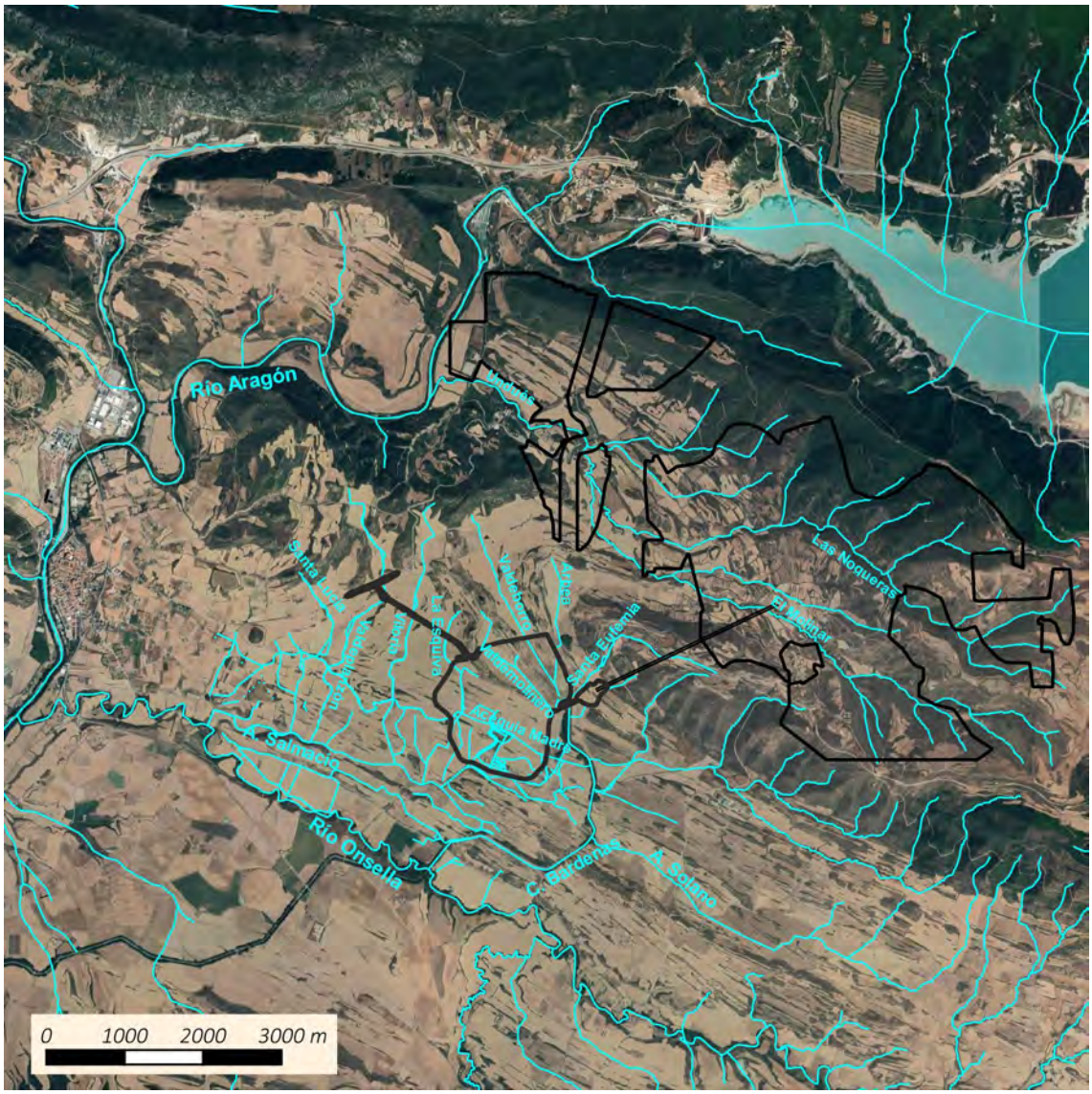


Figura 37. Ubicación principales cauces en zona de actuaciones

– JYP-16-C. Se trata de un punto de control propuesto fuera de la huella minera en el Barranco de Articazo, en el lado norte de la divisoria de aguas superficiales/subterráneas y por tanto, según el modelo hidrológico, la influencia de la actividad de la Mina Muga no es posible. Las aguas son de tipo bicarbonatado cálcico y de escasa mineralización.

  En época de aguas bajas su caudal de base es mayoritariamente debido al manantial JYP-77-M (Fernandillo), si bien es posible que a lo largo del cauce se experimente alguna ganancia adicional. Teniendo en cuenta que el objetivo es exclusivamente el control de la calidad de las aguas la coexistencia de ambos puntos de control en la red a largo plazo, será establecida tras el análisis

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

de una serie suficientemente representativa de datos, al objeto de comprobar en época de caudales de base, si existen diferencias en el quimismo. El interés de control en este punto es seguir confirmando el diferente quimismo de las aguas en esta zona.

En zona de planta, los puntos de control de aguas superficiales son los siguientes:

- JYP-68-C (Desagüe de la Esquiva aguas arriba). En este punto se controla la cantidad y calidad de las aguas de este punto aguas arriba de la zona de planta. Por regla general siempre está seco y cuando lleva agua el caudal es muy escaso, por lo que su utilidad es bastante reducida como punto de control, máxime teniendo en cuenta que está prevista la ejecución del sondeo 1-1 en las proximidades.

  Por otra parte, el Desagüe de La Esquiva se va a desviar por lo que en ningún momento pasará por el interior de las instalaciones.

  Por todo ello se propone eliminar su control ya que, además se controla aguas abajo en el punto JYP-59-C antes de su confluencia con el Arroyo Salmacio.

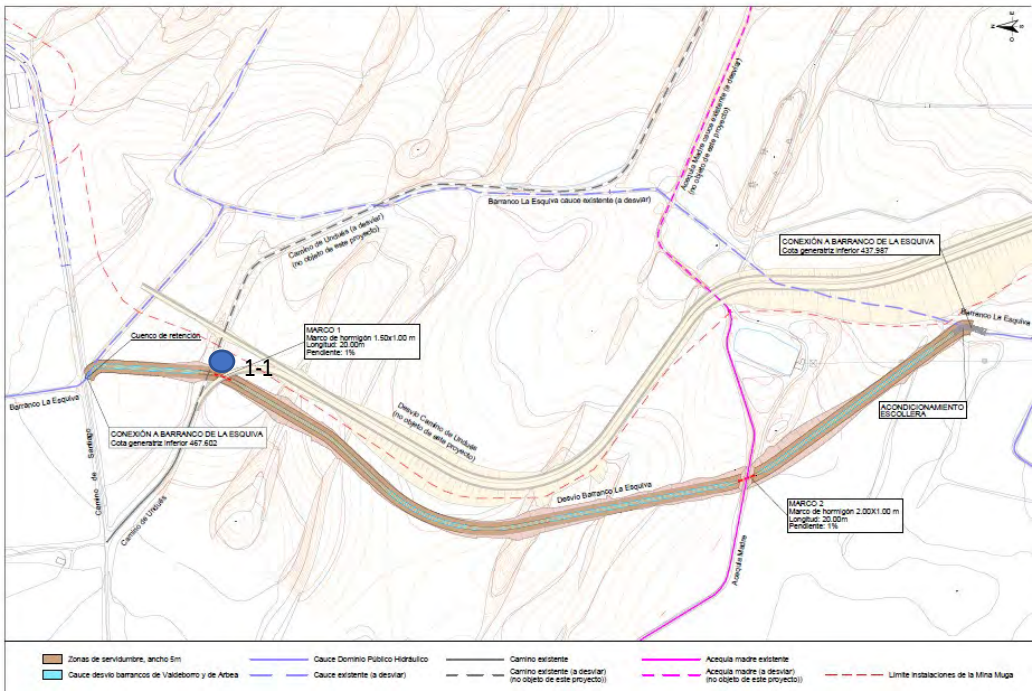


Figura 38. Desvío de la Esquiva fuera de las instalaciones de Mina Muga (la orientación del mapa es hacia el oeste)

- JYP-67a-C (Arroyo Valdemolinero aguas arriba). Igualmente se trata de un punto con un caudal muy reducido, aunque rara vez está seco, que sin embargo atraviesa toda la zona de planta, de

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

hecho es desviado desde su inicio, atraviesa todas las instalaciones para finalmente desembocar en el arroyo Valdeborro. Se desplazaría ligeramente en su posición al interior de las instalaciones.

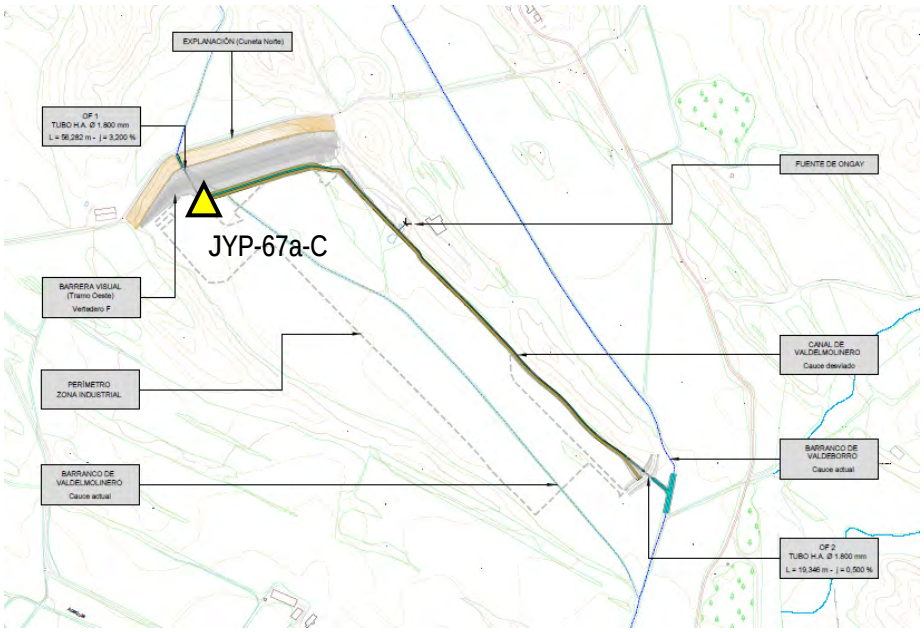


Figura 39. Desvío de Valdemolinero por el interior de las instalaciones de Mina Muga

A mitad de su trazado, incorpora el drenaje del manantial JYP-73 M, por lo que además de controlarse este manantial de forma individual, se realizará en su desembocadura, en un nuevo punto (JYP-100-C), cuyas coordenadas aproximadas serán 647210, 4713693.

– JYP-66-C (Arroyo Valdeborro aguas arriba). También se trata de un punto habitualmente seco, aunque en momentos de lluvias puede llevar un cierto caudal.

Igualmente se va a proceder a su desvío por el límite norte de las instalaciones y se desplaza ligeramente al interior de las instalaciones.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

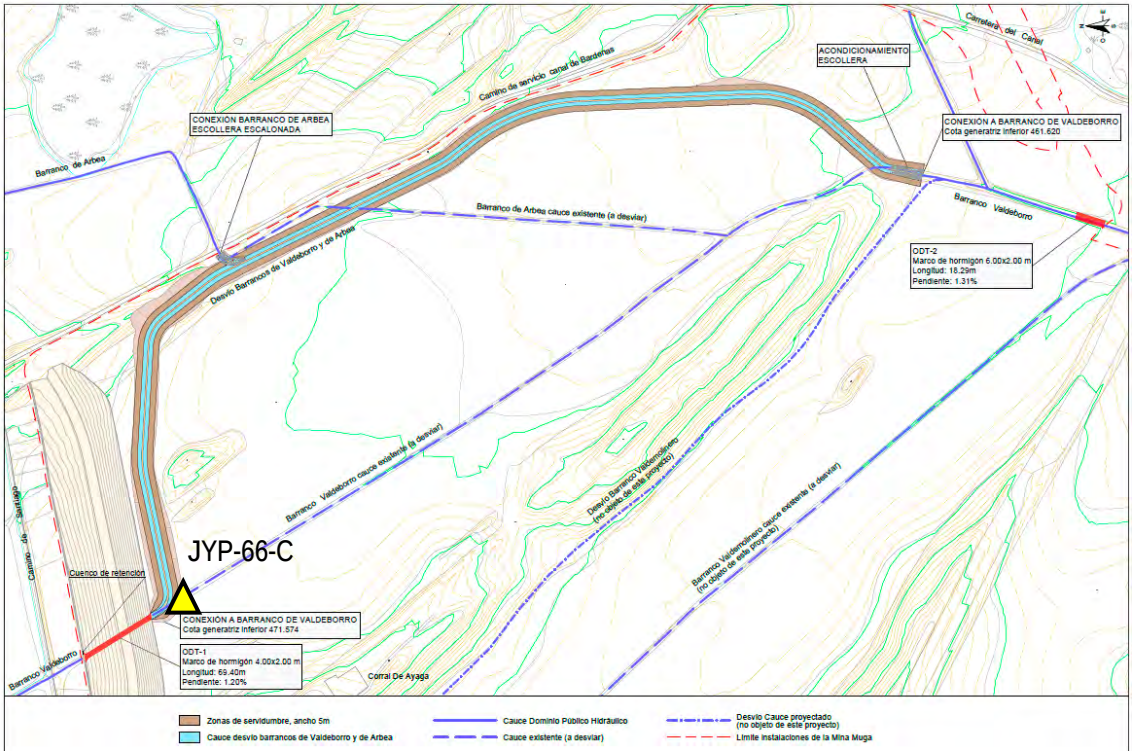


Figura 40. Desvío de Valdeborro por el límite norte de las instalaciones (la orientación del mapa es hacia el oeste)

En su trazado recibe las aguas del barranco de Arbea, cuyo control se propone en este mismo punto de conexión (JYP-70a-C) como punto adicional a los previstos. La totalidad de los caudales recogidos por Valdeborro-Arbea, antes de la confluencia del Barranco de Santa Eufemia se medirán en un nuevo punto (JYP-101-C), de coordenadas aproximadas 647220,4713718.

JYP-71c-C. Bco de Santa Eufemia. Se propone este nuevo punto prácticamente en su desembocadura con el Bco. Valdeborro manteniendo su nomenclatura inicial, en unas coordenadas aproximadas 647208,4713635. Aunque esta habitualmente seco, constituye una entrada de agua dentro de la huella de las instalaciones y bordea por el norte la zona de bocamina por lo que se procede a su control. Sustituiría al previsto en JYP-71a-C. Todos estos puntos de control, excepto La Esquiva, corresponden a flujos que confluyen en el arroyo Valdeborro y en su mayor parte discurren o son desviados por el norte de las instalaciones (zona de balsas de agua dulce y planta industrial). Las actuaciones constructivas en esa zona serán intensas por lo que la ubicación y características definitivas de los puntos de medida dependen del espacio existente y del desarrollo de los proyectos de desvío de cauces, implantación industrial, ubicación de puntos de vertido, etc. En este sentido son susceptibles de variación con objeto de que tengan la mayor representatividad posible.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

– JYP-60-C (Arroyo Valdeborro). Al arroyo Valdeborro se incorporarán los flujos procedentes de los vertidos previstos tanto en fase de construcción como de explotación (PV1 y PV2) por lo que se propone modificar la posición de este punto de control, aguas abajo de la confluencia de ambos puntos de vertido, con lo que se dará cumplimiento a lo establecido en el punto D.2.11 (pag. 66518), "*Respecto a los puntos de vertido, se realizarán al arroyo de Valdeborro. Se deberá continuar monitorizando el cauce cuantitativa y cualitativamente con el fin de contar con mayor cantidad de datos y aportar un estudio ampliado para la tramitación de la autorización de vertido*" con las frecuencias de medición indicadas en el punto E.2. de la DIA (página 66528).

Se propone su ubicación en un punto ubicado entre PV-1 y PV-2 (puntos de vertido en Valdeborro) y el actual punto de control, probablemente justo aguas abajo de ellos (647125, 4713382) ya que en esa zona se prevé un buen acceso a través de un camino de servicio para la construcción/inspección del terraplén a construir para el cruce del actual camino de servicio del canal sobre el vial y cintas entre bocamina y zona de planta. En tanto en cuanto no pueda realizarse el acondicionamiento definitivo del punto se continuará las mediciones en el punto original.



Figura 41. Situación puntos de vertido previstos y actual punto de control en Valdeborro[6]

[6] En la figura se observa la red hidrográfica sin desviar. Está previsto que el arroyo Valdemolinero que confluye actualmente aguas abajo de los puntos de vertido, sea desviado hacia el norte y confluya aguas arriba de los puntos de vertido)

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- JYP-75-C (Acequia). Este punto de control se corresponde con una acequia, y de hecho dispone de una compuerta que permite desviar aguas desde la Acequia Madre por ella. No obstante, los registros de conductividad indican que hay aportes de otras aguas. Aparentemente no se reconocen manantiales en esa zona, pero es factible que en algún punto pudiera producirse algún pequeño drenaje. Tampoco se ha establecido cual puede ser su comportamiento como drenaje artificial de aguas de riego por lo que en principio se mantendrá este punto como vía de aporte de aguas al arroyo Valdeborro (a ser posible antes de la confluencia), aunque su evolución química debe ser estudiada con más datos de los actualmente existentes.

- JYP-102-C (Fin Valdeborro). Finalmente, el arroyo Valdeborro confluye con el arroyo Solano por lo que para controlar la calidad final del primero se propone la medición en este punto de coordenadas aproximadas 646665,4712635.

- JYP-74-C (Arroyo Solano aguas arriba). Este punto constituye uno de los principales cauces que recogen las aguas en la zona sur del proyecto. Se trata de un curso de agua continuo, cuya principal aportación se localiza en las Salinas de Undués (JYP-53-M) lo que hace que la mineralización de sus aguas sea muy elevada en inicio y con una marca claramente clorurada. Posteriormente va disminuyendo su mineralización por los aportes de acequias y de las aguas procedentes de la cuenca del Valdeborro. Se propone incorporar un nuevo punto de control (JYP-103-C) hasta la confluencia con el Valdeborro, aproximadamente en las coordenadas 646663,4712630. Si la dilución entre estos puntos no fuera importante, podría eliminarse el punto JYP-74-C, aunque la variabilidad en este punto es bastante acusada. En este punto siempre se registra caudal de agua (aunque en algunos momentos sea totalmente mínimo).

- JYP-61-C (Arroyo Solano aguas abajo). El arroyo Solano desemboca en el Arroyo Salmacio de tal manera que se establece este punto de control antes de dicha confluencia. Hay que señalar que el arroyo Solano presenta una ganancia clara de caudal entre el anterior punto y este, ya que además de recibir los aportes de Valdeborro, que salvo momentos de lluvia son prácticamente inexistentes, este arroyo recibe las aguas de toda la zona de riego dominada por la Acequia Madre, bien sea a través de desagües de acequias, bien a través de retornos de riego, y está por determinar si se produce también drenaje de aguas subterráneas ya que la zona en cuestión es la de mayor proximidad del freático a superficie. Con la implantación de la Mina Muga, el riego de esta zona va a desaparecer por lo que habrá que observar la evolución tanto en cantidad como en calidad de las aguas del sistema Solano-Salmacio.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- JYP-59-C (La Esquiva aguas abajo). En este punto se controla el aporte del Desagüe de la Esquiva. En general se trata de un barranco de muy escasa aportación que solo aumenta su caudal en momentos de lluvia y que además va a ser desviado y canalizado en hormigón, desapareciendo igualmente una cierta zona de riego que podría proporcionarle caudal vía retornos. Se supone que su escaso caudal será mermado todavía más dado que, como su propio nombre indica, se trata de un desagüe. Permitirá comprobar si existe un cierto aporte de aguas subterráneas que por cota podría producirse en algún punto (según los pocos datos piezométricos de que se dispone).

- JYP-72-C (Arroyo Salmacio aguas arriba). Atendiendo a la jerarquización del drenaje superficial, este punto se trasladaría aguas arriba en el entorno de las coordenadas 645756,4712500 para obtener las características de las aguas de este arroyo antes de la confluencia del Solano.

- JYP-104-C (Arroyo Salmacio aguas abajo). En este punto se controlarán las aguas del arroyo Salmacio antes de su desembocadura en el río Onsella. Entre el anterior punto y éste, el Salmacio recibe las aguas del barranco Viloria, Valdeplanzón, y Santa Lucía fundamentalmente. No se tiene dato alguno del comportamiento hidráulico y la calidad de las aguas de estos barrancos que discurren todos al oeste de las instalaciones. En función de los datos que se obtengan en este punto se estudiará la necesidad de realizar mediciones adicionales en estos barrancos tributarios. Sus coordenadas aproximadas son 642788, 4713343.

- JYP-76-C. Río Onsella aguas arriba. En este punto de control se registra la calidad de las aguas del río Onsella aguas arriba de la zona de influencia por lo que se propone modificar su posición hasta un punto en las inmediaciones de las coordenadas 646883, 4710990.

- JYP-63-C. Río Onsella aguas abajo. Permitirá controlar las características físico-químicas de las aguas del río inmediatamente antes de la desembocadura del Salmacio. El caudal en el río se obtendrá a partir de los datos de la estación A073 con registros de caudal y nivel diarios desde 1.997.

- JYP-105-C y JYP-106-C. Río Aragón aguas arriba y abajo de Onsella. Inmediatamente aguas arriba del río Onsella y entre 800-1.000 m aguas abajo se controlará la calidad del río Aragón en sendos puntos de coordenadas aproximadas 640505,4713557 y 639734,4711993, respectivamente.

Además de estos puntos se consideran puntos adicionales de control que tienen unas características particulares:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- JYP-78-C y JYP-79-C. Canal de Bardenas aguas arriba y abajo. Se trata de dos puntos de control del agua procedente de Yesa para el riego aguas abajo. No hay una relación directa entre las aguas del Canal de Bardenas y la actividad de la Mina Muga. El Canal transcurre en túnel por la zona de explotación minera y sale al exterior unos 300 metros aguas abajo del cruce del vial y cintas entre la bocamina y la planta. Un aumento de salinidad en el canal por la actividad de la Mina Muga solo podría ser derivado de un incidente/accidente en la zona del vial/cintas, que sería un hecho totalmente puntual. Por lo tanto, se mantienen los dos puntos de control, aunque JYP-78-C (aguas arriba) se intentará aproximar a la entrada del túnel (647282, 4716662), , y se propone el traslado del punto JYP-79-C un poco más al sur para que el control se realice totalmente aguas abajo de las instalaciones de la zona industrial . Un posible emplazamiento sería en la entrada/salida del pequeño túnel al SE de las instalaciones (coordenadas aproximadas 647509, 4711757).

- PV1 y PV2 (puntos de vertido). Su ubicación se observa en la Figura .

  PV1 se corresponde con el punto de vertido de las aguas sanitarias (ARU) cuya EDAR ha sido diseñada para el vertido de un caudal de 26,24 m^3/día y que se mantendrá tanto en fase de construcción como de vertido.

  PV2, funcional solo en fase de construcción, es el punto de vertido de las aguas pluviales y de las de mantenimiento de la maquinaria en la zona de bocamina. En principio se trata de aguas dulces que serán tratadas mediante un separador de hidrocarburos y depósito de decantación. El caudal previsto es del orden de 34,28 m^3/día.

  Por otra parte, a PV2 también llegan las aguas dulces de vertido procedentes del achique minero y las procedentes de los retornos de la perforación. Estas aguas serán tratadas mediante un clarificador y se llevarán a vertido en PV2. El caudal máximo previsto una vez finalizadas las rampas es de unos 138,8 m^3/día.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

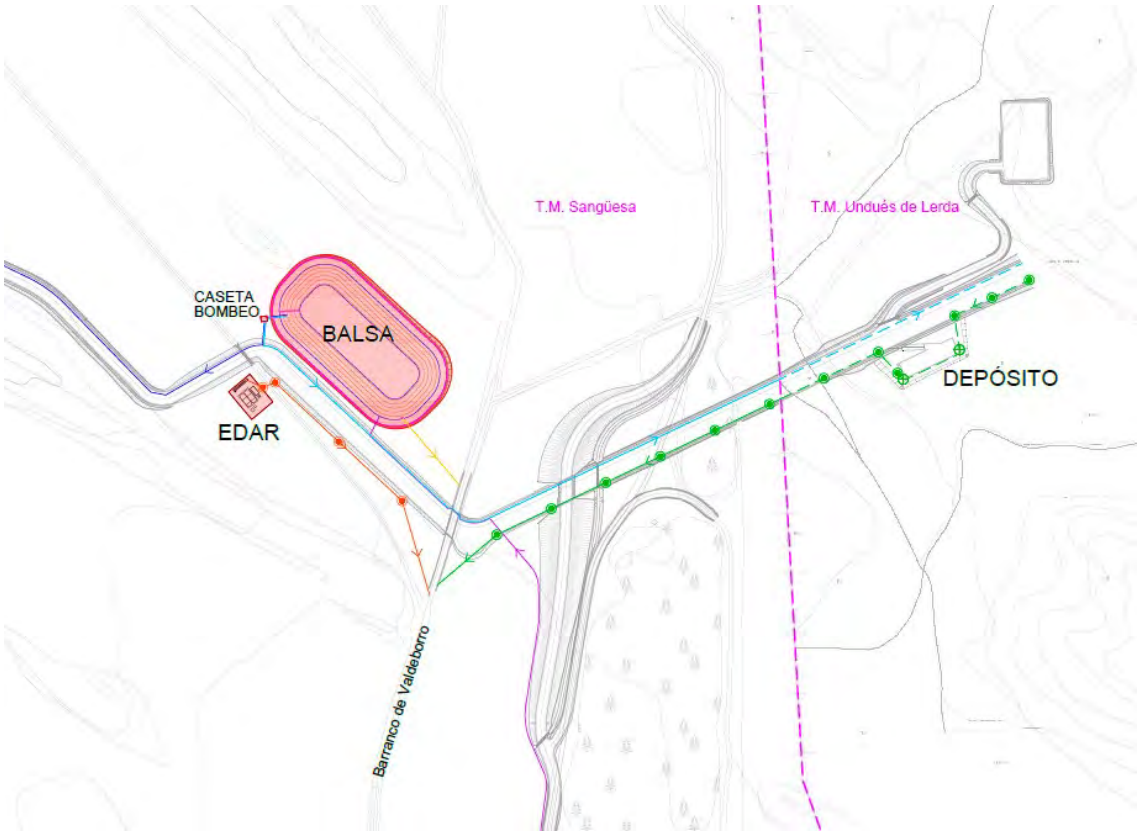


Figura 42. Flujos de vertido procedentes de la EDAR y de la zona de bocamina (rojo y verde)

En el caso de que las aguas de bocamina, tanto pluviales como procedentes de rampa puedan estar salinizadas, se llevarán a balsas de evaporación en el interior de la instalación, evitando su vertido al arroyo Valdeborro. Para todo el tema de umbrales de vertido se estará a lo indicado en páginas anteriores, si bien al tratarse de un vertido será la Confederación Hidrográfica quien finalmente indique cuáles serán los umbrales a aplicar.

La existencia de estos dos puntos de vertido con 3 flujos diferenciados implica que existan 3 puntos de control que permitan la medición de los caudales de vertido y el control de las características químicas de las aguas, así como la toma de muestras. Teniendo en cuenta que el vertido de las aguas se llevará entubado desde los dispositivos de depuración existentes hasta el Bco. Valdeborro, se propone el control de estos parámetros en las inmediaciones de cada una de las 3 instalaciones (salvo que la Confederación Hidrográfica del Ebro indique lo contrario) mediante arquetas de control y medición de parámetros “in situ”.

Adicionalmente en los puntos de control de los dos flujos de vertido de bocamina se instalarán sendos conductivímetros en continuo que permitan discriminar flujos de agua dulce que son susceptible de vertido

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

en fase de construcción o salinos que serán enviados a balsas de almacenamiento. El valor de corte será el establecido por la Administración competente.

4.2.2 Puntos de control adicionales

Por lo que se refiere a los puntos de captación que forman parte del Registro de Zonas Protegidas para abastecimiento, el único punto existente en la zona es JYP-14-M Fuente del Secretario que constituye el abastecimiento de Undués de Lerda y que ya fue incluido en la red preoperacional y se mantiene en la red de control del medio hídrico.

El resto de los abastecimientos de la zona se realizan a partir del Canal de Bardenas (Sangüesa, Javier), o bien están lejanos (zona sureste en margen izquierda Onsella), por lo que no se incluyen en el control.



Figura 43. Zonas de protección de abastecimiento

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Se incorporarán a la red de control los datos de los puntos de las redes de control (referencia, vigilancia y operativa) que la Confederación Hidrográfica del Ebro mantiene en la zona.

  Al respecto hay que señalar que en relación a las aguas subterráneas no existen puntos de control del estado cuantitativo, ni de control químico (básica, nitratos, plaguicidas, zonas protegidas).

  Con respecto a las aguas superficiales, en esta zona se controlan los siguientes puntos:

  - Río Onsella en Sangüesa (1309-BIO y FQ), perteneciente a la red operativa y de vigilancia
  - Río Aragón en Yesa (0101-BIO y FQ). Control de vigilancia
  - Río Aragón en Caseda (0205-BIO y FQ)
  - Embalse de Yesa (E4037). Control de vigilancia
  - Canal de Bardenas en Yesa (E407). Estación de aforo
  - Río Aragón a pie de presa de Yesa (A101). Estación de aforo
  - Río Onsella en Sangüesa (A073). Estación de aforo.

- Se prevé la incorporación de nuevos sondeos a la red de control para la validación de las condiciones de la modelización hidrogeológica realizada, así como para controlar la zona del cono de depresión inducido por las rampas de acceso.

  Para este último objetivo se incorpora el sondeo SH-01 Ya construido para el análisis del comportamiento del acuífero frente a la construcción de las rampas. Sus coordenadas son

  Por otra parte está prevista la construcción de un sondeo (JYP-200) en zona intermedia de flujo (648710, 4716557). Los sondeos a realizar en la zona sur, hasta un total de 27 permitirán definir en mayor medida las condiciones de contorno en zona de descarga y por tanto refinar la modelización hidrogeológica de la zona de estudio.

  En lo referente a la zona de descarga al embalse de Yesa, como ya se ha indicado hay indicios geológicos e hidrogeológicos que ponen de manifiesto la desconexión hidrogeológica existente. La estructura más importante que permite la desconexión a nivel de yacimiento es la Falla de La Cardonera, que con un rumbo general WNW-ESE y un salto vertical deducido superior a los 310 m supone un límite drástico en la extensión del yacimiento hacia el Norte. El bloque septentrional, donde se asienta el embalse de Yesa está constituido por una secuencia margosa y areniscosa

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

donde predominan las Margas de Pamplona, que constituyen el substrato de la formación evaporítica en el bloque meridional. Esta disposición estructural hace que los flujos desde las formaciones evaporíticas (o zonas próximas a ellas), atravesando la falla de La Cardonera, en dirección norte sean inviables (se han atribuido valores de $1 \cdot 10^{-7}$ m/s (0,009 m/día) a las Margas de Pamplona.

Por otra parte teniendo en cuenta la escasa permeabilidad de los materiales margosos y areniscosos que conforman la zona y la orografía de la zona, se establece una divisoria de aguas superficiales/subterráneas entre el embalse de Yesa y los arroyos de Las Nogueras y el Molinar, de tal manera que los flujos de agua superficiales y subterráneos, en el lado sur de la divisoria, donde se desarrolla la explotación minera y se encuentran las instalaciones, es en dirección a los río Aragón y Onsella.

Toda esta situación hidrogeológica ha sido modelizada, incluyendo el posible drenaje que ejercerían las rampas en su construcción, comprobándose que la divisoria de aguas no sufre modificación alguna y por tanto no hay trasvase de flujos hacia Yesa.

Por tanto no se prevé la ejecución de una perforación en esta zona, teniendo en cuenta además que existen elementos de control ya incluidos en la red en esta vertiente hacia Yesa (JYP-16-C, JYP-77-M)

- Finalmente se indica la necesidad de realizar un seguimiento de la zona no saturada en lo que a contenido de agua y calidad se refiere. En principio se opta por una solución “sencilla” mediante la instalación de lisímetros/cápsulas de succión (ya que lo que interesa es obtener muestra del agua que alcanza el suelo, especialmente la gravífica) a una profundidad del orden de 90 cm que puede combinarse en otros puntos con medidas de conductividad y humedad del suelo. Este tipo de determinaciones en medio no saturado requiere de una investigación y experimentación para asegurar el correcto funcionamiento de los instrumentos de medidas y que los datos que ofrecen sean representativos de lo que se pretende medir.

  En principio se propone la instalación de varias unidades de estos sistemas para comprobar cual o cuales de todos se adaptan mejor a las necesidades de control establecidas, la representatividad de los datos, las posibilidades de instalación, es decir se pretende iniciar un “periodo de experimentación” al objeto de comprobar las posibilidades reales de medición y en caso de resultar positivos se procedería a su instalación en una red controlada.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Todos estos puntos permitirán la medida de parámetros físico-químicos o caudal o toma de muestras o la medición de los 3 aspectos a la vez, cuestión que se detallará en el Programa de Vigilancia Ambiental.

En la siguiente tabla se muestra el resumen total de los puntos que formarán parte de la red de control del medio hídrico de la Mina Muga.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

	Punto de control	Coor X	Coor Y	Tipo	Denominación	Estado
Sondeos con datos históricos	J13-01	651037,4	4715316,8	Sondeo	Sondeo zona minera	Datos red preoperacional
	J13-06	646434,9	4717937,1	Sondeo	Sondeo zona minera	Datos red preoperacional
	J14-04B	652606,2	4713965,9	Sondeo	Sondeo exterior zona minera	Datos red preoperacional
	J14-10	646608,2	4716418,1	Sondeo	Sondeo zona minera	Datos red preoperacional
	DH-R2-01	648113,6	4714676,4	Sondeo	Sondeo zona minera	Datos red preoperacional
	J16-01	647812,8	4713988,3	Sondeo	Sondeo zona minera	Datos red preoperacional
	J16-04	648005,1	4713906,7	Sondeo	Sondeo zona minera	Datos red preoperacional
	S-7	647091,0	4713591,0	Sondeo	Sondeo geotécnico	Datos red preoperacional
	S-19	646550,0	4714896,0	Sondeo	Sondeo geotécnico	Datos red preoperacional
	S-39	646273,0	4712858,0	Sondeo	Sondeo geotécnico	Datos red preoperacional
	SH-01	649801,0	4714994,0	Sondeo	Sondeo rampa	Datos red preoperacional
Nuevo sondeo zona norte	JYP-200	648710,0	4716557,0	Sondeo	Sondeo zona minera	Pendiente construcción
Manantiales con datos históricos	JYP-14-M	651549,1	4713900,2	Manantial	Fuente del Secretario	Datos red preoperacional
	JYP-53-M	649388,2	4713265,1	Manantial	Salinas romanas de Undués	Datos red preoperacional
	JYP-73-M	646693,0	4714206,4	Manantial	Manantial Valdemolinero o Corral de Ayaga	Datos red preoperacional
	JYP-77-M	653394,0	4715895,0	Manantial	Manantial Fernandillo	Datos red preoperacional
Puntos control en cauces	JYP-59-C	645512,0	4712619,0	Cauce	La Esquiva aguas abajo	Datos red preoperacional
	JYP-66-C	646823,0	4714366,0	Cauce	Valdeborro aguas arriba	Datos red preoperacional
	JYP-67a-C	646276,0	4714253,0	Cauce	Valdemolinero aguas arriba	Datos red preoperacional
	JYP-70a-C	647164,0	4714317,0	Cauce	Arbea aguas abajo	Datos red preoperacional
	JYP-60-C	647125,0	4713382,0	Cauce	Valdeborro tras puntos de vertido	Datos red preoperacional
	JYP-74-C	647365,0	4712548,0	Cauce	Solano aguas arriba	Datos red preoperacional
	JYP-61-C	645825,0	4712587,0	Cauce	Solano aguas abajo antes de Salmacio	Datos red preoperacional
	JYP-75-C	647197,0	4712780,0	Cauce	Acequia antes de Valdeborro	Datos red preoperacional
	JYP-16-C	653259,0	4716183,0	Cauce	Bco. Artizaco. Vertiente Yesa	Datos red preoperacional
	JYP-63-C	642752,0	4713260,0	Cauce	Onsella aguas abajo antes de Salmacio	Datos red preoperacional
	JYP-78-C	647282,0	4717662,0	Canal	Canal de Bardenas aguas arriba	Datos red preoperacional
	JYP-79-C	647509,0	4711757,0	Canal	Canal de Bardenas aguas abajo	Datos red preoperacional
Nuevos puntos control en cauces	JYP-71c-C	647208,0	4713635,0	Cauce	Santa Eufemia aguas abajo	Pendiente inicio medidas
	JYP-72-C	645756,0	4712500,0	Cauce	Salmacio aguas arriba	Pendiente inicio medidas
	JYP-76-C	646883,0	4713343,0	Cauce	Onsella aguas arriba	Pendiente inicio medidas
	JYP-100-C	647210,0	4713693,0	Cauce	Valdemolinero aguas abajo	Pendiente construcción/inicio medidas
	JYP-101-C	647220,0	4713718,0	Cauce	Valdeborro antes de Santa Eufemia	Pendiente construcción/inicio medidas
	JYP-102-C	646665,0	4712635,0	Cauce	Valdeborro final	Pendiente construcción/inicio medidas
	JYP-103-C	646663,0	4712630,0	Cauce	Solano aguas abajo antes de Valdeborro	Pendiente construcción/inicio medidas
	JYP-104-C	642788,0	4713343,0	Cauce	Salmacio aguas abajo antes del Onsella	Pendiente construcción/inicio medidas
	JYP-105-C	640505,0	4713557,0	Cauce	Río Aragón aguas arriba Onsella	Pendiente construcción/inicio medidas
	JYP-106-C	639699,0	4712006,0	Cauce	Río Aragón aguas abajo Onsella	Pendiente construcción/inicio medidas
Puntos vertido	PV-1	647156,7	4713493,0	Punto vertido	Aguas sanitarias	Medidas en punto control CHE (1 punto control)

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020
Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

	Punto de control	Coor X	Coor Y	Tipo	Denominación	Estado
	PV-2	647157,7	4713493,9	Punto vertido	Pluviales y rampas	Medidas en punto control CHE (2 puntos control)
Nuevos sondeos Nivel 1	S.1-1	645826,4	4714062,3	Sondeo	Sondeos control Nivel 1	Pendiente construcción
	S.1-2	645718,8	4713872,8	Sondeo	Sondeos control Nivel 1	Pendiente construcción
	S.1-3	645623,7	4713707,6	Sondeo	Sondeos control Nivel 1	Pendiente construcción
	S.1-4	645743,9	4713474,3	Sondeo	Sondeos control Nivel 1	Pendiente construcción
	S.1-5	645827,5	4713257,6	Sondeo	Sondeos control Nivel 1	Pendiente construcción
	S.1-6	645839,8	4713092,8	Sondeo	Sondeos control Nivel 1	Pendiente construcción
	S.1-7	645922,9	4712912,5	Sondeo	Sondeos control Nivel 1	Pendiente construcción
	S.1-8	646078,0	4712826,3	Sondeo	Sondeos control Nivel 1	Pendiente construcción
	S.1-9	646311,6	4712727,3	Sondeo	Sondeos control Nivel 1	Pendiente construcción
	S.1-10	646603,7	4712655,6	Sondeo	Sondeos control Nivel 1	Pendiente construcción
	S.1-11	646890,1	4712648,7	Sondeo	Sondeos control Nivel 1	Pendiente construcción
	S.1-12	647095,0	4713005,4	Sondeo	Sondeos control Nivel 1	Pendiente construcción
	S.1-13	647154,9	4713469,7	Sondeo	Sondeos control Nivel 1	Pendiente construcción
	S.1-14	647600,9	4713549,7	Sondeo	Sondeos control Nivel 1	Pendiente construcción
Nuevos sondeos Nivel 2	S.2-1	644994,1	4714110,8	Sondeo	Sondeos control Nivel 2	Pendiente construcción
	S.2-2	645121,9	4713625,5	Sondeo	Sondeos control Nivel 2	Pendiente construcción
	S.2-3	645061,2	4713435,0	Sondeo	Sondeos control Nivel 2	Pendiente construcción
	S.2-4	645287,2	4713047,2	Sondeo	Sondeos control Nivel 2	Pendiente construcción
	S.2-5	645773,3	4712602,4	Sondeo	Sondeos control Nivel 2	Pendiente construcción
	S.2-6	646281,2	4712508,1	Sondeo	Sondeos control Nivel 2	Pendiente construcción
	S.2-7	646665,9	4711972,6	Sondeo	Sondeos control Nivel 2	Pendiente construcción
Nuevos sondeos Nivel 3	S.3-1	643639,7	4714371,8	Sondeo	Sondeos control Nivel 3	Pendiente construcción
	S.3-2	643076,4	4714116,8	Sondeo	Sondeos control Nivel 4	Pendiente construcción
	S.3-3	642827,8	4713215,9	Sondeo	Sondeos control Nivel 5	Pendiente construcción
	S.3-4	644167,0	4712670,9	Sondeo	Sondeos control Nivel 6	Pendiente construcción
	S.3-5	645743,4	4711598,7	Sondeo	Sondeos control Nivel 7	Pendiente construcción
Nuevo sondeo Nivel 4	S.4-1	642456,6	4713142,0	Sondeo	Sondeos control Nivel 4	Pendiente construcción
Medio no saturado	Puntos medio no saturado			Lisímetros/Cond	Varios puntos	Investigación
Datos Confederación Hidrográfica del Ebro	1309-BIO y FQ	641087,0	4713592,0	Cauce	Río Onsella en Sangüesa	Datos calidad química CHE
	0101-FQ	646732,0	4719742,0	Cauce	Río Aragón en Yesa	Datos calidad química CHE
	0205-FQ	634308,0	4709416,0	Cauce	Río Aragón en Caseda	Datos calidad química CHE
	E4037	656292,0	4718764,0	Embalse	Embalse de Yesa	Datos calidad química CHE
	E407 (aforo)	647838,0	4718939,0	Canal	Canal de Bardenas en Embalse de Yesa	Datos nivel y caudal CHE
	A101 (aforo)	646828,0	4719928,0	Cauce	Aragón a pie de presa de Yesa	Datos nivel y caudal CHE
	A073 (aforo)	643344,0	4712744,0	Cauce	Río Onsella en Sangüesa	Datos nivel y caudal CHE

Tabla 7. Propuesta red de control del medio hídrico

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020
Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

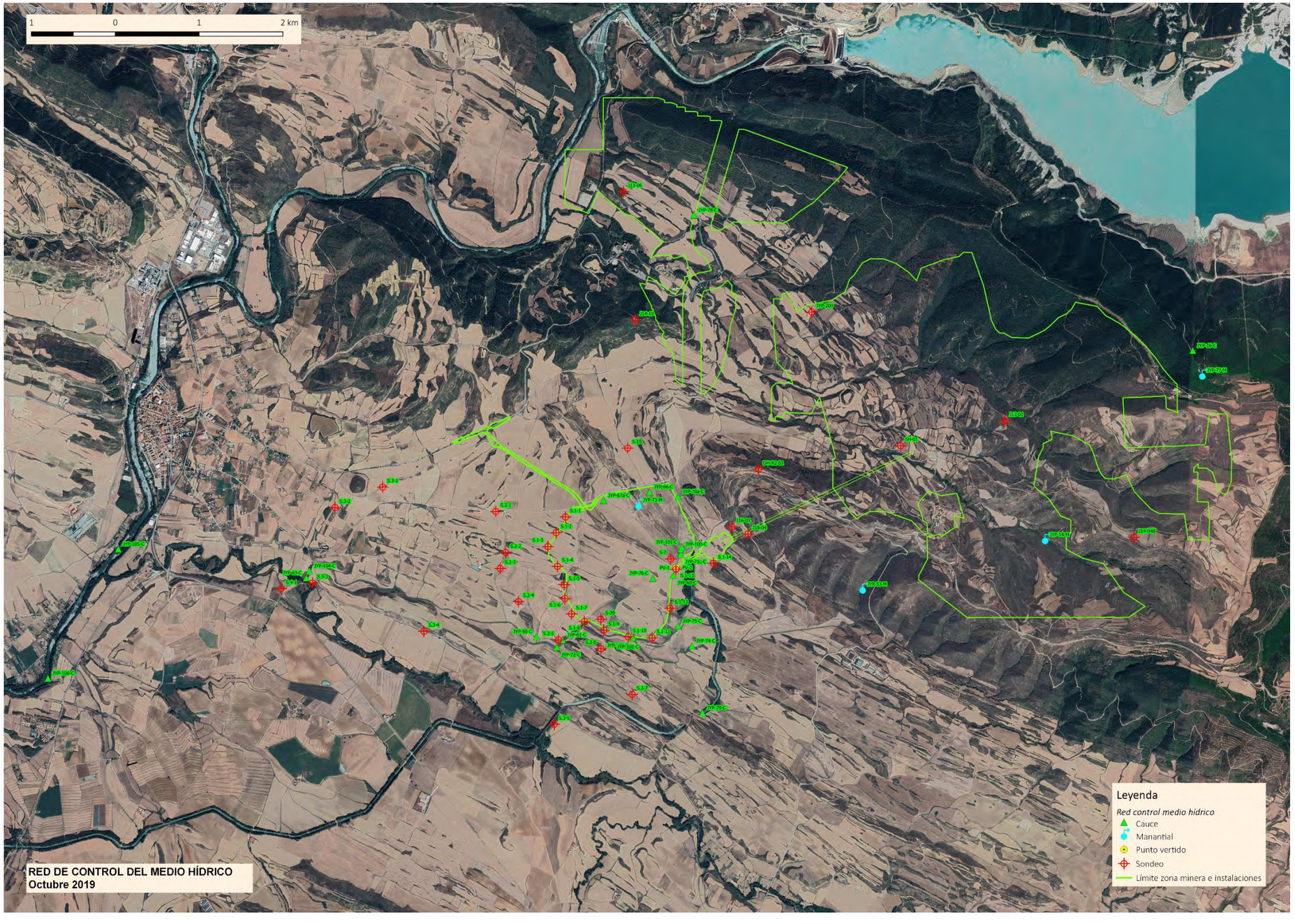


Figura 44. Distribución de la red de control del medio hídrico

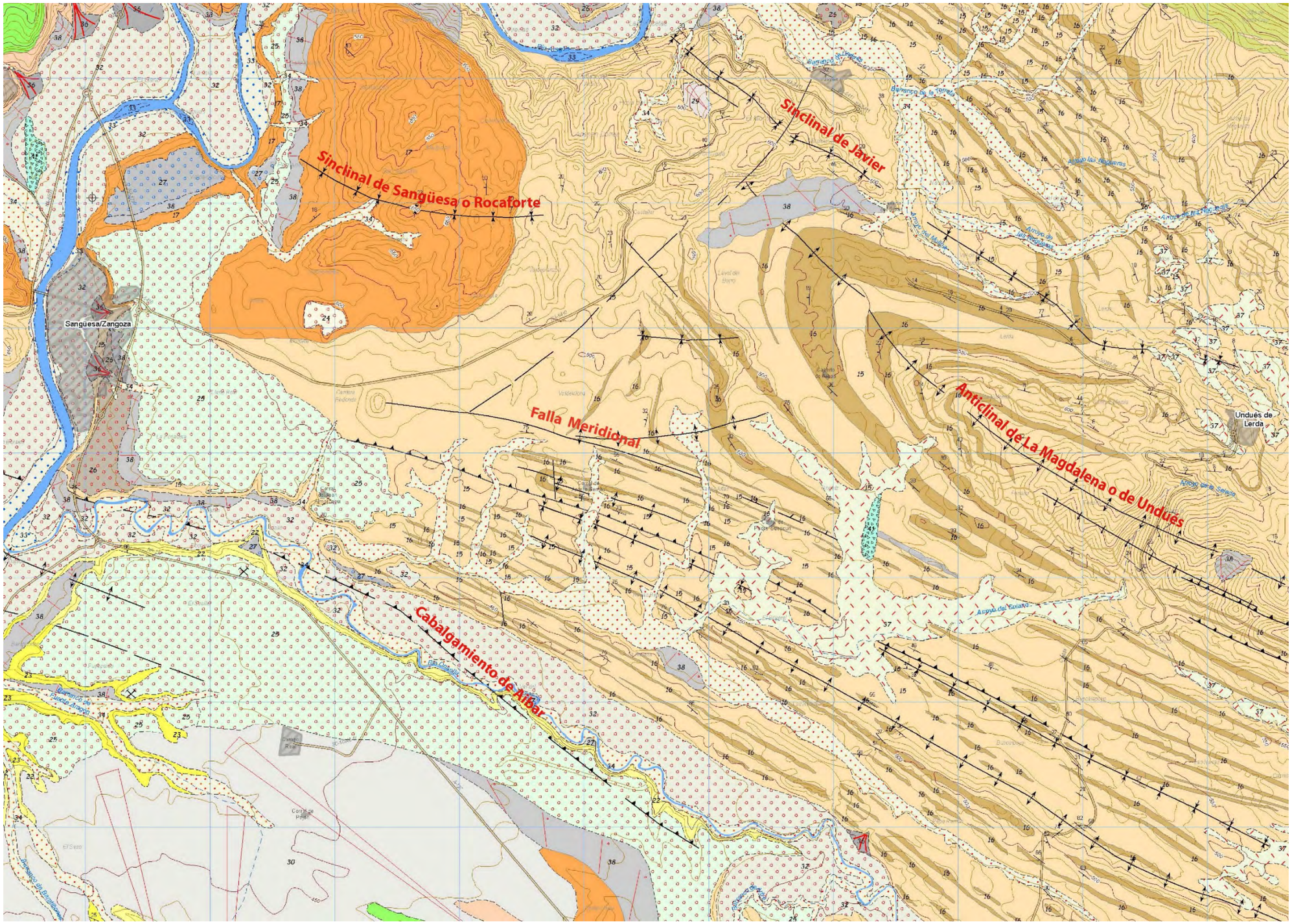
Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

Anejo 1: MAPA GEOLÓGICO

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020



Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

Geoalcali
a Highfield Resources Company
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

ANEXO 03 TABLA DE PUNTOS DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES

Geoalcali
a Highfield Resources Company

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Programa de Vigilancia Ambiental

Proyecto Mina Muga (Navarra y Aragón)

Anexo 3 TABLA DE PUNTOS DE RED DE CONTROL DE AGUAS

Febrero de 2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

eshyg

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

	Punto de control	Denominación	MEDIDAS PUNTO CONTROL				DETERMINACIONES FÍSICO-QUÍMICAS "*IN SITU*"						ANALÍTICAS LABORATORIO			
			Nivel piezométrico		Caudal		Conductividad/Temperatura		pH/Oxígeno disuelto/ORP		Perfil conductividad		Iones fundamentales	Metales	Otros	Específicos vertido
			Fase Const	Fase Opera	Fase Const	Fase Opera	Fase Const	Fase Opera	Fase Const	Fase Opera	Fase Const	Fase Opera				
Sondeos con datos históricos	J13-01	Sondeo zona minera	Continuo	Continuo			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	J13-06	Sondeo zona minera	Continuo	Continuo			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	J14-04B	Sondeo exterior zona minera	Continuo	Continuo			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	J14-10	Sondeo zona minera	Continuo	Continuo			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	DH-R2-01	Sondeo zona minera	Mensual	Mensual			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	J16-01	Sondeo zona minera	Mensual	Mensual			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	J16-04	Sondeo zona minera	Continuo	Continuo			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S-7	Sondeo zona industrial	Mensual	Mensual			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S-19	Sondeo zona industrial	Mensual	Continuo			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S-39	Sondeo zona industrial	Mensual	Mensual			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	SH-01	Sondeo rampa	Mensual	Continuo			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
Nuevo sondeo zona norte	JYP-200	Sondeo zona minera	Mensual	Mensual			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral		Trimestral	Trimestral	Trimestral		
Manantiales con datos históricos	JYP-14-M	Fuente del Secretario			Trimestral	Mensual	Mensual	Mensual	Mensual	Mensual			Trimestral	Trimestral		
	JYP-53-M	Salinas romanas de Undués			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-73-M	Manantial Valdemolinero o Corral de Ayaga			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-77-M	Manantial Fernandillo			Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral			Trimestral	Trimestral		
Puntos control en cauces	JYP-59-C	La Esquiva aguas abajo			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-66-C	Valdeborro aguas arriba			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-67a-C	Valdemolinero aguas arriba			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-70a-C	Arbea aguas abajo			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-60-C	Valdeborro tras puntos de vertido			Continuo	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-74-C	Solano aguas arriba			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-61-C	Solano aguas abajo antes de Salmacio			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-75-C	Acequia antes de Valdeborro			Trimestral	Trimestral	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-16-C	Bco. Artizaco. Vertiente Yesa			Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-63-C	Onsella aguas abajo antes de Salmacio					Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-78-C	Canal de Bardenas aguas arriba					Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-79-C	Canal de Bardenas aguas abajo					Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
Nuevos puntos control en cauces	JYP-71c-C	Santa Eufemia aguas abajo			Trimestral	Continuo	Mensual	Semestral	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-72-C	Salmacio aguas arriba			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-76-C	Onsella aguas arriba			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-100-C	Valdemolinero aguas abajo			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-101-C	Valdeborro antes de Santa Eufemia			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-102-C	Valdeborro final			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-103-C	Solano aguas abajo antes de Valdeborro			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-104-C	Salmacio aguas abajo antes del Onsella			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-105-C	Río Aragón aguas arriba Onsella						Semestral		Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-106-C	Río Aragón aguas abajo Onsella						Semestral		Semestral			Trimestral	Trimestral		
Puntos vertido	PV-1	Aguas sanitarias			Continuo	Continuo	CHE	CHE	CHE	CHE						CHE
	PV-2	Pluviales y rampas (solo en construcción)			Continuo		Continuo		CHE							CHE
Nuevos sondeos Nivel 1	S.1-1	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-2	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-3	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-4	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-5	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-6	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-7	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-8	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-9	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-10	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-11	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-12	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-13	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-14	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
Nuevos sondeos Nivel 2	S.2-1	Sondeos control Nivel 2	Mensual	Mensual					Semestral	Semens	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.2-2	Sondeos control Nivel 2	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.2-3	Sondeos control Nivel 2	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.2-4	Sondeos control Nivel 2	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.2-5	Sondeos control Nivel 2	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.2-6	Sondeos control Nivel 2	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.2-7	Sondeos control Nivel 2	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
Nuevos sondeos Nivel 3	S.3-1	Sondeos control Nivel 3	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.3-2	Sondeos control Nivel 4	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.3-3	Sondeos control Nivel 5	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.3-4	Sondeos control Nivel 6	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.3-5	Sondeos control Nivel 7	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
Nuevo sondeo Nivel 4	S.4-1	Sondeos control Nivel 4	Mensual	Mensual							Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
Datos Confederación Hidrográfica del Ebro	1309-BIO y FQ	Río Onsella en Sangüesa	Recopilación y análisis de datos procedentes de la CHE													
	0101-FQ	Río Aragón en Yesa	Recopilación y análisis de datos procedentes de la CHE													
	0205-FQ	Río Aragón en Caseda	Recopilación y análisis de datos procedentes de la CHE													
	E4037	Embalse de Yesa	Recopilación y análisis de datos procedentes de la CHE													
	E407 (aforo)	Canal de Bardenas en Embalse de Yesa	Recopilación y análisis de datos procedentes de la CHE													
	A101 (aforo)	Aragón a pie de presa de Yesa	Recopilación y análisis de datos procedentes de la CHE													
	A073 (aforo)	Río Onsella en Sangüesa	Recopilación y análisis de datos procedentes de la CHE													

Trimestral (1): Si existen variaciones de conductividad en profundidad

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

Geoalcali
a Highfield Resources Company

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

ANEXO 04 LISTADO DE FOCOS FIJOS DE EMISIÓN

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Programa de Vigilancia Ambiental

Proyecto Mina Muga (Navarra y Aragón)

ANEXO 4 LISTADO DE FOCOS FIJOS

Febrero de 2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

MINA MUGA - LISTADO DE FOCOS FIJOS

nº Foco	I.D.	PROCESO/ ORIGEN	EDIFICIO	TIPO DE EMISIÓN	SISTEMA DE DEPURACIÓN	CAPCA- 2010		Altura (m)	Diametro (m)	CAUDAL (m3/h)
1	F1-TSa	Trituración en seco o primaria	Flotación	Partículas	Ciclonado + Captador de polvo (scrubber)	B	.04061750	41,1	0,8	25.000
2	F1-TSb					B	.04061750	41,1	0,8	25.000
3	F2-SC	Enfriamiento de concentrado (MOP)	Secado, compactado y glazing	Partículas	Captador de polvo (Filtro de mangas)	B	.04061750	42	1,5	12.018
4	F3-SCa	Secado de concentrado (MOP) y Precalentamiento para compactación (GMOP)		Gases y partículas	Ciclonado + captador de polvo (Lavador venturi)	B	.03032635	42	1,7	67.500
5	F3-SCb					B	.03032635	42	1,7	67.500
6	F4-COMPa	Captación de polvo en secado, precalentamiento, enfriado y compactado (MOP-GMOP)		Partículas	Captador de polvo (Filtro de mangas)	B	.03032635	42	1,4	65.000
7	F4-COMPb					B	.03032635	42	1,4	65.000
8	F5-GLZa	Recalentamiento y enfriamiento de producto (GMOP)		Gases y partículas	Ciclonado + Filtro de mangas	C	.03032636	42	1,7	68.026
9	F5-GLZb					C	.03032636	42	1,7	68.026
10	F6-GMOP	Transferencia entre Edificio de Secado, Compactado, Glazing y Almacén GMOP (GMOP)	GMOP	Partículas	Captador de polvo (Filtro de mangas)	B	.04061750	28,9 m	0,8	7.000
11	F7-CRIB	Edificio de cribado (GMOP)	GMOP	Partículas	Captador de polvo (Filtro de mangas)	B	.04061750	25,5 m	0,8	15.000
12	F13-CARG	Carga camiones	GMOP	Partículas	Captador de polvo (Filtro de mangas)	B	.04061750	25,5 m	0,8	15.000
13	F8-ACS	Gases de combustión de caldera de calefacción y ACS	Edificio central	Gases	-	.-	.-	11 m	0,5	1.532
14	F9-SALc	Secado de concentrado (NaCl)	Área de proceso	Gases y partículas	Captador de polvo (Filtro de mangas)	B	.03032635	42 m	1,7	58.000
15	F10-ELEC	Grupo bomba diésel para protección contra incendios	Área de proceso	Gases	-	.-	.-	-	-	<100
16	F11-CALa	Gases de combustión de caldera de cristalizador de KCl	Área de proceso, planta cristalización KCl	Gases	Captador de polvo (Filtro de mangas)	-	-	42 m	1,5	7.518,93
17	F11-CALb					-	-	42 m	1,5	7.518,93
18	F12-SALa	Secado de concentrado (NaCl)	Área de proceso, planta NaCl	Gases y partículas	Captador de polvo (Filtro de mangas)	-	-	42 m	1,7	46.476
19	F12-SALb					-	-	42 m	1,7	46.476

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

ANEXO 05 CONTROL Y SEGUIMIENTO DE INSTALACIONES DE RESIDUOS MINEROS

Geoalcali
a Highfield Resources Company

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Programa de Vigilancia Ambiental

Proyecto Mina Muga (Navarra y Aragón)

ANEXO 5: CONTROL Y SEGUIMIENTO DE INSTALACIONES DE RESIDUOS MINEROS

Febrero de 2020

CRS ingeniería

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 4
2. CONTROL Y SEGUIMIENTO DE CALIDAD DE LAS AGUAS 6
2.1. SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES 10
2.1. SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS 14
2.2. SEGUIMIENTO DE LA RED DE DRENAJE DE LA BALSA DE LIXIVIADOS 16
3. CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL DEPÓSITO SALINO 18
3.1. SEGUIMIENTO DEL ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS EN EL DEPÓSITO 20
3.1. SEGUIMIENTO DE LA ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPÓSITO 22
3.2. SEGUIMIENTO DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN DEL DEPÓSITO SALINO Y DRENAJE DE FONDO 26
3.3. SEGUIMIENTO DE CUNETAS Y RED DE DRENAJE DEL DEPÓSITO Y SU BALSA DE LIXIVIADOS 28
3.4. CONTROL DE LA EMISIÓN DE POLVO Y PARTÍCULAS 30
4. CONTROL Y SEGUIMIENTO DE BALSAS DE AGUA SALINA 32
4.1. SEGUIMIENTO DEL ALMACENAMIENTO DE LAS BALSAS 35
4.1. SEGUIMIENTO DEL ESTADO Y ESTABILIDAD DE LOS DIQUES Y TALUDES DE LAS BALSAS 38
4.2. SEGUIMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DE MONITORIZACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LAS BALSAS 40
4.1. SEGUIMIENTO DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE DE FONDO DE LAS BALSAS 42
4.1. SEGUIMIENTO DE OBRAS DE DRENAJE Y CONDUCCIONES DE AGUAS SALINAS 44
5. CONTROL Y SEGUIMIENTO POST-CLAUSURA 46

TABLAS

Tabla 1. Puntos de control, mediciones y frecuencia para cada uno de los puntos de control 17
Tabla 2. Cronograma de eliminación de residuos 21
Tabla 3. Inspecciones de rutina y formales. 33
Tabla 4. Resumen de actuaciones de control en el seguimiento de las balsas de salmuera. 33

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema de las ubicaciones aproximadas de los puntos de control de la red de control operacional en 4 niveles concéntricos aguas debajo de las instalaciones. 7

Ilustración 2. Situación de la red de control de aguas superficiales y subterráneas actualizada con los 4 niveles de control (ESHYG. 2019). 9

Ilustración 3. Ejemplos de estaciones de medición en superficie. 11

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1. Introducción

De acuerdo con el *Artículo 32. Seguimiento e inspecciones periódicas de una instalación de residuos mineros* del *RD 975/2009 sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras,* se redacta el presente Plan de Control y Seguimiento.

El presente Plan de Control y Seguimiento determina todos los procesos de control y seguimiento que se llevarán a cabo tanto sobre las instalaciones de residuos mineros (el depósito salino y las balsas de aguas salinas), como sobre las aguas (superficiales y subterráneas). El presente Plan quedará integrado en el Programa de Vigilancia Ambiental del Proyecto Mina Muga de forma detallada y coordinada con el resto de las inspecciones. En dichos procedimientos quedan determinados los lugares de inspección, las frecuencias y los parámetros a medir en esas inspecciones, los umbrales que éstas no podrán sobrepasar, las medidas a tomar en caso de que estos umbrales se superen y la documentación generada para su control y seguimiento.

Además, por el hecho de presentar IRM de Categoría A, tal y como se cita en los puntos 2 y 3 de ese mismo artículo:

2. La entidad explotadora notificará a la autoridad competente, sin demora indebida y en cualquier caso no después de las 48 horas siguientes, cualquier suceso que pueda afectar la estabilidad de la instalación de residuos mineros y cualesquiera efectos medioambientales adversos significativos revelados por los procedimientos de seguimiento de la instalación. La entidad explotadora aplicará el plan de emergencia interior, cuando proceda, y seguirá todas las instrucciones de la autoridad competente sobre las medidas correctoras que deban tomarse. La entidad explotadora sufragará los costes de las medidas que se deban emprender.

3. Con la frecuencia que determinará la autoridad competente y, en cualquier caso, una vez al año, la entidad explotadora, basándose en datos globales, informará a las autoridades competentes de todos los resultados del seguimiento de la instalación, a fin de demostrar que se cumplen las condiciones de la autorización y de mejorar el conocimiento del comportamiento de los residuos y de la instalación de residuos. Sobre la base de este informe la autoridad competente podrá decidir si es necesaria la validación por parte de un experto independiente.

A tal efecto se llevará un libro registro en el que se contemplen los seguimientos e inspecciones, así como cualquier suceso y actividad relacionado con la gestión de las instalaciones de residuos mineros y de los propios residuos mineros, que estará a disposición de la autoridad competente. Se notificará a la autoridad

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

competente y no superando el plazo de 48 h establecido en el Real Decreto 975/2009, cualquier suceso que pueda afectar a la instalación de residuos mineros y cualesquiera efectos ambientales adversos significativos revelados por los procedimientos de seguimiento de la instalación. Geoalcali aplicará el Plan de Emergencia Interior cuando proceda, y seguirá todas las instrucciones de la autoridad competente sobre las medidas correctoras que deban tomarse.

La Administración podrá acceder a realizar una recogida de datos de seguimiento y control y a realizar las inspecciones oportunas cuando así lo considere. Además, Geoalcali informará a la Administración de forma periódica de los resultados de estos procedimientos de control y seguimiento.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

2. Control y seguimiento de calidad de las aguas

Los datos geológicos e hidrogeológicos establecidos para la zona localizan las principales zonas de descarga de las aguas subterráneas hacia el río Onsella y el Aragón.

La actividad minera se desarrolla en profundidad, en unos materiales de tipo evaporítico que no presentan circulación de agua, aunque puedan existir algunas zonas que por condicionantes estructurales o de otro tipo tengan un cierto contacto con las aguas subterráneas y sean las responsables de la existencia de flujos salinos (como por ejemplo las Saladas de Undués).

Por lo tanto, no son esperables interacciones entre las labores de interior y las aguas subterráneas más allá de las que puedan producirse en la construcción de las rampas de acceso. Las instalaciones previstas en superficie comienzan en la bocamina, desde donde el material se extraerá mediante cintas hasta las instalaciones de planta de tratamiento. Tras el proceso industrial, en la zona central y sur de la huella, se localizan las balsas de evaporación, la balsa de regulación de salmueras y el depósito salino, que son las instalaciones que contienen salmueras o sólidos salinos en superficie, por tanto se establece la necesidad de construir una red de control, cuyas características ya fueron avanzadas en el PGRM presentado y cuyas características básicas fueron recogidas en la DIA, y básicamente consiste en la disposición de puntos de control, distribuidos en 4 niveles que presentan una separación aproximadamente logarítmica entre sí, tal y como se observa en a figura siguiente.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

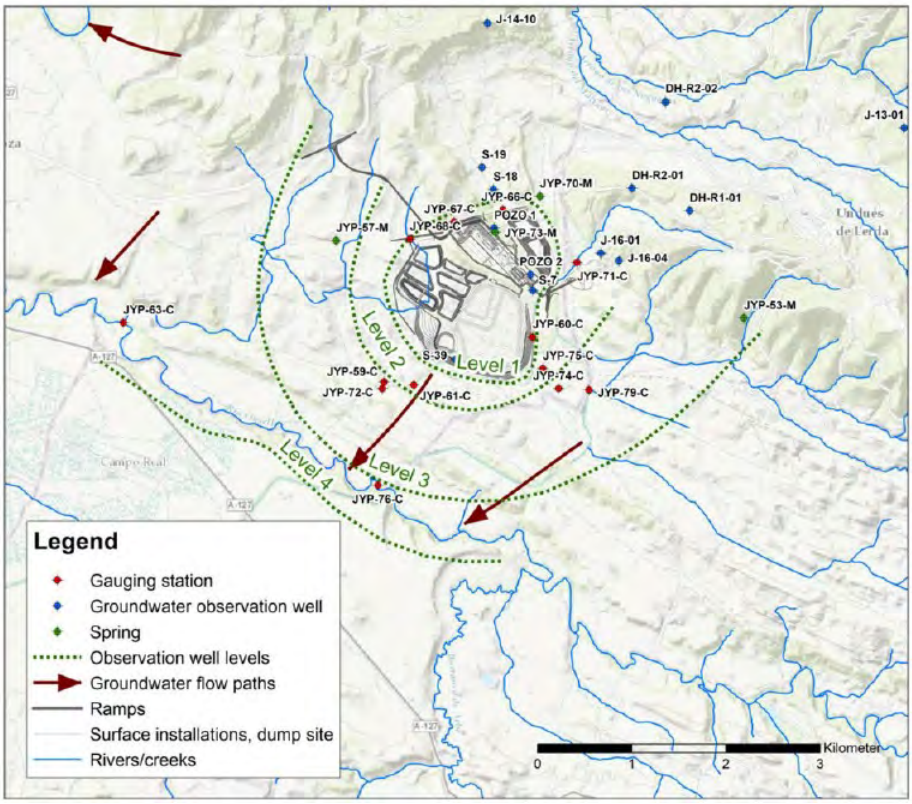


Ilustración 1. Esquema de las ubicaciones aproximadas de los puntos de control de la red de control operacional en 4 niveles concéntricos aguas debajo de las instalaciones.

El primer nivel, el más próximo a las instalaciones, se considera la primera barrera de detección de un posible aumento de la mineralización en el flujo de agua subterránea.

Los 2 siguientes niveles, son barreras de detección a mayor distancia (inicialmente previstas del orden de 250 a 1.500-2.000 m de distancia) y existiría un cuarto nivel, más allá del río Onsella cuyo objetivo es comprobar el modelo hidrogeológico y la posibilidad de flujo bajo éste.

Para ello se ha realizado un análisis de los datos existentes y se ha propuesto la ejecución de una serie de sondeos (hasta un total de 27) que permiten el control de esta zona de descarga, como una parte del total de la red de control del medio hídrico cuya justificación se recoge en el informe “Actualización de la Red de control del medio hídrico conforme condicionantes de la DIA”, incluido en el presente Apéndice del Proyecto Constructivo de Instalaciones de Residuos Mineros del Plan de Restauración.

Para ello se ha adaptado este modelo teórico de 4 niveles atendiendo a las siguientes cuestiones:

– El funcionamiento hidrogeológico estimado para la zona y los elementos de control geológico-hidrogeológicos que puedan existir en esta zona sur.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- La litología y estructura de los terrenos atravesados en esta zona que conferirán un determinado comportamiento hidrogeológico en esta zona.
- La evolución piezométrica de la zona de estudio.
- Las características hidroquímicas de las aguas subterráneas en esta zona.

La propuesta de los sondeos se recoge en el plano adjunto al presente Apéndice y en la tabla siguiente se muestra la relación de puntos de control de aguas superficiales y subterráneas, sus frecuencias de medición y parámetros de control.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

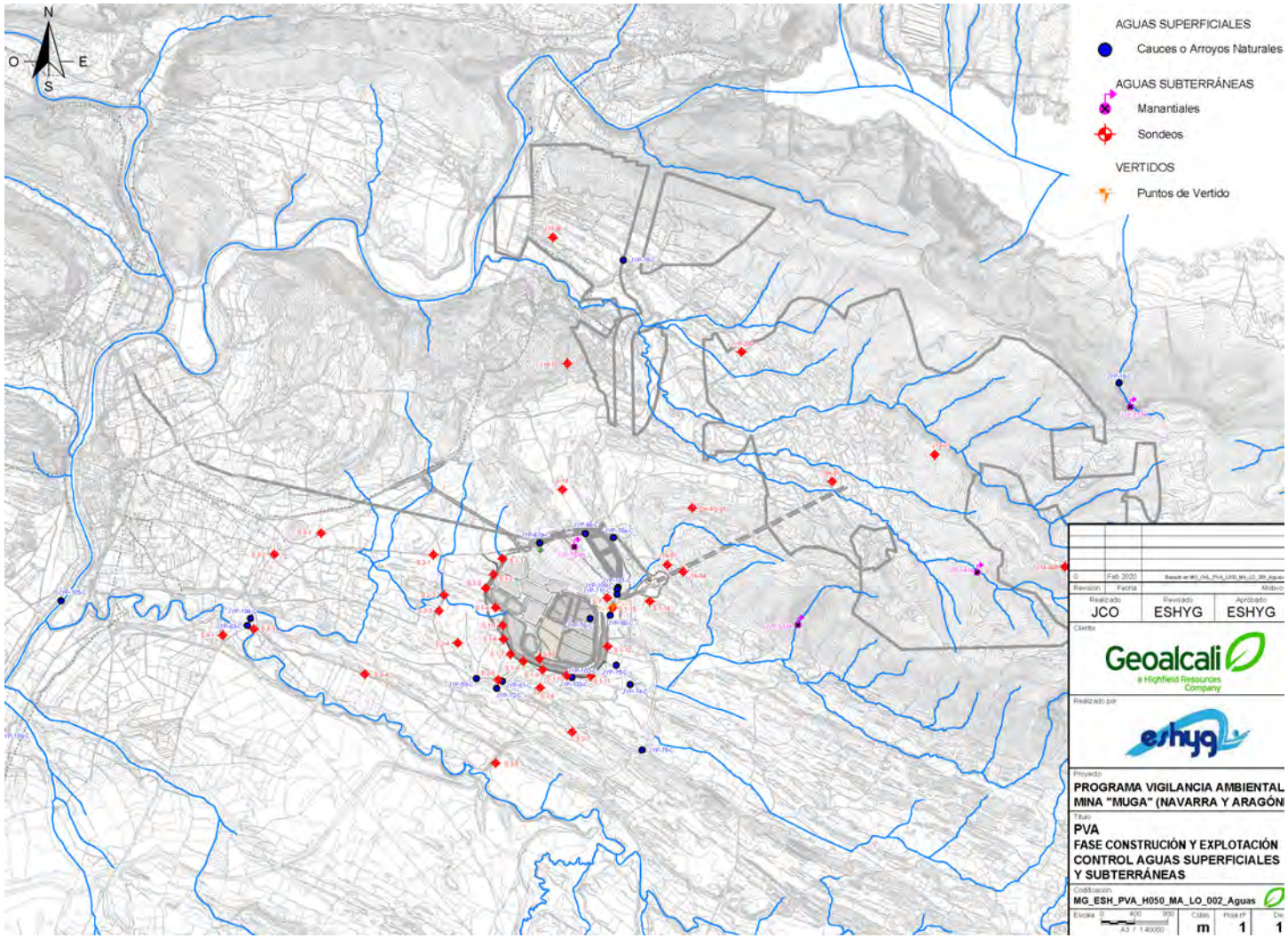


Ilustración 2. Situación de la red de control de aguas superficiales y subterráneas actualizada con los 4 niveles de control (ESHYG. 2019).

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Lógicamente, todas estas cuestiones solo pueden conocerse cuando se desarrolle la red de esta zona, por lo que en esta fase del diseño de la red se ha partido de los pocos datos recabados en esta área y del modelo de funcionamiento hidrogeológico general estimado para todo el conjunto. Necesariamente, este diseño sufrirá modificaciones a medida que se vayan obteniendo datos. Por todo ello la propuesta realizada debe ser considerada como una estimación inicial susceptible de modificaciones en función de los resultados que se vayan obteniendo.

Las modificaciones que se realicen tendrán siempre como objetivo mejorar la eficiencia de la red para la detección de potenciales procesos de salinización de las aguas subterráneas.

2.1. SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

En relación con la calidad de las aguas superficiales, la posible degradación estará causada por el vertido de contaminantes y/o por derrame de aguas salinas, procedentes de las instalaciones de residuos.

El control del nivel de las aguas debe hacerse en todos los manantiales presentes en el área de control operacional, en las masas de agua superficial, ríos, arroyos y acequias, con el propósito principal de determinar la interacción entre el suelo y el agua superficial. La red de control de vigilancia del medio hídrico, y, en cuanto a calidad de las aguas superficiales se refiere, incluirá los puntos establecidos en la red de control establecida.

Además de los puntos de control existentes en la red operacional, se propone la utilización de una red de estaciones formadas por tubería de acero con grifo y data loggers instalados con una unidad de transferencia de datos automática de los niveles de aguas y de las descargas registradas.

Dichas estaciones de medición se han realizado, por ejemplo, en los siguientes proyectos en Alemania:

- Mina de potasa Siegfried Giesen
- Mina de potasa Zielitz
- Planta de potasa K+S en Werra.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020



Ilustración 3. Ejemplos de estaciones de medición en superficie.

El programa de seguimiento de la calidad de las aguas aplicable es el indicado anteriormente en la red de control del medio hídrico actualizada.

El objetivo de seguimiento y control de la calidad de las aguas superficiales es el aseguramiento del mantenimiento de la calidad del agua en los diferentes cauces donde desagüen los sistemas de drenaje de aguas externas, punto de vertido de la EDAR, así como en otros cauces del entorno que cubran cada una de las instalaciones para asegurar la no contaminación de las aguas superficiales.

Se realizarán inspecciones visuales en los drenajes externos, así como en los puntos de vertido de la EDAR.

De igual modo se realizarán inspecciones visuales de los pequeños cauces de arroyos naturales del entorno del Proyecto.

Además de las inspecciones visuales, se realizarán mediciones in situ, tanto de caudal como de parámetros físico-químicos y mediante analíticas de laboratorio en aquellos puntos establecidos por la red de control operacional en fase de construcciones, considerando las anulaciones e incorporaciones de puntos que puedan producirse. Se incluye en esta red de control el punto de vertido establecido en explotación (PV1).

Además, y con el fin de mantener la calidad de las aguas superficiales se procederá al almacenamiento de cualquier líquido conforme a lo especificado en el PVA general de Mina Muga

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Se verificará que se realizan las tareas recogidas en el PVA de Mina Muga, atendiendo al control rutinarios sobre la capacidad de almacenamiento de las mismas,

Se verificará que se realizan las tareas recogidas en el PVA de Mina Muga

Para el control de la calidad de las aguas superficiales se realizará:

- Mediciones mediante aforos de caudal, determinaciones físico-químicas y toma de muestras en cauces y arroyos naturales incluidos en la red de control del medio hídrico, así como cualquier punto de vertido contemplado en el Proyecto. Además de dos puntos en el Canal de Bardenas.
- Se inspeccionará visualmente la zona de mantenimiento y parque de maquinaria así como la zona de almacenamiento de cualquier producto líquido.

Las frecuencais variarán en función del tipo de punto de medición:

- Se aplicarán las frecuencias establecidas en la tabla siguiente para las aguas superficiales, diferenciándose las mediciones de caudal, determinaciones de parámetros físico-químicos y toma de muestras para analíticas.
- La frecuencia establecida en dicha tabla es la estipulada en funcionamiento normal. Los aumentos de salinidad en las aguas, fuera de los rangos y tendencias que se establezcan conllevarán la toma de muestras y la realización de analíticas de iones fundamentales para determinar la procedencia de dicho aumento de salinidad, independientemente del momento en que se produzcan.
- Para el punto de vertido se aplicará la frecuencia establecida por el Organismo de Cuenca. A falta de la autorización de vertido la frecuencia se plantea trimestral.

Los medios humanos yu materiales necesarios para el seguimiento son:

- Para las inspecciones visuales el personal será el equipo de vigilancia.
- Los aforos de caudal, cuando sea necesaria la ejecución mediante micromolinete, las determinaciones físico-químicas “in situ” y la toma de muestras para análisis se realizará por el equipo de vigilancia, compuesto por técnicos especializados. Las determinaciones analíticas serán realizadas por laboratorio acreditado.
- La interpretación de los resultados correrá a cargo de personal técnico especializado en Hidrogeología.

Los parámetros sometidos a control, serán realizados con la frecuencia establecida en la tabla adjunta. Esto serán:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Caudal: l/s. En todos los puntos
- Conductividad (µS/cm o mS/cm, a 25º); Tª (ºC); pH; Oxígeno disuelto (mg/L y %); ORP (mV).
- Iones fundamentales (mg/l): calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonatos/carbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos
- Metales pesados (µg/l o mg/l): aluminio, bario, boro, cromo, cobre, hierro, plomo. El resto de los metales pesados analizados desde el año 2015 no han sido detectados. Los que se mantienen ahora han sido detectados pero en concentraciones muy bajas. Se comprobará esta tendencia.
- Otros parámetros (mg/l): No establecidos inicialmente, en función de necesidades: Fosfatos, Amonio.
- En los puntos de vertido los parámetros serán los indicados por el Organismo de Cuenca. A falta de la autorización de vertido, los parámetros a controlar incluyen al menos: pH, sólidos en suspensión, DQO, DB05, aceites y grasas. En PV1 conductividad en continuo.

Cuando existan indicadores de umbrales críticos en la normativa en vigor, se tomará como nivel de alarma el 95% del valor umbral de los indicadores. La normativa a aplicar para el control de la calidad de las aguas superficiales:

- *RD 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, en desarrollo de los títulos II y III de la Ley de Aguas. Anexos 1,2,3 y 4 derogados por el RD 817/2015*
- *El RD 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental*

Para la calidad de las aguas superficiales en puntos de vertido:

- *RD 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos Preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas*.

Estos valores deberán ser diferentes para aquellas aguas de cauces y arroyos que en condiciones naturales, exceden los valores de referencia. En este caso (conductividad e iones fundamentales) se estudiarán las tendencias de las aguas naturales, su variabilidad y se definirán los niveles de alerta de acuerdo a los datos obtenidos.

Si la calidad de las aguas empeorase a consecuencia de la actividad, se estudiará el origen de la contaminación y se establecerán las medidas conducentes a la eliminación del foco productor de la salinización y a la descontaminación y tratamiento de las aguas contaminadas, en caso de que se trate de vertidos puntuales de otras sustancias.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Los datos obtenidos (caudales, parámetros físico-químicos, resultados analíticos, etc) se incluirán en un anejo informático dentro del informe correspondiente. Además de los datos brutos, se realizarán las representaciones gráficas y geográficas que resulten más adecuadas para comparar los datos obtenidos y su evolución.

Los parámetros analizados se remitirán mediante análisis periódicos al Órgano de cuenca, o la Administración que se establezca durante toda la vida del Proyecto.

2.1. SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

En la Fase de Explotación la principal afección sobre las aguas subterráneas es la afección a la calidad de sus aguas. Estas podrían verse afectadas por la infiltración de aguas salinizadas, productos del lixiviado de residuos, líquidos cloacales o restos de productos químicos.

A continuación, se establece el modo de seguimiento de las actuaciones para el control de la calidad de las aguas subterráneas, cuyo objetivo es el aseguramiento del mantenimiento de la calidad de las aguas subterráneas durante la Fase de Explotación.

Para el control de la calidad de las aguas subterráneas se realizará:

- Inspecciones visuales de todas aquellas actividades que durante la Fase de Explotación se desarrollen en zonas permeables, y de los acopios de materiales que puedan dar lugar a lixiviados.
- Además de las inspecciones visuales, se realizarán mediciones in situ, tanto de niveles piezométricos, aforos en manantiales, así como de parámetros físico-químicos, incluyendo perfiles de conductividad en los sondeos. Igualmente se realizarán analíticas de laboratorio en aquellos puntos establecidos por la red de control operacional en la Fase de Construcción, que seguirá usándose en Fase de Explotación, salvo aquellos puntos que queden anulados por alguna instalación, o aquellos que se incorporen nuevos.
- Se comprobará el funcionamiento de los separadores de hidrocarburos.
- En caso de producirse algún vertido o derrame accidental de sustancias contaminantes, se recogerá en el menor tiempo posible, utilizando absorbentes específicos, como es la sepiolita. El material impregnado se gestionará como residuo peligroso
- Además, y con el fin de mantener la calidad de las aguas subterráneas se procederá al almacenamiento de cualquier líquido que pudiese producir contaminación.

Las mediciones se realizarán en los sondeos donde poder realizar mediciones de nivel piezométrico (bien sea manualmente o de forma continua), perfiles de conductividad, mediciones de parámetros físico-

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

químicos (en algunos de ellos con medida de la conductividad en continuo) y toma de muestras mediante bombeo/tomamuestras para la realización de analíticas en laboratorios acreditados.

Igualmente se procederá al aforo de los manantiales según la periodicidad establecida

Las frecuencias de medición variarán en función del tipo de punto de control. Se aplicarán las frecuencias establecidas en la tabla adjunta siguiente para las aguas subterráneas, diferenciándose las mediciones de nivel, aforos de manantiales, determinaciones de parámetros físico-químicos, perfiles de conductividad y toma de muestras para analíticas.

La frecuencia establecida en dicha tabla es la estipulada en funcionamiento normal. Los aumentos de salinidad en las aguas, fuera de los rangos y tendencias que se establezcan conllevarán la toma de muestras y la realización de analíticas de iones fundamentales para determinar la procedencia de dicho aumento de salinidad, independientemente del momento en que se produzcan.

Los medios empleados constarán de:

- El personal será el equipo de vigilancia. La inspección será visual.
- Las medidas de nivel piezométrico, aforos de manantiales, los perfiles de conductividad, las determinaciones físico-químicas “in situ” y la toma de muestras para análisis se realizará por el equipo de vigilancia, compuesto por técnicos especializados. Las determinaciones analíticas serán realizadas por laboratorio acreditado.

Los parámetros sometidos a control, son:

- Nivel piezométrico: m. En todos los puntos
- Caudal: l/s. En manantiales
- Conductividad (µS/cm o mS/cm, a 25º); Tª (ºC); pH; Oxígeno disuelto (mg/l y %); ORP (mV). En todos los puntos.
- Perfiles de conductividad en piezómetros.
- Iones fundamentales (mg/l): calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonatos/carbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos.
- Metales pesados (µg/l o mg/l): aluminio, arsénico, bario, boro, cobre, hierro, plomo, litio, manganeso, molibdeno, niquel vanadio y zinc. Del resto de los metales pesados analizados desde el año 2015 no han sido detectados y muchos de los de esta lista han sido detectados puntualmente por lo que en función de su evolución serán eliminados. Los que se mantienen ahora

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

han sido detectados pero generalmente en concentraciones muy bajas (a excepción de Fe, Li, etc). Se comprobará esta tendencia.

- Otros parámetros: fluoruro

Cuando existan indicadores de umbrales críticos en la normativa en vigor, se tomará como nivel de alarma el 95% del valor umbral de los indicadores. La normativa a aplicar será:

- *La Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro (DOUE 372 de 27/12/2006). Anexo I y II.*
- *Los indicados en la Directiva 200/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*
- *Los indicados en el Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.*

Estos valores deberán ser diferentes para aquellos niveles de aguas subterráneas que en condiciones naturales, exceden los valores de referencia. En este caso (conductividad, iones fundamentales, metales) se estudiarán las tendencias de las aguas naturales, su variabilidad y se definirán los niveles de alerta de acuerdo a los datos obtenidos

En caso de detectarse concentraciones de contaminantes elevadas en las aguas, se informará a la Dirección del equipo ambiental y de la planta, y se procederá a la determinación del origen de la contaminación y a la puesta en práctica de las medidas protectoras a aplicar.

Los datos obtenidos (caudales, niveles, parámetros físico-químicos, resultados analíticos, etc) se incluirán en un anejo informático dentro del informe correspondiente. Además de los datos brutos, se realizarán las representaciones gráficas y geográficas que resulten más adecuadas para comparar los datos obtenidos y su evolución.

Los parámetros analizados se remitirán mediante análisis periódicos al Órgano de cuenca, o la Administración que se establezca durante toda la vida del Proyecto

2.2. SEGUIMIENTO DE LA RED DE DRENAJE DE LA BALSA DE LIXIVIADOS

Aunque formando parte de la red global de control de aguas del Plan de Vigilancia Ambiental de Mina muga, el control específico de la red de drenaje de la balsa de lixiviados se expone en el apartado dedicado a “Seguimiento de cunetas y red de drenaje del depósito y su balsa de lixiviados” del capítulo “Control y Seguimiento del Depósito Salino”.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

	Punto de control	Denominación	MEDIDAS PUNTO CONTROL				DETERMINACIONES FÍSICO-QUÍMICAS *"IN SITU"*						ANALÍTICAS LABORATORIO			
			Nivel piezométrico		Caudal		Conductividad/Temperatura		pH/Oxigeno disuelto/ORP		Perfil conductividad		Iones fundamentales	Metales	Otros	Específicos vertido
			Fase Const	Fase Opera	Fase Const	Fase Opera	Fase Const	Fase Opera	Fase Const	Fase Opera	Fase Const	Fase Opera				
Sondeos con datos históricos	J13-01	Sondeo zona minera	Continuo	Continuo			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	J13-06	Sondeo zona minera	Continuo	Continuo			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	J14-04B	Sondeo exterior zona minera	Continuo	Continuo			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	J14-10	Sondeo zona minera	Continuo	Continuo			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	DH-R2-01	Sondeo zona minera	Mensual	Mensual			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	J16-01	Sondeo zona minera	Mensual	Mensual			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	J16-04	Sondeo zona minera	Continuo	Continuo			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S-7	Sondeo zona industrial	Mensual	Mensual			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S-19	Sondeo zona industrial	Mensual	Continuo			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S-39	Sondeo zona industrial	Mensual	Mensual			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	SH-01	Sondeo rampa	Mensual	Continuo			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
Nuevo sondeo zona norte	JYP-200	Sondeo zona minera	Mensual	Mensual			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral		Trimestral	Trimestral	Trimestral		
Manantiales con datos históricos	JYP-14-M	Fuente del Secretario			Trimestral	Mensual	Mensual	Mensual	Mensual	Mensual			Trimestral	Trimestral		
	JYP-53-M	Salinas romanas de Undués			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-73-M	Manantial Valdemolinero o Corral de Ayaga			Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-77-M	Manantial Fernandillo			Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral			Trimestral	Trimestral		
Puntos control en cauces	JYP-59-C	La Esquiva aguas abajo			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-66-C	Valdeborro aguas arriba			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-67a-C	Valdemolinero aguas arriba			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-70a-C	Arbea aguas abajo			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-60-C	Valdeborro tras puntos de vertido			Continuo	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-74-C	Solano aguas arriba			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-61-C	Solano aguas abajo antes de Salmacio			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-75-C	Acequia antes de Valdeborro			Trimestral	Trimestral	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-16-C	Bco. Artizaco. Vertiente Yesa			Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-63-C	Onsella aguas abajo antes de Salmacio					Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-78-C	Canal de Bardenas aguas arriba					Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-79-C	Canal de Bardenas aguas abajo					Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
Nuevos puntos control en cauces	JYP-71c-C	Santa Eufemia aguas abajo			Trimestral	Continuo	Mensual	Semestral	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-72-C	Salmacio aguas arriba			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-76-C	Onsella aguas arriba			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-100-C	Valdemolinero aguas abajo			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-101-C	Valdeborro antes de Santa Eufemia			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-102-C	Valdeborro final			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-103-C	Solano aguas abajo antes de Valdeborro			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-104-C	Salmacio aguas abajo antes del Onsella			Trimestral	Continuo	Mensual	Continuo	Semestral	Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-105-C	Río Aragón aguas arriba Onsella						Semestral		Semestral			Trimestral	Trimestral		
	JYP-106-C	Río Aragón aguas abajo Onsella						Semestral		Semestral			Trimestral	Trimestral		
Puntos vertido	PV-1	Aguas sanitarias			Continuo	Continuo	CHE	CHE	CHE	CHE						CHE
	PV-2	Pluviales y rampas (solo en construcción)			Continuo		Continuo		CHE							CHE
Nuevos sondeos Nivel 1	S.1-1	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-2	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-3	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-4	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-5	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-6	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-7	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-8	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-9	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-10	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-11	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-12	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-13	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
	S.1-14	Sondeos control Nivel 1	Continuo	Continuo			Continuo	Continuo	Semestral	Semestral	Inicial	Trimestral (1)	Trimestral	Trimestral		
Nuevos sondeos Nivel 2	S.2-1	Sondeos control Nivel 2	Mensual	Mensual					Semestral	Semens	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.2-2	Sondeos control Nivel 2	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.2-3	Sondeos control Nivel 2	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.2-4	Sondeos control Nivel 2	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.2-5	Sondeos control Nivel 2	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.2-6	Sondeos control Nivel 2	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.2-7	Sondeos control Nivel 2	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
Nuevos sondeos Nivel 3	S.3-1	Sondeos control Nivel 3	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.3-2	Sondeos control Nivel 4	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.3-3	Sondeos control Nivel 5	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.3-4	Sondeos control Nivel 6	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
	S.3-5	Sondeos control Nivel 7	Mensual	Mensual					Semestral	Semestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
Nuevo sondeo Nivel 4	S.4-1	Sondeos control Nivel 4	Mensual	Mensual							Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral		
Datos Confederación Hidrográfica del Ebro	1309-BIO y FQ	Río Onsella en Sangüesa	Recopilación y análisis de datos procedentes de la CHE													
	0101-FQ	Río Aragón en Yesa	Recopilación y análisis de datos procedentes de la CHE													
	0205-FQ	Río Aragón en Caseda	Recopilación y análisis de datos procedentes de la CHE													
	E4037	Embalse de Yesa	Recopilación y análisis de datos procedentes de la CHE													
	E407 (aforo)	Canal de Bardenas en Embalse de Yesa	Recopilación y análisis de datos procedentes de la CHE													
	A101 (aforo)	Aragón a pie de presa de Yesa	Recopilación y análisis de datos procedentes de la CHE													
	A073 (aforo)	Río Onsella en Sangüesa	Recopilación y análisis de datos procedentes de la CHE													

Trimestral (1): Si existen variaciones de conductividad en profundidad

Tabla 1. Puntos de control, mediciones y frecuencia para cada uno de los puntos de control

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

3. Control y seguimiento del depósito salino

En el depósito temporal se almacenan los residuos generados en el proceso de beneficio de la potasa. Este depósito se impermeabiliza en su base de tal forma que garantice su estanqueidad e incluye una red de seguridad y control para detectar posibles fugas y controlar el nivel freático mediante arquetas de inspección. Además, dispondrá de una red de drenaje de aguas de escorrentía y un drenaje de fondo de aguas infiltradas que desemboquen en la red de cuentas perimetral al depósito y a la balsa de lixiviados.

A continuación, se establece el método de seguimiento de las actuaciones para el mantenimiento y control del depósito temporal del proyecto que se detallarán en los apartados siguientes.

Los controles que se han de llevar a cabo durante la operación minera serán al menos:

- Control geotécnico de la estabilidad física. Se garantiza con campañas de mediciones con carácter trimestral de una serie de puntos topográficos que serán definidos antes del comienzo de la operación minera, y serán ampliados y/o ajustados en función del recrecimiento real del depósito. Se ha de elaborar y remitir un informe de cada campaña a la autoridad competente detallando las mediciones realizadas, así como su evolución temporal y su análisis.
- Control hidroquímico, mediante la toma periódica de muestras del contenido del depósito y del efluente emitido a la red de drenaje, siguiendo al menos las siguientes pautas:
    - Muestreo de las aguas del depósito y de sus efluentes, mediante procedimientos normalizados.
    - 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 balsas, incluyendo los elementos de conducción a las mismas, labios y desagües y canales de alivio.
    - Remisión de informes 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.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Mantenimiento de las infraestructuras mediante un proceso continuo de inspección de las mismas, prevención de daños y su eventual corrección. Las infraestructuras que se analizarán son las siguientes:

    - Red de cunetas, que se inspeccionarán con periodicidad semestral por equipo competente de técnicos en campo, donde se observará el estado de las cunetas hormigonadas, el estado de conservación de los elementos de conexión de cunetas y bajantes, se verificará la ausencia de grietas, etc.

    - Sistema de impermeabilización, se dispone de un sistema de arquetas de inspección que recogen el agua infiltrada en la base del depósito y la canaliza hacia un colector para poder analizar la cantidad y calidad de dichas aguas.

    - El sistema de drenaje fondo, situado bajo el paquete de impermeabilización del depósito, está encaminado a recoger las aguas de infiltración, permitiendo controlar los recorridos de dichas aguas hacia la balsa de lixiviados. Esta red de drenaje está rodeada por un geotextil permeable que actúa como barrera frente a los finos e impide la colmatación de la sección del dren y, como consecuencia, el buen funcionamiento de éste.

    - Balsa de lixiviados, cuyas medidas de mantenimiento y control se basarán en la comprobación de las conducciones de acceso a la balsa, inspección de la balsa, verificación del estado operativo del paquete de impermeabilización, etc., con periodicidad semestral.

- Seguimiento de los dispositivos de auscultación remitiendo a la autoridad competente una parte de información del estado de las mismas, incluyendo los siguientes aspectos concretos:

    - Estado de los prismas topográficos e inclinómetros.
    - Desplazamientos y velocidades de los desplazamientos registrados.
    - Actividad sísmica.
    - Incidencias reseñables correspondientes al período.

Informe

Las labores de control y seguimiento realizados deben quedar registrados de manera semestral por medio de informes ordinarios. Además, se emitirán informes extraordinarios en caso de que exista alguna afección no prevista que suponga una actuación inmediata y específicos en caso de ser demandados de forma expresa para el control de algún parámetro concreto.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

El informe final deberá contener el resumen y conclusiones de todas las actuaciones de control y seguimiento desarrollados y de los informes emitidos durante el transcurso de la actividad minera.

- Información meteorológica registrada.
- Situación topográfica de la instalación en sus diferentes fases, realizándose una topografía de detalle de forma previa al inicio del uso del depósito, siendo ésta después de carácter trimestral.
- Cantidad y características de los materiales y residuo depositados en función de cada fase de operación, en cumplimiento con el cronograma planteado
- Fotografías aéreas del depósito temporal.
- Estado y estabilidad de los taludes.
- Estado de cunetas y red de drenaje superficial.
- Estado y control de filtraciones a través del paquete de impermeabilización y drenaje de fondo.
- Estado de la balsa de lixiviados y control hidroquímico de sus aguas.
- Estado de los sistemas de auscultación y monitorización.
- 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. Posibles predicciones del comportamiento del depósito.

3.1. SEGUIMIENTO DEL ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS EN EL DEPÓSITO

El objetivo es realizar un seguimiento de la correcta gestión del depósito temporal de residuos salinos y su llenado conforme cronograma.

De forma previa al inicio del uso del depósito, se realizará una topografía de detalle, de modo que en la nube de puntos (X,Y,Z) la separación entre puntos no supere los 10 m. Con esta nube de puntos, y mediante un GIS ráster, se interpolará para obtener una topografía tridimensional que permita, por diferencia de cotas de una medida a otra, cubicar el volumen de material neto de entrada o salida del depósito temporal, así como la altura máxima del acopio.

El cronograma de eliminación de residuos mediante relleno en backfilling y para venta de sal de deshielo y sal vacuum, será el siguiente:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

	Entradas (tonenadas)		Salidas (tonenadas)					Balance (tonenadas)
	Entradas de material salino		Venta de producto			Eliminación por backfilling		Acumulado en depósito salino
Año	Mineral extraído	Sal de mina	Potasa	Sal vacuum	Sal deshielo	Residuo salino + sal de mina a backfilling	Sólidos disueltos en humedad productos	
1	0	13.418	0	0	0	0	0	13.418
2	132.733	359.075	0	0	0	0	0	505.225
3	2.226.910	250.996	261.430	0	0	1.472.614	96.117	1.152.971
4	3.252.114	536.994	344.669	218.023	0	2.007.712	128.726	2.242.948
5	4.374.559	279.846	590.946	485.841	100.000	2.951.453	167.237	2.601.876
6	6.307.200	898.079	1.028.006	616.987	150.000	4.560.846	239.409	3.211.907
7	6.307.200	451.954	999.149	597.426	250.000	4.254.751	240.305	3.629.429
8	6.307.200	47.424	928.477	594.683	250.000	4.223.460	241.663	3.745.769
9	6.307.200	640.242	981.319	582.247	350.000	4.343.678	240.916	4.195.052
10	6.307.200	570.612	955.868	578.889	350.000	4.462.974	241.449	4.483.684
11	6.307.200	85.363	954.586	587.864	400.000	4.339.975	241.307	4.352.516
12	6.307.200	123.302	1.006.796	596.925	400.000	4.395.300	240.173	4.143.824
13	6.307.200	286.765	990.406	593.622	400.000	4.641.492	240.537	3.871.731
14	6.307.200	609.112	929.238	583.874	400.000	4.991.331	241.849	3.641.750
15	6.307.200	623.436	1.042.090	570.092	400.000	5.476.462	240.016	2.843.725
16	6.307.200	191.745	1.009.836	586.918	400.000	4.939.534	240.302	2.166.080
17	6.307.200	56.909	1.104.030	585.622	400.000	4.576.815	238.583	1.625.140
18	5.324.251	113.818	952.857	497.130	400.000	3.694.269	200.963	1.317.988
19	2.502.023	123.302	469.642	240.103	386.031	2.753.623	93.914	0
TOTAL	93.498.990	6.262.392	14.549.345	8.516.246	5.036.031	68.086.289	3.573.466	

Tabla 2. Cronograma de eliminación de residuos

La inspección será visual, mediante técnicas topográficas y se presentarán fotografías aéreas trimestrales del depósito temporal de almacenamiento.

El seguimiento y medición será realizado por el jefe de Topografía de la explotación.

Si la altura del depósito de residuos sea mayor a 10 metros de altura y suponga una ocupación superior a las 37,6 ha./4.7Mt, o si se supera el 10% de las cantidades previstas de depósito temporal para cada año.

La altura del depósito salino no podrá superar los 13,75 metros de altura.

En el caso de superarse los umbrales críticos o de almacenamiento, se deberá comunicar a las autoridades mineras y organismos ambientales responsable, que indicarán las pauta a seguir.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Se realizarán informes trimestrales, donde se incluirán datos de volúmenes generados, depositados y evacuados.

Estos informes se remitirán a las autoridades mineras y al órgano ambiental de Navarra y se acompañarán a los planes de labores anuales los informes de seguimiento del depósito.

3.1. SEGUIMIENTO DE LA ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPÓSITO

El plan de seguimiento y control durante la fase de crecimiento del depósito hasta el máximo diseñado consta de una vigilancia de la estructura mediante inspecciones visuales directas durante las cuales se realizará el seguimiento de la configuración en superficie y modelado del depósito, así como de su comportamiento, para asegurar la estabilidad del propio depósito y el mantenimiento en buen estado de los taludes ante la erosión y pérdida de suelo.

La baja altura del depósito y los taludes tendidos de diseño aseguran la estabilidad geotécnica de los materiales y reduce la carga sobre el paquete de impermeabilización. No obstante, se contemplan las inspecciones de los taludes para garantizar la estabilidad del relleno evitando la erosión hídrica y la pérdida de suelo de éstos. Igualmente, el control correcto de las aguas en superficie del depósito ayuda a conducir la escorrentía y evitar la infiltración mejorando la estabilidad del conjunto.

Para el control de la estabilidad física se proponen las siguientes actividades:

- Inspecciones visuales: metodología y frecuencia.
- Instrumentación – auscultación: elección y dimensionamiento de equipos.
- Correcta gestión de la información registrada.
- Informes de seguimiento: contenido y periodicidad.

Inspecciones visuales. Los indicadores a controlar serán:

- Estado y estabilidad de taludes.
- Estado de las cunetas y redes de drenaje de pluviales y aguas salinas de contacto.
- Control de la red de drenaje de la balsa de lixiviados.
- Control de la existencia de filtraciones mediante la red de fondo.

Para el control de la estabilidad física de taludes, los indicadores a controlar serán:

- Hundimiento parcial en pistas y accesos.
- Agrietamiento superficial sobre taludes.
- Cucharas en cabeza de los taludes.
- Abombamientos, concavidades o sobrependientes en taludes.
- Deslizamientos o deformaciones en el pie de los taludes.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Pequeños desprendimientos o derrumbamientos en general.
- Detección de procesos erosivos y acanaladuras.
- Detección de eflorescencias salinas o costras.

El personal técnico que realice las inspecciones deberá contar con la capacitación profesional suficiente que permita una correcta identificación de patologías o signos de inestabilidad. Los parámetros de control (indicadores) analizados deberán recogerse en un informe de visita de campo acompañado por fotografías ilustrativas.

Además de las inspecciones de rutina, se deberá inspeccionar en las siguientes situaciones inesperadas:

- Inmediatamente después de un evento natural extraordinario.
- Inmediatamente después de caer lluvias intensas.
- Inmediatamente después de cualquier acto de sabotaje, conocido o sospechado, de las instalaciones

Actuaciones de control y seguimiento: Las medidas adoptadas son:

- Modelado del depósito. La superficie exterior del depósito se mantendrá con las pendientes y alturas acordes con el factor de seguridad admisible ("Manual de diseño y construcción de escombreras y residuos mineros ITGE.1986"), mientras que la superficie superior tan sólo tendrá una pendiente mínima con el objeto de favorecer el movimiento del agua hacia las cunetas perimetrales con control de la misma.
- Limpieza de la zona de ocupación, preparación del terreno para evitar posibles deslizamientos o mal funcionamiento de los paquetes de impermeabilización.
- Construcción del drenaje de fondo, como método de control de posibles fugas o infiltraciones de aguas salinas de contacto por fallo o rotura en la lámina de impermeabilización. Este drenaje se diseña en forma de espina de pez y tiene el objetivo de establecer una conducción de paso del agua impidiendo potenciales empujes sobre la superficie impermeabilizada que constituye la base del depósito, lo que supondría un peligro para la integridad de la estabilidad física de la instalación en su conjunto.
- Red de drenaje superficial, con el fin de evitar la erosión y para reconducir las aguas de escorrentía a los puntos adecuados y evitar la contaminación química y física. La red de drenaje se compone de:
    - Cuneta perimetral de aguas limpias que evite la entrada de aguas al depósito.
    - Una red perimetral hormigonada de aguas que recoge las aguas de contacto con el depósito salino, estas aguas de contacto se gestionan a través de la balsa de lixiviados situada a pie del depósito.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Las labores de mantenimiento y control garantizan la estabilidad física y química de la instalación a lo largo su existencia, además, se controlará mediante los trabajos de monitorización y auscultación preceptivos.

Instrumentación – auscultación. Las medidas de auscultación planteadas son:

Control topográfico.

- Se plantea la construcción de una red de control basada en la implantación de hitos topográficos que sirvan al control y seguimiento de posibles comportamientos anómalos que generen deformaciones o asentamientos en el terreno. Los hitos topográficos se instalarán con altura suficiente para asegurar una correcta visibilidad en línea libre de aire entre los prismas y la estación receptora.
- Para el correcto control de estos hitos se tendrán que implantar medidas que impidan daños en los mismos como consecuencia de la operación cotidiana de vertido, extendido o rehabilitación.
- La periodicidad de la medición de cada hito se hará con carácter trimestral, a través de la medición de una serie de puntos topográficos y serán ampliados y/o ajustados en función del recrecimiento real del depósito. Se tomarán los valores de las coordenadas UTM de cada uno de los puntos de control, pudiendo realizar el análisis de su evolución con el objeto de actuar en caso necesario mediante la aplicación del sistema de gestión de la seguridad (medidas preventivas y, en caso de incidente, correctivas).
- Esta recopilación de información debe estar centralizada permitiendo, mediante la aplicación de un procedimiento normalizado, tener una serie de mediciones objetivas –independientes del personal que realice la medición – , con una reducción del coste de la toma de mediciones, y una mayor frecuencia de las mismas. Este sistema de control permitiría la activación remota de sistemas de alarma.
- Además, se presentarán fotografías áreas trimestrales del depósito temporal.

Inclinómetros.

Una vez estén terminados los taludes parciales se colocarán inclinómetros que permitirán determinar desplazamientos angulares, el sistema será mediante la perforación de un sondeo en el que se coloca un torpedo que se hace deslizar en una entubación especial (tubería inclinométrica), la cabeza del equipo estará dotada de servoacelerómetros para la medición de los desplazamientos, conectados a un dispositivo de registro directo.

Este tipo de dispositivo permite realizar lecturas a intervalos regulares de distancia dentro del sondeo realizado, permite analizar desplazamientos acumulados en función de la profundidad o bien desplazamientos relativos en función de tiempo, para cada posición.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Las mediciones tendrán una periodicidad mensual, considerando tanto los desplazamientos absolutos (con respecto a origen) como los relativos (con respecto a la última medición).

Con toda esta información se procederá a realizar el análisis de las deformaciones, pudiendo preveer comportamientos y corregir incidencias. Esto permite cumplir con el objetivo de la instrumentación: la mejora del conocimiento del comportamiento de la instalación de residuos que permita prevenir y/o predecir un comportamiento anómalo y en caso de necesidad, alertar sobre un posible colapso para la puesta en marcha de los protocolos de actuación.

Estaciones sísmicas

Se prevé el establecimiento de una red sísmica de control compuesta por 5 estaciones para realizar el seguimiento de la sismicidad del terreno a partir del control de la amplitud y propagación de las ondas sísmicas registradas mediante sismógrafos. Las medidas se realizarán en continuo mediante monitorización y se comprobará trimestralmente la operatividad de las estaciones de medida En cualquier caso, la sismicidad inducida siempre es de baja magnitud y rápida atenuación. Por tanto, y aunque no cabe esperar que haya sismicidad inducida por la minería, de producirse, no superaría una Mw de 1,5. Este remoto riesgo se considera además como un riesgo potencial para la propia explotación, razón por la que se han propuesto las medidas de monitoreo oportunas para garantizar la seguridad en el interior de la mina. En cualquier caso, se considera que este riesgo potencial no tendría repercusiones perceptibles en el exterior.

Umbrales críticos

Se considera un umbral inadmisible para la estabilidad de los taludes de depósito salino a la presencia de fracturas o grietas, de acanaladuras verticales o cualquier indicio de deslizamiento.

Los umbrales críticos para estos parámetros serán prescritos por la autoridad minera competente, así como por la CHE.

Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos

En caso de que se alcancen los umbrales críticos se procederá según lo establecido por la autoridad minera competente, así como por la CHE.

Informe

La empresa elaborará informes de carácter mensual que integrarán toda la información registrada a de las inspecciones visuales y los medios de auscultación empleados para el control y seguimiento del depósito salino. Este informe debe incluir:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Registro de precipitaciones, evaporación y humedad del suelo en la estación meteorológica ubicada en el entorno de las instalaciones.
- Resultado de las inspecciones visuales diarias y por turno.
- Balance del movimiento de materiales, verificación periódica de la capacidad del depósito alcanzada.
- Situación topográfica previa y durante las diferentes fases de construcción.
- Registro de los datos mensuales de los inclinómetros instalados.
- Registro del estado de los taludes y evaluación de su estabilidad.
- Control de los niveles de agua encontrados en las arquetas de inspección a pie del depósito y valoración de la existencia de filtraciones.
- Control de la calidad del agua subterránea aguas abajo mediante una red de control de piezómetros.

Con carácter anual el promotor presentara a la autoridad competente un diagnóstico de la situación del depósito en cuanto a su estabilidad física, realizado por una entidad independiente acreditada para este tipo de trabajos.

Este informe será remitido 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.

En caso de incidente/accidente por deslizamiento de los materiales del depósito, se prevé el desarrollo y ejecución de un Plan de Contingencias con el objeto de reducir el riesgo y aumentar la seguridad del entorno del depósito salino. En estos casos se generarán informes adicionales y excepcionales, que se facilitarán a la autoridad competente.

3.2. SEGUIMIENTO DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN DEL DEPÓSITO SALINO Y DRENAJE DE FONDO

Con objeto de asegurar el mantenimiento de la estanqueidad del depósito y del control de lixiviados y evitar posibles afecciones a las aguas subterráneas ante el deterioro o rotura del material impermeabilizante, el control y seguimiento deberá hacerse principalmente durante la fase de instalación del paquete de impermeabilización de tal forma que se garantice el perfecto estado y colocación del mismo.

No obstante, en el caso de que hubiera un fallo en la impermeabilización, el paquete de impermeabilización incluye una red de seguridad y control, que sirve para recoger las posibles infiltraciones hacia una red de drenaje de fondo y controlar el nivel freático mediante drenes perimetrales que deriven hacia arquetas de inspección situadas a pie de talud.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

La base del depósito salino será impermeabilizada por medio de las siguientes capas:

- Barrera geológica artificial (bentonita).
- Lámina PEAD (polietileno de alta densidad) 1,5 mm lisa.
- Geocompuesto drenante.
- Capa de filtro.

La instalación debe ser auditada por centro acreditado para esta actividad y como tal emitir informe positivo que será remitido a la administración competente.

Inspecciones visuales

Se deben realizar las siguientes tareas de control en las siguientes instalaciones:

- Revisar el estado del paquete de impermeabilización.
- Control del nivel de aguas en las arquetas de inspección.

La persona encargada deberá disponer de la formación y conocimientos suficientes para detectar cualquier afección o anomalía en el paquete de impermeabilización.

Actuaciones

El plan de seguimiento y control para garantizar la calidad de las aguas subterráneas implica las siguientes actuaciones de control sobre el estado, mantenimiento y funcionamiento del sistema de impermeabilización y de la red de drenaje de fondo del depósito salino:

- Además de la revisión de arquetas y medida del nivel de agua en aforador para detección de filtraciones se tomarán muestras de las aguas recogidas.
- Monitoreo de calidades de aguas superficiales y subterráneas en los puntos de control (Apartado denominado Control y Seguimiento de la calidad de las aguas superficiales).
- Se revisarán y limpiarán los elementos de drenaje y conducciones para mantener su operatividad.

Umbrales críticos

Cualquier fallo en el sistema de impermeabilización será considerado como crítico, tomándose como referencia el nivel de alarma definido para el seguimiento y control de la calidad de las aguas subterráneas.

Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos

Si la calidad de las aguas empeorase a consecuencia del depósito por problemas relaciones con el sistema de impermeabilización, se establecerán medidas de protección y restricción como limitación de movimiento de maquinaria, tratamiento de márgenes, etc. El origen de la contaminación será estudiado nada más detectarse valores anomalos en la calidad de las aguas.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

En caso de que las concentraciones de contaminantes detectadas en las aguas fueran elevadas, se informará a la Dirección del equipo ambiental y de la planta, y se procederá a la determinación del origen de la contaminación y a la puesta en práctica de las medidas protectoras a aplicar.

Informe:

Se deberán remitir informes a la autoridad competente de manera periódica detallando las mediciones y resultados analíticos referentes a la calidad de las aguas y del estado de la red de drenaje y conducciones de aguas salinas del proyecto.

3.3. SEGUIMIENTO DE CUNETAS Y RED DE DRENAJE DEL DEPÓSITO Y SU BALSA DE LIXIVIADOS

El sistema de drenaje fondo, situado bajo el paquete de impermeabilización del depósito, está encaminado a recoger las aguas de infiltración, permitiendo controlar los recorridos de dichas aguas hacia la balsa de lixiviados. Esta red de drenaje está rodeada por un geotextil permeable que actúa como barrera frente a los finos e impide la colmatación de la sección del dren y, como consecuencia, el buen funcionamiento de éste.

El control y seguimiento de cunetas y la red de drenaje tiene como objetivo comprobar el funcionamiento óptimo del régimen de circulación de las aguas en esta instalación.

Las tareas de control mínimas a llevar a cabo son:

Inspecciones visuales

Se tendrá en cuenta la observación del estado de drenaje y de su entorno cercano para evitar el arrastre de sólidos por desprendimiento de taludes o de materiales sueltos existentes que lleven turbidez a las aguas o colmaten las cunetas impidiendo la circulación del agua y cause desbordamientos.

Se trata de la inspección visual de la red de cunetas perimetral del depósito, compuesta por una red de cunetas perimetrales que permiten el drenaje de las aguas de escorrentía que contactan con la superficie del depósito y las dirigen hacia la balsa de lixiviados.

Así mismo se observará la existencia de escorrentías que no estén canalizadas en las zonas de paso y accesos próximos.

Las revisiones se centran en la cuneta de recogida de las aguas de contacto del depósito temporal salino y que desemboca en la balsa de lixiviados.

Actuaciones de control y frecuencias: Se realizarán las siguientes actividades de control:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Diariamente, control pluviométrico y temperaturas máximas y mínimas y del nivel de agua de todos los vasos.
- Control continuo y quincenal de la red de drenaje de la balsa de lixiviados.
- Toma de muestras de las aguas en los puntos de vertido hacia la balsa de lixiviados.
- Toma de muestras en los puntos de control aguas arriba de las instalaciones.
- Quincenalmente, medición in-situ de parámetros físico-químicos (conductividad, tª, pH) en red de drenaje de balsas y para la balsa de lixiviados, además, análisis en laboratorio de pH, turbidez, conductividad, aniones, metales pesados y otros parámetros.
- Velocidad del vertido de las aguas saladas drenadas desde el depósito temporal de residuos salinos a la balsa de lixiviados.
- Limpieza y mantenimiento de la red de drenaje superficial. Las operaciones se incrementarán antes y después de episodios de altas precipitaciones.

Umbrales críticos

Cualquier desbordamiento, encharcamiento, obstrucción o fisura detectada en la traza de las cunetas de recogida de aguas.

Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos

Cualquier alteración ocurrida llevará asociada la adopción de unas medidas correctoras, la revisión de las obras de paso y la restauración de las características físicas de la zona afectada.

Informe

Se deberán remitir informes a la autoridad competente de manera periódica, detallando las mediciones y resultados analíticos referentes a la calidad de las aguas y del estado de la red de drenaje y cunetas de aguas de contacto con el depósito salino, es decir, el informe estará formado por:

- Resultados de la inspección del estado de las cunetas, detalle de las actuaciones de limpieza o mantenimiento realizadas en caso de desbordamientos, encharcamientos o acanaladuras.
- Resultados de las analíticas realizadas sobre las muestras de las aguas del sistema de drenaje y de las balsas.
- Resultado de las analíticas de las muestras tomadas en los puntos de control aguas abajo de las balsas.
- Conclusiones y propuestas para la mejora de la gestión de las aguas.

Estos informes serán remitidos a la autoridad competente detallando las mediciones obtenidas in-situ y los resultados analíticos. Cada informe incorporará los resultados del período, las evoluciones temporales e incluir conclusiones y medidas correctoras.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

3.4. CONTROL DE LA EMISIÓN DE POLVO Y PARTÍCULAS

Aunque el propio comportamiento físico de la sal al ser vertida en el depósito, absorbiendo la humedad y recristalizando, evitará la generación de "polvo salino" en los alrededores del mismo, se han contemplado las siguientes medidas de control y seguimiento de emisión de polvo (todo el control y seguimiento general de las emisiones de polvo y partículas de todo el proyecto se presentan recogidos en el Plan de Vigilancia Ambiental de Mina Muga)

En concreto para el control de emisiones de polvo y partículas emitidas por el depósito de residuos salinos, se realizarán las siguientes acciones:

Respecto a la maquinaria móvil:

- Se verificará el control de las emisiones de la maquinaria, mediante su adecuado mantenimiento, así como mediante la exigencia de la ficha de inspección técnica de vehículos actualizada (ITV).
- Verificar que los volquetes de los camiones y maquinaria que transporten material susceptible de emitir partículas en suspensión van cubiertos con redes o lonas para impedir la dispersión de las mismas.
- Verificar que la circulación de la maquinaria, así como el transporte de materiales se realizará por los accesos previstos y habilitados para tal fin.
- Para evitar la emisión excesiva de gases de escape por vehículos, se verificará que éstos apagan los motores siempre que no sea necesario su funcionamiento.
- Se verificará que se realiza el riego de las pistas y de los accesos y que se mantiene la compactación de los mismos.
- Se verificará que se realizan limpiezas periódicas de viales y de las ruedas de los camiones.

Respecto al transporte de material por cintas, se verificará el correcto funcionamiento del carenado de las cintas trasportadoras, tanto en zonas de recepción y vertido, como en zonas intermedias.

Se establecen 2 puntos para el control de polvo y partículas producidos por emisiones difusas en el entorno de las instalaciones de residuos (balsas y depósito):

- PCP 6: Para controlar el depósito salino, al Este, a la orilla del Canal de Bardenas.
- PCP 7: Para controlar las balsas e instalaciones asociadas, entre el sudeste de éstas y el sur del depósito salino.

La posición relativa del captador debe ser a favor del viento, evitando la existencia de cualquier obstáculo que pudiera ejercer de pantalla de los vientos procedentes de las obras. Como criterio de alejamiento se puede considerar la distancia doble de altura del objeto que interfiere.

Debe evitarse situar la toma de muestras en caminos no pavimentados.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Para documentar adecuadamente la localización del captador, se realizará una fotografía la primera vez que sea situado sobre el terreno, para que pueda ser colocado siempre en igual situación.

La frecuencia de las mediciones en fase de explotación será semanal durante los tres primeros años, revisándose la frecuencia al término de dicho plazo. EL método de trabajo combinará la inspección visual con la toma de muestras.

No se admitirán nubes de polvo ni acumulación de partículas en los cultivos y en la vegetación. Verificar la intensidad de los riegos mediante fecha del certificado del lugar de procedencia de las aguas y lugar de su ejecución.

Los umbrales críticos para estos parámetros medidos mediante toma de muestra serán de 50 µg/m^3, de media en 24 horas, con un máximo de 7 días al año. Esto supone un acumulado de 350 µg/m^3 año.

Se tomará como nivel de alarma el 95% del valor umbral de los indicadores definidos.

Si se superan estos umbrales críticos se intensificarán los riegos de los viales de tránsito y se realizará una limpieza de las zonas afectadas. En el caso de que se detectasen niveles de contaminación muy cercanos o superiores a estos umbrales se informará al Organismo oficial competente, al que se le propondrá un Plan de minimización de la contaminación

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

4. Control y seguimiento de balsas de agua salina

Entre las instalaciones de residuos que pueden originar una contaminación por salinización se encuentran aquellas que almacenen aguas salinas (balsa de lixiviados, balsas reguladoras de salmuera y balsas de evaporación) procedentes de las labores mineras o del proceso industrial de beneficio del mineral.

Las balsas de aguas salinas comprenden: 2 balsas de regulación, una balsa de lixiviados del depósito temporal y 6 balsas de evaporación.

Personal implicado en las inspecciones de control y seguimiento de las balsas:

El objetivo principal del equipo responsable del Plan de Control y Seguimiento es el de planificar, mantener y vigilar el conjunto de balsas dentro del marco creado por la normativa de la empresa, la legislación vigente y las mejores prácticas medioambientales y de ingeniería disponible.

La totalidad del personal implicado deberá tener un conocimiento del Plan de Control y Seguimiento acorde a la función que desempeña y proporcionado por el supervisor de cada área, así como la calificación técnica correspondiente para la realización de las inspecciones a llevar a cabo.

Las inspecciones de vigilancia que se llevarán a cabo en las balsas se clasificarán en:

- Inspección de rutina de la operación. Se desarrollará diaria, semanal y semestralmente. Engloban la medida del nivel de agua de las balsas de salmuera, evaluación de filtraciones, situación de taludes, accesos y cunetas perimetrales, etc. Será efectuada por los operarios cualificados designados por el Jefe de Operación para evaluar el estado de operación de los distintos elementos las balsas.
- Inspección de rutina de la estructura. Se desarrollará mensualmente. Efectuada por el Jefe de Mantenimiento para identificar cualquier problema que requiera una acción correctiva estructural a tiempo.
- Inspección formal: Se desarrollará semestralmente. Será efectuada por un Ingeniero cualificado, el cual verificará el buen funcionamiento de la totalidad de las instalaciones.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

TIPO DE INSPECCION	PERIODICIDAD DE EJECUCIÓN	PERSONAL ENCARGADO DE SU REALIZACIÓN
Operación	Diaria	Grupos de operarios designados por el jefe de operación
	Semanal	Jefe de operación
	Mensual	Departamento topografía
Estructura	Mensual	Jefe de mantenimiento
Formal	Trimestral	Técnico competente

Tabla 3. Inspecciones de rutina y formales.

Toda la información obtenida en las inspecciones, monitoreos y revisiones, deberán ser registradas y entregadas al Jefe de Planta

RESUMEN DE LAS ACTUACIONES DE CONTROL, PERSONAL Y FRECUENCIAS REQUERIDOS EN EL PLAN DE CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LAS BALSAS DE SALMUERA		
INSPECCIÓN, MONITOREO Y REVISIÓN REQUERIDA	**RESPONSABLE**	**FRECUENCIA REQUERIDA**
Inspección de rutina de la capacidad de la balsa.	Jefe de operación	Diariamente (e inmediatamente después de alguna situación inesperada)
Mantenimiento de equipos de bombeos/tuberías	Jefe de mantenimiento	Diariamente (e inmediatamente después de alguna situación inesperada)
Inspección de rutina de la estructura de la balsa.	Jefe de mantenimiento	Diariamente (e inmediatamente después de alguna situación inesperada)
Mantenimiento de la estructura de la balsa (erosiones y desprendimientos)	Jefe de operación	Diariamente (e inmediatamente después de alguna situación inesperada)
Inspección general de toda la instalación de la balsa.	Jefe de planta	Una vez a la semana
Monitorización de la instrumentación utilizada en la balsa	Departamento topográfico	Al menos una vez al mes
Calidad del agua	Jefe de operaciones/ jefe de medioambiente	Mensual
Inspección formal de toda la instalación del depósito	Técnico competente	Mensual
Revisión de seguridad de la balsa	Jefe de seguridad	Anualmente

Tabla 4. Resumen de actuaciones de control en el seguimiento de las balsas de salmuera.

Por procedimiento, aquellas anomalías o incidencias anotadas en un Libro de Registro de Revisiones deberán de ser comunicadas de manera inmediata al Director Facultativo que, a su vez, se lo comunicará al Jefe de Planta, para su posterior subsanación por parte del personal competente. Debiendo en el caso de que estas supongan una modificación de la gestión de la instalación verse reflejadas en el Plan de Control y Seguimiento.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documentación e informes

Durante la fase de operación la empresa elaborará informes de carácter mensual que integrarán toda la información registrada a través de los diferentes medios empleados para el control y seguimiento de las instalaciones de residuos, es decir:

- Resultados de las inspecciones visuales diarias y por turno.
- Registro de datos diarios de los hitos instalados.
- Registro de datos mensuales de los inclinómetros instalados.
- Informes de análisis de los datos registrados.

La documentación en materia de seguridad y salud referente a las balsas de salmuera será recogida en un registro de Incidencias de cada una de las balsas, para su posterior entrega al departamento de seguridad.

Si el departamento de seguridad observase cualquier anomalía en dicha documentación, deberá informar inmediatamente el Jefe de Planta, para la posterior implantación de las medidas correctoras.

Actuaciones del plan de Control y Seguimiento de las balsas

Las actuaciones contempladas en el Plan de Control y Seguimiento, se centran en la operación y mantenimiento de las diferentes infraestructuras relacionadas con la gestión de salmueras en las balsas y en la vigilancia mediante inspecciones visuales y monitorización de los parámetros ambientales susceptibles de ser afectados por las aguas salinas.

A continuación, se resumen en función de los parámetros a controlar, las instalaciones objeto de control y seguimiento:

- Control meteorológico en estación meteorológica instalada en el entorno de las instalaciones de residuos.
- Control y seguimiento de la estructura y estabilidad de las balsas.
    - Control y seguimiento del almacenamiento de las balsas (capacidad y nivel) con objeto de evitar desbordamientos.
    - Control y seguimiento de la estabilidad de diques y taludes con objeto de evitar rotura de las balsas.
    - Control y seguimiento de los dispositivos de auscultación relacionados con estabilidad de las balsas (hitos topográficos y piezómetros de cuerda vibrante).
- Control y seguimiento de las instalaciones e infraestructuras de las balsas

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Seguimiento de los elementos de la red de drenaje (estado de cunetas y conducciones) con objeto de controlar el correcto funcionamiento del drenaje y vertido.
- Seguimiento del estado de la impermeabilización con objeto de impedir filtraciones.
- Drenaje de fondo con objeto de detectar y controlar posibles filtraciones.

- Control y seguimiento ambiental y calidad de las aguas (véase apartado denominado Control y Seguimiento de la calidad de las aguas superficiales).
  - Seguimiento de las aguas superficiales externas a las balsas de salmueras (aforo y calidad) con objeto de controlar que no exista afección por vertido desde alguna de las instalaciones anteriores.
  - Seguimiento de las aguas subterráneas (nivel freático, calidad) con objeto de controlar que no exista afección por infiltración desde alguna de las instalaciones anteriores.

Las actuaciones descritas para cada recurso del medio son la base para llevar a cabo la vigilancia y seguimiento ambiental de la obra y están relacionadas unas con otras. Su implementación en obra se llevará a cabo cumplimentando unas fichas de seguimiento ambiental que, constituyen el pilar fundamental del Plan de Control y Seguimiento y que concretarán la siguiente información:

- Localización de los puntos inspeccionados.
- Resultados de las inspecciones.

4.1. SEGUIMIENTO DEL ALMACENAMIENTO DE LAS BALSAS

La vigilancia de las balsas incluye la inspección y control de la operación, la estructura y la seguridad de la instalación de una forma periódica para garantizar que cada una de las balsas de salmuera cumple adecuadamente su labor y que cualquier problema encontrado pueda ser subsanado lo más rápido posible.

La vigilancia es una parte importante tanto del diseño como de la operación, ya que gracias a ella se pueden mejorar aspectos relacionados con el mantenimiento y funcionamiento.

Las balsas se han sobredimensionado para acoger las aguas de avenidas extremas, por mal funcionamiento de los elementos de gestión del agua y para contener las aguas en caso de rotura de alguna de las otras balsas o por necesidad de actuación en su fondo. Así mismo, se han enterrado aquellas balsas que presentaban mayor riesgo y evitar así la rotura de diques artificiales.

Las inspecciones de vigilancia que se llevarán a cabo en las balsas deben prestar particular atención a los siguientes aspectos:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Las inspecciones de vigilancia que se llevarán a cabo en las balsas deben prestar particular atención a los siguientes aspectos:

- Inspecciones visuales: Se deben realizar las siguientes tareas de control visual en las siguientes instalaciones:
- Volumen de las aguas almacenadas respecto a la capacidad total junto con mediciones de nivel instrumentalizado.
- Indicación de resquebrajamiento longitudinal o transversal de las balsas de salmuera.
- Existencia de áreas de estancamiento de aguas.
- Existencia de zonas de acumulación de materiales inadecuados.
- Control del estado de los desagües y aliviaderos.
- Aparición de emergencia de filtración.
- Estado de los caminos de acceso a las balsas de salmuera.

Los resultados de todas las inspecciones de rutina por el jefe de mantenimiento deben ser remitidas al Jefe de Mina inmediatamente después de cada inspección, quedando registrado en la inspección de rutina de la estructura de las balsas.

- Control pluviométrico y datos meteorológicos (evaporación, humedad, etc.), con objeto de prevenir avenidas o incremento en los caudales y volúmenes de agua almacenados.
- Auscultación geotécnica, para la que se utilizará la siguiente instrumentalización para el control de los siguientes parámetros:
    - Estación meteorológica instalada en el entorno de las instalaciones.
    - Control del nivel de agua almacenada mediante sensores de nivel.
    - Control de los sistemas de drenaje en espina de pez para detección de posibles infiltraciones.
    - Control de los caudales de aguas salinas vertidos hacia las balsas, poniendo especial atención a la velocidad de vertido de estas aguas drenadas desde el depósito temporal, y desde las mismas mediante sistemas de bombeo hacia la planta de beneficio (balance de entradas y salidas)
    - Movimientos, desplazamientos y asentamientos de los diques mediante instalación de hitos topográficos.
    - Niveles freáticos, presiones intersticiales del cuerpo de los diques mediante piezómetros de cuerda vibrante.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Calidad aguas arriba y aguas abajo de la instalación. Control y lectura en aforador de las posibles filtraciones mediante arquetas de inspección.

El nivel de llenado de agua de todas las balsas será inspeccionado diariamente.

Los movimientos, desplazamientos y asentamientos de los diques serán controlados mediante la instalación y lectura de los siguientes tipos de instrumentación:

- Hitos topográficos de control de movimiento en la cresta de los diques.

Los niveles freáticos en el cuerpo y cimentaciones del dique mediante:

- Piezómetros de cuerda vibrante.

La medición de posibles filtraciones mediante el monitoreo de calidades en:

- Arquetas de registro o piezómetros abiertos.

Además de las inspecciones de rutina, se deberá inspeccionar en las siguientes situaciones inesperadas:

- Inmediatamente después de un evento meteorológico o natural extraordinario.
- Inmediatamente después de caer lluvias intensas.
- Inmediatamente después de cualquier acto de sabotaje, conocido o sospechado, de las instalaciones.

Umbrales críticos

Fallo en el suministro eléctrico de las instalaciones de servicio de las balsas.

Inhabilitación de los accesos a la instalación por diferentes causas

Subidas importantes en el nivel de la balsa

Fracturas o grietas encontradas en las revisiones

Fallo en el sistema de recirculación de las aguas

Rotura de conducciones.

Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos

En caso de encontrar cualquiera de las anomalías anteriores, se deberá avisar por vía escrita al Jefe de Operación.

En el caso de que se alterasen lo parámetros señalados se procederá a la limpieza y/o vaciado de la balsa, destinando las aguas salinas hacia otras balsas o, en su defecto, hacia plantas externas de tratamiento para la gestión adecuada de estas aguas mientras se procede a la reparación de la estructura del vaso.

Informe:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

La empresa elaborará informes de carácter mensual que integrarán toda la información registrada a través de los diferentes medios empleados para el control y seguimiento de las balsas de salmuera.

Este informe debe incluir:

- Registro de precipitaciones, evaporación y humedad del suelo.
- Balance de entradas/salidas de agua, una verificación periódica de la capacidad de retención.
- Control de la calidad del agua subterránea aguas abajo mediante una red de control de piezómetros.
- Control de la red de hitos topográficos.
- Lectura de aforador en arquetas de inspección.

Además, con carácter semanal se remitirá un informe a la autoridad competente con las mediciones y resultados analíticos obtenidos in situ tras la realización del control hidroquímico de las aguas saladas de la balsa de lixiviados.

4.1. SEGUIMIENTO DEL ESTADO Y ESTABILIDAD DE LOS DIQUES Y TALUDES DE LAS BALSAS

Dentro del control y seguimiento de la estabilidad física de las balsas, se realiza un control geotécnico del estado de los diques y taludes de las balsas. Las acciones encaminadas a garantizar esta estabilidad de las balsas se enfocan en evitar la pérdida de suelo por erosión y en el correcto desagüe de las aguas almacenadas en las balsas hacia los puntos adecuados de vertido.

Las balsas se han sobredimensionado para acoger las aguas de precipitación frente a situaciones sobrevenidas, así mismo se han enterrado aquellas balsas que presentaban mayor riesgo y evitar así la rotura de diques artificiales.

Para el control de la estabilidad física de diques y taludes se proponen las siguientes actividades:

Inspecciones visuales: Se plantea la inspección visual que permita el control de la estabilidad de las balsas. Los indicadores para controlar serán:

- Hundimiento parcial en pistas y accesos.
- Agrietamiento superficial sobre taludes.
- Cucharas en cabeza de los taludes.
- Abombamientos, concavidades o sobrependientes en taludes.
- Deslizamientos o deformaciones en el pie de los taludes.
- Pequeños desprendimientos o derrumbamientos en general.
- Detección de procesos erosivos y acanaladuras.
- Detección de eflorescencias salinas o costras.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

El personal técnico que realiza las inspecciones de manera diaria serán los operarios capacitados desginados por el jefe de operación. Los parámetros de control (indicadores) analizados deberán recogerse en un informe de visita de campo acompañado por fotografías ilustrativas.

Control pluviométrico y datos meteorológicos diarios.

Medidas de auscultación y monitoreo:

- Control del nivel de almacenamiento mediante sensores de nivel y de los caudales de vertido de aguas salinas hacia las balsas y de su bombeo hacia la planta de beneficio.
- Aliviaderos y sistema de bombeo de aguas salinas a la balsa de pluviales en caso de aumento del nivel de agua almacenada tras sobrevenidas.
- Control de movimientos, desplazamientos o asentamientos de los diques mediante la instalación y lectura de hitos topográficos.
- Control de los niveles freáticos y de presiones intersticiales en el cuerpo y cimentaciones del dique mediante piezómetros de cuerda vibrante.
- Red de drenaje de fondo con aforador en arquetas de inspección para control de filtraciones.
- Red de control operacional de piezómetros para calidad de aguas.

Además de las inspecciones de rutina, se deberá inspeccionar en las siguientes situaciones inesperadas:

- Inmediatamente después de un evento natural extraordinario.
- Inmediatamente después de caer lluvias intensas.
- Inmediatamente después de cualquier acto de sabotaje, conocido o sospechado, de las instalaciones

Umbrales críticos

Cualquier presencia de fracturas o grietas en los taludes, acanaladuras verticales o cualquier indicio de deslizamiento. Tampoco será aceptable la presencia de ningún tipo de eflorescencia salina.

Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos

En caso de detectarse cualquiera de los desperfectos mencionados se informará a la Dirección de obra y se procederá a la realización de un estudio del origen y de las medidas protectoras y correctoras a aplicar (instalación de mallas o mantas orgánicas, ejecución de bermas, etc.)

Si se detectase alguna zona con presencia de eflorescencia salina se determinará la procedencia del flujo mineralizado que la originó.

Informe:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

La empresa elaborará informes de carácter mensual que integrarán toda la información registrada a través de los diferentes medios empleados para el control y seguimiento de las balsas de salmuera. Este informe debe incluir:

- Registro de precipitaciones, evaporación y humedad del suelo.
- Registro del estado de los diques y taludes y evaluación de su estabilidad.
- Balance de entradas/salidas de agua, una verificación periódica de la capacidad de retención.
- Control de los niveles de agua encontrados en las arquetas de inspección a pie de dique y valoración de la existencia de filtraciones.
- Control de la calidad del agua subterránea aguas abajo mediante una red de control de piezómetros.

4.2. SEGUIMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DE MONITORIZACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LAS BALSAS

Las medidas de auscultación planteadas para asegurar la seguridad de las balsas de aguas salinas ante deformaciones, filtraciones o desbordamientos se indican a continuación:

Control topográfico.

Su ubicación se realizará en los laterales de la cresta de coronacion de los diques de las balsas de salmuera y servirán para el control y seguimiento de posibles comportamientos anómalos que generen deformaciones o asentamientos en el terreno.

Se tomarán los valores de las coordenadas UTM de cada uno de los puntos de control mínimo trimestralmente, pudiendo realizar el análisis de su evolución con el objeto de actuar en caso necesario mediante la aplicación del sistema de gestión de la seguridad (medidas preventivas y, en caso de incidente, correctivas).

Se establecerá una red de control topográfico en las bermas de coronación de las balsas de salmuera para determinar las posibles variaciones en XYZ. Esta red de control constará de diferentes puntos en superficie, así como de puntos de control fuera de la zona de influencia que sirvan de referencia.

Se contrastarán los controles geométricos mediante interferometría radar, con medidas periódicas sobre la superficie del terreno sobre la que se encuentren los huecos mineros.

Se ejecutarán los controles que permitan comprobar que las medidas efectuadas se encuentran dentro de los valores previstos y que no superan los umbrales de riesgo.

La recopilación de información debe estar centralizada permitiendo, mediante la aplicación de un procedimiento normalizado, tener una serie de mediciones objetivas, independientes del personal que

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

realice la medición, con una reducción del coste de la toma de mediciones, y una mayor frecuencia de las mismas. Este sistema de control permitiría la activación remota de sistemas de alarma.

Piezómetros de cuerda vibrante

Los piezómetros de cuerda vibrante se instalarán en los rellenos de los diques de las balsas de almacenamiento de aguas salinas. La periodicidad de lectura en los piezómetros será mínimo cada 15 días, no obstante se cuenta con sensores de presión, por lo que el registro se realizará en continuo.

Umbrales críticos

Serán establecidos tanto por la autoridad competente como por la CHE.

Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos

En estos casos se procederá según los protocolos establecidos por la citada autoridad competente como por los que establezca la CHE.

Informe

Las variables que pueden componer la base de datos de auscultación y seguimiento comprende las medidas directamente por los elementos instalados e información adicional correlacionable con aquéllas:

- Situación topográfica de partida del ámbito en el que se propone la instalación de residuos.
- Situación topográfica de la instalación tras su construcción, en sus diferentes fases.
- Materiales depositados en las estructuras, modo de construcción y vertido (en función de la fase de operación y del tipo de instalación).
- Desplazamientos absolutos de los hitos de control en las tres direcciones espaciales.
- Velocidades de los desplazamientos registrados.
- Otro tipo de información relevante:
    - Información meteorológica.
    - Actividad sísmica.

Con toda esta información se procederá a realizar el análisis de las deformaciones, pudiendo preveer comportamientos y corregir incidencias permitiendo prevenir y/o predecir un comportamiento anómalo y en caso de necesidad, alertar sobre un posible colapso para la puesta en marcha de los protocolos de actuación

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

4.1. SEGUIMIENTO DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE DE FONDO DE LAS BALSAS

Con objeto de evitar posibles afecciones a las aguas subterráneas por fuga de las aguas salinas contenidas en las balsas ante un deterioro o rotura del material impermeabilizante, el control y seguimiento deberá hacerse principalmente durante la fase de instalación del paquete de impermeabilización de tal forma que se garantice el perfecto estado y colocación del mismo.

Las balsas serán impermeabilizadas del terreno natural según el RD 1481/2001 atendiendo a su condición de residuos no inertes no peligrosos. La impermeabilización de las balsas de almacenamiento de aguas salinas (regulación, y evaporación) y de la balsa de recogida de lixiviados del depósito temporal se realizará por medio de las siguientes capas:

- Barrera geológica natural.
- Barrera geológica artificial (bentonita).
- Geocompuesto drenante.
- Geomembrana PEAD.

El sistema de impermeabilización recubrirá la totalidad de cada vaso para evitar las filtraciones al subsuelo del agua salina almacenada como para recoger el agua de lluvia en su interior.

El paquete de impermeabilización incluye una red de seguridad y control, que sirve para recoger las posibles infiltraciones hacia una red de drenaje de fondo en espina de pez y controlar el nivel freático mediante drenes perimetrales que deriven hacia arquetas de inspección situadas a pie de talud.

En el caso de que hubiera un fallo en la impermeabilización, además de la recogida de la filtración es necesario poder localizar la zona donde se produce el fallo. La red de drenaje se ha dividido en cuatro secciones para poder identificar si la infiltración procede de una determinada zona del vaso o de los taludes.

En caso de que hubiese que realizar un mantenimiento en el fondo de las balsas, las aguas se bombearán a otras para proceder a las actuaciones de reparación.

Los caudales drenados se evacuarán por gravedad a una arqueta de registro. Cada sector de drenaje confluirá a la arqueta de control con su conducto independiente del resto y numerado de manera que permita la vigilancia, control y aforo de los caudales procedentes de cada sector.

En el caso que el nivel freático se encuentre por encima del fondo del vaso, y para evitar subpresiones en la geomembrana, se diseñarán drenes perimetrales a pie de talud y un manto drenante en los taludes y fondo de la balsa con el objeto de favorecer el drenaje hacia la red de fondo.

Las actuaciones de control previstas son:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Se revisarán y limpiarán los elementos de drenaje y conducciones para mantener su operatividad y evitar que lleguen turbideces a la red de drenaje natural.
- Eliminación de cualquier desecho flotante en las balsas que pueda desencadenar un posible punzonamiento.
- Se verificará el mantenimiento y buen funcionamiento del sistema de bombeo y se medirán los caudales de entrada y salida.
- Se verificará que no existan sobrepresiones en las tuberías

El plan de seguimiento y control para garantizar la calidad de las aguas subterráneas implica las siguientes actuaciones de control sobre el estado, mantenimiento y funcionamiento del sistema de impermeabilización de las balsas de salmuera:

Inspecciones visuales y mantenimiento: Se deben realizar las siguientes tareas de control en las siguientes instalaciones:

- Limpieza de las balsas de salmueras, junto con sistemas de conducción a las mismas y sus dispositivos de evacuación y aliviaderos con objeto de eliminar cualquier objeto punzante que dañe la impermeabilización.
- Revisar el estado del paquete de impermeabilización en los márgenes de las balsas.
- Revisión del estado de la geomembrana tras vaciado de la balsa.
- Revisión de las arquetas de inspección.

La persona encargada deberá disponer de la formación y conocimientos suficientes para detectar cualquier afección o anomalía en el paquete de impermeabilización.
El método de trabajo incluye:

Para las inspecciones el personal será el equipo de vigilancia formado por el jefe de mantenimiento responsable de identificar cualquier problema que requiera una acción correctiva estructural a tiempo.

Las inspecciones de rutina por parte de los operarios cualificados de operación se realizarán de manera visual en:

- Sensores de nivel en las balsas.
- Batimetría.
- Piezómetros de cuerda vibrante.
- Aforador en arquetas de inspección.

Medidas de auscultación y monitoreo:

- Control del nivel de almacenamiento mediante sensores y de los caudales de vertido de aguas salinas hacia las balsas y de su bombeo hacia la planta de beneficio.

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Revisión semanalmente de arquetas de control y medida del agua mediante aforador.
- Control quincenal de la red de drenaje de las balsas.
- Control de movimientos, desplazamientos o asentamientos de los diques mediante hitos topográficos.
- Control de los niveles freáticos y de la generación de presiones intersticiales en el cuerpo y a pie del dique mediante piezómetros de cuerda vibrante.
- Monitoreo de calidades de aguas subterráneas en piezómetros perimetrales a las instalaciones de las balsas.

Se consideran umbrales críticos un fallo del suministro eléctrico de las instalaciones de servicio de la balsa, inhabilitación de los accesos a la instalación por diferentes causas, subidas importantes en el nivel de la balsa, fracturas o grietas encontradas en las revisiones, fallo en el sistema de recirculación de las aguas, rotura de conducciones.

Umbrales críticos

Fallo en el sistema de impermeabilización

Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos

En esos casos se procedería al vaciado de la balsa, su limpieza y reparación de su paquete impermeabilizador.

Si se detectasen concentraciones de contaminantes elevadas en las aguas se informará a la Dirección del equipo ambiental y de la planta, y se procederá a la determinación del origen de la contaminación y a la puesta en práctica de las medidas protectoras a aplicar.

Informe

Se deberán remitir informes a la autoridad competente de manera periódica. detallando las mediciones y resultados analíticos referentes a la calidad de las aguas y del estado de la red de drenaje y conducciones de aguas salinas del proyecto.

4.1. SEGUIMIENTO DE OBRAS DE DRENAJE Y CONDUCCIONES DE AGUAS SALINAS

La escorrentía de los terrenos circundantes alrededor del perímetro de las balsas se recoge mediante un sistema de cunetas diseñadas para hacer circular los flujos de agua pluviales hacia el interior de las balsas. Para paliar posibles afecciones al medio por el vertido de aguas salinas, se plantean una serie de actuaciones que incluyen el seguimiento de las obras de drenaje y de cualquier canalización.

La impermeabilización de las balsas de aguas salinas está concebida para evitar las filtraciones al terreno del agua proveniente de los vasos y del agua de lluvia recogida en el interior del cada vaso.

Las acciones de control contemplan:

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

- Revisión y limpieza de los elementos de drenaje y conducciones para mantener su operatividad y evitar que lleguen turbideces a la red de drenaje natural.
- Inspección de las juntas y revestimientos de las tuberías, control de fugas para evitar encharcamientos o infiltraciones.
- Se verificará el mantenimiento y buen funcionamiento del sistema de bombeo y se medirán los caudales de entrada y salida.
- Se verificará que no existan sobrepresiones en las tuberías.

El plan de seguimiento y control para garantizar la calidad de las aguas implica las siguientes actuaciones de control sobre el estado, mantenimiento y funcionamiento del sistema de drenaje y conducciones de las aguas salinas:

Inspecciones visuales: Se deben realizar las siguientes tareas de control visual en las siguientes instalaciones:

- Estado de cunetas de drenaje (caudal, control de erosión y limpieza).
    - Cuneta de recogida de las aguas de contacto del depósito temporal salino y que desemboca en la balsa de lixiviados.
    - Cunetas perimetrales a las balsas de evaporación y regulación de recogida de pluviales.
- Estado de las tuberías y conducciones (limpieza, control de colmatación y corrosión, sobrepresiones…).
    - Tuberías de bombeo de las aguas de proceso industrial (purgas de salmueras) hacia las balsas de evaporación.
    - Tuberías entre balsas de evaporación, regulación y lixiviados.

La persona encargada deberá disponer de la formación y conocimientos suficientes para detectar cualquier afección o anomalía en la red de drenaje (cunetas y tuberías).

Control del funcionamiento del sistema de bombeo de las aguas del proceso industrial hacia las balsas de evaporación y viceversa (mantenimiento y medida de caudales).

Control pluviométrico y datos meteorológicos.

Control hidroquímico: Se realizará un control periódico con toma de muestras del agua drenada, siguiendo al menos las siguientes pautas:

- Muestreo de las aguas drenadas de las balsas mediante procedimientos normalizados.
- Medición in-situ de parámetros no conservativos: pH, potencial redox, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura.

Umbrales críticos

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Fallo en el sistema de recirculación de las aguas y rotura de conducciones.

Medidas complementarias en caso de que se alcancen los umbrales críticos

En el caso de que ocurra alguno de esos fallos, se procederá a la limpieza de la zona y a la reparación del problema detectado.

Informe:

Se deberán remitir informes a la autoridad competente de manera periódica. detallando las mediciones y resultados analíticos referentes a la calidad de las aguas y del estado de la red de drenaje y conducciones de aguas salinas del proyecto, es decir, el informe estará formado por:

- Resultados de las analíticas realizadas sobre las muestras de las aguas del sistema de drenaje y de las balsas.
- Resultado de las analíticas de las muestras tomadas en los puntos de control aguas abajo de las balsas.
- Conclusiones y propuestas para la mejora de la gestión de las aguas.

Estos informes serán remitidos a la autoridad competente detallando las mediciones obtenidas in-situ y los resultados analíticos. Cada informe incorporará los resultados del período, las evoluciones temporales e incluir conclusiones y medidas correctoras.

5. Control y seguimiento post-clausura

El *Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrial extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras* y sus normativas de actualización, establece en su artículo 35 “Mantenimiento y control posterior a la clausura de una instalación de residuos mineros” que “*la entidad explotadora será responsable del mantenimiento, control y medidas correctoras en la fase posterior al cierre y clausura durante todo el tiempo que exija la autoridad competente (…)*”.

Los parámetros sometidos a control por el citado Real Decreto están enfocados al control de las propias instalaciones de residuos mineros y en reducir al mínimo cualquier afección ambiental provocada por los mismos una vez clausuradas.

Para el caso particular del Proyecto Mina Muga, todas las instalaciones de residuos mineros (acopios, depósito de residuos mineros, balsas de lixiviados, de evaporación y regulación) son de carácter temporal y serán totalmente desmanteladas. Además, para el caso particular de los acopios, no es necesario realizar

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

el anteproyecto de cierre y clausura ni será necesario un mantenimiento posterior, debido al carácter inerte de los residuos almacenados en ellas (artículos 33.3 y 35.6 del RD 375/2009).

Una vez restaurado el terreno y desmanteladas las instalaciones, se realizarán controles específicos sobre suelos, aguas superficiales y subterráneas, etc. para asegurar la calidad ambiental del entorno rehabilitado. Geoalcali obtendrá un certificado de un organismo de control acreditado por ENAC que se presentará ante la Autoridad Competente, en línea con el artículo 33.4 del Real Decreto 975/2009, para que ésta declare la definitiva clausura del Proyecto Mina Muga.

En concreto, se mantendrá, durante 1 año hidrológico, para garantizar la nula afección del medio hídrico:

- Seguimiento de la calidad de las aguas superficiales.
- Seguimiento de la calidad de las aguas subterráneas

A los que se añade:

- Seguimiento de la subsidencia
- Seguimiento de la fauna una vez restituido el terreno natural sobre el que estaban construidas las Instalaciones de Residuos Mineros

El presupuesto de dicho control post-clausura quedan incluidos en el “Documento Nº 4: Presupeusto”

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

4 PLANOS

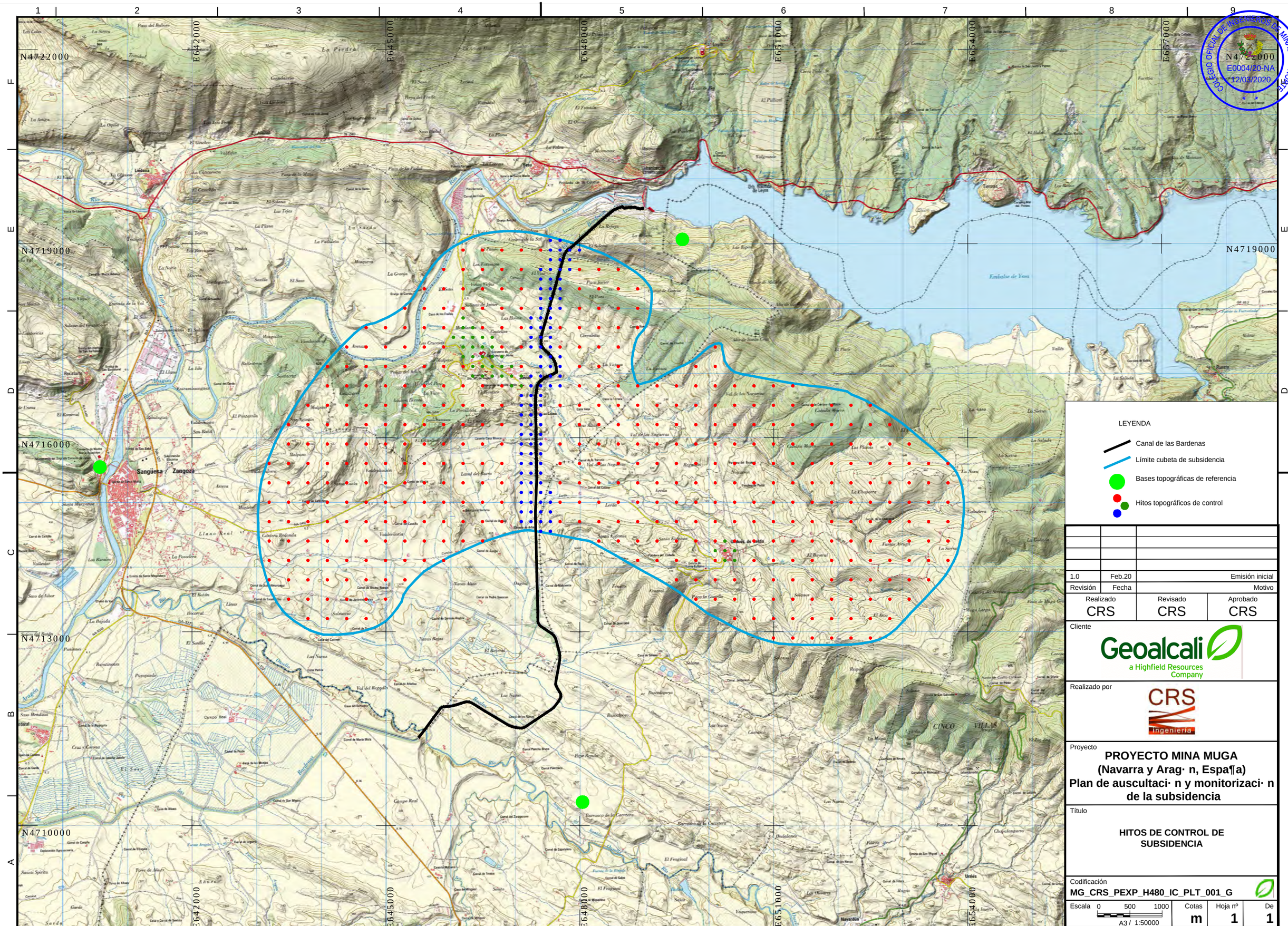
- Plano 06: Monitorización de la Subsidencia
    - Plano 01.1. Hitos de control de la subsidencia .
    - Plano 01.2. Puntos de monitorización de la subsidenia. Zona Javier.
    - Plano 01.3. Puntos de monitorización de la subsidenia. Canal de Bardenas.
    - Plano 01.4. Puntos de monitorización de la subsidenia. Zona Undués de Lerda.
    - Plano 1.5. Control y seguimiento de Instalaciones de Residuos Mineros.
    - Plano 1.6. Puntos de monitorización de auscultación en el año 3.
- Plano 07: Red de Control del Medio Hídrico. Aguas superficiales y subterráneas.
- Plano 08: Control de Polvo y partículas. Puntos de Control de Inmisión
- Plano 09: Control de emisiones de Focos fijos
- Plano 010: Control de ruido

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

PLANO 01: MONITORIZACIÓN DE LA SUBSIDENCIA



LEYENDA

- Canal de las Bardenas
- Límite cubeta de subsidencia
- Bases topográficas de referencia
- Hitos topográficos de control

1.0	Feb.20	Emisión inicial
Revisión	Fecha	Motivo

Realizado	Revisado	Aprobado
CRS	CRS	CRS

Cliente

Geoalcali
a Highfield Resources Company

Realizado por

CRS Ingeniería

Proyecto

PROYECTO MINA MUGA
(Navarra y Arag· n, Espa¶a)
Plan de auscultaci· n y monitorizaci· n de la subsidencia

Título

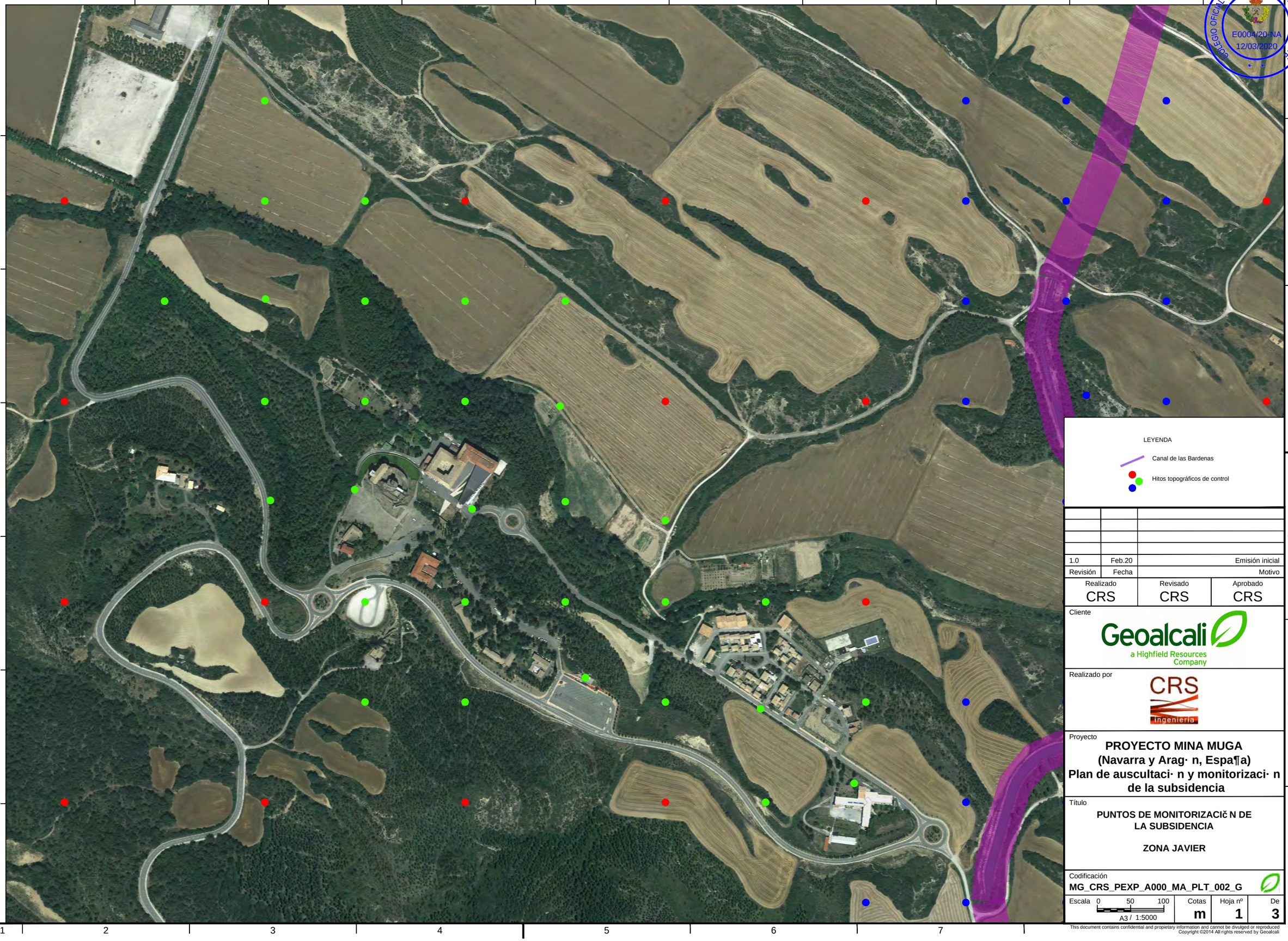
HITOS DE CONTROL DE SUBSIDENCIA

Codificación

MG_CRS_PEXP_H480_IC_PLT_001_G

Escala	Cotas	Hoja nº	De
0 500 1000 A3 / 1:50000	m	1	1

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

LEYENDA

- Canal de las Bardenas
- Hitos topográficos de control

1.0	Feb.20	Emisión inicial
Revisión	Fecha	Motivo

Realizado	Revisado	Aprobado
CRS	CRS	CRS

Cliente

Geoalcali
a Highfield Resources Company

Realizado por

CRS ingeniería

Proyecto

PROYECTO MINA MUGA
(Navarra y Arag· n, Espa¶a)
Plan de auscultaci· n y monitorizaci· n de la subsidencia

Título

PUNTOS DE MONITORIZACIč N DE LA SUBSIDENCIA

ZONA JAVIER

Codificación

MG_CRS_PEXP_A000_MA_PLT_002_G

Escala	Cotas	Hoja nº	De
0 50 100 A3 / 1:5000	m	1	3

This document contains confidential and propietary information and cannot be divulged or reproduced
Copyright ©2014 All rights reserved by Geoalcali

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

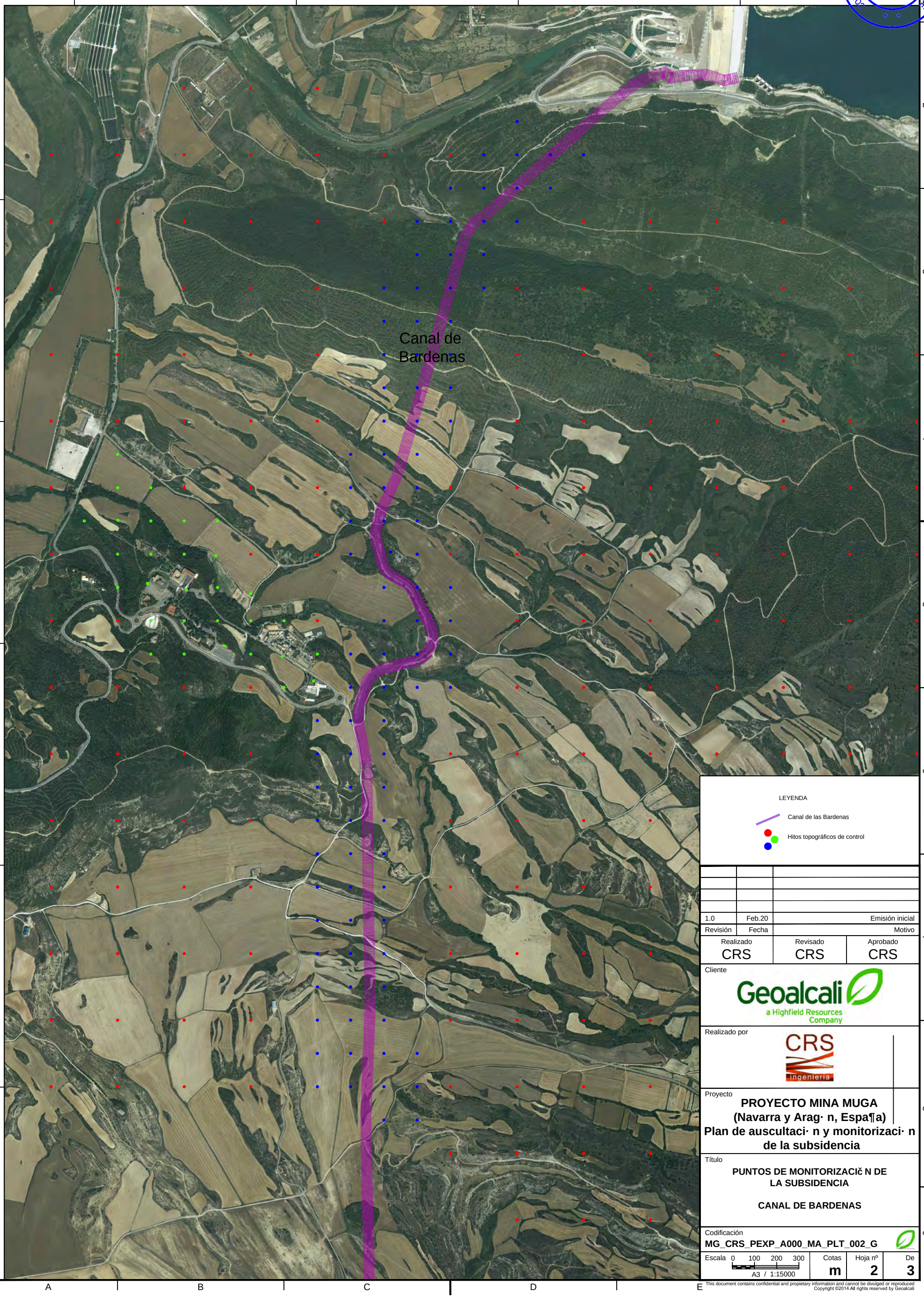
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

A B C D E

646.000 647.000 648.000 649.000

4.719.000 4.718.000 4.717.000 4.716.000 4.715.000

1 2 3 4 5 6 7 8 9



LEYENDA

Canal de las Bardenas

Hitos topográficos de control

Revisión	Fecha	Motivo
1.0	Feb.20	Emisión inicial

Realizado	Revisado	Aprobado
CRS	CRS	CRS

Cliente: Geoalcali a Highfield Resources Company

Realizado por: CRS ingeniería

Proyecto

PROYECTO MINA MUGA (Navarra y Arag· n, Espa¶a)

Plan de auscultaci· n y monitorizaci· n de la subsidencia

Título

PUNTOS DE MONITORIZACIč N DE LA SUBSIDENCIA

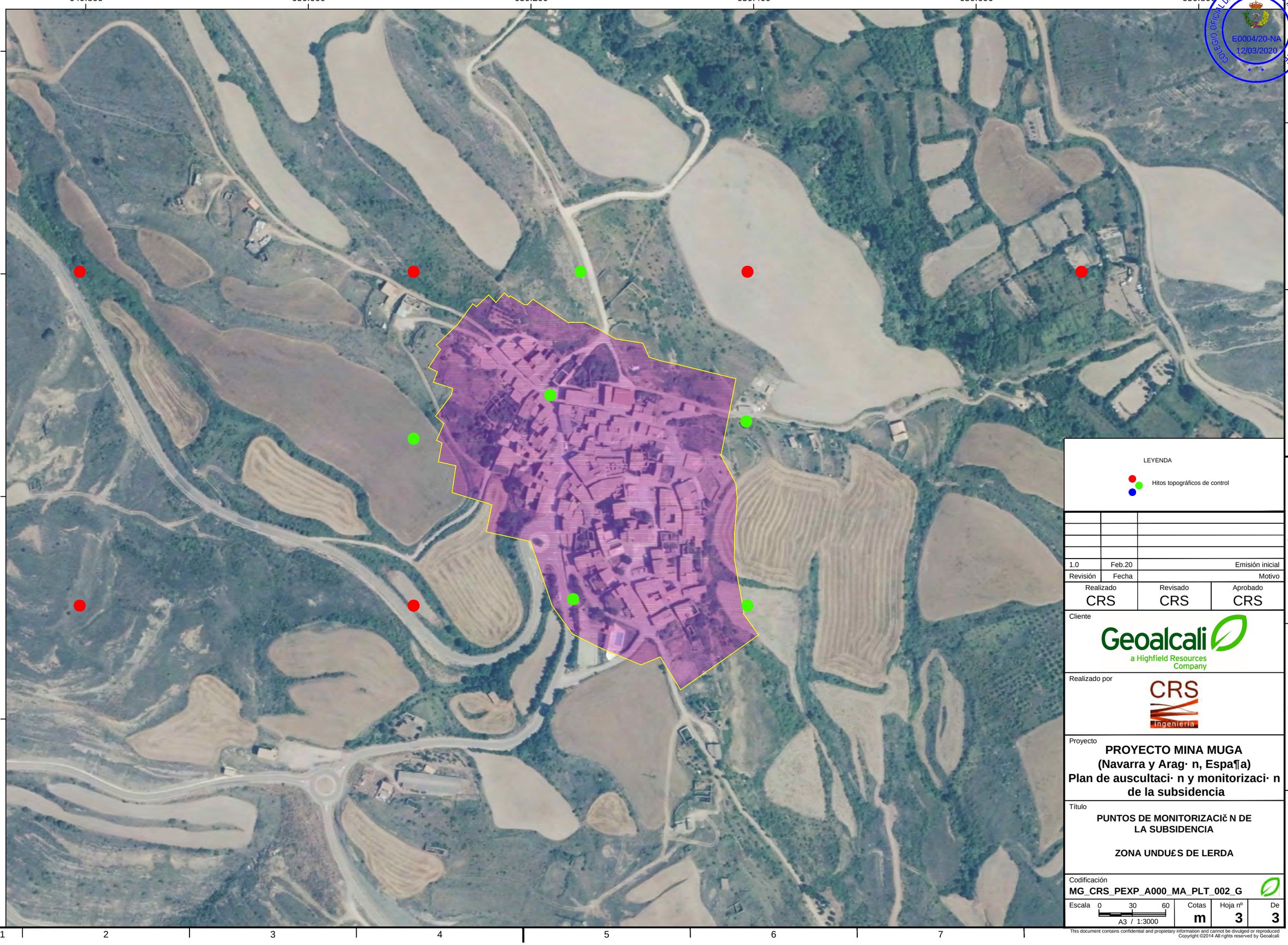
CANAL DE BARDENAS

Codificación: **MG_CRS_PEXP_A000_MA_PLT_002_G**

Escala	Cotas	Hoja nº	De
0 100 200 300 A3 / 1:15000	m	2	3

This document contains confidential and propietary information and cannot be divulged or reproduced
Copyright ©2014 All rights reserved by Geoalcali

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

LEYENDA

Hitos topográficos de control

1.0	Feb.20	Emisión inicial
Revisión	Fecha	Motivo

Realizado	Revisado	Aprobado
CRS	CRS	CRS

Cliente: Geoalcali, a Highfield Resources Company

Realizado por: CRS Ingeniería

Proyecto

PROYECTO MINA MUGA
(Navarra y Arag· n, Espa¶a)
Plan de auscultaci· n y monitorizaci· n de la subsidencia

Título

PUNTOS DE MONITORIZACIč N DE LA SUBSIDENCIA

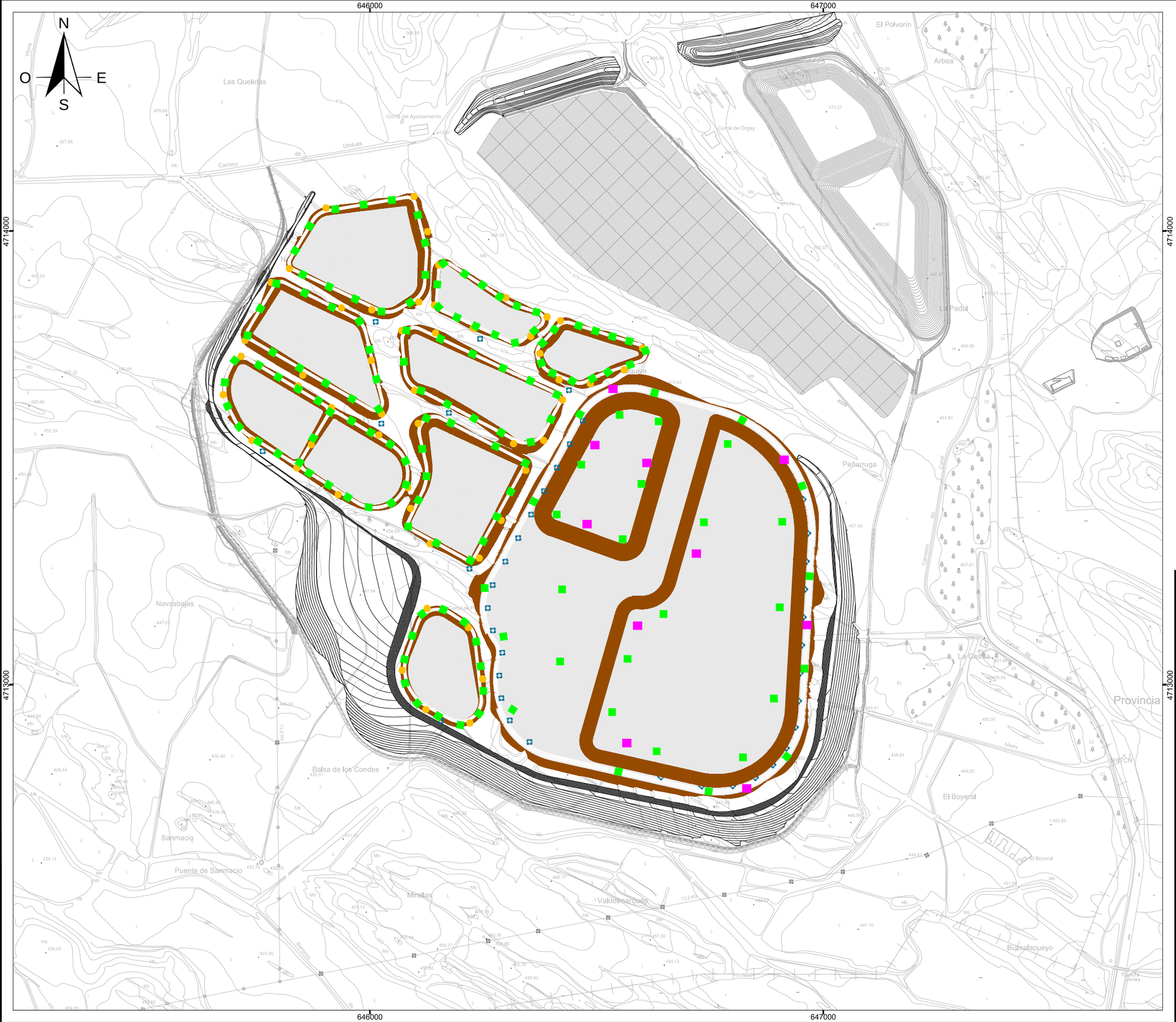
ZONA UNDU£S DE LERDA

Codificación: **MG_CRS_PEXP_A000_MA_PLT_002_G**

Escala	Cotas	Hoja nº	De
0 30 60 A3 / 1:3000	m	3	3

This document contains confidential and propietary information and cannot be divulged or reproduced
Copyright ©2014 All rights reserved by Geoalcali

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE



PUNTOS DE CONTROL Y SEGUIMIENTO

Dispositivos de Auscultaci· n

- Piez· metros de Cuerda Vibrante
- Arquetas de inspecci· n drenaje de fondo
- Inclin· metros
- Hitos topogr§ficos

Inspecci· n General

- Inspecci· n de taludes

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

1.0	Feb.20	Emisión inicial
Revisión	Fecha	Motivo

Realizado	Revisado	Aprobado
CRS	CRS	CRS

Cliente: Geoalcali, a Highfield Resources Company

Realizado por: CRS Ingeniería

Proyecto
PROYECTO MINA MUGA
(Navarra y Arag· n, Espa¶a)
Plan de auscultaci· n y monitorizaci· n de la subsidencia

Título
CONTROL Y SEGUIMIENTO DE INSTALACIONES DE RESIDUOS MINEROS.

INSPECCIč N GENERAL Y DISPOSITIVOS DE AUSCULTACIč N

Codificación
MG_CRS_PEXP_A000_MA_PLT_003_G

Escala	Cotas	Hoja nº	De
0 100 200 A3 / 1:8000	m	1	1

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

This document contains confidential and propietary information and cannot be divulged or reproduced
Copyright ©2014 All rights reserved by Geoalcali

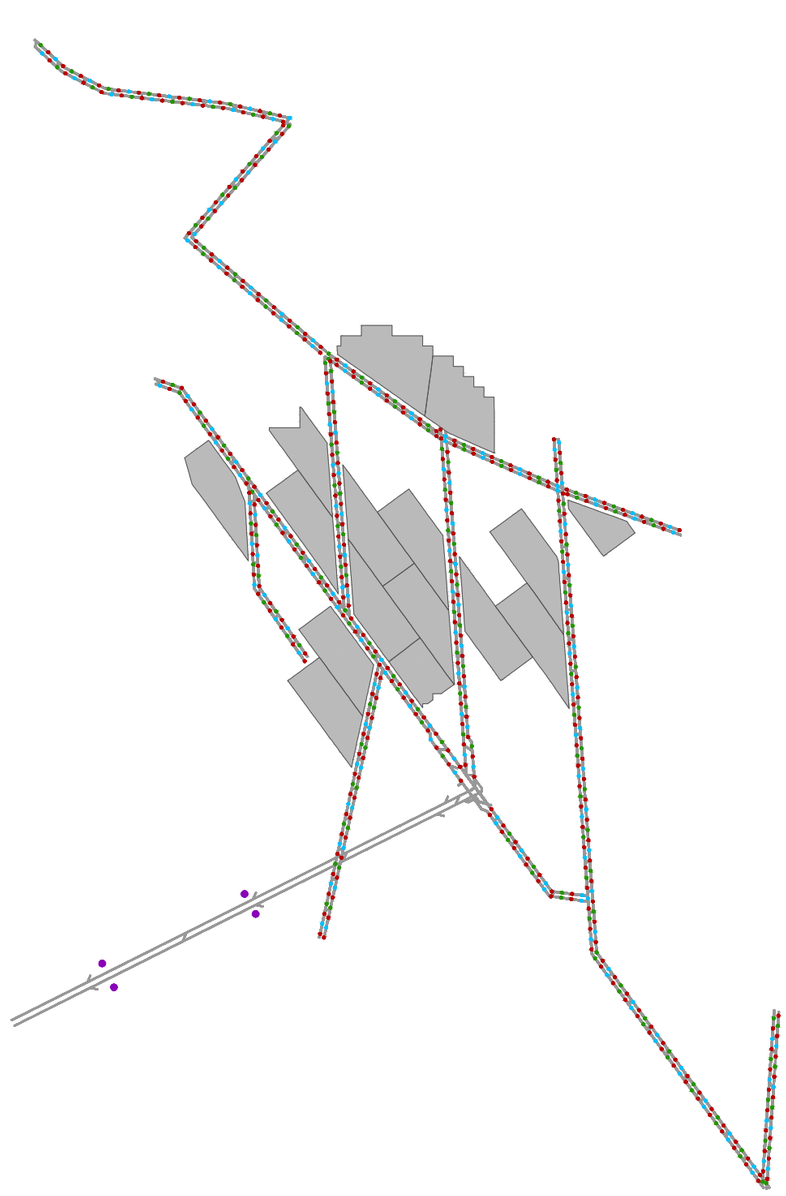
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

E645000 E648000 E645100 E654000

N4719000

N4716000

N4713000



LEYENDA

- Estaciones de convergencia
- Estaciones de convergencia y extensómetros de varillas
- Estaciones de convergencia, extensómetros de varillas y células de carga
- Piezómetros de cuerda vibrante en superficie

1.0	Feb.20	Emisión inicial
Revisión	Fecha	Motivo

Realizado	Revisado	Aprobado
CRS	CRS	CRS

Cliente: Geoalcali, a Highfield Resources Company

Realizado por: CRS Ingeniería

Proyecto

PROYECTO MINA MUGA
(Navarra y Arag· n, Espa¶a)
Plan de auscultaci· n y monitorizaci· n de la subsidencia

Título

PUNTOS DE MONITORIZACIč N DE AUSCULTACIč N EN EL A¤ O 3

Codificación: **MG_CRS_PEXP_A000_GE_PLT_004_M**

Escala	Cotas	Hoja nº	De
0 300 600 A3 / 1:30.000	m	1	1

This document contains confidential and propietary information and cannot be divulged or reproduced
Copyright ©2014 All rights reserved by Geoalcali

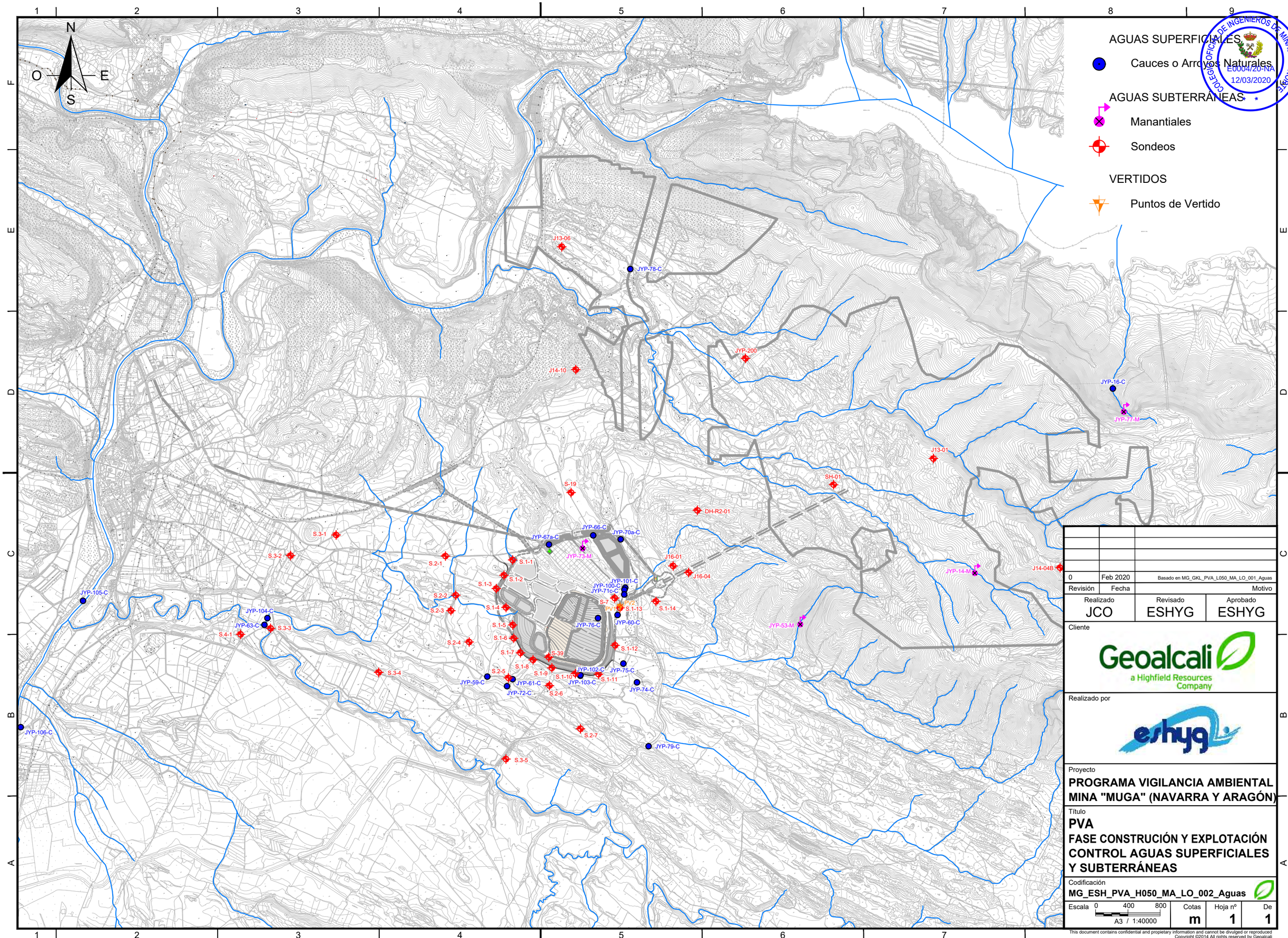
Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

Geoalcali
a Highfield Resources Company

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

PLANO 02: RED DE CONTROL DEL MEDIO HÍDRICO



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

0	Feb 2020	Basado en MG_GKL_PVA_L050_MA_LO_001_Aguas
Revisión	Fecha	Motivo

Realizado	Revisado	Aprobado
JCO	ESHYG	ESHYG

Cliente

Geoalcali
a Highfield Resources Company

Realizado por

eshyg

Proyecto

PROGRAMA VIGILANCIA AMBIENTAL MINA "MUGA" (NAVARRA Y ARAGÓN)

Título

PVA

FASE CONSTRUCIÓN Y EXPLOTACIÓN

CONTROL AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

Codificación

MG_ESH_PVA_H050_MA_LO_002_Aguas

Escala	Cotas	Hoja nº	De
0 400 800 A3 / 1:40000	m	1	1

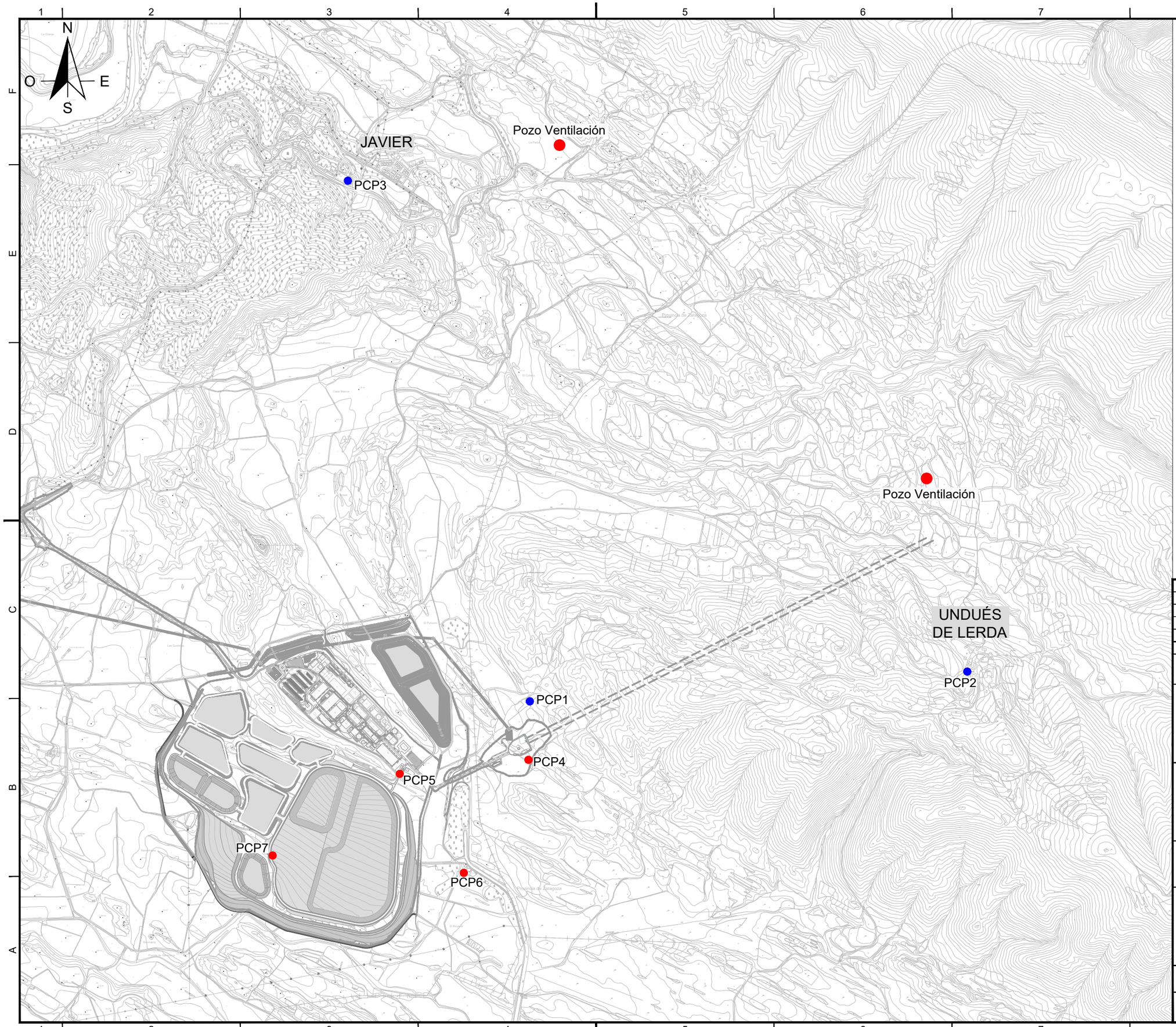
This document contains confidential and propietary information and cannot be divulged or reproduced
Copyright ©2014 All rights reserved by Geoalcali

X:\MG_MUGA\MG04_DELINEACION\MG04_07_INGENIERIA\MG04_07_06_MA\MG04_07_06_05_PVA_RESTAURACION\MG04_07_06_05_DEL-0498\MG_ESH_PVA_H050_MA_LO_002_Aguas.dwg 24 febrero 2020 9:12:13 Usuario: Juan Carlos Ortiz

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

PLANO 03: CONTROL DE POLVO Y PARTÍCULAS. PUNTOS DE CONTROL DE INMISIÓN



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

CONTROL POLVO Y PARTÍCULAS

- Puntos Control Polvo Fase Construcción
- Puntos Control Polvo Fase Explotación

0	Feb 2020	Basado en MG_GKL_PR_A000_MA_GA_024_3d4_G_EIA PVA
Revisión	Fecha	Motivo

Realizado	Revisado	Aprobado
JCO	NRRD	NRRD

Cliente

Geoalcali a Highfield Resources Company

Realizado por

Proyecto

PROGRAMA VIGILANCIA AMBIENTAL MINA "MUGA" (NAVARRA Y ARAGÓN)

Título

PVA

FASE CONSTRUCIÓN Y EXPLOTACIÓN

CONTROL POLVO Y PARTÍCULAS

Codificación

MG_NRE_PVA_L050_MA_LO_003_Particulas

Escala	Cotas	Hoja nº	De
0 100 200 300 400 A3 / 1:20000	m	1	1

This document contains confidential and propietary information and cannot be divulged or reproduced
Copyright ©2014 All rights reserved by Geoalcali

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

Geoalcali
a Highfield Resources Company

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

PLANO 04: CONTROL DE EMISIONES DE FOCOS FIJOS



FASE EXPLOTACIÓN

Focos Fijos

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

0	Feb 2020	Basado en MG_GKL_PR_A000_MA_GA_024_4d4_G_EIA PVA
Revisión	Fecha	Motivo

Realizado	Revisado	Aprobado
JCO	NRRD	NRRD

Cliente

Geoalcali a Highfield Resources Company

Realizado por

Proyecto

PROGRAMA VIGILANCIA AMBIENTAL MINA "MUGA" (NAVARRA Y ARAGÓN)

Título

PVA

FASE EXPLOTACIÓN

CONTROL EMISIONES FOCOS FIJOS

Codificación

MG_NRE_PVA_L050_MA_LO_004_Emisiones

Escala	Cotas	Hoja nº	De
0 100 200 A3 / 1:10000	m	1	1

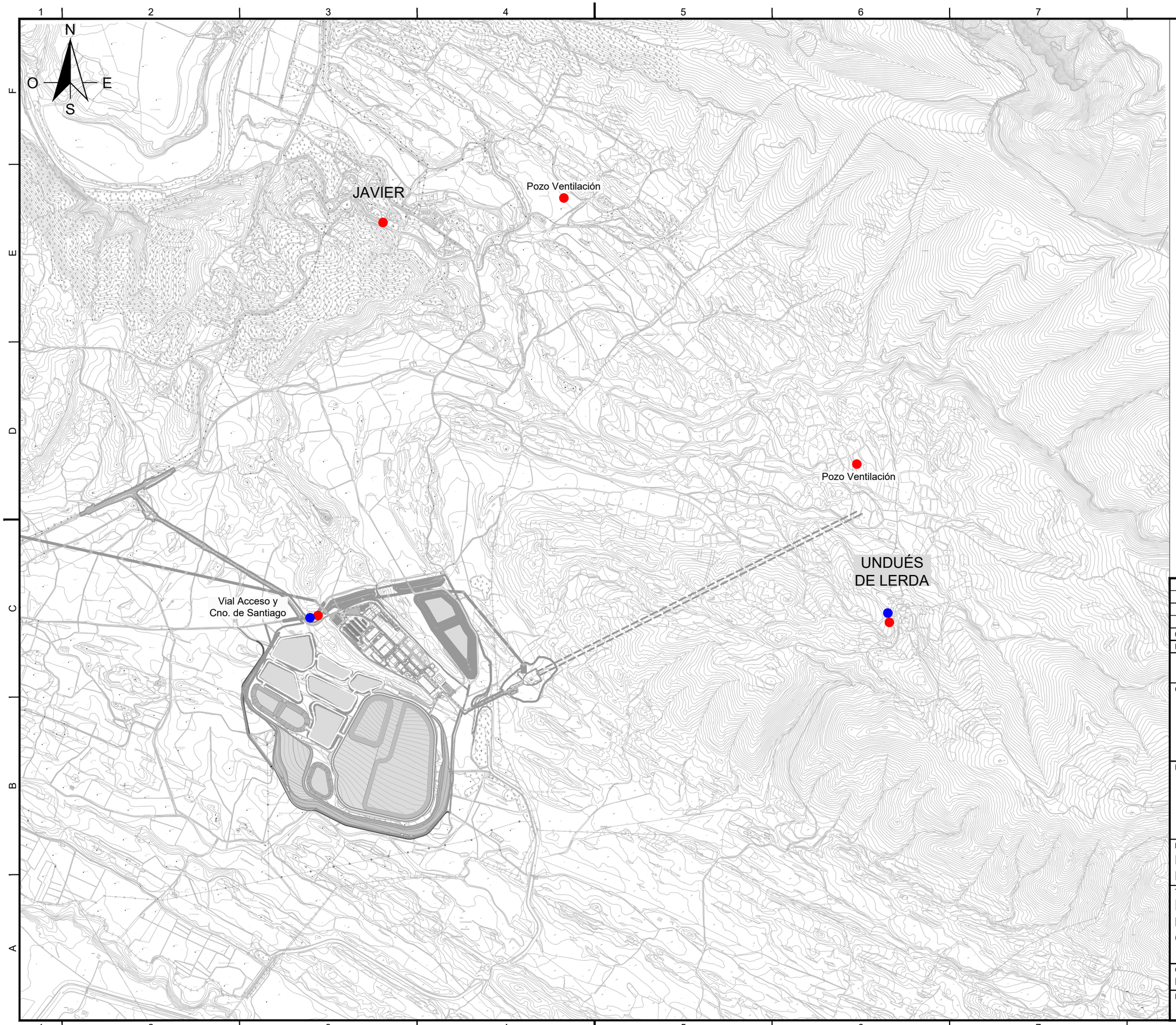
This document contains confidential and propietary information and cannot be divulged or reproduced
Copyright ©2014 All rights reserved by Geoalcali

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE

PLANO 05: CONTROL DE RUIDO



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NORTE
E0004/20-NA
12/03/2020

CONTROL RUIDO

- Puntos Control Ruido Fase Construcción
- Puntos Control Ruido Fase Explotación

0	Feb 2020	Basado en MG_GKL_PR_A000_MA_GA_024_2d4_G_EIA PVA
Revisión	Fecha	Motivo

Realizado	Revisado	Aprobado
JCO	NRRD	NRRD

Cliente

Geoalcali
a Highfield Resources Company

Realizado por

Proyecto

PROGRAMA VIGILANCIA AMBIENTAL MINA "MUGA" (NAVARRA Y ARAGÓN)

Título

PVA

FASE CONSTRUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN

CONTROL RUIDO

Codificación

MG_NRE_PVA_L050_MA_LO_005_Ruido

Escala	Cotas	Hoja nº	De
0 250 500 A3 / 1:25000	m	1	1

This document contains confidential and propietary information and cannot be divulged or reproduced
Copyright ©2014 All rights reserved by Geoalcali

Documento visado electrónicamente al colegiado nº 62A NE