



**DOCUMENTACIÓN TÉCNICA ASOCIADA A LA
SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE VERTIDO DE AGUAS
PLUVIALES PROCEDENTES DE LA Balsa de BAMA.**

TOURO

Documento Refundido

Septiembre, 2018

INDICE

1.	ANTECEDENTES Y OBJETO	1
1.1.	ANTECEDENTES.....	1
1.2.	OBJETO	5
2.	DESCRIPCION GENERAL DE LA ACTIVIDAD	6
2.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL	6
2.2.	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES ASOCIADAS A LA SOLICITUD.....	8
3.	CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS BRUTAS	8
4.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE CAUDALES MÁXIMOS SOLICITADOS.....	10
4.1.	CUENCAS ASOCIADAS A CADA PUNTO DE VERTIDO.....	10
4.2.	CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO.....	11
4.2.1.	<i>Procedimiento Empleado</i>	11
4.2.2.	<i>Desarrollo del Procedimiento</i>	11
4.2.3.	<i>Caudal Máximo Diario Estimado</i>	19
4.2.4.	<i>Caudal Anual Estimado</i>	20
5.	PROPUESTA DE SISTEMAS DE DEPURACIÓN Y EVACUACIÓN.....	21
5.1.	TRATAMIENTO CON TECNOSOLES.	21
5.2.	HUMEDAL DE BAMA	23
5.3.	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS APLICADOS	24
5.4.	SISTEMAS DE RECOGIDA, CONDUCCIÓN Y EVACUACIÓN	25
5.5.	DIMENSIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE DEPURACIÓN.....	26
5.5.1.	<i>Establecimiento de la Superficie Mínima</i>	27
5.5.2.	<i>Dimensionado y Características</i>	28
5.6.	JUSTIFICACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LOS SISTEMAS	28
5.6.1.	<i>Procedimiento</i>	28
5.6.2.	<i>Resultados Obtenidos</i>	30
5.7.	LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE VERTIDO	30
6.	CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS DE VERTIDO	31
6.1.	COMPARATIVA ENTRE CALIDAD DE LAS AGUAS DE VERTIDO Y LAS AGUAS BRUTAS	31
6.2.	VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SIN AFECCIÓN.....	33
6.3.	ESTIMACIÓN DE LOS VALORES LÍMITE PARA LAS AGUAS DE VERTIDO.....	34
7.	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	34
7.1.	CONTROL DE ACEITES, GRASAS E HIDROCARBUROS	35
8.	DISTANCIAS EXISTENTES A CANALES PÚBLICOS MÁS PRÓXIMOS	35
9.	CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO DE ACTUACIONES	35
10.	SINTESIS DEL DOCUMENTO.....	36

ANEXO I: DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

ANEXO II: PLANOS

1. ANTECEDENTES Y OBJETO

1.1. ANTECEDENTES

La Concesión de explotación "San Rafael nº 2946", ubicada entre los Ayuntamientos de Touro y O Pino, conocida popularmente como la "**Mina de Touro**", fue otorgada a favor de su promotor, persona física, Don Rafael Saenz-Diez García para la explotación de pirita de hierro, el 26/07/1946.

Posteriormente, el 19/10/1974 se otorgó una ampliación del recurso a explotar a cobre, a favor de la empresa entonces titular de la citada Concesión, Río Tinto Patiño, S.A., posteriormente Río Tinto Minera, S.A. (en adelante, "**Río Tinto Minera**").

La Concesión fue consolidada el 18 de abril de 1978 por el plazo de 90 años según la normativa minera entonces vigente.

El aprovechamiento del mineral de cobre se realizó entre los años 1973 y 1986, año en el que la empresa entonces titular, Río Tinto Minera abandonó las labores sin haber realizado prácticamente ninguna actuación de recuperación de la Mina. Como consecuencia de las actividades mineras se eliminó completamente la cobertura vegetal y los suelos de las zonas explotadas, dejando una superficie de cortas mineras con la roca (anfíbolita) compacta y dura expuesta a la intemperie, que, en los casos en los que el agua no encontraba salida dieron origen, tras el abandono, a balsas o charcas donde se acumularon aguas acidificadas con volúmenes importantes en las cortas de Bama, Vieiro, y en menor medida, de Arinteiro.

Los materiales excavados, pero sin valor económico, eran depositados en escombreras, llegando a ocupar una superficie superior a las 300 ha, en ocasiones con más de 100 metros de espesor.

Los materiales superficiales eran estériles de mina o rocas anfíbolíticas con alto contenido de azufre pirítico (2-5%), cuya oxidación produjo una acidificación extrema de los suelos y su disolución en las aguas de escorrentía e infiltración, con pH aproximado de 3, potencial redox superior a 600 milivoltios y conductividad eléctrica superior a 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Es decir, los sistemas hídricos y edáficos eran: Hiperácidos, hiperoxidantes e hiperconductores. Además, la concentración de sulfatos era superior a 3000 mg/l y la concentración de Al disuelto del orden de 100 mg/l, siendo las especies dominantes las de mayor toxicidad Al^{+3} y $\text{Al}(\text{SO}_4)^+$ y $(\text{SO}_4)^{-2}$.

Posteriormente, en 1993, y con la Mina en completo estado de abandono, Explotaciones Gallegas, S.L., asume la continuidad de la explotación con el aprovechamiento de áridos para construcción, pero también hereda el pasivo ambiental dejado por Río Tinto Minera. Explotaciones Gallegas, S.L., junto con la Universidad de Santiago de Compostela, lleva desde entonces, investigando y trabajando para

minimizarlo y, en lo posible, evitar la generación de aguas acidas en las zonas de explotación y las escombreras abandonadas.

Durante los años siguientes, 1993 a 1997, se procedió al estudio de la Mina y su entorno, por miembros del Departamento de Edafología de la Universidad de Santiago de Compostela, realizando varias publicaciones y diferentes aspectos fueron publicados dentro de dos tesis doctorales. Se establecieron los fundamentos de los procesos de acidificación en la mina Touro y sus consecuencias, así como la cartografía y caracterización de las diferentes unidades de suelos de cortas, escombreras y balsa de lodos.

En la Mina de Touro, la primera actuación de restauración específica se inició con el proyecto de "Restauración Forestal de una explotación minera en las fincas de Arinteiro y Bama, en los términos municipales de Touro y O Pino", promovido por EXPLOTACIONES GALLEGAS, S.L.

Sobre este proyecto, la Dirección Xeral de Calidade e Avaliación Ambiental de la Xunta de Galicia emitió una Declaración de Impacto Ambiental positiva, con fecha 11 de diciembre de 1998, en la que se indica que la Dirección Xeral de Industria informa favorablemente, Aguas de Galicia no formula objeciones y la Dirección Xeral de Montes valora la mejora del valor estético y del paisaje afectado por una antigua explotación minera.

Dentro de este proyecto se iniciaron ensayos de recuperación con diferentes materiales de bajo coste, entre otros: cenizas de combustión, residuos de biomasa, residuos de conchas de mejillón, residuos de construcción y demolición, etc... Los resultados obtenidos llevaron al convencimiento de la posibilidad de la recuperación utilizando materiales de bajo coste, con las condiciones adecuadas, de elevada capacidad de neutralización de ácidos y aporte de elementos fertilizantes. Se aportaron a las escombreras con suelos hiperácidos diferentes materiales de préstamo, fundamentalmente cenizas de combustión de biomasa, concha de mejillón y residuos de biomasa y necromasa, cuyos resultados fueron pronto evidentes, pues se pasó de suelos con superficies totalmente desprovistas de vegetación, con pH inferior a 3,5, hiperconductores e hiperoxidantes, en los que no crecía ningún tipo de planta, ni germinaba ninguna semilla, en la que solo existían microorganismos extremófilos, a poder tener una cobertura de vegetación con desarrollo espontáneo de musgos, brezos y pequeñas gramíneas, en los que podían vegetar y crecer, aunque de forma muy ralentizada, plantas de eucalipto y pino. Se plantó fundamentalmente eucalipto para minimizar la cantidad de agua que va a los ríos del entorno (principal afección) por la conocida capacidad de evapotranspiración de esta planta y su facilidad de instalación, frugalidad y capacidad de enraizamiento. Los mejores resultados se obtuvieron en las zonas con incorporación de materiales ricos en calcio y nutrientes eutrofizantes.

En el año 2002, junto con Aguas de Galicia y la Consellería de Medio Ambiente, que deseaban mejorar la calidad de las aguas del entorno de la mina se firmó el "Convenio de Colaboración entre la Consellería de Medio Ambiente, Aguas de Galicia y la

Universidad de Santiago para la elaboración de un proyecto técnico para la recuperación de los ríos Brandelos, Pucheiras, Rego das Rozas, Portapego, Felisa y Lañas, en el entorno de las Minas de Touro". En dicho convenio, se ponía encima de la mesa:

- i. La situación de la mina de Touro, como zona afectada por actividades extractivas en materiales ricos en sulfuros realizada por la empresa Río Tinto entre 1973 y 1986, con muy escasas actuaciones de recuperación realizadas por la empresa minera Río Tinto, prácticamente restringidas a la superficie de la balsa de lodos de flotación de la explotación.
- ii. La alteración de la calidad de las aguas de los ríos del entorno. En particular, los arroyos Brandelos y Lañas, principales colectores de los pequeños cursos antes nombrados, estaban afectados desde su contacto con la Mina hasta su desembocadura en el río Ulla.
- iii. La necesidad de una actuación específica para mejorar las aguas de la Mina que, en opinión de los técnicos de la Universidad de Santiago de Compostela, sólo se podría conseguir si se mejoraban los suelos de mina, neutralizando el exceso de acidez y lixiviación metálica y reduciendo la producción y movilización de sulfatos, principal anión movilizador de metales de la zona. Para ello, era preciso realizar actuaciones que favoreciesen la formación de condiciones reductoras, que estabilizasen los sulfuros, reduciendo su velocidad de oxidación y la incorporación de sustancias alóctonas, adsorbentes de sulfatos y metales. El objetivo era conseguir eliminar las condiciones hiperácidas y, en lo posible, lograr agua de salida de mina con un pH superior a 5,0.

En el mes de noviembre del año 2002, se entregó el Proyecto "*Plan de recuperación de los ríos Brandelos, Pucheiras, Felisa, Portapego, rego das Rozas y Lañas, en el entorno de las Minas de Touro*", y en el año 2003 se entregó el Documento Evaluación de Impacto Ambiental del citado proyecto. Dichos proyectos incluían:

- i. Un análisis de la situación actual de los suelos de la Mina y de las aguas del entorno.
- ii. Una propuesta de recuperación de los suelos mediante la utilización de suelos artificiales (los precursores de los actuales Tecnosoles) cuyos componentes tenían que tener, una o más de las siguientes propiedades: encalantes, neutralizantes de acidez, reductores, adsorbentes de sulfatos y eutrofizantes. Materiales que cumplían este objetivo eran, entre otros, lodos de depuradora, cenizas, conchas de mejillón, biomasa y necromasa, etc. A partir del año 2006, con la aparición de la nueva clasificación de suelos de la FAO, los suelos artificiales pasaron a ser denominados como Tecnosoles y, como se hacían con las propiedades adecuadas para la resolución de problemas específicos se denominaron "Tecnosoles a la carta".

- iii. La elevación del pH de las aguas de Bama mediante la creación de un "humedal reactivo", basado en la capacidad depuradora de los humedales naturales, pero con mayor eficiencia debido a la incorporación de 4 tipos de Tecnosoles diferentes, pudiendo tratar en menos tiempo y en menor superficie los efluentes hiperácidos, hiperoxidantes e hiperconductores. El agua de entrada lo hacía a pH del orden de 3 y la de salida con pH superior a 6.0.

Dichos proyectos fueron aprobados por Aguas de Galicia y, por unanimidad de todos sus miembros, por el Consello Galego de Medioambiente en el 2003 tras la presentación del mismo realizada por Felipe Macías Vázquez, miembro del Consello y de reconocida relevancia científica.

En el año 2004, se constituyó la empresa Tratamientos Ecológicos del Noroeste S.L. (en adelante "**TEN**") es una PYME gallega independiente. Su actividad inicial se centra en la valorización de residuos no peligrosos, empleando para ellos operaciones de co-compostaje que le permite obtener enmiendas orgánicas y Tecnosoles (suelos derivados de residuos) destinados a la regeneración de la antigua mina de Touro. De esta forma TEN continuó la labor ya iniciada en el 2003, tras la aprobación del Plan de recuperación ambiental antes citado, con la dirección de los trabajos de investigación que continuaban realizando los miembros del Laboratorio de Tecnología Ambiental y del Departamento de Edafología y Química Agrícola de acuerdo con la Consellería de Medio Ambiente.

En junio del año 2005, se dicta Resolución de la Dirección Xeral de Calidade e Avaliación Ambiental por la que autoriza a TEN, como Gestor de residuos y se procede a su Inscripción en el Registro Xeral de productores y gestores de residuos de Galicia. Nº de registro SC-I-NP-XV-00012 para la actividad de valorización de residuos produciendo Suelos reciclados. Es, por tanto, la primera empresa autorizada a nivel estatal para la correcta elaboración de suelos artificiales reciclados de residuos), siendo la norma ITR (2005), elaborada por la Consellería de Medio Ambiente el primer documento normativo de gestión de "suelos artificiales" a nivel mundial.

En octubre del año 2006, tras la creación del concepto de Tecnosol por la FAO, el IUSS y el ISRIC, los denominados previamente "suelos artificiales" pasaron a ser denominados "Tecnosoles" al cumplirse la definición de contener más de un 20% de artefactos, en peso o en volumen. También se presentó el documento informe final del "*Proyecto de I+D sobre elaboración de suelos artificiales y abonos orgánicos a partir de residuos para la recuperación de los suelos y aguas del entorno de la mina de Touro*", promovido por el Laboratorio de Tecnología Ambiental, Instituto de Investigaciones Tecnológicas (USC). Las principales conclusiones de dicho informe fueron:

- i. La utilización de Tecnosoles permite una recuperación de los suelos degradados y/o contaminados para convertirlos en suelos productivos de elevada actividad biológica, disminuyendo la movilidad de los sulfatos y elementos metálicos presentes en la roca.

- ii. El aporte de los Tecnosoles generó una importante mejora en la calidad de las aguas interiores de la mina de Touro, limitando de manera importante las afecciones a los cursos fluviales del entorno.

La Mina de Touro está compuesta por dos zonas bien diferenciadas, la de Vieiro-Arinteiro, donde actualmente existe una explotación para fabricación de áridos, y la de **Bama**, que es la zona objeto del presente proyecto, donde actualmente y, desde hace muchos años, no se realiza ninguna actividad extractiva ni industrial sino que únicamente se desarrollan **actuaciones de restauración de las cortas y escombreras** de la antigua Mina de cobre. Durante los últimos 16 años, EXPLOTACIONES GALLEGAS, S.L. ha realizado con gran éxito la regeneración de una buena parte de los terrenos alterados por la antigua Mina de cobre mediante la aplicación de Tecnosoles y la creación de humedales reactivos, consiguiendo así una importante mejora en la calidad de las aguas del río Brandelos, afluente del río Ulla. En concreto, en lo que se refiere a la recuperación de las aguas del entorno de la Mina, gracias a la aplicación de tecnosoles en las antiguas Cortas, así como gracias a la actuación del humedal de Bama se ha conseguido una mejora importantísima en la calidad de los ríos del entorno de la misma. Asimismo, se ha podido recuperar íntegramente la cadena trófica de un sistema minero que, tras su explotación, quedó restringido a una biodiversidad de organismos extremófilos y que hoy ha recuperado toda su cadena trófica, desde los insectos acuáticos de mayor exigencia de calidad de las aguas, como los efemerópteros, hasta los depredadores finales como las rapaces (águila, halcón, milano negro) o culebras de agua, pasando por un elevado número de especies de reptiles, anfibios, aves y mamíferos que han encontrado su hábitat de alimentación y cría en los nuevos suelos y sistemas acuáticos recuperados en las antiguas cortas y escombreras de la Mina de Touro.

La adecuación de la aplicación de tecnosoles para la restauración de los suelos -y con ello la mejora de las condiciones ambientales e hídricas de las corrientes de agua del interior- de la Mina de Touro, ha sido, además, reconocida expresamente por la Consellería de Medio Ambiente e Ordenación do Territorio mediante su Resolución de 24 de julio del año en curso por la que se resuelve "considerar adecuada la aplicación por parte de TRATAMIENTOS ECOLÓGICOS DEL NOROESTE (TEN) para la restauración de la Mina de Touro en las cortas de Bama y Arinteiro".

1.2. OBJETO

El presente documento recoge la **"Documentación Técnica para la obtención de Autorización de Vertido de Aguas Residuales"** del área de la corta de Bama y sus escombreras anexas.

En dicha área no se realiza desde hace muchos años ningún tipo de actividad extractiva o industrial, sino que únicamente se desarrollan actuaciones de restauración de las cortas y escombreras de la antigua Mina de cobre, que se encuentra actualmente en proceso avanzado de restauración, gracias a las actuaciones de regeneración ambiental desarrolladas por la actual titular de la Concesión

No obstante lo expuesto en los antecedentes anteriores, el pasado 3 de agosto de 2018, la Jefatura Territorial de A Coruña de la Consellería de Economía, Emprego e Industria requirió a EXPLOTACIONES GALLEGAS, S.L. para que presentara una serie de documentación ante distintos organismos, entre ellos, la correspondiente "solicitud para obtener del Organismo de Cuenca las autorizaciones pertinentes para el desarrollo de su actividad".

Es por ello que, siendo de interés para EXPLOTACIONES GALLEGAS dar correcto cumplimiento al citado requerimiento, a medio del presente documento, dicha entidad presenta la documentación necesaria para el otorgamiento de la citada autorización.

2. DESCRIPCION GENERAL DE LA ACTIVIDAD

2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Como se ha descrito en los apartados anteriores, la mina de Touro estuvo en explotación entre los años 1973 y 1986. Concretamente en la corta de Bama, no ha existido actividad extractiva desde que Rio Tinto Minera paralizó las labores en 1986. Desde finales de los años 90, se han realizado múltiples investigaciones e iniciativas para lograr la restauración de la corta de Bama, y la consecuente mejora de la calidad de los ríos que reciben las aguas procedentes de esta corta.

Como conclusión a estas investigaciones e iniciativas, y con la creación de la empresa TEN para la elaboración de tecnosoles, desde el año 2004 la única actividad que se realiza en la corta de Bama es la restauración de la misma mediante la aplicación de Tecnosoles sobre las antiguas escombreras y los frentes de la mina, así como la creación del humedal reactivo para tratar todas las aguas.

Los Tecnosoles son suelos. Esto es tienen una microestructura porosa, lo que incrementa su superficie reactiva y la velocidad de formación de equilibrios entre las fases acuosa, atmosférica y sólida.

Los Tecnosoles se hacen "a medida". Esto es, con la composición y propiedades que requiere cada sistema. Así, se han elaborado Tecnosoles con una capacidad de neutralización de ácidos doble a la de la caliza y que, además, son mucho menos solubles, por lo que tienen mayor capacidad tampón de forma sostenible. A estos Tecnosoles, pueden añadirse además, componentes "reductores", que limitan la concentración de oxígeno y componentes "adsorbentes", que controlen e inmovilicen las especies iónicas de As, Se, Sb, Ni, Cd, Zn, etc., formados en la oxidación.

De ahí que su efecto de control ambiental sea muy superior y permita una recuperación integral, por su actuación sobre todo el conjunto de riesgos potenciales de la contaminación por oxidación de sulfuros.

También pueden añadirse en los Tecnosoles, componentes que mejoren las condiciones de fertilidad, por lo cual facilitan, acortan y mejoran las labores de revegetación.

Por tanto el método empleado para la restauración de la Mina de Touro consiste en la aplicación y extendido de capas de diversos Tecnosoles en las diferentes zonas afectadas con lo que lograr corregir de manera paulatina los efectos de la acidificación del suelo y mantenerlos en el tiempo.



Vista aérea de la corta de Bama, una vez finalizada la explotación por Río Tinto y antes de comenzar el proceso de restauración con Tecnosoles.



Vista aérea de la corta de Bama en 2017, después de 13 años de aplicación de Tecnosoles.

El método empleado para la restauración de la Mina de Touro consiste en la aplicación y extendido de capas de diversos Tecnosoles en las diferentes zonas afectadas con lo que lograr corregir de manera paulatina los efectos de la acidificación del suelo y mantenerlos en el tiempo.

La aplicación de los Tecnosoles para restaurar una determinada zona, se realiza durante varias fases, extendiendo pequeñas tongadas y dejando que éstas vayan asentando y consolidándose en el talud antes de disponer una nueva capa encima de la anterior. A pesar de ello, durante estas fases de extendido, y previamente a que la vegetación colonice el talud restaurado por tecnosoles, es inevitable que se produzcan algunos arrastres en épocas de fuertes precipitaciones.



Evolución de una zona de la corta de Bama al añadir Tecnosoles. Se recupera la flora, fauna, el paisaje y la capacidad productiva y las aguas de salida pasan de hiperácidas ($\text{pH} < 3.5$) a neutras o alcalinas ($\text{pH} > 7.0$)

2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES ASOCIADAS A LA SOLICITUD

La **"Solicitud de Vertido"** se asocia, como antes se ha señalado, con la necesidad de gestión y tratamiento de los efluentes asociados a las **"aguas de escorrentía circulantes a través de las superficies afectadas por la anterior actividad minera"** que, con carácter general experimentarán posibles desajustes en los parámetros de pH, sólidos en suspensión, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y ciertos metales pesados.

Las aguas de escorrentía son las correspondientes a las que deriva la propia vaguada, además de las del lavado y percolación a través de las tierras, en la superficie de ocupación de la explotación precedente.

3. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS BRUTAS

Como **"Aguas Brutas"** se consideran las aguas afectadas dentro del ámbito de estudio, con anterioridad a la aplicación de cualquiera de los tratamientos de depuración.

Hasta la fecha, se disponen análisis de aguas realizados por el organismo de cuenca "Augas de Galicia". Estos controles se realizaban en los puntos AA1 (a la salida de la balsa de Bama: Balsa 2), AA2 (río Brandelos, aguas arriba del Punto de Vertido) y AA3 (río Brandelos, aguas abajo del vertido); todos ellos en las fechas del 16/02/2018, 12/03/2018 y 19/04/2018, tal como se puede observar, estas muestras se corresponden

con localizaciones aguas arriba o abajo del ámbito de estudio, por lo que, en ninguno de los casos se obtiene información respecto a las características de las aguas brutas.

Ante la falta de información de referencia al respecto de las características de las aguas brutas, se ha procedido a la toma de una muestra de aguas con anterioridad a su paso por cualquier tipo de sistema de depuración.

El actual periodo estival supone una dificultad para conseguir un caudal adecuado para la toma de muestras en las cabeceras de las líneas de escorrentía del ámbito de estudio, en consecuencia se ha procedido a la ejecución de estos muestreos, en una zona de surgencia de aguas sin tratamiento que se localizaba aguas arriba de la Balsa de Bama (Balsa 2) y que en las analíticas se denomina "M03" (ver Anexo II: Planos, para la localización de este punto). A continuación se recogen los resultados de esta analítica.

- Toma de muestras del 09/08/2018:

Parámetro Unidad	Valores en M03
pH	4,0 ± 0,2 A 18,8 °C
Sólidos en Suspensión (mg/l)	22,1
Sólidos sedimentables (ml/l)	<0,1
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	<14
DQO (mg O ₂ /l)	20,6
Cadmio (g/l)	9,8
Plomo (g/l)	0,46
Mercurio (g/l)	<0,1
Niquel (g/l)	1.380,7
Arsénico (g/l)	4,0
Cobre (g/l)	4.490,0
Cromo (g/l)	<0,1
Selenio (g/l)	20,4
Zinc (g/l)	2.460,0
Aluminio (g/l)	42.477,0

Tal como se ha citado con anterioridad, cabe adscribir las aguas residuales objeto de caracterización como **"aguas de escorrentía circulantes a través de las superficies afectadas por la anterior actividad minera"**, generándose este vertido independientemente de la presencia de actividad en la zona.

El carácter contaminante de estas aguas se asocia a una carga variable metales pesados, además de una alteración del pH, fruto del lavado de los minerales que quedan accesibles tras los procesos de extracción de los metales, junto con la presencia de diversos procesos oxidativos, presentes en dichas condiciones.

Para la corrección de estos parámetros, tal como se ha desarrollado en el apartado anterior, se vienen aplicando tratamientos pasivos desde el año 2001 (aporte de suelos artificiales y/o tecnosoles), a la vez se están desarrollando estudios en colaboración con la "Universidad de Santiago de Compostela", para la valoración de una correcta evolución de la calidad de dichas aguas brutas.

Con la corrección del pH, consecuentemente se provoca la reducción en la biodisponibilidad de los metales pesados, mediante la precipitación de los mismos por adsorción a formaciones complejas de oxihidróxidos de hierro y sulfatos; situación que genera un incremento de los sólidos en suspensión.

A esta carga de sólidos en suspensión también se ha de sumar la generación de posibles arrastres de los suelos aportados, mientras no tiene lugar la compactación de los mismos.

4. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE CAUDALES MÁXIMOS SOLICITADOS.

4.1. CUENCAS ASOCIADAS A CADA PUNTO DE VERTIDO

En el actual ámbito de estudio se identifica una única Cuenca que vierte hacia el exterior, en un único Punto de Vertido.

CUENCA	SUPERFICIE CUENCA (m ²)	PUNTO DE VERTIDO	PP.KK.	CAUCE ASOCIADO (PHGC)	PUNTO DE VERTIDO UTM ETRS 89 HUSO 29N	
					X	Y
1	852.165,33	PV-01	-	Río Brandelos	552.504,00	4.747.905,00

Debido a la diversidad en las características del terreno y a la presencia de una balsa en la zona central, se ha procedido a la división de la superficie total de la cuenca en varias cuencas secundarias de características similares, denominadas como **Zonas**, con líneas de escorrentía diferentes que finalizan todas ellas en dicho Punto de Vertido.

Para la diferenciación de estas zonas, se ha procedido al estudio de la información disponible, correspondiente a la cartografía del ámbito de estudio. Así mismo, esta información se ha integrado con la procedente el Modelo Digital del Terreno "MDT25" (malla 25 m x 25 m) del I.G.N. y las herramientas que, al efecto, proporciona el software GIS empleado para su procesado.

Así y conforme se muestra en el Anexo II: Planos, se han definido un total de 7 zonas, todas ellas pertenecientes a la Cuenca 1 de estudio y vertiendo directa o indirectamente en el Punto de Vertido "PV-01".

En la siguiente tabla se muestra la información correspondiente a estas 7 zonas:

CUENCA	SUPERFICIE CUENCA (m ²)	PUNTO DE VERTIDO	ZONA	SUPERFICIE ZONA (m ²)	CENTROIDE DE ZONAS UTM ETRS 89 HUSO 29N	
					X	Y
1	852.165,33	PV-01	1	189.535,30	553.170,20	4.748.213,09
			2	78.002,28	553.273,24	4.747.914,08
			3	66.993,19	553.236,22	4.747.778,36
			4.1	265.453,84	553.038,58	4.747.663,61
			4.2	105.154,73	552.762,85	4.748.141,74
			5	95.414,79	552.988,87	4.747.378,12
			6	51.611,20	552.655,68	4.747.915,12

4.2. CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO

4.2.1. PROCEDIMIENTO EMPLEADO

Para el cálculo del caudal máximo de escorrentía por zona, que se empleará para el dimensionamiento de los sistemas asociados al punto de vertido, se ha empleado el "Método Racional" según se define en la "Instrucción de Carreteras 5.2-IC, de Drenaje Superficial" vigente.

Los datos así obtenidos, se tomarán posteriormente como referencia para el dimensionamiento de los sistemas de tratamiento adscritos a cada punto de vertido, con el objeto de asegurar la funcionalidad de los mismos en situaciones de máximas avenidas.

Volviendo al procedimiento de cálculo, recordar que conforme al método señalado, el caudal máximo de escorrentía se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

Siendo:

- Q_T (m³/seg): Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca.
- $I(T, t_c)$ (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c , de la cuenca.
- C: Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.
- A (km²): Área de la cuenca.
- K_t : Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

Añadir que, para ajustar el procedimiento a las necesidades de tratamiento que cabe esperar en base al Plan de Obra vigente, se ha considerado un periodo de retorno de 2 años.

4.2.2. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

4.2.2.1. INTENSIDAD MEDIA DE PRECIPITACIÓN (IT)

Según el procedimiento, la intensidad de precipitación $I(T, t)$ correspondiente a un período de retorno T, y a una duración del aguacero t, se obtiene de la siguiente fórmula:

$$I(T, t) = I_d * F_{int}$$

Siendo:

- $I(T, t)$ (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno T y a una duración del aguacero t.

- I_d (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno T.
- F_{int} : Factor de intensidad. Introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de la duración del aguacero t y del período de retorno T, si se dispone de curvas intensidad - duración - frecuencia (IDF) en un pluviógrafo situado en el entorno de la zona de estudio que pueda considerarse representativo de su comportamiento.

La intensidad de precipitación a considerar en el cálculo del caudal máximo anual para el período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca Q_T , es la que corresponde a una duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t = t_c$) de dicha cuenca.

Para su resolución ($I(T,t) = I_d * F_{int}$) se siguen los pasos siguientes:

1. Determinación del Valor de I_d :

La intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T, se obtiene mediante la fórmula:

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$$

Siendo:

- I_d (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno T.
- P_d (mm): Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T.
- K_A : Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca; correspondiéndose en todos los casos con un valor de "1", puesto que el área de todas las cuencas es menor de 1 km².

El valor de P_d para el periodo de retorno de 2 años se ha obtenido de la aplicación informática MAXIM V.2 (2008); desarrollada por la Unidad de Hidráulica e Hidrología de la E.U.I.T. Forestal de la Universidad Politécnica de Madrid, que arroja los siguientes datos para la cuenca objeto de estudio y en consecuencia para las 7 zonas:

CUENCA	Valor medio precipitación máxima diaria anual. [PMDA (mm)]	Coficiente de Variación. (Cv)	Valor medio precipitación máxima diaria anual para T = 2 años. [Pd (mm)]
1	78	0,35	71.84

Obteniéndose en consecuencia el siguiente valor de I_d :

CUENCA	I_d (mm/h)
1	2,99

2. Determinación del Valor de F_{int} :

Se tomará el mayor valor de los obtenidos de entre los que se indican a continuación:

$$F_{int} = \text{máx} (F_a, F_b)$$

Donde:

- F_a : Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I_1/I_d), según la fórmula:

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287 t^{0,1}}$$

Donde:

- I_1/I_d se obtiene de la "Figura 2.4" de la Instrucción 5.2-IC y que se corresponde en esta zona con el valor de "8".
- t (horas): Duración del aguacero. Para la obtención del factor F_a , se debe particularizar la expresión para un tiempo de duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t = t_c$).

Por ello procede determinar, en primer término y para cada cuenca, el **tiempo de concentración (t_c)**, por el procedimiento que recoge la Instrucción, según se indica:

A. Para cuencas principales se obtiene de la fórmula siguiente:

$$t_c = 0,3 \cdot L_c^{0,76} \cdot J_c^{-0,19}$$

Donde:

- t_c (horas): Tiempo de concentración.
- L_c (km): Longitud del cauce.
- J_c (adimensional): Pendiente media del cauce.

Dado que el tiempo de concentración depende de la longitud y pendiente del cauce escogido, se han tanteado diferentes cauces o recorridos del agua, incluyendo siempre en los tanteos los de mayor longitud y menor pendiente. Así, conforme señala la Instrucción, se ha escogido aquel recorrido que da lugar a un valor mayor del tiempo de concentración t_c ; obteniéndose los resultados siguientes:

ZONA	PUNTO DE VERTIDO	LONG (L_c) km	PENDIENTE (J_c) (%)	t_c (Horas)
1	PV-01	1,002	11,48	0,189
2	PV-01	0,807	12,64	0,157
3	PV-01	0,443	18,28	0,093
4.1	PV-01	1,302	5,91	0,262
4.2	PV-01	0,721	8,60	0,155
5	PV-01	1,070	4,39	0,238
6	PV-01	0,290	27,93	0,062

Se confirma que en todos los casos, excepto para la Zona 4.1, el valor de t_c es inferior a 0,25 h.

B. Para cuencas secundarias se obtiene de la fórmula siguiente:

Dados los resultados obtenidos ($t_c \leq 0,25$ h), para estos casos procede determinar el valor del t_c dividiendo el recorrido de la escorrentía en tramos de características homogéneas inferiores a trescientos metros de longitud (300 m) y sumando los tiempos parciales obtenidos y considerando el caso correspondiente a "flujo difuso sobre el terreno", que se determina a partir de la siguiente fórmula, tal y como se señala en la Instrucción:

$$t_{dif} = 2 \cdot L_{dif}^{0,408} \cdot n_{dif}^{0,312} \cdot J_{dif}^{-0,209}$$

Donde:

- o t_{dif} (minutos): Tiempo de recorrido en flujo difuso sobre el terreno.
- o n_{dif} : Coeficiente de flujo difuso; a determinar a partir de la tabla 2.1 de la instrucción.

Cobertura del terreno		n_{dif}
Pavimentado o revestido		0,015
No pavimentado ni revestido	Sin vegetación	0,050
	Con vegetación escasa	0,120
	Con vegetación media	0,320
	Con vegetación densa	1,000

- o L_{dif} (m): Longitud de recorrido en flujo difuso.
- o J_{dif} : Pendiente media.

Determinándose el valor de t_c a partir de la tabla 2.2 de la instrucción:

t_{dif} (minutos)	t_c (minutos)
≤ 5	5
$5 \leq t_{dif} \leq 40$	t_{dif}
≥ 40	40

Así, se han obtenido los resultados siguientes:

ZONA	TRAMO	LONG (Lc) km	PENDIENTE (Jc) (%)	$L_{dif}^{0,408}$	$n_{dif}^{0,312}$	$J_{dif}^{-0,209}$	t_{dif} (Minutos)
1	I	0,145	123,45	7,62	0,70	0,37	3,90
	II	0,234	10,26	9,26	0,70	0,61	7,98
	III	0,196	30,10	8,61	0,70	0,49	5,93
	IV	0,186	0,54	8,43	0,39	1,14	7,54
	V	0,241	5,39	9,37	0,39	0,70	5,18
							30,53
2	I	0,288	7,64	10,08	0,39	0,65	5,18
	II	0,181	0,55	8,34	0,39	1,13	7,41
	III	0,140	26,43	7,51	0,70	0,50	5,31
	IV	0,198	21,21	8,65	0,70	0,53	6,40
							24,30

ZONA	TRAMO	LONG (Lc) km	PENDIENTE (Jc) (%)	$L_{dif}^{0,408}$	$n_{dif}^{0,312}$	$J_{dif}^{0,209}$	t_{dif} (Minutos)
3	I	0,092	1,09	6,33	0,52	0,98	6,42
	II	0,211	9,95	8,88	0,39	0,62	4,31
	III	0,140	42,14	7,51	0,70	0,46	4,82
4.1	I	0,151	9,93	7,75	0,70	0,62	6,72
	II	0,194	5,15	8,58	0,70	0,71	8,54
	III	0,212	5,19	8,89	0,70	0,71	8,84
	IV	0,290	13,45	10,11	0,70	0,58	8,23
	V	0,156	0,64	7,85	0,70	1,10	12,07
	VI	0,299	0,33	10,23	0,70	1,26	18,04
4.2	I	0,292	3,08	10,14	0,39	0,79	6,29
	II	0,108	7,41	6,76	0,39	0,66	3,49
	III	0,202	8,91	8,72	0,39	0,63	4,34
	IV	0,118	22,88	7,00	0,39	0,52	2,86
5	I	0,245	0,41	9,44	0,39	1,21	8,94
	II	0,298	0,67	10,22	0,39	1,09	8,73
	III	0,238	7,56	9,32	0,39	0,66	4,80
	IV	0,289	9,00	10,09	0,39	0,63	5,01
6	I	0,290	27,93	10,11	0,70	0,50	7,06

Que en función de la citada tabla 2.2, se permite establecer los siguientes tiempos de concentración (t_c) y valores de F_a :

ZONA	PUNTO DE VERTIDO	t_c (minutos)	t_c (Horas)	F_a
1	PV-01	30,53	0,509	11,28
2	PV-01	24,30	0,405	12,60
3	PV-01	15,55	0,259	15,54
4.1	PV-01	62,43	1,040	7,83
4.2	PV-01	16,98	0,283	14,92
5	PV-01	27,47	0,458	11,88
6	PV-01	7,06	0,118	22,02

- F_b : Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo:

$$F_b = k_b \frac{I_{IDF}(T, t_c)}{I_{IDF}(T, 24)}$$

Donde:

- $I_{IDF}(T, t_c)$ (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y al tiempo de concentración t_c , obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo.

- $I_{IDF}(T,24)$ (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y a un tiempo de aguacero igual a veinticuatro horas ($t = 24$ h), obtenido a través de curvas IDF.
- k_b : Factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un período de veinticuatro horas y la intensidad máxima anual diaria. En defecto de un cálculo específico se puede tomar $k_b = 1,13$.

En lo referente a la necesidad de contar con curvas IDF, se ha empleado como referencia para obtener los valores correspondientes a $I_{IDF}(T,t_c)$ e $I_{IDF}(T,24)$ se han obtenido de la aplicación informática la aplicación informática MAXIM V.2 (2008), integrada en la "Estimación de la Intensidad Máxima para una duración y periodo de retorno determinados en la España Peninsular mediante la Aplicación Informática MAXIN"; desarrollada por la Unidad de Hidráulica e Hidrología de la E.U.I.T. Forestal de la Universidad Politécnica de Madrid; correspondiéndose con los indicados en la tabla siguiente, donde se incluye el valor obtenido para F_b :

ZONA	PUNTO DE VERTIDO	$I_{IDF}(2,t_c)$	$I_{IDF}(2,24)$	F_b
1	PV-01	27,01	2,99	10,20
2	PV-01	30,13	2,99	11,37
3	PV-01	36,07	2,99	13,62
4.1	PV-01	19,42	2,99	7,33
4.2	PV-01	34,88	2,99	13,17
5	PV-01	28,47	2,99	10,75
6	PV-01	50,40	2,99	19,02

Puesto que en todos los casos $F_a > F_b$; entonces $F_{int} = F_a$.

3. Determinación del Valor de $I(T,t)$:

ZONA	PUNTO DE VERTIDO	I_d	F_{int}	$I(T,t)$
1	PV-01	2,99	11,28	33,73
2	PV-01	2,99	12,60	37,68
3	PV-01	2,99	15,54	46,48
4.1	PV-01	2,99	7,83	23,43
4.2	PV-01	2,99	14,92	44,62
5	PV-01	2,99	11,88	35,51
6	PV-01	2,99	22,02	65,85

4.2.2.2. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

El coeficiente de escorrentía C , define la parte de la precipitación de intensidad $I(T, t_c)$ que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca. El coeficiente de escorrentía C , se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}
 &\text{Si } P_d \cdot K_A > P_0 && C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right) \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)^2} \\
 &\text{Si } P_d \cdot K_A \leq P_0 && C = 0
 \end{aligned}$$

Siendo:

- C: Coeficiente de escorrentía.
- P_d (mm): Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T considerado, ya determinado en el anterior epígrafe 4.2.2.1.
- K_A : Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca; correspondiéndose en todos los casos con un valor de "1", puesto que el área de todas las cuencas es menor de 1 km².
- P_0 (mm): Umbral de escorrentía.

Para su determinación se siguen los pasos siguientes:

1. Determinación del Valor de P_0 :

El umbral de escorrentía P_0 , representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determina mediante la siguiente fórmula:

$$P_0 = P_0^i \cdot \beta$$

Siendo:

- P_0 (mm): Umbral de escorrentía.
- P_0^i (mm): Valor inicial del umbral de escorrentía.

El valor de P_0^i se obtiene de la Tabla 2.3 de la Instrucción, tomándose los siguientes valores de referencia para los suelos del grupo "B".

- Escombreras y vertederos (Cod. 13200): 11
- Frondosas y perennifolias (Cod. 31100): 47
- Zonas empantanadas fijas o en transición (Cod. 32400): 24
- β : Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

En cuanto al valor de β , este se obtiene a partir de la fórmula asociada al drenaje transversal de vías de servicio, ramales, caminos, accesos a instalaciones, edificaciones auxiliares y otros elementos anejos, por su mejor ajuste a la casuística objeto de estudio:

$$\beta^{PM} = \beta_m \cdot F_T$$

Siendo:

- β^{PM} : Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje para drenaje de plataforma y márgenes, o drenaje transversal de vías auxiliares.
- β_m : Valor medio en la región, del coeficiente corrector del umbral de escorrentía, a obtener de la tabla 2.5 de la Instrucción; que en este caso se corresponde con 0,90.
- F_r : Factor función del período de retorno T, que se obtiene también de la citada tabla 2.5 y que se corresponden en este caso con 0,80.

- Por tanto, $\beta^{PM} = 0,72$.

- Y P_0 :

ZONA	P_d	β	P_0
1	47	0,72	33,84
2	11	0,72	7,92
3	11	0,72	7,92
4.1	24	0,72	17,28
4.2	24	0,72	17,28
5	11	0,72	7,92
6	11	0,72	7,92

2. Determinación del Valor de C:

Puesto que $P_d \cdot K_A > P_0$, siendo $K_A=1$, procede su determinación conforme a la fórmula siguiente:

$$C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1 \right) \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23 \right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11 \right)^2}$$

Obteniéndose los resultados siguientes:

ZONA	PUNTO DE VERTIDO	P_d	P_0	C
1	PV-01	71,84	33,84	0,1638
2	PV-01	71,84	7,92	0,6425
3	PV-01	71,84	7,92	0,6425
4.1	PV-01	71,84	17,28	0,3732
4.2	PV-01	71,84	17,28	0,3732
5	PV-01	71,84	7,92	0,6425
6	PV-01	71,84	7,92	0,6425

4.2.3. CAUDAL MÁXIMO DIARIO ESTIMADO

Conforme el procedimiento seguido, el caudal máximo de escorrentía se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

Siendo:

- Q_T (m³/seg): Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca.
- $I(T, t_c)$ (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c , de la cuenca.
- C: Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.
- A (km²): Área de la cuenca.
- K_t : Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

A partir de los cálculos ya realizados en los apartados anteriores, para su determinación se siguen los pasos siguientes:

1. Determinación del Valor de K_t :

Se determina a partir de la siguiente expresión

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14}$$

Siendo:

- t_c (horas): El tiempo de concentración de la cuenca antes determinado.

Obteniéndose los resultados siguientes:

ZONA	PUNTO DE VERTIDO	t_c	K_t
1	PV-01	0,51	1,030
2	PV-01	0,41	1,023
3	PV-01	0,26	1,013
4.1	PV-01	1,04	1,070
4.2	PV-01	0,28	1,015
5	PV-01	0,46	1,026
6	PV-01	0,12	1,005

2. Determinación del Valor de Q_r :

En función de la expresión antes citada, se obtienen los siguientes resultados:

ZONA	PUNTO DE VERTIDO	I(T,t)	C	A	Kt	Q_r (m ³ /seg)	Q_r (m ³ /día)
1	PV-01	33,73	0,1638	0,18954	1,0298	0,2996	25.881,57
2	PV-01	37,68	0,6425	0,07800	1,0226	0,5364	46.343,70
3	PV-01	46,48	0,6425	0,06699	1,0130	0,5630	48.640,40
4.1	PV-01	23,43	0,3732	0,26545	1,0698	0,6897	59.588,25
4.2	PV-01	44,62	0,3732	0,10515	1,0145	0,4936	42.643,22
5	PV-01	35,51	0,6425	0,09541	1,0262	0,6206	53.620,08
6	PV-01	65,85	0,6425	0,05161	1,0049	0,6096	52.668,91

4.2.4. CAUDAL ANUAL ESTIMADO

Puesto que la metodología empleada en el cálculo de los caudales instantáneos y diarios, supone la estimación del caudal máximo asociado a una precipitación de diseño determinada, a efectos del cálculo de los caudales anuales cabe asumir como hipótesis que no todos los días del año las precipitaciones recogidas se corresponderán con el valor medio de precipitación máxima diaria, es decir, no es razonable esperar una precipitación diaria del orden de los 70 mm; razón por la cual y en atención a las indicaciones recibidas de técnicos de "Aguas de Galicia" para estudios similares realizados anteriormente, se estiman los valores correspondientes al Caudal Anual de dicha cuenca en base a la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Q = C \times A \times P$$

Siendo:

- o C: Coeficiente de escorrentía de la cuenca.
- o A: Área de la cuenca.
- o P: Precipitación Media. Según datos procedentes de los registros históricos disponibles (AEMET: Santiago Aeropuerto 1981 – 2010), esta se corresponde con 1.787 mm/año, que equivalen a 4,89589 mm/día.

Determinándose los siguientes caudales anuales para cada una de las zonas:

ZONA	PUNTO DE VERTIDO	Q_r (m ³ /año)
1	PV-01	55.485,12
2	PV-01	89.562,59
3	PV-01	76.921,90
4.1	PV-01	177.044,58
4.2	PV-01	70.133,01
5	PV-01	109.555,71
6	PV-01	59.260,22
TOTAL	PV-01	637.963,12

5. PROPUESTA DE SISTEMAS DE DEPURACIÓN Y EVACUACIÓN

5.1. TRATAMIENTO CON TECNOSOLES.

En la mina de Touro, son factores desfavorables las características de los materiales, con un relativamente alto nivel de S pirítico, elevados contenidos de pirrotina, fuerte fracturación de los materiales y presencia de oxidantes en los materiales movilizados.

El mayor problema lo constituye la elevada concentración de formas de S reducido, no sólo en las zonas mineralizadas, sino prácticamente en todos los materiales anfibolíticos e incluso, con bastante frecuencia, en los planos de esquistosidad de esquistos y paragneises. De los datos de más de 1000 muestras analizadas por Lundin, el contenido de S pirítico oscila entre un valor mínimo de 0,00 y un máximo de 20,58% con un valor más frecuente de 0,5% y un valor medio en torno a 0,8%. Los valores inferiores al 0,1% representan menos del 6% del total de muestras, por lo que se puede concluir, con gran seguridad que los únicos materiales que no tienen un potencial acidificante son prácticamente los suelos superficiales y algunas saprolitas fuertemente oxidadas de naturaleza caolínica. El resto de los materiales siempre producirá acidez y, prácticamente en todos los casos, si no se realizan actividades preventivas de mitigación de los procesos oxidativos y de tamponización llegarán a condiciones hiperácidas.

Esto implica que la casi totalidad de los materiales es potencial productor de sistemas con aguas hiperácidas y en menos de un 10% y, solo si es separado en origen del resto de los materiales ricos en S reducido, podría considerarse que el riesgo de hiperacidificación es mínimo.

A idénticas conclusiones, sólo que todavía con mayor riesgo de acidificación se llega analizando el contenido de azufre y la cinética de oxidación forzada en laboratorio, de materiales recogidos en escombreras y cortas de la mina Touro. El porcentaje de S pirítico para gravas de diferentes tamaños recogidos por el LTA-USC en distintas zonas de la mina de Touro osciló entre 0,08 y 33,89%, lo que significa que aun separando las dos muestras de contenidos superiores al 30%, que sin duda aparecen en los estériles del yacimiento, el porcentaje de S pirítico es superior al 1,3%. Es decir, más de 10 veces superior al valor a partir del que se ha observado la presencia de una rápida acidificación, por oxidación de sulfuros. Si a ello añadimos que de las 16 muestras analizadas la mitad producen valores inferiores a 3,5 de pH de oxidación a los 2 minutos de añadido el oxidante; esto implica que en un plazo de 3 a 6 meses el sistema producido por el 50 % de las muestras puede tener aguas hiperácidas. A los 30 minutos de oxidación forzada sólo 3 de las 16 muestras no presentan valores hiperácidos y sólo dos muestras, con contenidos de S pirítico de 0,08 y 0,13% tienen valores superiores a 4.0 al cabo de 6 horas.

Con la experiencia existente, se concluye que todos los materiales que contienen más de un 0,1% de S pirítico tienen que ser tratados con capas de Tecnosoles reductores y tamponizantes.

La lucha contra los efectos negativos de los sulfuros se basa en dos procedimientos:

- Bien se recuperan las condiciones de bajo potencial redox (condiciones subóxicas o anóxicas) en las que los sulfuros son estables.
- O bien se incrementa la capacidad de neutralización de ácidos de los materiales acompañantes, de modo que la acidez liberada sea rápidamente neutralizada y se mantenga el pH elevado.

Todo lo que sea disminuir la velocidad de oxidación de los sulfuros es positivo y, por ello, se ha dedicado un gran esfuerzo, tanto a la comprensión de las condiciones que la limitan, como a los mecanismos oxidativos por los que transcurre, y, también, al conocimiento de los posibles aliados en el control de los sulfuros expuestos en superficie.

Tal como se ha visto la oxidación de sulfuros comienza siempre por la acción del O₂ disuelto en agua, por lo que la eliminación del oxígeno y la reducción de la velocidad de difusión del mismo son factores positivos. Acciones como: encharcamiento manteniendo el agua parada, incremento de la presencia de reductores que consuman el oxígeno, dificultades para su renovación por cubrición rápida, etc., son positivos en esta fase.

La reacción con el oxígeno es lenta, pero aumenta a medida que desciende el pH. Si éste desciende de 4,0 se forma en el medio Fe⁺³ y ya no hace falta el O₂, razón por la cual la cubrición con materiales ya no es tan efectiva cuando se han alcanzado condiciones de oxidación por Fe⁺³. De ahí la importancia de controlar lo más posible y con la mayor prontitud el pH del sistema oxidativo. Si éste se mantiene a valores de pH superiores a 4,0 no hay Fe⁺³, y si es superior a 5,5-6,0, la velocidad de la reacción es muy pequeña y puede ser controlada con relativa facilidad por los materiales acompañantes, especialmente si hay reductores en el sistema capaces de suministrar electrones a los agentes oxidantes. Esto nos lleva a la necesidad de adicionar sustancias encalantes, con elevada capacidad tampón, cuando se espera un proceso oxidativo de sulfuros; y a la necesidad de incrementar la relación dadores/aceptores de electrones en los sistemas de exposición de sulfuros a la intemperie. Siendo la biomasa y la necromasa los principales factores favorables, hay que tener en cuenta que son totalmente inexistentes o muy poco eficientes en las minas en explotación, donde las actividades mineras llevan consigo la completa eliminación de la cobertura vegetal, del suelo rico en humus, así como los restos de las actividades bióticas.

Por tanto la alternativa elegida para la restauración de la Mina de TOURO se basa en la adición de Tecnosoles reductores, que minimizan la oxidación, antiacidificantes que neutralizan la acidez producida, tamponizantes que controlan las variaciones de pH y adsorbentes de sulfatos, que reducen su movilidad e impiden la salida y pérdida de CNA por la inmovilización y reducción de los contraiones de los sulfatos no movilizados. Además, estos Tecnosoles pueden tener otros efectos ambientales, tales como incrementar la capacidad de retención de agua, favorecer la actividad biológica y la biodiversidad, incrementar los nutrientes biodisponibles, etc., todo lo cual favorece

enormemente el proceso de recuperación, acortando plazos y disminuyendo costes económicos y ambientales.

La alternativa sería la aplicación de calizas para la corrección de los problemas expuestos, pero se antoja imposible el cálculo de las toneladas necesarias para ello pues, como aproximación, puede considerarse que debe tenerse en el sistema al menos de 3 a 4 veces (en peso) la cantidad de caliza activa que de azufre pirítico, pero pueden producirse grandes oscilaciones en función del total de toneladas de cada material y de su porcentaje en S pirítico; además de todos los factores que ya se ha señalado que pueden intervenir en el proceso.

Por el contrario, si se realiza con Tecnosoles adecuados las cifras de material aportado pueden reducirse considerablemente por las importantes diferencias que produce el Tecnosol respecto a la caliza, que se sintetizan en las siguientes:

- Mayor capacidad de neutralización de ácidos (en torno a 1,5 veces la de la caliza).
- Mayor sostenibilidad y eficiencia tamponizante (menor solubilidad y no pasivado).
- Capacidad reductora en sus componentes dadores de electrones. Esto reduce el Eh (potencial redox), lo que trae como consecuencia que el mecanismo oxidativo de los sulfuros sea mucho más lento y con menor producción de acidez. En condiciones adecuadas puede garantizarse que el mecanismo no podrá producir más de 4 moles de H⁺ por mol de pirita oxidada porque no podrá formarse Fe⁺³. Esto elimina el riesgo de hiperacidificación, que sí existiría cuando la caliza se solubiliza completamente. Además, si las condiciones son lo suficientemente reductoras, sólo se producirán 2 o ninguno si se alcanzan condiciones de estabilidad de los sulfuros (Eh < 100 mvolt.).
- Capacidad de fijación de sulfatos. Tecnosoles con capacidad de fijación de sulfatos evitan pérdidas de cationes básicos (Ca, Mg, K, Na) que actúan como neutralizantes reduciendo la necesidad de encalante.

5.2. HUMEDAL DE BAMA

El humedal de Bama es un claro ejemplo de cómo se ha conseguido regenerar una zona completamente degradada, tanto a nivel de suelos como de aguas.

Consiste básicamente en la utilización de 4 tipos de Tecnosoles en un Humedal reactivo generado en la antigua corta minera que produce el paso de aguas de pH del orden de 3.0 a aguas de pH neutro (pH > 7.0) en la que se han eliminado un gran número de contaminantes susceptibles de ser utilizada para todos los usos deseados, sin gastos de electricidad, reactivos o de mantenimiento, y la sustitución de un sistema biótico en el

que sólo existían extremófilos hasta desarrollar una cadena trófica compleja, con insectos acuáticos diversos, anfibios, aves y depredadores finales.

5.3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS APLICADOS

Conforme se ha indicado anteriormente, la propuesta de gestión de efluentes procedentes de la superficie de la antigua explotación minera, se basa en la implementación de un sistema de recogida y conducción de las aguas, constituido a base de cunetas que se conectan a dos balsas de depuración: una primera correspondiente a la Balsa 1 (Humedal de Bama, en la zona central) y una segunda balsa denominada Balsa 2 (Balsa de Bama, en el extremo Oeste).

Con la aplicación de estos sistemas de gestión de efluentes, se busca el incremento de los valores de pH, así como la precipitación de los metales en disolución, mediante la formación de compuestos insolubles y/o la adsorción de dichos iones metálicos a las partículas de sólidos en suspensión.

En consecuencia, con el incremento del pH y la reducción de los sólidos en suspensión se provoca la eliminación de las afecciones a la calidad de las aguas. La variación del pH se consigue con la aplicación de tratamientos pasivos y la reducción de los sólidos en suspensión mediante la ejecución de sistemas de decantación (balsas).

En el año 2001 se comenzó la modificación de la condición hiper-ácida de la Corta de Bama. En primer lugar se llevaron, por medio de desviaciones, todas las aguas de las plataformas y cortas altas, hacia la corta de Bama y se iniciaron diferentes actuaciones dentro de ella, tendentes a mejorar la calidad de las aguas de salida hacia el río Brandelos. Entre estas medidas destacan las siguientes:

- Formación de un área de ensayo del comportamiento y eficiencia de diferentes lodos y residuos, como materiales encalantes y fertilizantes, favorables a la recuperación de los suelos y aguas de la mina y favorecedores del crecimiento de la vegetación macrófita (Typhas y Juncos).
- Cerrado de una parte de la corta, con piedras de las escombreras, lodos y cenizas, con la finalidad de formar una zona de acumulación de aguas con un mayor tiempo de residencia de las mismas. Esta acumulación de agua y la siembra y plantación de Typhas dio origen al Humedal de Bama, en el que para aumentar las posibilidades de depuración, se realizaron varios compartimentos separados por pequeños muretes que obligan al agua a pasar de uno a otro solo por rebose.

Estos tratamientos iniciales generaron el inicio de un ligero incremento del pH, suficiente para aumentar los precipitados de hierro y con ello la adsorción a los mismos de los sulfatos y los metales pesados.

- En una tercera fase se realizaron tratamiento con aporte de materia orgánica (aguas residuales del proceso de fabricación de aguardiente). Con este último tratamiento se confirma la estabilización del pH, con valores en torno a las 6 – 7,5 unidades, así como los valores de potencial Redox estabilizándose en torno a 0 mvol, reduciéndose de este modo la condición oxidante de las aguas de vertido.

Con este último tratamiento se produjo tanto la precipitación del hierro, como del aluminio y la continua adsorción de los sulfatos y metales pesados a estos precipitados.

- Por último, se ha realizado un tratamiento con suelos derivados de residuos, medida que ha incrementado la precipitación de los compuestos de aluminio.

Según estos datos, recogidos en el informe de la USC, se ha eliminado o reducido mayoritariamente el efecto nocivo de la corta y las escombreras de la Mina de Touro; aunque estas modificaciones no son definitivas ni estables, siendo necesaria la continuación de estos tratamientos, hasta conseguir suelos más profundos.

De todos modos, se puede observar la transformación de una condición inicial abiótica, a una cadena trófica compleja y de un elevado valor ecológico.

En el caso de las aguas, se ha eliminado la condición de hiperacidez e hiperoxidante, para alcanzar un comportamiento similar a las zonas próximas sin afección.

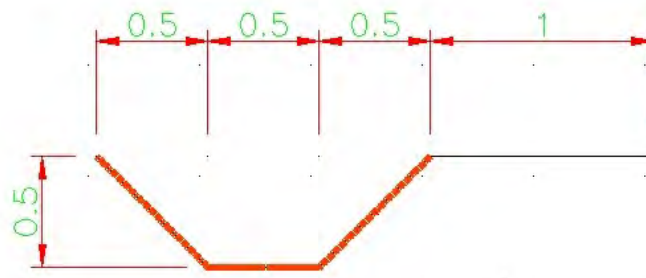
Tanto en la actualidad como en periodos posteriores, se prevé la continuación en la aplicación de estas medidas, en el entorno de la Balsa 1 (Humedal de Bama), así como aguas arriba de la Balsa 2 (Balsa de Bama) en la que se ha detectado la presencia de una surgencia de aguas brutas.

5.4. SISTEMAS DE RECOGIDA, CONDUCCIÓN Y EVACUACIÓN

Las aguas procedentes de las Zonas 2, 3, 4.1 y 5 se conducen hacia la Balsa 1 (Humedal de Bama) dispuestas en la zona central de la depresión, a través del propio terreno o de las márgenes de los caminos, mediante la disposición de pequeñas cunetas excavadas en tierra; al igual que ocurre con las aguas procedentes de las Zonas 1, 4.2 y 6, en su derivación hacia la Balsa 2 (Balsa de Bama) (Ver Anexo II: Planos).

Entre la Balsa 1 (primera balsa) y la Balsa 2 (segunda y última balsa) se realizan una serie conducciones mediante cunetas de sección trapezoidal o cuadrangular al margen de los caminos existentes, igualmente se realizan conducciones con tubería de plástico en las zonas de cruce con los caminos existentes (Ver Anexo II: Planos).

En la imagen siguiente se muestra un gráfico representativo de las cunetas de conducción de aguas de vertido entre ambas balsas:



SECCIÓN TIPO SISTEMAS DE RECOGIDA, CONDUCCIÓN Y EVACUACIÓN

En la actualidad, una vez alcanzada la “Balsa 2: Balsa de Bama”, las aguas residuales se derivan hacia el medio receptor por rebose de dicha balsa en la zona de menor cota de la misma, zona en donde el agua cruza un sendero y se precipita hacia el río Brandelos, a través de una escollera realizada en roca y sobre el propio terreno natural, hasta alcanzar el cauce.

En la siguiente tabla se incluye la longitud comprendida entre la zona de rebose de la Balsa 2 y el Punto de Vertido en río Brandelos, cuyo trazado en planta se refleja en el “Anexo II: Planos”.

- **Longitudes asociadas al Punto de Vertido.**

CUENCA	BALSAS DE DECANCIÓN	PUNTOS DE VERTIDO	LONGITUD ENTRE BALSA Y PUNTO DE VERTIDO (m)
1	B-2	PV-01	45,53

5.5. DIMENSIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE DEPURACIÓN.

Dada las características de los efluentes a tratar (aguas de escorrentía a su paso por una superficie de anterior explotación minera, con posibilidad de carga de SS, acidez, metales pesados), en la actualidad se encuentran implantadas en el ámbito de estudio dos balsas de decantación y filtración, destinadas al tratamiento físico de los efluentes procedentes de la superficie de estudio.

Tal como se ha desarrollado en el presente documento, el tratamiento para el incremento del pH y consecuente precipitado de los metales pesados, corresponde a un procedimiento testado, con resultados positivos concluyentes, que no requiere de la implementación de nuevas medidas de corrección, por lo que, en este apartado se procede al dimensionado de los sistemas de depuración para la decantación de los sólidos en suspensión.

Hacia el primer sistema de depuración “Balsa 1: Humedal de Bama” se derivan las aguas de las Zonas 2, 3, 4.1 y 5; hacia el segundo sistema de depuración “Balsa 2: Balsa de Bama” se derivan las aguas de las Zonas 1, 4.2 y 6, además de las aguas procedentes

de la Balsa 1. En consecuencia, los caudales máximos calculados por Zonas se aglutinan en estas dos balsas.

ZONAS	BALSAS	PUNTO DE VERTIDO
2	BALSA 1	PV-01
3		PV-01
4.1	BALSA 2	PV-01
5		PV-01
1		PV-01
4.2		PV-01
6		PV-01

5.5.1. ESTABLECIMIENTO DE LA SUPERFICIE MÍNIMA

Para el dimensionamiento de las balsas de decantación se emplea la Ley de Stokes, siendo el procedimiento el siguiente:

1. Determinación del tamaño mínimo de las partículas a decantar:

Teniendo en cuenta las características de la actividad de estudio y la generación de partículas de escaso tamaño, se considera un tamaño mínimo de partículas a decantar de 0,10 mm.

2. Determinación de la Velocidad de Sedimentación de las partículas:

$$V_s = \frac{g}{18 \mu} (s - 1) D^2$$

Siendo:

- V_s = Velocidad de caída de las partículas (cm/s).
- g = aceleración de la gravedad (981 cm/s²).
- μ = Viscosidad cinemática del fluido (10°C): 0,01308 [gr/(cm·sg)]
- S = Peso específico de la partícula = 2 g/cm³
- D = Diámetro de la partícula = 0,01 cm

Obteniéndose la velocidad de sedimentación de las partículas: $V_s = 0,00416667$ m/s.

3. Determinación de la superficie mínima:

El cálculo de superficie mínima se realizará mediante la fórmula: **$S_m = Q_a / V_s$**

Siendo:

- Q_a : Caudal Máximo (m³/seg).
- V_s : Velocidad de sedimentación (m/seg.).

En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos para cada una de las Zonas:

ZONAS	PUNTO DE VERTIDO	Qa (m ³ /s)	SUPERFICIE MÍNIMA REQUERIDA PARA LAS BALSAS (m ²)
1	PV-01	0,2996	71,89
2	PV-01	0,5364	128,73
3	PV-01	0,5630	135,11
4.1	PV-01	0,6897	165,52
4.2	PV-01	0,4936	118,45
5	PV-01	0,6206	148,94
6	PV-01	0,6096	146,30

A continuación se recogen igualmente en tabla los datos de Superficie Mínima para ambas balsas, teniendo en cuenta los caudales máximos recogidos en cada una de ellas:

BALSAS	PUNTO DE VERTIDO	Qa (m ³ /s)	SUPERFICIE MÍNIMA REQUERIDA PARA LAS BALSAS (m ²)
1	PV-01	2,4096	578,31
2	PV-01	1,4027	336,65

5.5.2. DIMENSIONADO Y CARACTERÍSTICAS

Este se realiza tomando como referencia, por una parte, los datos procedentes del cálculo anterior y, por otra, la situación actualmente existente a nivel del ámbito de estudio; teniendo por objeto el dimensionado que se propone y posteriormente se describe, garantizar la funcionalidad de los sistemas propuestos bajo el peor supuesto estimado; que se corresponde con "Caudal Máximo Diario y Niveles de SS a la entrada de 400 y 1.000 mg/l"; tal como se ha aclarado en el apartado 3, de este documento: "Características de las Aguas brutas", sobredimensionándose de este modo los sistemas de retención respecto a las solicitudes anteriores.

PUNTO DE VERTIDO	BALSAS	DIMENSIONES APROXIMADAS (m) (L x A x H)	SUPERFICIE (m ²)	SUPERFICIE MÍNIMA REQUERIDA (m ²)	COMPROBACIÓN SUPERFICIE MÍNIMA
PV-01	B-1	266 x 223 x 7	59.517,81	578,31	CUMPLE
	B-2	95 x 24 x 2	2.283,52	336,65	CUMPLE

Tal y como se ha venido citando a lo largo del informe, ambas balsas ya existen en la actualidad. Tal como se observa en la tabla anterior, sus dimensiones se ajustan a la Superficie Mínima requerida para una correcta decantación de partículas.

Por último, señalar que su localización se refleja en el Anxo I: Planos.

5.6. JUSTIFICACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LOS SISTEMAS

5.6.1. PROCEDIMIENTO

Es objeto de este apartado testar el rendimiento de los sistemas propuestos bajo las condiciones señaladas, con motivo de evaluar su eficacia y ajuste a los requerimientos de la posible autorización de vertido.

Para ello se procede al empleo de la fórmula de Dominy-Vetter, que permite estimar el rendimiento en función de la concentración y periodo de retención, obteniendo la concentración de SS a la salida de los sistemas y cuya demostración se expone a continuación. Así, siendo:

- W_0 : peso del sedimento por m^3 de líquido que entra en la balsa.
- W : peso genérico de sedimento por m^3 de líquido que pasa por una determinada sección de la balsa de decantación, situada a una distancia x del inicio.
- K : velocidad de caída de las partículas que sedimentan.
- Q : caudal de agua que entra en la balsa de decantación.
- V : velocidad del agua dentro de la balsa.
- H : calado total de agua en la balsa.
- B : ancho de la balsa.
- q : caudal líquido por metro de ancho.

La fórmula de Dominy-Vetter supone que en cada momento el reparto de material sólido en la masa del líquido es uniforme, sin tener en cuenta la altura sobre el fondo del punto que consideremos. Esto puede ser cierto cuando las partículas sólidas son de muy pequeño tamaño, aproximado para tamaños mayores y, falso, para tamaños gruesos. Ello quiere decir que la fórmula sólo es de aplicación exacta o aproximada con tamaños de material pequeños, como es el caso, donde se considera un tamaño de partícula de 0,2 mm de diámetro. Así:

- En un tiempo infinitesimal dt , una partícula sólida descenderá $k \cdot dt$.
- En ese mismo tiempo, su movimiento horizontal, arrastrada por el agua, será $dx = v \cdot dt$.
- El descenso de la partícula será por tanto $k \cdot dx / v$
- El peso total de partículas descendido, será el total W que tenía en esa sección, multiplicado por la relación entre la altura descendida y el calado total, es decir:

$$dW = -\frac{W}{H} \cdot K \cdot \frac{dx}{v}$$

- Separando las variables e integrando, resulta:

$$\text{Log}(W/W_0) = -\frac{K}{q} \cdot x$$

- Ya que $H \cdot V = q$ y llamando $x = L$ a la longitud de la balsa y sustituyendo $q = Q/B$, resulta:

$$W = W_0 \cdot e^{-K \cdot L \cdot B / Q}$$

Esta es la fórmula que nos da el peso del material sólido que sale de la cámara de sedimentación, habiéndose recogido en el fondo de ésta la cantidad $W_0 - W$.

5.6.2. RESULTADOS OBTENIDOS

Tal y como se ha venido desarrollando en todo el documento, se procederá a la justificación del rendimiento de las balsas dispuestas en el ámbito de estudio.

▪ **Justificación rendimiento balsas en situación actual**

En la tabla siguiente se exponen los rendimientos esperados para los sistemas propuestos, siempre bajo el supuesto de los caudales máximos determinados y considerando una carga de sólidos en suspensión a la entrada de los sistemas de 400 mg/l:

PUNTO DE VERTIDO	CUENCA	BALSAS	W/Wo	Rendimiento (%)	Wo SS a la entrada (mg/l)	W SS a la salida (mg/l)
PV-01	1	B-1	$2,8447 \times 10^{-45}$	100	400,00	0,00
		B-2	0,0011	99,89	400,00	0,458

Igualmente, que a continuación se exponen los rendimientos esperados, bajo el supuesto de los caudales máximos determinados y considerando una carga de sólidos en suspensión a la entrada de los sistemas de 1.000 mg/l:

PUNTO DE VERTIDO	CUENCA	BALSAS	W/Wo	Rendimiento (%)	Wo SS a la entrada (mg/l)	W SS a la salida (mg/l)
PV-01	1	B-1	$2,8447 \times 10^{-45}$	100	1.000,00	0,00
		B-2	0,0011	99,89	1.000,00	1,145

En suma, se muestra que el sobredimensionamiento de los sistemas propuestos garantiza su funcionalidad de forma adecuada, siempre bajo el condicionante de mantener en todo momento las balsas en situación de operatividad, es decir, realizando las operaciones de mantenimiento necesarias; por lo que cabe esperar que la carga de SS a nivel del efluente a la salida del conjunto de sistemas propuestos sea siempre claramente inferior a los límites marcados por la legislación de aplicación, aun tomándose valores superiores a la media de la carga de Sólidos en Suspensión de las aguas brutas.

5.7. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE VERTIDO

En la tabla siguiente se refleja la localización del Punto de Vertido del ámbito de estudio, así como en los Planos del Anexo II:

CUENCA	PUNTO DE VERTIDO	BALSAS	CAUCE ASOCIADO (PHGC)	PUNTO DE VERTIDO UTM ETRS 89 HUSO 29N	
				X	Y
1	PV-01	B-1	Río Brandelos	552.504,00	4.747.905,00
		B-2			

6. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS DE VERTIDO

Es reseñable citar que en fase actual, del desarrollo de la presente documentación, se confirma la ausencia de vertido a la salida de la "Balsa 2" (Balsa de Bama), confirmándose en todo caso la ausencia de afección hacia el medio receptor.

Tal como se ha venido recogiendo en el presente informe de "Autorización de Vertido", con especial relevancia en los apartados 1.1 y 2.1, es conocida la elevada concentración de piritas y otros sulfuros en las fuentes minerales, sometidas anteriormente a explotación y presentes en el ámbito de estudio, minerales que ven modificado su comportamiento químico una vez se modifican las condiciones anaeróbicas del suelo y/o acuíferos.

En contacto con el aire estos minerales se oxidan formando entre otros compuestos ácido sulfúrico, sustancia que entra en disolución con el agua de escorrentía descendiendo considerablemente su pH, situación que a su vez, incrementa la solubilidad de ciertos metales pesados, como es el caso del plomo, cobre, zinc, cadmio...

Se estima que esta situación ha venido ocurriendo desde los primeros años de explotación de la Mina de Touro (desde el año 1946 y hasta la década de los 90), en donde "Explotaciones Gallegas SL" asume la titularidad de esta explotación, procediéndose en este momento al inicio de los primeros trabajos de restauración y estabilización de la calidad de las aguas en la zona.

Desde aquel entonces y hasta la actualidad, se ha venido confirmando una enorme estabilidad en la calidad de las aguas, de forma que hoy en día, la concentración de algunos contaminantes a la salida de la Balsa 2 (Balsa de Bama), experimenta una reducción del orden del 80 – 95 %, respecto a los valores que toman esos mismos parámetros a la entrada de la primera de las balsas de tratamiento (Balsa 1: Humedal de Bama).

A continuación se realizan varias comparaciones entre los valores obtenidos en las distintas analíticas de aguas realizadas en el entorno del ámbito de estudio y los límites y valores de referencia que se tienen en cuenta en los vertidos de aguas de este tipo de actividades:

6.1. COMPARATIVA ENTRE CALIDAD DE LAS AGUAS DE VERTIDO Y LAS AGUAS BRUTAS

En la siguiente tabla se incluyen los resultados del análisis de las aguas procedentes de inspecciones realizadas por el Organismo de Cuenca "Augas de Galicia" a la salida de la Balsa 2 (Balsa de Bama), junto con el Valor Medio (media aritmética de los mismos):

Parámetro (Unidad)	Muestras en Salida Balsa de Bama			
	Fecha 16/02/2018	Fecha 12/03/2018	Fecha 19/04/2018	Valor medio
pH	4,8	6,8	4,6	5,40
Sólidos en Suspensión (mg/l)	55	29	7	30,33
Sólidos sedimentables (ml/L)	-	-	-	-

Parámetro (Unidad)	Muestras en Salida Balsa de Bama			
	Fecha 16/02/2018	Fecha 12/03/2018	Fecha 19/04/2018	Valor medio
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	25	<5	<2	10,67
DQO (mg O ₂ /L)	73	-	-	73,00
Sulfuros (mg/l)	<0,05	-	-	<0,05
Sulfatos (mg/l)	967,5	692,5	590,8	750,27
Aluminio disuelto (mg/l)	<0,02	0,96	5,77	2,25
Arsénico disuelto (mg/l)	<0,05	-	-	<0,05
Cromo III disuelto (mg/l)	<0,02	-	-	<0,02
Cromo VI disuelto (mg/l)	<0,02	-	-	<0,02
Cobre disuelto (mg/l)	<0,02	<0,02	1,25	0,43
Hierro disuelto (mg/l)	0,09	<0,02	0,034	0,048
Manganeso disuelto (mg/l)	0,02	3,45	2,73	2,07
Plomo disuelto (mg/l)	<0,02	-	-	<0,02
Zinc disuelto (mg/l)	0,05	0,59	0,82	0,49
Aceites y grasas (mg/l)	-	-	-	-
Hidrocarburos totales (mg/l)	-	-	-	-

A partir del Valor medio de la calidad de las aguas a la Salida de la Balsa de Bama (Balsa 2), se realiza comparación con los valores alcanzados por las aguas brutas, en donde se extrae la Variación que experimentan los parámetros medidos de las aguas de escorrentía tras la aplicación de las distintas medidas de corrección aplicadas en el ámbito de estudio:

Parámetro (Unidad)	Aguas brutas	Valor medio aguas Salida Balsa 2	*Variación (%)
pH	4	5,40	+35
Sólidos en Suspensión (mg/l)	22,1	30,33	+37,24
Sólidos sedimentables (ml/L)	<0,1	-	-
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	<14	10,67	-23,79
DQO (mg O ₂ /L)	20,6	73,00	+254,37
Sulfuros (mg/l)	-	<0,05	-
Sulfatos (mg/l)	-	750,27	-
Aluminio disuelto (mg/l)	42,48	2,25	-94,70
Arsénico disuelto (mg/l)	0,004	<0,05	-
Cromo III disuelto (mg/l)	<0,0001	<0,02	-
Cromo VI disuelto (mg/l)	-	<0,02	-
Cobre disuelto (mg/l)	4,49	0,43	-90,42
Hierro disuelto (mg/l)	-	0,048	-
Manganeso disuelto (mg/l)	-	2,07	-
Plomo disuelto (mg/l)	0,00046	<0,02	-
Zinc disuelto (mg/l)	2,46	0,49	-80,08
Aceites y grasas (mg/l)	-	-	-
Hidrocarburos totales (mg/l)	-	-	-

(*) En verde se simbolizan las variaciones que suponen una mejora en la calidad de las aguas. En rojo se simbolizan las variaciones que suponen una reducción en la calidad de las aguas, aunque en ningún caso alcanzan el nivel de afección.

Estas reducciones de la carga contaminante evidencian la efectividad de las medidas correctoras interpuestas en la Balsa 1 (Humedal de Bama), junto con las primeras medidas implantadas en el entorno de la Balsa 2 (Balsa de Bama).

Las medidas de protección aplicadas en dicho entorno han promovido una reversión en las afecciones sobre la calidad de las aguas, que en todo caso se generan al medio hidrológico independientemente de la inactividad de la explotación minera.

6.2. VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SIN AFECCIÓN

A continuación se realiza una exposición de la calidad de las aguas (se incluyen únicamente los parámetros más relevantes), tomando puntos de referencia con ausencia de toda afección procedente del ámbito de estudio actual. Estos datos proceden de las inspecciones de campo realizadas por el organismo de cuenca (Augas de Galicia) en las proximidades del ámbito de estudio:

Parámetro (mg/l)	REGO DAS MINAS			REGO DO BURGO		RÍO BRANDELOS			
	M1 29/11/12	M2 29/11/12	M2 09/05/14	M3 31/12/17	M3 05/01/18	M4 02/03/17	M4 16/02/18	M5 19/01/18	M5 01/03/18
Aluminio dis.	0,026	0,01	0,043	0,050	0,05	0,02	0,017	0,027	0,048
Cobre dis.	0,009	0,012	0,015	0,02	0,02	0,02	0,001	0,003	0,004
Manganeso dis.	0,012	0,033	0,052	-	-	0,051	0,02	-	0,106
Zinc disuelto	0,03	0,048	0,045	-	-	0,009	0,07	-	0,014

En donde:

- **M1:** Muestra tomada en Rego das Minas, aguas arriba del ámbito de la corta de Bama. (**Código: MR-00684**).
- **M2:** Muestra tomada en Rego das Minas, antes de su desembocadura en rego do Pino. (**Código: MR-00685**).
- **M3:** Muestra tomada en Rego do Burgo, aguas arriba del punto de vertido V-19836. (**Código: MR-00774**).
- **M4:** Muestra tomada en Río Brandelos, aguas arriba de Rego da Mina. (**Código: MR-00691**).
- **M5:** Muestra tomada en Río Brandelos, aguas arriba de rego dos Torreis. (**Código: MR-00780**).

Todas estas muestras corresponden a una situación aguas arriba del ámbito de la Mina de Touro, por lo que en todo caso se confirma la ausencia por parte de afección de la mina inactiva.

Se puede cotejar además que a pesar de la ausencia de afección los valores que alcanzan el Manganeso y el Zinc disueltos son superiores a las Normas de Calidad Ambiental (NCA), que en estos casos limitan su concentración como sigue:

Parámetro (Unidad)	Valor medio Muestras aguas arriba (M1, M2, M3 y M4)	Valores límite NCA RD 817/2015
Aluminio disuelto (mg/l)	0,042	-
Cobre disuelto (mg/l)	0,035	-
Manganeso disuelto (mg/l)	0,014	0,005
Zinc disuelto (mg/l)	0,031	0,03

Esta situación evidencia la elevada concentración de metales en situación normal y sin afección en el ámbito de estudio.

6.3. ESTIMACIÓN DE LOS VALORES LÍMITE PARA LAS AGUAS DE VERTIDO

Ante la elevada carga contaminante en situación de ausencia de afección y teniendo en cuenta la condición del ámbito de estudio, de explotación minera inactiva, es reseñable citar las observaciones realizadas en el "R.D. 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", que en sus Anexos IV y V se cita que: "*al cotejar los resultado de los controles con la correspondiente NCA, se podrá tener en cuenta, las concentraciones de fondo naturales de metales y sus compuestos, cuando dichas concentraciones impidan cumplir el valor fijado por la correspondiente NCA*", tanto para las sustancias preferentes, como prioritarias y otros contaminantes.

En base a esto y teniendo en cuenta experiencias anteriores en este mismo campo, en la siguiente tabla se incluye una propuesta de los "Valores Límite para las Aguas de Vertido" específicos para este tipo de actividades, que conlleva con una gran reducción del pH y elevada carga en metales pesados, procedentes del lavado del mineral por las aguas acidificadas:

Parámetro (Unidad)	Propuesta Valores Límite
pH	5,5 – 9,5
Sólidos en Suspensión (mg/l)	80
Sólidos sedimentables (ml/L)	0,5
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	40
DQO (mg O ₂ /L)	160
Sulfuros (mg/l)	1
Sulfatos (mg/l)	2.000
Aluminio disuelto (mg/l)	2
Arsénico disuelto (mg/l)	0,5
Cromo III disuelto (mg/l)	2
Cromo VI disuelto (mg/l)	0,2
Cobre disuelto (mg/l)	0,4
Hierro disuelto (mg/l)	2
Manganeso disuelto (mg/l)	2
Plomo disuelto (mg/l)	0,2
Zinc disuelto (mg/l)	3
Aceites y grasas (mg/l)	20
Hidrocarburos totales (mg/l)	5

7. GESTIÓN DE RESIDUOS

En lo que respecta a la **Gestión prevista para los Residuos** generados en los sistemas propuestos para la depuración de las aguas residuales, en su momento se procederá a aplicar el protocolo que establezca el Organismo de Cuenca en la correspondiente Autorización de Vertido.

Igualmente, se prevé la misma actuación respecto a las posibles medidas de **Seguimiento y Control de las Aguas de Vertido** que se puedan solicitar en la Autorización de Vertido. En todo caso, será de aplicación la normativa vigente en cada caso.

7.1. CONTROL DE ACEITES, GRASAS E HIDROCARBUROS

En referencia al Control de Aceites, Grasas e Hidrocarburos es reseñable citar que los sedimentos recogidos en los decantadores, que en caso de asociarse a sistemas donde se hubiera requerido de la aplicación de medidas para el control de vertidos de aceites, grasas o hidrocarburos, se tratarán conforme Residuos Peligrosos.

Al igual que en la gestión de residuos y el control de las aguas de vertido se queda a la disposición de posibles instrucciones incluidas en la Autorización de Vertido.

Al igual que en el caso anterior, será de aplicación la normativa vigente.

8. DISTANCIAS EXISTENTES A CANALES PÚBLICOS MÁS PRÓXIMOS

Respecto a los puntos de incorporación del vertido a la red hídrica de Dominio Público Hidráulico (DPH), a continuación se describe como se realizan estos aportes:

CUENCA	PUNTO DE VERTIDO	CAUCE ASOCIADO (PHGC)	DERIVACIÓN DE LAS AGUAS HACIA DPH / DISTANCIAS ENTRE PUNTOS DE VERTIDO Y DPH
1	PV-01	Río Brandelos	Derivación de las aguas desde la zona de menor cota de la balsa B-2, a través de un camino existente y sobre una escollera y el terreno natural, hasta el punto DPH-1 (Río Brandelos). Distancia hasta el DPH: 45,53 m.

En el "Anexo II: Planos" se identifican los Puntos de incorporación de los vertidos de aguas a la red de Dominio Público Hidráulico.

A continuación se incluye una tabla con la ubicación de los Puntos de Incorporación de los vertidos al Dominio Público Hidráulico:

- **Coordenada del Punto de Incorporación al DPH:**

INCORPORACIÓN DPH SITUACIÓN ACTUAL		
NOMBRE	X	Y
DPH 01	552.460,00	4.747.915,00

9. CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO DE ACTUACIONES

Se torna dificultoso realizar una **programación** de las actuaciones previstas para la estabilización de la calidad de las aguas con anterioridad al Punto de Vertido, puesto que estas medidas se irán aplicando hasta el momento que se alcance la permanencia en la corrección de los valores que toman cada uno de los parámetros, en virtud de las indicaciones de la legislación de aplicación y/o en su caso de las condiciones de vertido requeridas en la Autorización.

En cualquier caso, se confirma que una gran proporción de estas medidas se encuentran aplicadas a fecha de la emisión del presente documento, quedando únicamente por proceder a la implementación de los aportes de tecnosoles aguas arriba de la Balsa 2, con la finalidad de interceptar las aguas que afloran aguas abajo de la

Balsa 1 (Humedal de Bama), aguas que no han sido sometidas a los tratamientos estabilizadores descritos hasta el momento en esta balsa.

De todos modos, se estima que la totalidad de estas medidas correctoras queden aplicadas con anterioridad a la finalización presente año 2018.

Lo mismo ocurre con la **valoración económica** de estas medidas, se desconoce el alcance de las mismas, al no ser posible la cuantificación y programación de dichas actuaciones.

10. SINTESIS DEL DOCUMENTO.

Se ha procedido a recoger toda la información en el marco de la generación de los vertidos de aguas residuales referentes a la superficie de ocupación del ámbito de estudio, consecuencia de las afecciones al suelo, procedentes de la actividad de una anterior explotación minera.

Tal como se ha definido en este documento, las afecciones que se generan con este tipo de actividad sobre la calidad de las aguas, suponen mayoritariamente: alteraciones en el pH o acidificación, incremento de los sólidos en suspensión y metales pesados en disolución.

A continuación se desarrollan las conclusiones obtenidas, a lo largo del documento, para cada uno de estos aspectos:

- Respecto al pH:

Para la corrección del pH, en este caso se trata de un incremento, se hace necesaria la aplicación de los tratamientos pasivos, mediante la utilización de tecnosoles.

Estas medidas se han aplicado en la "Balsa 1 (Humedal de Bama)", obteniéndose correcciones en torno a 3 unidades de pH.

Igualmente, se ha dado inicio a la aplicación de estos tratamientos en la Balsa 2 (Balsa de Bama).

- Respecto a los Sólidos en Suspensión:

Se confirman rendimientos en la capacidad de decantación con valores en torno 100% para ambas balsas.

Es decir, teniendo en cuenta el caudal que reciben estos sistemas, la "Balsa 1: Humedal de Bama" tiene una capacidad de decantación casi total.

- Respecto a Metales Pesados:

En condiciones de hiper acidez de las aguas brutas se confirma la solubilidad de estas sustancias en forma iónica.

Con el incremento paulatino del pH se genera la precipitación de los mismos, mediante la adsorción de estos iones a diversas sales insolubles, así como a los propios sólidos en suspensión.

En consecuencia, con el incremento del pH estas sustancias en disolución, pasan a comportarse como sólidos en suspensión, respondiendo adecuadamente a la precipitación en los sistemas de decantación.

Según los datos reflejados en el apartado 6 del presente este documento, se estima que las afecciones actuales sobre la calidad de las aguas se generan debido a pequeños afloramientos de agua que tienen lugar aguas arriba de la Balsa 2 (Balsa de Bama), pero que se escapan a los tratamientos de la Balsa 1 (Humedal de Bama).

Para confirmar tal situación se han realizado controles de la calidad de las aguas en los siguientes puntos:

- M03: Punto de control Aguas arriba de la Balsa 2 (Balsa de Bama), zona en la que se han localizado los afloramientos de aguas.
- M04: Punto de control de la zona de vertido de la Balsa 1 (Humedal de Bama).

A continuación se incluyen los resultados analíticos obtenidos para las muestras tomadas en sendos puntos con fecha del 09/09/18. Igualmente en la siguiente tabla se incluye el valor medio de los resultados obtenidos a la salida de la "Balsa 2: Balsa de Bama" en los distintos controles realizados por "Aguas de Galicia" y recogidos con anterioridad en el apartado 6 de este documento. En todo caso, en el momento de la toma de muestras se confirmaba la ausencia de vertido de aguas residuales hacia el medio receptor:

Parámetro Unidad	Aguas brutas M03	Aguas salida Balsa 1 M04	Aguas salida Balsa 2 Valor Medio "Aguas de Galicia" (feb.18 – abr.18)
pH	4,0 ± 0,2 A 18,8 °C	6,8 ± 0,2 A 19,2 °C	5,40
Sólidos en Suspensión (mg/l)	22,1	48,7	30,33
Sólidos sedimentables (ml/l)	<0,1	6,0	-
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	<14	<14	10,67
DQO (mg O ₂ /l)	20,6	45,7	73,00
Cadmio (g/l)	9,8	<0,1	-
Plomo (g/l)	0,46	<0,1	<20
Mercurio (g/l)	<0,1	<0,1	-
Níquel (g/l)	1.380,7	18,1	-
Arsénico (g/l)	4,0	0,16	<50
Cobre (g/l)	4.490,0	40,0	430
Cromo (g/l)	<0,1	<0,1	20
Selenio (g/l)	20,4	0,77	-
Zinc (g/l)	2.460,0	<0,1	490
Aluminio (g/l)	42.477,0	23,4	2.250

Tras la valoración de los datos registrados en la tabla se confirma la presencia de aguas brutas o sin tratamiento corrector en el punto M03 (aguas arriba de la Balsa 2).

Según los datos registrados entre los meses de febrero y abril de 2018, a la salida de la Balsa 2, se confirma una mejora de la calidad de las aguas, respecto a los valores registrados para las aguas brutas.

En todo caso, es reseñable citar el correcto funcionamiento de la Balsa 1 (Humedal de Bama), tanto a nivel de corrección del pH como en la reducción de los metales pesados en disolución.

En consecuencia y de modo general se puede concluir lo siguiente:

- La posible afección actual generada desde las superficies de la anterior explotación minera hacia el río Brandelos, es fruto únicamente de los afloramientos de aguas que se escapan al tratamiento de la Balsa 1 (Humedal de Bama).
- Se confirma el correcto funcionamiento de la Balsa 1 (Humedal de Bama), para el tratamiento del tipo de aguas que se generan en estas superficies.
- Una vez localizado el punto de afección actual y confirmado el correcto funcionamiento de las medidas aplicadas en la Balsa 1; se ha procedido a extrapolar dichas medidas hacia la Balsa 2 (Balsa de Bama), mediante la aplicación de los tratamientos pasivos por aportación de tecnosoles, procedimiento que ya se ha iniciado y que se prevé su continuación hasta el alcance de resultados similares a los obtenidos en la salida de la "Balsa 1: Humedal de Bama".

En base a los resultados anteriores y a las conclusiones extraídas respecto al correcto funcionamiento de los tratamientos implementados hasta el momento en la Balsa 1 (Humedal de Bama), se estima, que con la aplicación de las medidas previstas y citadas para la situación localizada aguas arriba de la Balsa 2 (Balsa de Bama), en fases próximas se consiga la estabilización de la calidad de las aguas en el Punto de Vertido PV-01.

Santiago de Compostela, Septiembre de 2018



Fdo.:
Mónica Alemparte Cociña
Ingeniería Agrícola



Fdo.:
Manuel A. Tourón Gómez
Lda. CC. Biológicas

ANEXO I: DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA



Foto 1: Línea de escorrentía en la Zona 2, al pie de los taludes de las escombreras.



Foto 2: Límite oeste entre la Zona 2 y la Zona 3.



Foto 3: Zona 3 correspondiente a una superficie de relleno.



Foto 4: Presencia de pequeños canales para derivación del agua de escorrentía en la Zona 3.



Foto 5: Punto aproximado de aporte de aguas desde la Zona 2 a la Balsa 1.



Foto 6: Punto de aporte de las aguas desde la Zona 3 a la Balsa 1.
Vista de la Balsa 1



Foto 7: Vista parcial de la Zona 4.1



Foto 8: Derivación de las aguas de escorrentía desde la Zona 4.1 a la Balsa 1



Foto 9: Derivación de las aguas de escorrentía en la Zona 6, al margen del viario existente.



Foto 10: Vista de la Balsa 1: Humedal de Bama con cobertura de vegetación macrófita.

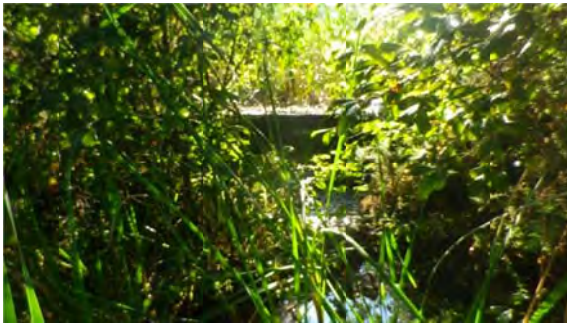


Foto 11: Punto de Vertido de la Balsa 1, o Humedal de Bama

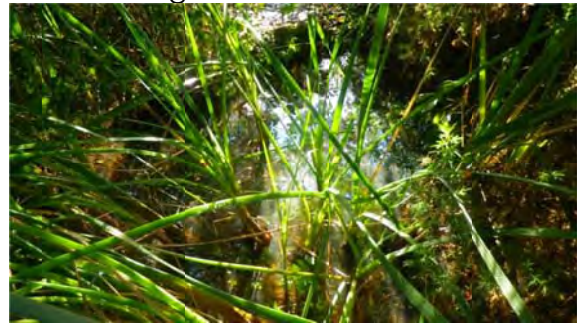


Foto 12: Vista del agua a la salida de la Balsa 1, con presencia de vegetación macrófita.



Foto 13: Derivación de las aguas de la Balsa 1 a través de una amplia cuneta con vegetación palustre y ripícola.



Foto 14: Aplicación de tratamiento en zona de agua de surgencia, a 70 m. aguas arriba de la Balsa 2.



Foto 15: Zona de entrada de las aguas de vertido a la Balsa 2



Foto 16: Vista de la Balsa 2, desde la boca de entrada de agua.



Foto 17: Vista superior de la Balsa 2



Foto 18: Punto de Vertido PV-01.
Actualmente ausencia de vertido
procedente de la Balsa 2.
Barrera de filtración en boca de salida



Foto 19: Zona de paso de las aguas de
Vertido de la Balsa 2, a través del
sendero existente



Foto 20: Derivación de las aguas de
vertido (PV-01) hacia Dominio Público
Hidráulico.

ANEXO II: PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS:

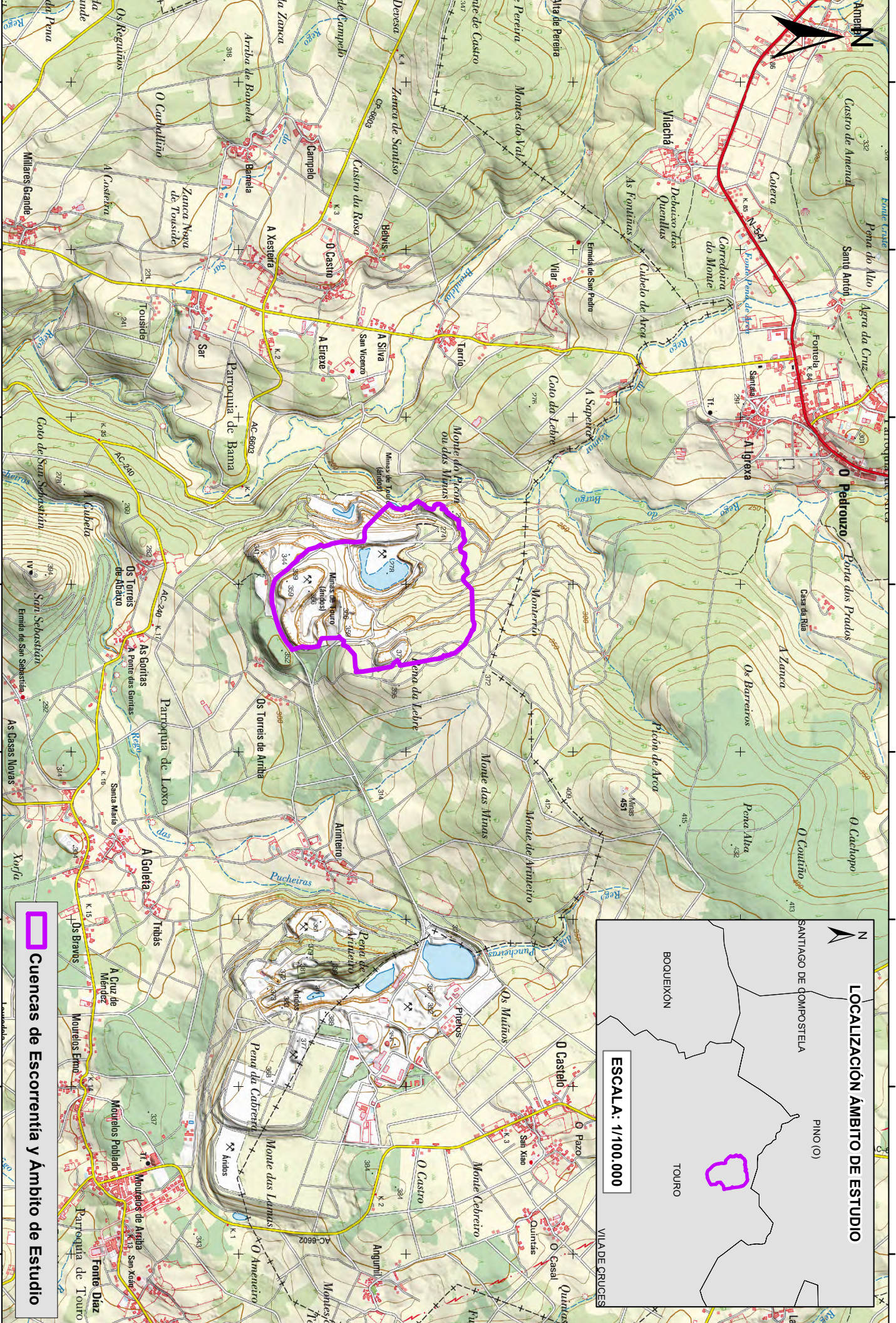
1. SITUACIÓN
2. CUENCA, SUBCUENCAS O ZONAS Y PUNTO DE VERTIDO.
3. SISTEMAS DE GESTIÓN DE LOS VERTIDOS.
- 3.1. SISTEMAS DE GESTIÓN DE LOS VERTIDOS. DETALLES.
4. DISTANCIA ENTRE SISTEMAS DE DEPURACIÓN Y RED HÍDRICA. PUNTO DE INCORPORACIÓN A DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO.
5. LOCALIZACIÓN DE DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA Y PUNTOS ANALÍTICAS AGUAS.

INFORMACIÓN PLANOS: SISTEMAS DE COORDENADAS: ETRS 1989 UTM ZONA 29 N

PROYECCIÓN: TRANSVERSE MERCATOR

DATUM: ETRS 1989

4746000 4747000 4748000 4749000 4750000



 Cuencas de Escorrentía y Ámbito de Estudio



PROYECTO:

EN EXPLOTACIÓN MINERA "SAN RAFAEL". TOURO.
SOLICITUD AUTORIZACIÓN DE VERTIDO
DE AGUAS RESIDUALES

FECHA:
SEPTIEMBRE
2018

ESCALA:
A-3
1:20.000
0 150 300 600 m

TÍTULO:
SITUACIÓN

Nº PLANO:
01
HOJA 1 DE 1

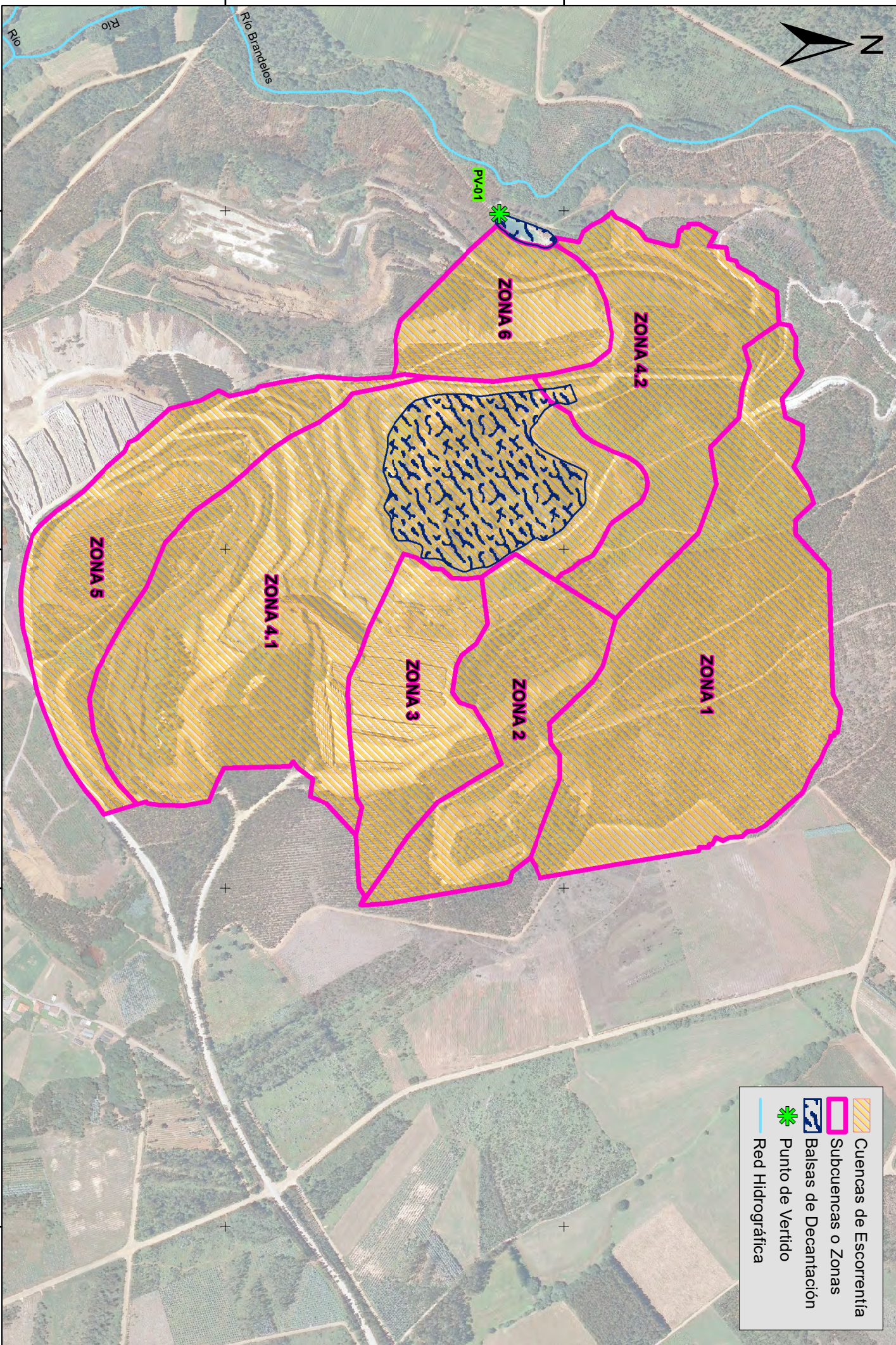
550000 551000 552000 553000 554000 555000 556000 557000

550000 551000 552000 553000 554000 555000 556000 557000

4746000 4747000 4748000 4749000 4750000

4747500 000000

4748000 000000



-  Cuencas de Escorrentia
-  Subcuencas o Zonas
-  Balsas de Decantación
-  Punto de Vertido
-  Red Hidrográfica



PROYECTO: **BALSA DE BAMA EN EXPLOTACIÓN MINERA "SAN RAFAEL", TOURO. SOLICITUD AUTORIZACIÓN DE VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES**

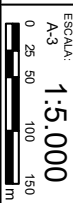
FECHA: **SEPTIEMBRE 2018**

ESCALA: **A-3 1:5.000**

TÍTULO: **CUENCA, SUBCUENCAS O ZONAS Y PUNTO DE VERTIDO**

Nº PLANO: **02**

HOJA 1 DE 1



552500 000000

553000 000000

553500 000000

554000 000000

4747500 000000

4748000 000000

4747500

4748000



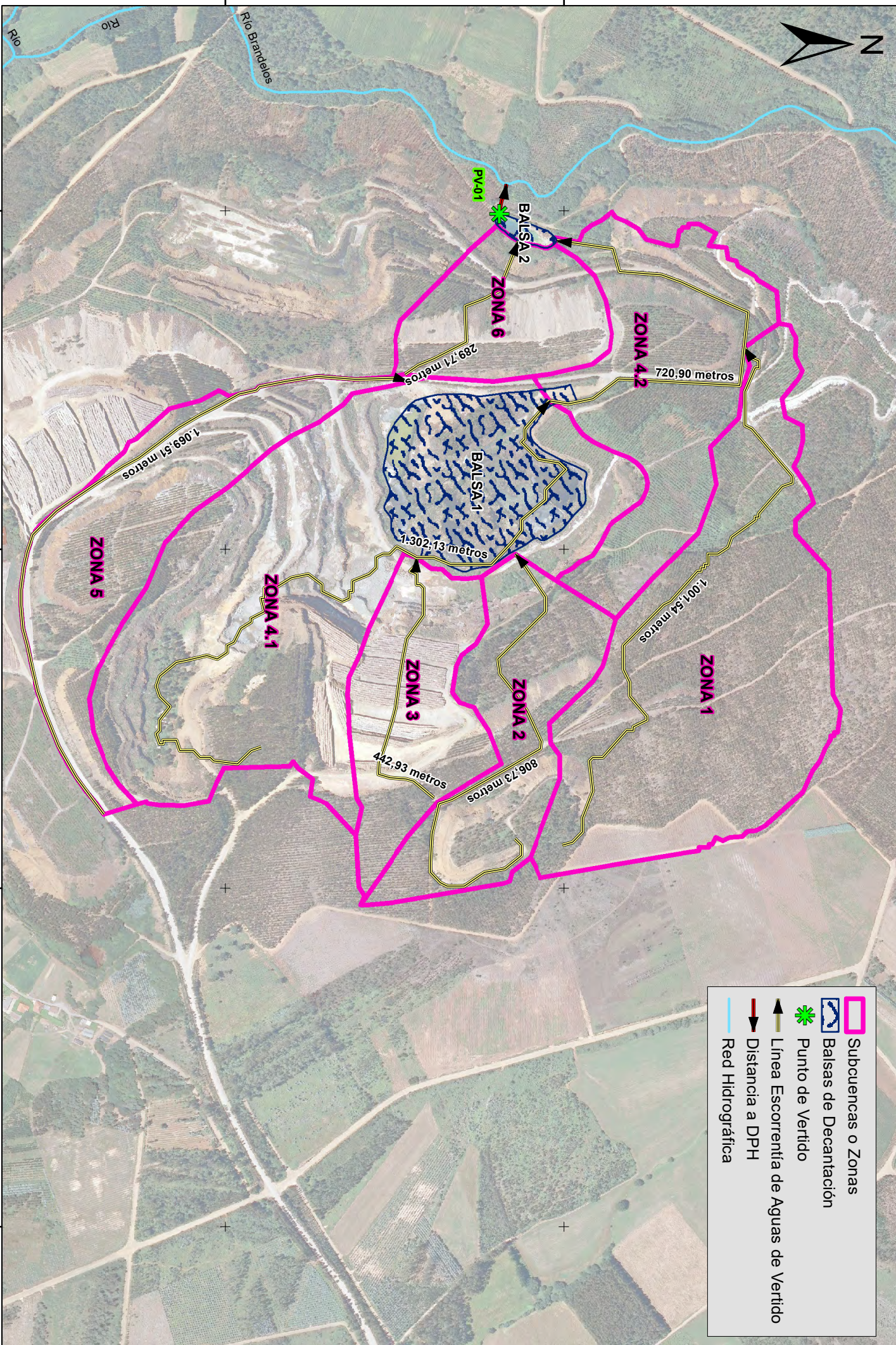
PROYECTO: BALSA DE BAMA EN EXPLOTACIÓN MINERA "SAN RAFAEL". TOURO. SOLICITUD AUTORIZACIÓN DE VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES

FECHA: SEPTIEMBRE 2018

ESCALA: A-3 1:5.000

TÍTULO: SISTEMAS DE GESTIÓN DE LOS VERTIDOS

Nº PLANO: 03 HOJA 1 DE 1



- Subcuencas o Zonas
- Balsas de Decantación
- Punto de Vertido
- Línea Escorrentía de Aguas de Vertido
- Distancia a DPH
- Red Hidrográfica

4747500

4748000

552500

553000

553500

554000



PROYECTO:

EN EXPLOTACIÓN MINERA "SAN RAFAEL", TOURO.
SOLICITUD AUTORIZACIÓN DE VERTIDO
DE AGUAS RESIDUALES

553500 000000

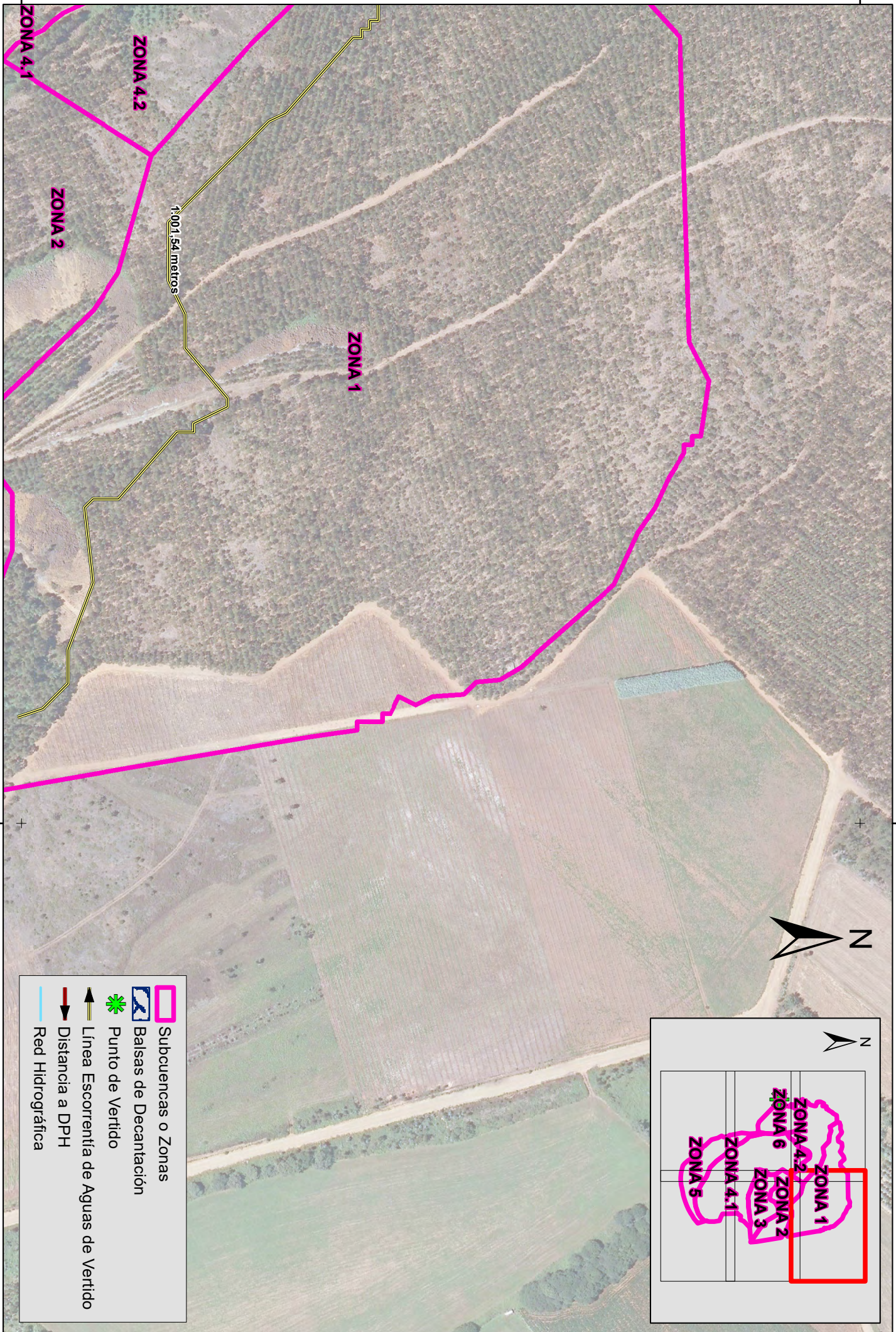
FECHA:
SEPTIEMBRE
2018







ESCALA:
A-3
0 12.5 25 50
1:2.000
m

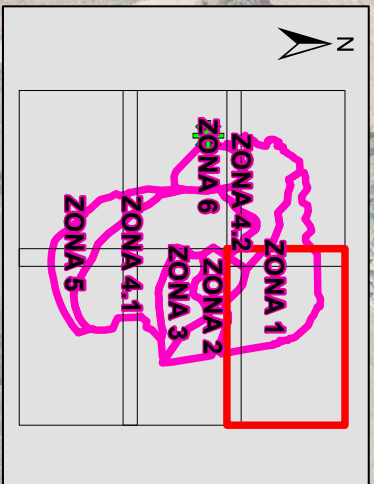
TÍTULO:

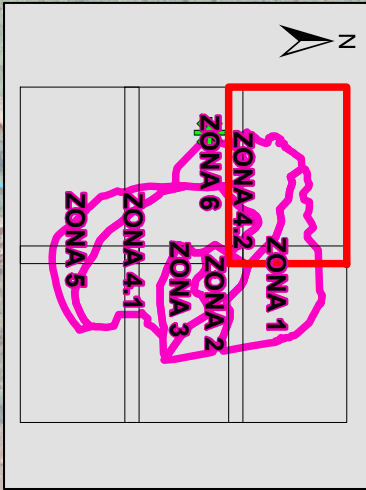
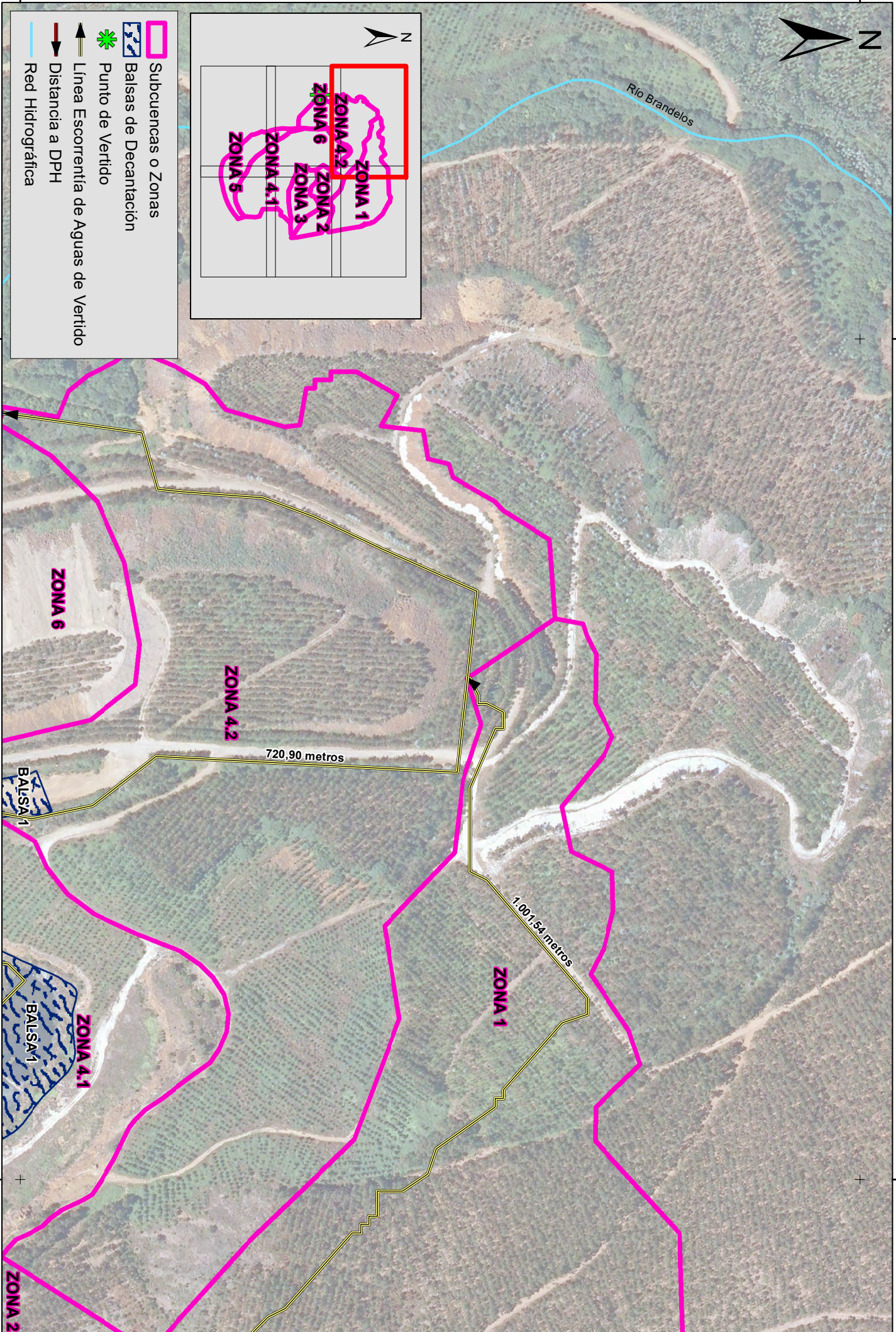
SISTEMAS DE GESTIÓN
DE LOS VERTIDOS
"DETALLES"

Nº PLANO:
03.01
HOJA 1 DE 6



-  Subcuencas o Zonas
-  Balsas de Decantación
-  Punto de Vertido
-  Línea Escorrentía de Aguas de Vertido
-  Distancia a DPH
-  Red Hidrográfica





- Subcuencas o Zonas
- Balsas de Decantación
- ✱ Punto de Vertido
- Línea Escorrentía de Aguas de Vertido
- Distancia a DPH
- Red Hidrográfica

ZONA 4.2

806,73 metros

ZONA 2

442,93 metros

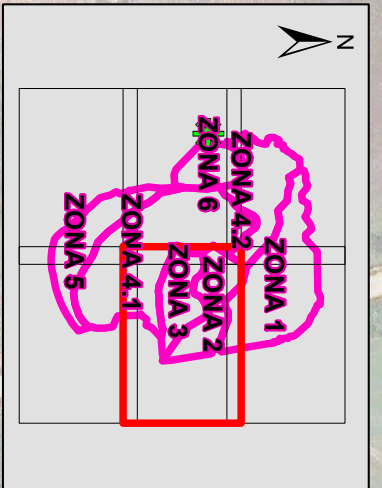
ZONA 3







1.302,13 metros

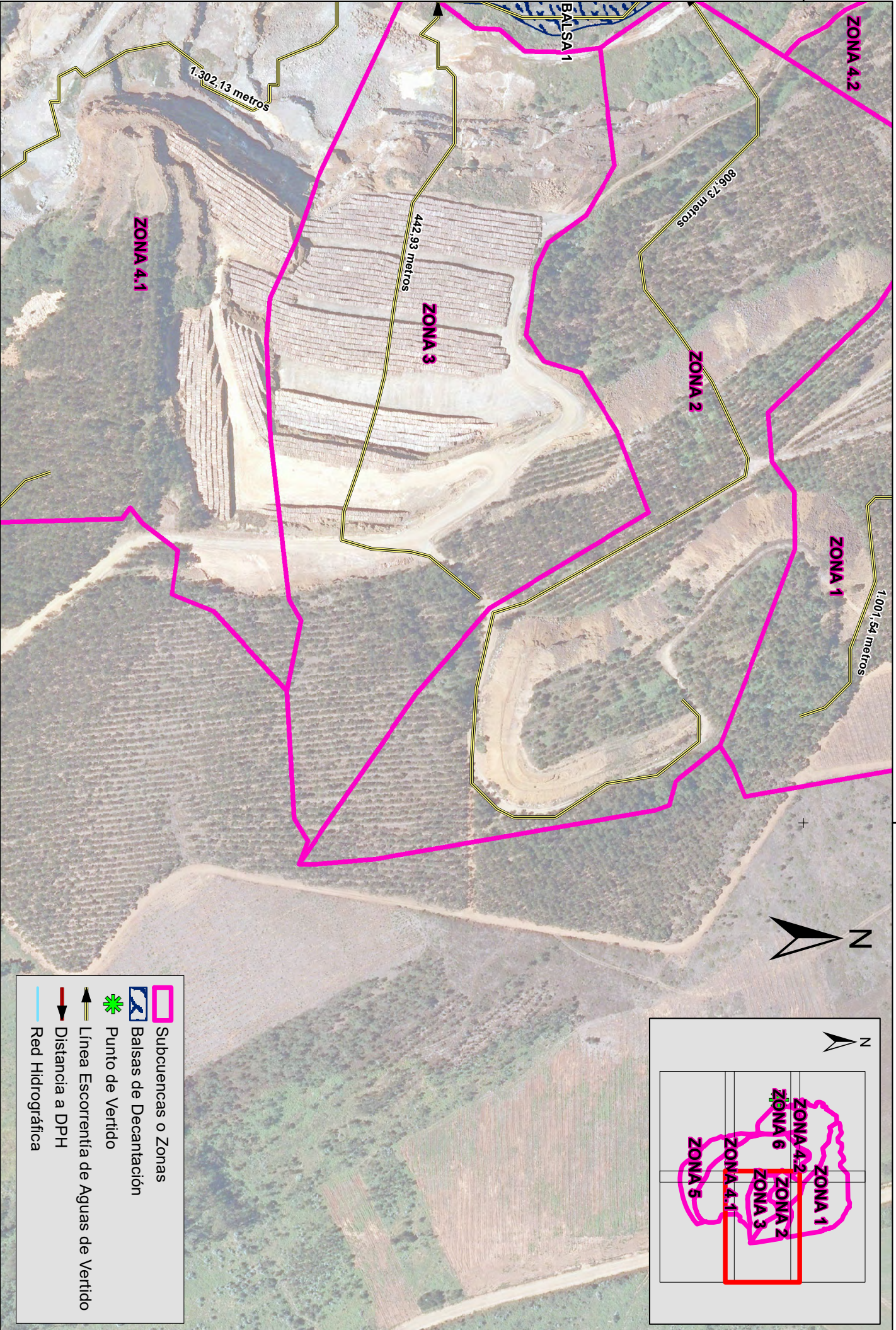
ZONA 4.1

ZONA 1

1.001,54 metros



-  Subcuencas o Zonas
-  Balsas de Decantación
-  Punto de Vertido
-  Línea Escorrentía de Aguas de Vertido
-  Distancia a DPH
-  Red Hidrográfica



PROYECTO: BALSA DE BAMA EN EXPLOTACIÓN MINERA "SAN RAFAEL", TOURO. SOLICITUD AUTORIZACIÓN DE VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES

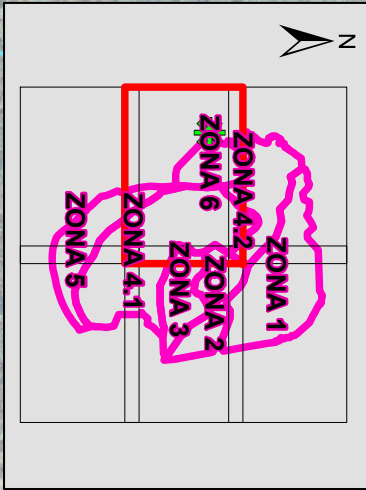
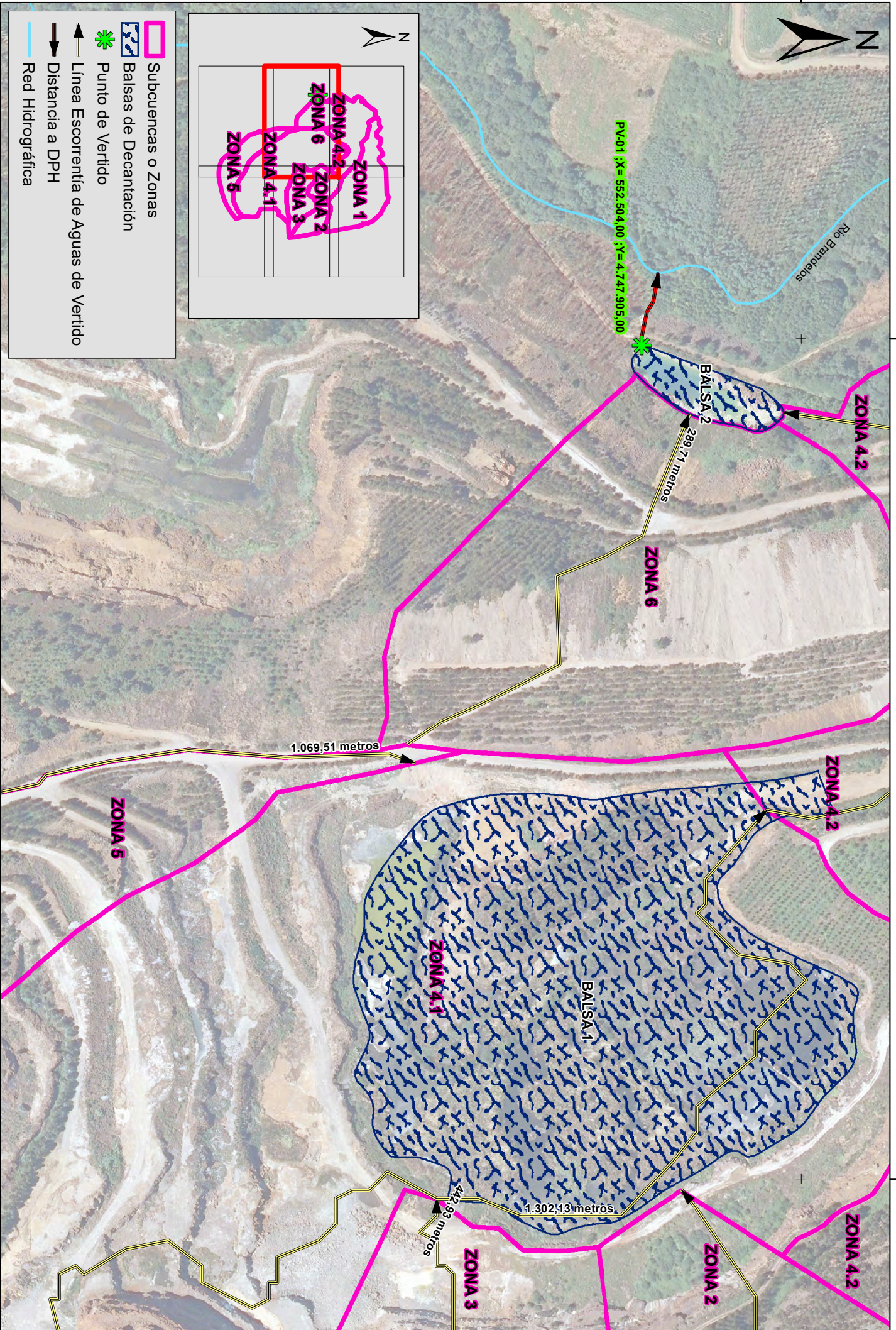
553500 000000

FECHA: SEPTIEMBRE 2018

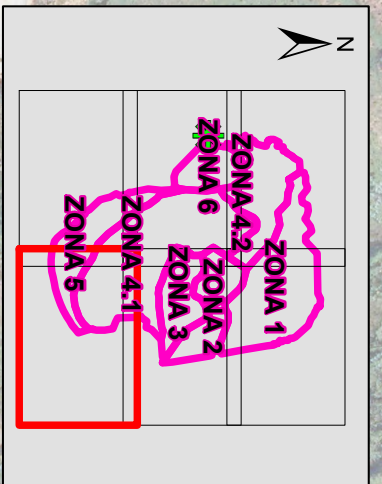
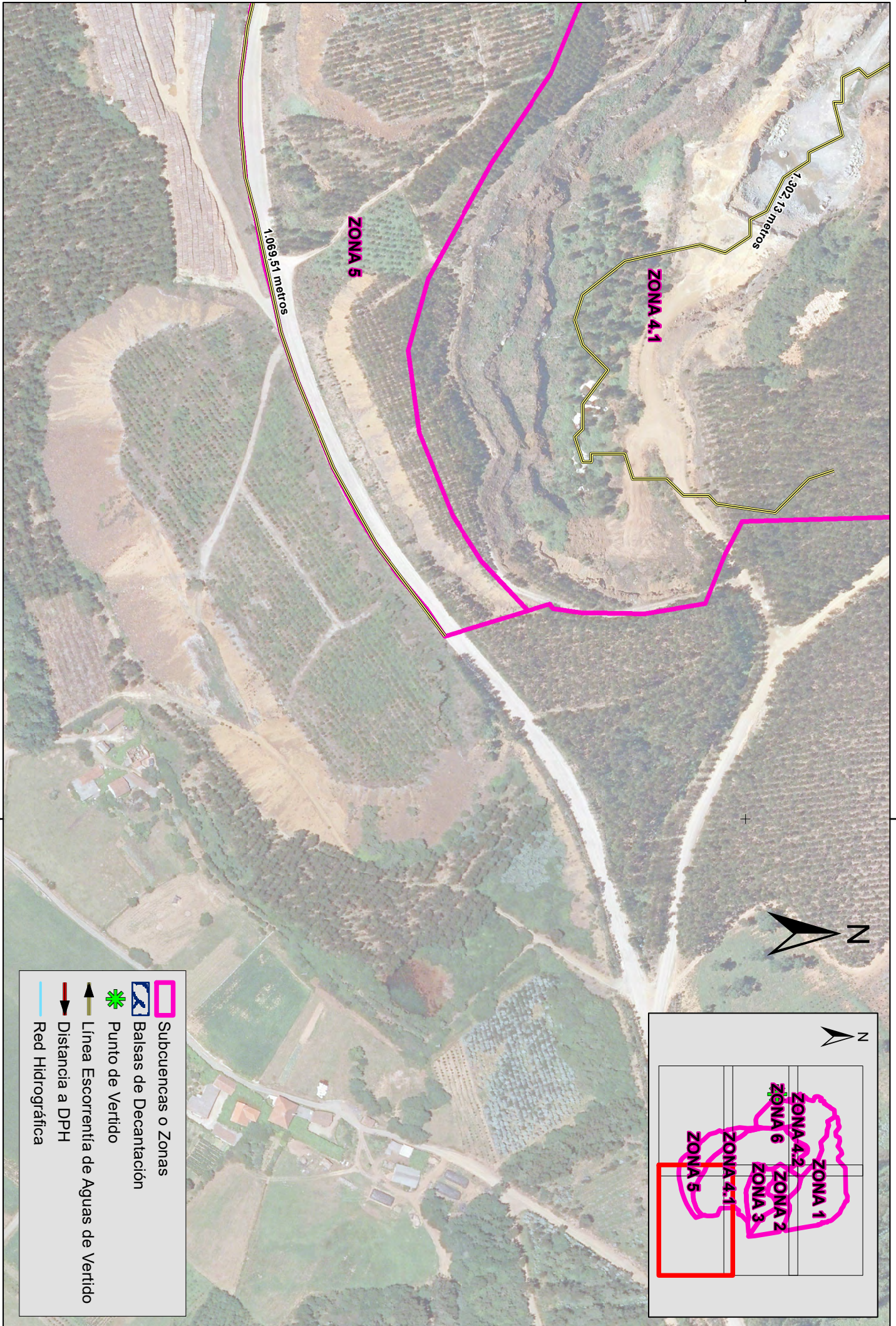
ESCALA: A-3 1:2.000 0 12,5 25 50 m







TÍTULO: SISTEMAS DE GESTIÓN DE LOS VERTIDOS "DETALLES"

Nº PLANO: 03.01 HOJA 3 DE 6



Subcuencas o Zonas
 Balsas de Decantación
 Punto de Vertido
 Línea Escorrentía de Aguas de Vertido
 Distancia a DPH
 Red Hidrográfica



-  Subcuencas o Zonas
-  Balsas de Decantación
-  Punto de Vertido
-  Línea Escorrentía de Aguas de Vertido
-  Distancia a DPH
-  Red Hidrográfica



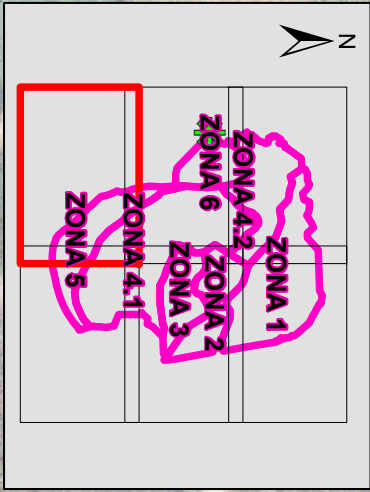
PROYECTO:
EN EXPLOTACIÓN MINERA "SAN RAFAEL". TOURO.
SOLICITUD AUTORIZACIÓN DE VERTIDO
DE AGUAS RESIDUALES

FECHA:
SEPTIEMBRE
2018

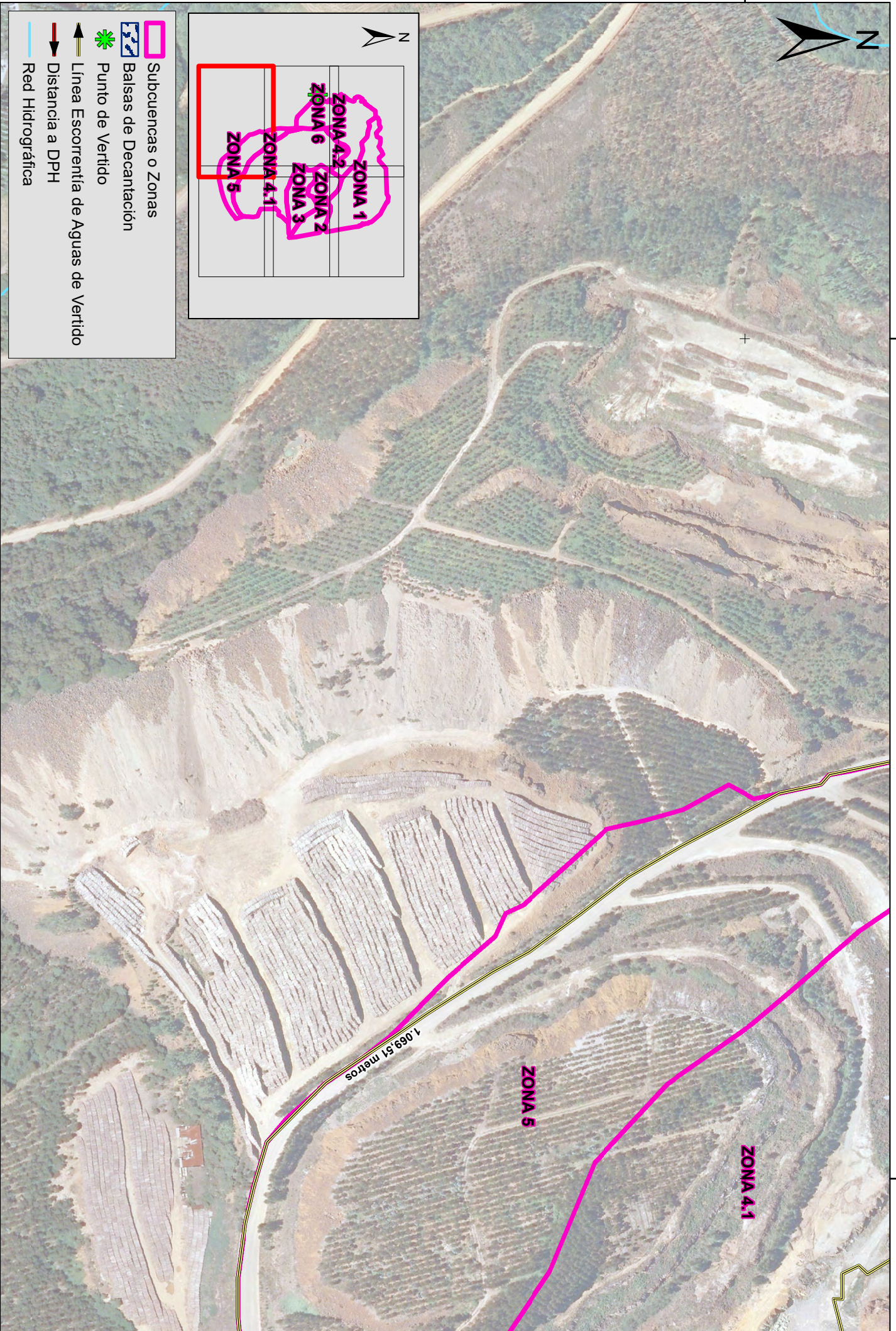
ESCALA:
1:2.000

TÍTULO:
SISTEMAS DE GESTIÓN
DE LOS VERTIDOS
"DETALLES"

Nº PLANO:
03.01
HOJA 5 DE 6



- Subcuencas o Zonas
- Balsas de Decantación
- Punto de Vertido
- Línea Escorrentía de Aguas de Vertido
- Distancia a DPH
- Red Hidrográfica



ZONA 4.1

ZONA 5

1,069.51 metros



4747900 000000

Río Brandelos

DPH 01

45,53 m hasta el río Brandelos








PV01

BAJOSA 2

ZONA 4.2

ZONA 6

289,71 metros

-  Subcuencas o Zonas
-  Balsas de Decantación
-  Línea Escorrentía de Aguas de Vertido
-  Distancia a DPH
-  Punto de Vertido
-  Incorporación vertido a DPH
-  Red Hidrográfica

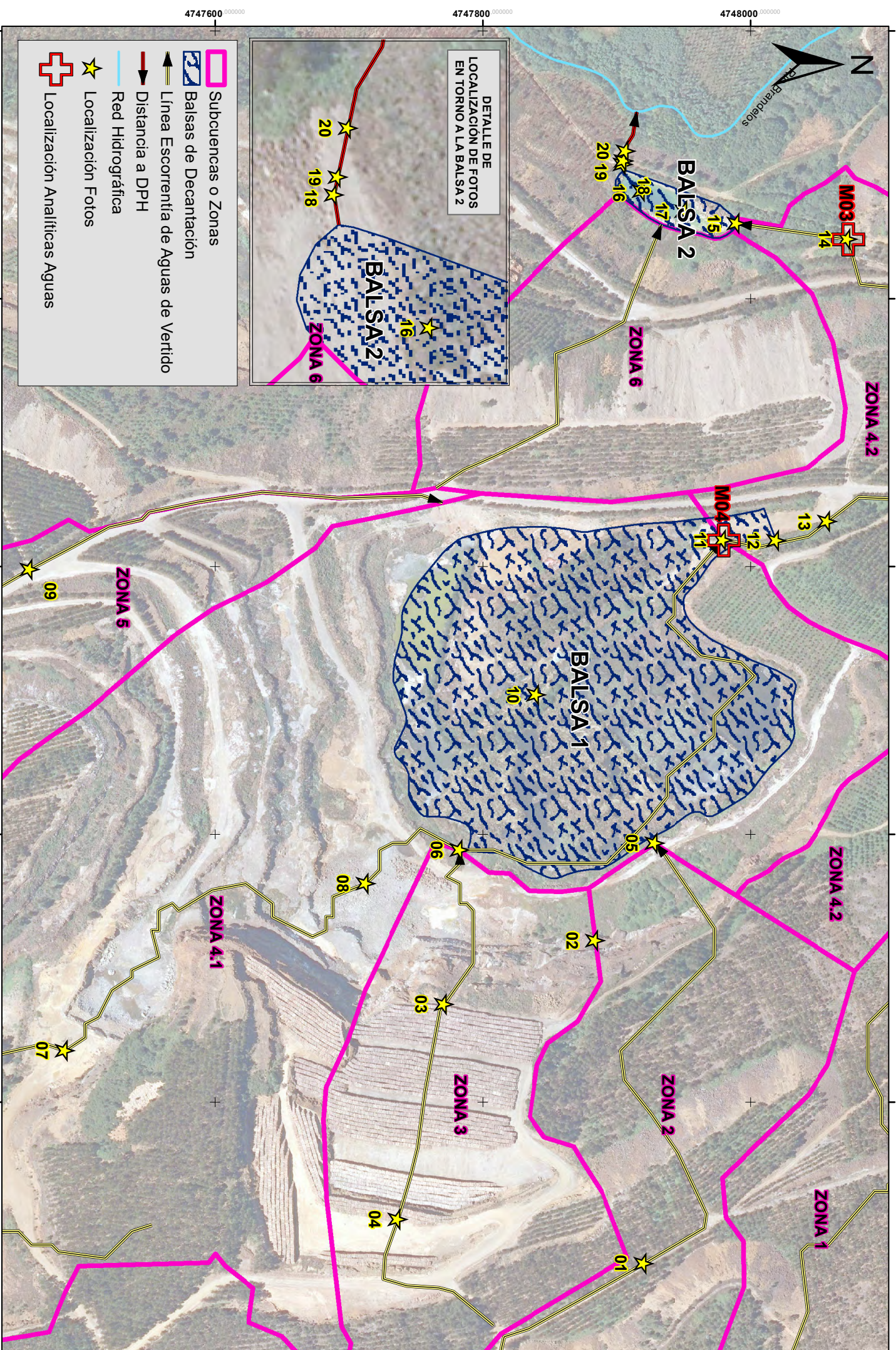
552500 000000

552600 000000

4747900 000000

552500 000000

552600 000000



- Subcuencas o Zonas
- Balsas de Decantación
- Línea Escorrentía de Aguas de Vertido
- Distancia a DPH
- Red Hidrográfica
- Localización Fotos
- Localización Analíticas Aguas

DETALLE DE LOCALIZACIÓN DE FOTOS EN TORNO A LA Balsa 2

PROYECTO: BALSA DE BAMA EN ENPLANTACIÓN MINERA "SAN RAFAEL", TOURO. SOLICITUD AUTORIZACIÓN DE VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES.

FECHA: SEPTIEMBRE 2018

ESCALA: 1:2.500 (0 12.5 25 50 75 m)

TÍTULO: LOCALIZACIÓN DE DOCUMENTACIÓN FOTOGRAFICA Y PUNTOS ANALÍTICAS AGUAS

Nº PLANO: 05 HOJA 1 DE 1

4747600 4747800 4748000 552400 552600 552800 553000 553200