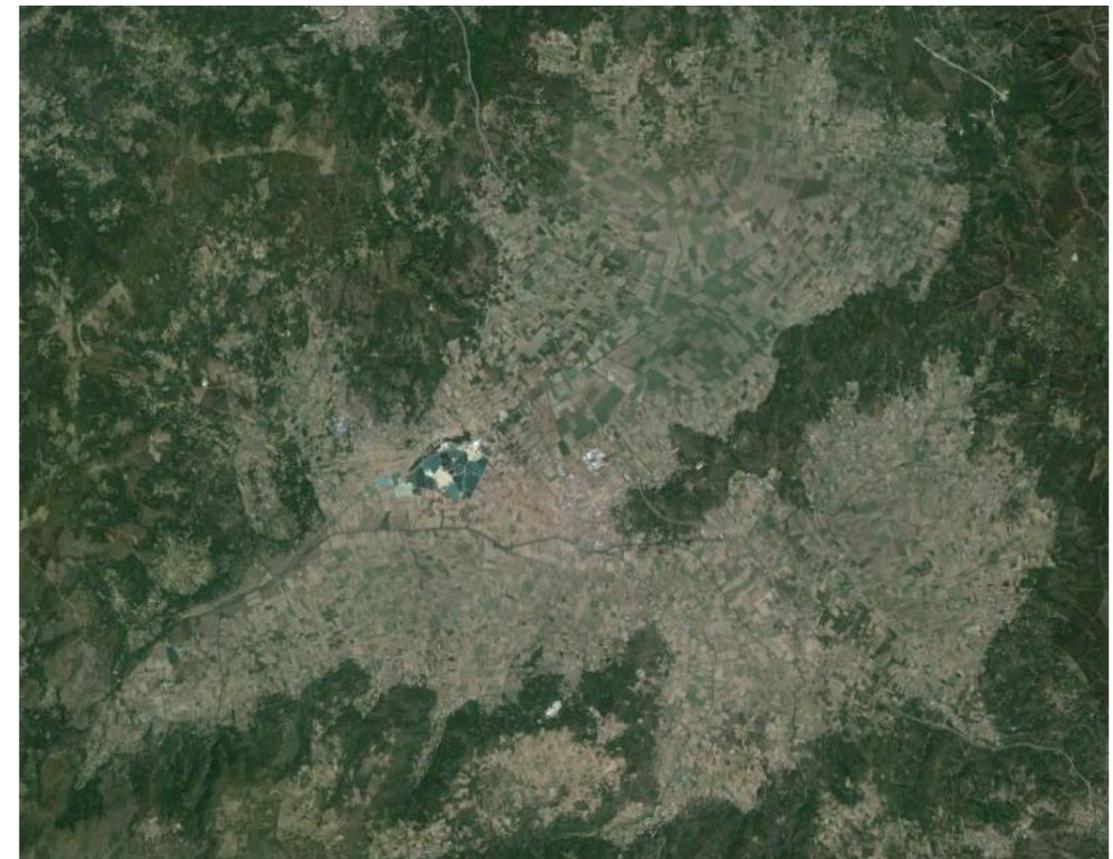


***Título: MEJORA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO LIMIA Y SUS AFLUENTES MEDIANTE LA GESTIÓN DE RESIDUOS GANADEROS.***

*Title: IMPROVING THE QUALITY OF WATER RIVER LIMIA AND HIS TRIBUTARIES BY LIVESTOCK WASTE MANAGEMENT.*



Autor: **Francisco Marín Ortiz**

Tutor: **Gonzalo Mosqueira Martinez**

Parte del proyecto: **MEMORIA**

## INDICE DE CONTENIDOS

### DOCUMENTO 1: MEMORIA

#### A) MEMORIA DESCRIPTIVA

#### B) MEMORIA JUSTIFICATIVA

- ANEJO 1: OBJETO DEL ANTEPROYECTO
- ANEJO 2: SITUACIÓN FÍSICA Y GEOGRÁFICA
- ANEJO 3: ANTECEDENTES SITUACIÓN ACTUAL
- ANEJO 4: CLIMATOLOGIA
- ANEJO 5: GEOLOGIA Y GEOTECNIA
- ANEJO 6: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

### DOCUMENTO 2: PLANOS

- PLANOS DE SITUACIÓN GEOGRÁFICA
- PLANOS DE SITUACIÓN ACTUAL
- PLANTAS
- SECCIONES

### DOCUMENTO 3: PRESUPUESTO



# DOCUMENTO 1: MEMORIA



# A. MEMORIA DESCRIPTIVA



## **INDICE MEMORIA DESCRIPTIVA**

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL**
- 3. OBJETO DEL ANTEPROYECTO**
- 4. SITUACIÓN**
- 5. CLIMATOLOGIA**
- 6. ALTERNATIVAS PLANTEADAS**
- 7. SOLUCIÓN ESCOGIDA**
- 8. RESUMEN PRESUPUESTO**
- 9. RELACIÓN DE DOCUMENTOS EN EL ANTEPROYECTO**

## 1. INTRODUCCIÓN

Este anteproyecto se realiza con el objetivo de finalizar el Grado en Ingeniería de la Tecnología Civil de la Escuela superior de Caminos Canales y Puertos de la Universidad de A Coruña.

Debido al carácter académico del mismo algunos de los datos empleados en la elaboración del proyecto no tienen por qué coincidir con la realidad, al no poder realizarse, en su totalidad, la comprobación de todos los parámetros utilizados. Sin embargo se han supuesto dichos valores de una forma racional, por lo que es de esperar una similitud a la realidad.

## 2. ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

La comarca de A Limia concentra el mayor número de efectivos de porcino de Galicia rondando las 140.000 unidades porcinas (datos de la Conselleria del medio rural de Galicia). Este volumen responde a un fuerte proceso de concentración productiva que se ha llevado en los últimos años, ya en el año 2009 había alcanzado las 90 UG/km<sup>2</sup>. Se trata de un nivel muy elevado si se compara con la media de Galicia (15,9) o con otras comarcas con fuerte presencia de ganado porcino, como O Deza (55,7).

Esta situación provoca un territorio masificado con alrededor de 90 explotaciones porcinas en la zona, lo cual, implica que el número de subproductos generados es bastante alto, ya que es directamente proporcional al número de unidades ganaderas.

Los subproductos generados, ya sean deyecciones sólidas o líquidas como los purines (problema a tratar), son utilizados en su mayoría como abono de los cultivos de la zona, aprovechando que el grado de explotaciones agrarias en la Limia es muy superior a otras zonas rondando el 60%.

El problema reside en que la alta producción de subproductos es continua y el sistema actual no es capaz de cubrir todo el excedente. Si bien el problema no reside únicamente en una mala gestión sino que las características climatológicas y del terreno tampoco ayudan.

Se han establecido tres factores que en general provocan la contaminación del río Limia y sus afluentes, llegando a ser tal esta contaminación en determinadas épocas del año, que se ha prohibido la utilización de las mismas:

1. La mala gestión de los residuos. No existe un sistema eficaz para la eliminación de los mismos, ni propicio para los ganaderos que son los encargados de su gestión.
2. La cantidad de lluvia caída en los meses de invierno que impide el desarrollo de la solución actual, así como la inexistencia de sistemas capaces de almacenar un alto número de residuos durante los meses necesarios.
3. la contaminación difusa, son aguas cargadas de nutrientes que el terreno no ha sido capaz de filtrar por el elevado nivel freático de la zona o por el exceso de purín extendido en el mismo.

Son varios los análisis realizados por la confederación hidrográfica Miño-Sil que demuestran que la contaminación existe y aunque no alcance valores superiores a 50 mg/L si son peligrosos y van en aumento año a año. Además existe una zona considerada sensible aguas abajo de la llanura de la Limia (embalse de As Conchas) donde la concentración de nitratos entre otros tiene que ser inferior a los 20 mg/L y no lo es.

## 3. OBJETO DEL ANTEPROYECTO

El objeto de este anteproyecto consiste en el desarrollo de un sistema capaz de dar salida al exceso de purines que existe en la comarca de la Limia y que contaminan las aguas del río y sus afluentes, sin que suponga un alto coste para el ganadero y tenga el menor impacto posible en el medio ambiente, cumpliendo la normativa establecida.

La solución elegida en un sistema laguna más humedal que permite en mayor o menor medida cubrir los objetivos anteriores, se utiliza una laguna anaerobia más el humedal artificial, para que en conjunto se obtenga un rendimiento mayor.

Para desarrollar la solución escogida se ha trabajado con una explotación modelo de características parecidas a las definidas en las alternativas, y en la cual se desarrolla el

sistema, aunque en términos generales si el sistema llegase a funcionar en esta explotación se desarrollaría en el resto de explotaciones de la llanura de a Limia

## 4. SITUACIÓN

### 4.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

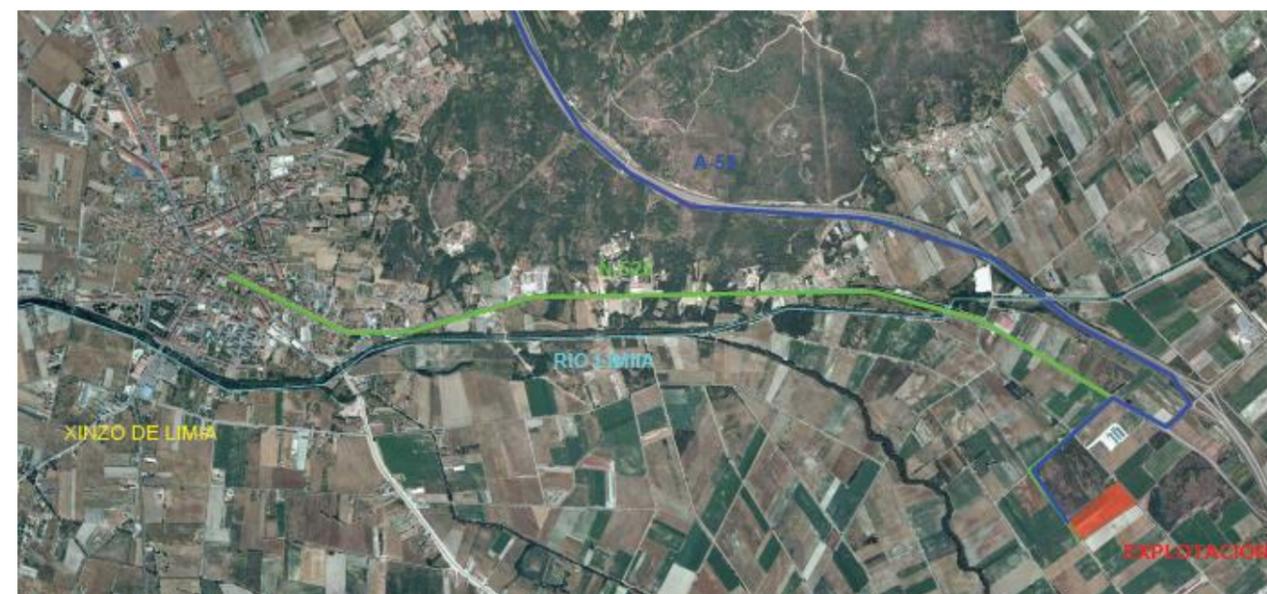
La comarca de A Limia se encuentra en el sur de la provincia de Ourense atravesada por el río Limia de Este a Oeste. La mayor parte de la comarca está ocupada por la depresión de Antela, una superficie llana, con pendientes suaves y una altitud media de 620 m sobre el nivel del mar. Es una de las zonas más llanas de Galicia fruto de la desecación de la laguna de Antela. En la imagen de la izquierda se puede ver la llanura de la Limia donde se desarrolla la actividad ganadera ya comentada.

La explotación modelo, (imagen de la derecha) utilizada para el desarrollo de nuestra solución se encuentra al Sur de la comarca de A Limia, concretamente en el ayuntamiento de Xinzo de Limia, En los planos se puede comprobar exactamente la ubicación de la explotación,



### 4.2 ACCESOS

Para acceder a la explotación modelo, lo más práctico es utilizar los accesos por carretera ya sea la N-525 pasando por Xinzo de Limia o la autopista A-52 la cual bordea Xinzo de Limia desde Ourense hasta alcanzar la salida correspondiente prácticamente a la altura de la explotación.



## 5. CLIMATOLOGÍA

El clima de la zona es oceánico de transición, con cierto carácter mediterráneo y rasgos de continental. La temperatura media anual en A Limia es de 11°C y la precipitación de 881 mm. El mes más frío es enero (5,1°C) y los más cálidos julio y agosto (18,4 y 18,0°C, respectivamente). El mes más lluvioso es febrero, con 120 mm. Es en estos meses de lluvia cuando el terreno está saturado y es incapaz de filtrar nada durante este tiempo.

En el anejo correspondiente se muestra el balance hídrico donde se puede ver que existe un exceso sobre todo en los meses de Diciembre, Enero, Febrero y Marzo que evita poder desarrollar correctamente el proceso actual de gestión de purines.

## 6. ALTERNATIVAS PLANTEADAS

En el correspondiente anejo se describen más detalladamente las tres alternativas planteadas, entre ellas la solución escogida.

A rasgos generales, Se plantean dos alternativas donde la actuación para gestionar el excedente de purines se realiza a nivel particular de ahí la necesidad de una explotación modelo que nos sirva de ejemplo para el desarrollo de las mismas.

- La primera alternativa es un sistema de almacenamiento que nos permita almacenar todos los residuos cuando no se puedan utilizar para extender sobre el terreno
- La segunda alternativa y solución escogida consiste en un sistema de lagunaje más un humedal artificial. La laguna se encarga de reducir la DBO y elementos en suspensión, así como decantar los residuos sólidos mediante un determinado tiempo de retención hidráulica y procesos anaeróbicos. Una vez realizado el tratamiento primario el residuo se pasa al humedal donde mediante plantas macrófitas y un sistema de grava se reduce los componentes nitrogenados y el resto de DBO que pudiera quedar obteniendo muy buenos resultados.

La tercera alternativa a diferencia de las otras dos trata todo el excedente desde una zona, y obliga al ganadero a desplazarse, pudiendo llegar a ser negativo si la explotación se encuentra muy lejos de la planta de gestión de residuos.

- Esta alternativa consiste en una planta donde en una primera fase el residuo se separa en una fracción sólida y una líquida para luego ser tratadas por separado. La fracción sólida se acumula para la obtención de compost y la fracción líquida se trata mediante procesos de nitrificación des-nitrificación en reactores biológicos para luego poder ser llevada a un cauce.

Los criterios utilizados son básicamente el criterio económico, el técnico funcional, el ambiental y un cuarto criterio donde se recogen posible legislación y la opinión de los ganaderos, subdivididos en otros parámetros más particulares.

El resultado de los tres modelos utilizados para la elección. Muestra que la alternativa 2 es la más aconsejable. En el anejo correspondiente de la presente memoria se desarrolla todos los criterios y el proceso para la elección de la alternativa 2.

## 7. SOLUCIÓN ESCOGIDA

### 6.1 dimensiones

Para el desarrollo de a solución se han utilizado un total de 2400 m<sup>2</sup> repartidos entre la laguna y el humedal.

elementos	superficie	profundidad
Laguna anaeróbica	43x13 = 559 m <sup>2</sup>	3m
Humedal artificial	66x28 = 1848 m <sup>2</sup>	1m

Las anteriores dimensiones se han establecido utilizando los criterios generales para la construcción de lagunas y humedales como recoge el anejo correspondiente.

### 6.2 funcionamiento general

El funcionamiento consiste básicamente en la recepción desde la explotación de los residuos donde una vez en el sistema pasan primero por la laguna donde mediante procesos anaerobios y de decantación se reduce significativamente el contenido de elementos en suspensión, materia de gran tamaño y de la materia orgánica (DBO), una vez superado un determinado tiempo el agua aun contaminada pasa al humedal por medio de unas tuberías superficiales. Una vez en el humedal el agua que sale del conjunto de tuberías pasa a través de las plantas y la grava por gravedad reduciéndose el contenido en compuestos nitrogenados, junto con otros restos que pudieran existir. Una vez se alcanza el sistema de drenaje el agua pasa al cauce más cercano con una eliminación de nitrógeno que es uno de los elementos más contaminante del 90-95 %

### 6.3 Elementos del sistema

La laguna está compuesta desde la base hasta la superficie por un sistema de protección formado por una capa de arena fina, un polietileno y un geotextil, y un sistema de distribución formado un conjunto de tuberías de PVC que reparte el residuo por la laguna.

El humedal está compuesto por el mismo sistema de protección que la laguna pero además tiene un sistema de distribución de las aguas que provienen de la laguna, un sistema de drenaje que recoge las aguas tratadas y las lleva hasta un cauce, y un conjunto depurador formado por grava y un gran número de plantas capaces de reducir los contaminantes del agua.

Todos los elementos se recogen en los planos y en el presupuesto así como su distribución.

## 8. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Se expone a continuación el resumen por capítulos del presupuesto recogido en el documento 3 del presente anteproyecto.

Capítulo:	resumen	EUR
Capítulo 1	Acondicionamiento del terreno	2.448,3
Capítulo 2	impermeabilización	2.006,9
Capítulo 3	fontanería	3.533,6
Capítulo 4	Elementos depuradores del humedal	29.122,5
Total operaciones		59.146,581
Gastos generales 13%		7.689,0553
Beneficio industrial 6 %		3.548.79
Presupuesto total licitación sin IVA		70.384,42
IVA 21%		14.780,72
Presupuesto total licitación con IVA		<b>85.165,14</b>

El presupuesto total de licitación con IVA es de **OCHENTA Y CINCO MIL CIENTO SESENTA Y CINCO EUROS CON CATORCE CENTIMOS.**

## 9. RELACIÓN DE DOCUMENTOS DEL ANTEPROYECTOS

### DOCUMENTO 1: MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA

MEMORIA JUSTIFICATIVA

- ANEJO 1: OBJETO DEL ANTEPROYECTO
- ANEJO 2: SITUACIÓN FÍSICA Y GEOGRÁFICA
- ANEJO 3: ANTECEDENTES SITUACIÓN ACTUAL
- ANEJO 4: HIDROLOGÍA
- ANEJO 5: GEOLOGIA Y GEOTECNIA
- ANEJO 6: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

### DOCUMENTO 2: PLANOS

- PLANOS DE SITUACIÓN GEOGRÁFICA
- PLANOS DE SITUACIÓN ACTUAL
- PLANTAS
- SECCIONES

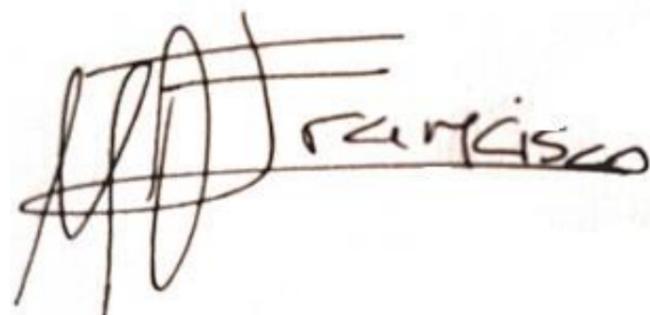
### DOCUMENTO 3: PRESUPUESTO



A Coruña, 13 de Septiembre 2014

El autor del anteproyecto:

Francisco Marín Ortiz





## **B. MEMORIA JUSTIFICATIVA**



## **INDICE**

- 1. ANEJO 1: OBJETO DEL ANTEPROYECTO.**
- 2. ANEJO 2: SITUACIÓN FÍSICA Y GEOGRÁFICA.**
- 3. ANEJO 3: ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL.**
- 4. ANEJO 4: CLIMATOLOGIA.**
- 5. ANEJO 5: GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA.**
- 6. ANEJO 6: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.**



## **ANEJO 1: OBJETO DEL ANTEPROYECTO**

**1. INTRODUCCIÓN.**

**2. OBJETO DEL ANTEPROYECTO.**

## **ANEJO 1 OBJETO DEL ANTEPROYECTO**

### **1. INTRODUCCIÓN.**

Este anteproyecto se presenta dentro de la asignatura Proyecto Fin de Grado (PFG) del último año del Grado de Tecnologías de la Ingeniería Civil (Grado TECIC) con la finalidad de terminar el grado TECIC de la Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de la Coruña. Consta de 3 documentos, Memoria, Planos y Presupuesto, donde se desarrollan los aspectos y características esenciales de un anteproyecto.

A pesar de la formalidad del mismo, hay que destacar en este caso, que debido a su índole académica, el anteproyecto está sometido a limitaciones y simplificaciones que en un anteproyecto real no podrían admitirse como válidas.

A pesar de ello, el presente anteproyecto está redactando respetando los aspectos técnicos fundamentales en cuanto a seguridad, funcionalidad y eficiencia.

### **2. OBJETO DEL ANTEPROYECTO.**

El siguiente anteproyecto lleva el nombre de *“Mejora de la calidad de las aguas del río Limia y afluentes mediante la gestión de los residuos ganaderos”*. En él se describe un sistema para evitar las altas concentraciones de nutrientes (compuestos nitrogenados en su mayoría) en el río Limia y sus afluentes que provocan la contaminación del mismo, por culpa del alto nivel de intensificación ganadera de la zona y en particular de la alta producción de purines.

Así mismo se lleva a cabo un estudio de las diferentes alternativas posibles para la solución del problema, además de la definición de los elementos principales y una estimación de su coste económico.



## **ANEJO 2: SITUACIÓN FÍSICA Y GEOGRAFICA**

- 1. INTRODUCCION.**
- 2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA.**
- 3. SITUACIÓN FÍSICA DE LA ZONA.**
- 4. ÁREA DE TRABAJO.**

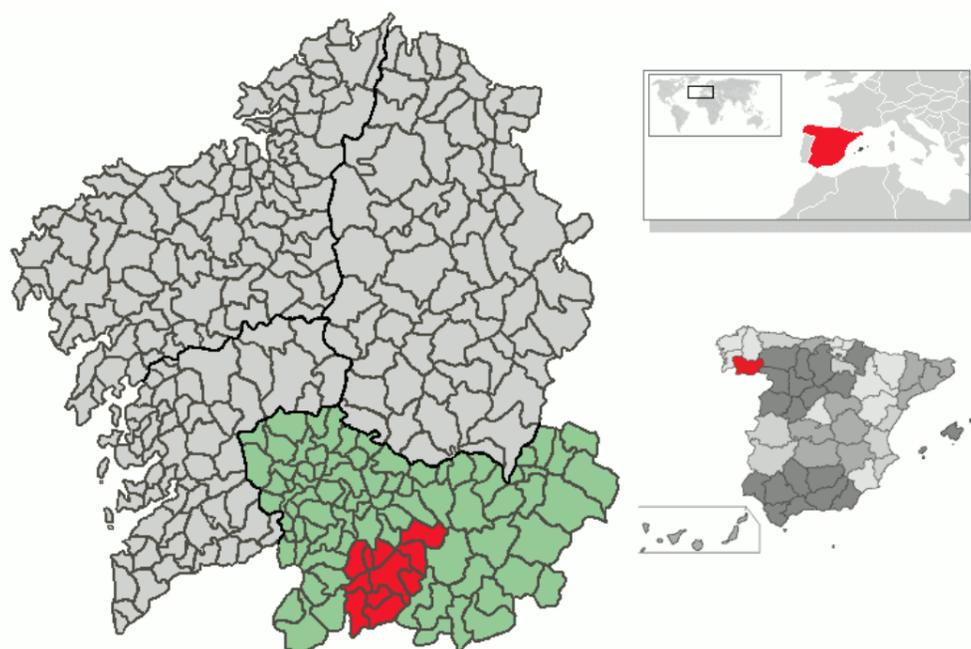
## **ANEJO 2: SITUACIÓN FÍSICA Y GEOGRÁFICA**

### **1. INTRODUCCION.**

Este anejo describe la situación física y geográfica donde se pretende desarrollar el anteproyecto.

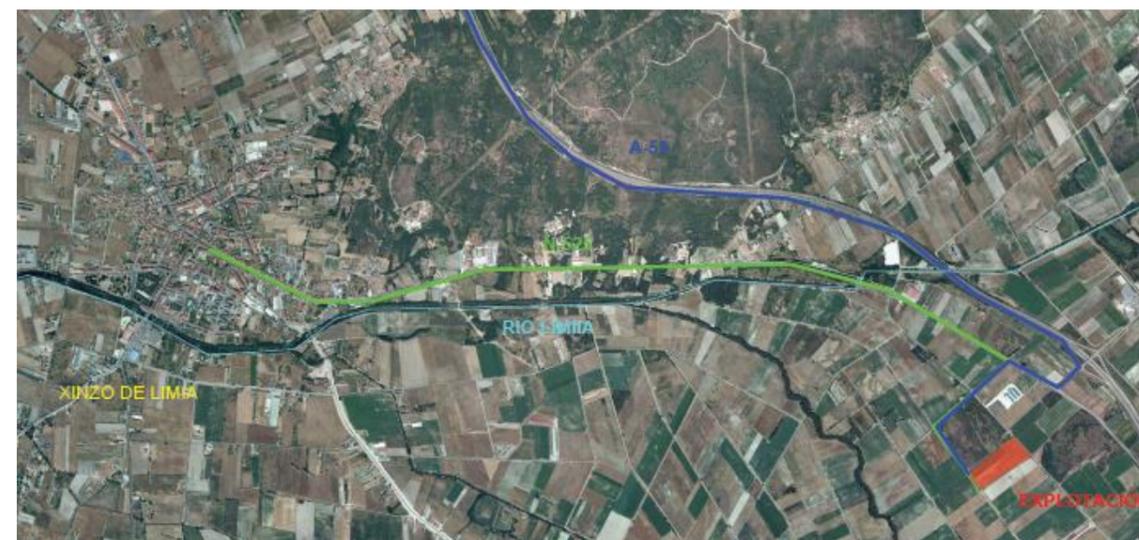
### **2. DESCRIPCION GEOGRÁFICA DE LA ZONA**

La comarca de A Limia se encuentra en el sur de la provincia de Ourense atravesada por el río Limia de Este a Oeste.



En ella están situados los siguientes ayuntamientos: Baltar, Os Blancos, Calvos de Randín, Porqueira, Rairiz de Veiga, Sandiás, Sarreaus, Trasmiras, Vilar de Barrio, Vilar de Santos e Xinzo de Limia. En los cuales en mayor o menor medida se desarrolla la actividad ganadera, aunque no todos ellos entran dentro del área de estudio.

Hay que destacar que el anteproyecto no se desarrolla en toda la comarca de la Limia sino que se centra en llanura de la Limia. y que se utiliza una explotación situada al sur del ayuntamiento de Xinzo de Limia, cerca del río Faramontaos que sirve de referencia para desarrollar las alternativas así como la solución en particular.



### **3. DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL TERRENO**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

La comarca de A Limia está marcada por la llanuras, aumentadas por la desecación de la laguna de Antela, rodeada de un gran número de montañas es una zona muy particular muy diferente al relevo típico gallego más montañoso con elevaciones poco escarpada.

#### **3.2 HIDROLOGIA**

La hidrología de la zona de trabajo está marcada por la presencia del río Limia que atraviesa la llanura de nordeste a sudeste y que recibe las aguas de numerosos afluentes, los cuales

también son objeto de vertido, por lo tanto se puede dividir el área de trabajo en tres zonas bien diferenciadas.

Depresión de Antela: se corresponde con el área que ocupaba la antigua Laguna de Antela, presenta una red fluvial marcada por la intervención humana al canalizarse la mayor parte de los regatos cuando estos llegan la llanura, pasando a formar parte de las redes de drenaje que confluyen en un canal principal, conocido como río Laguna de Antela y que se une al cauce del río Limia ya al final de la zona de actuación.

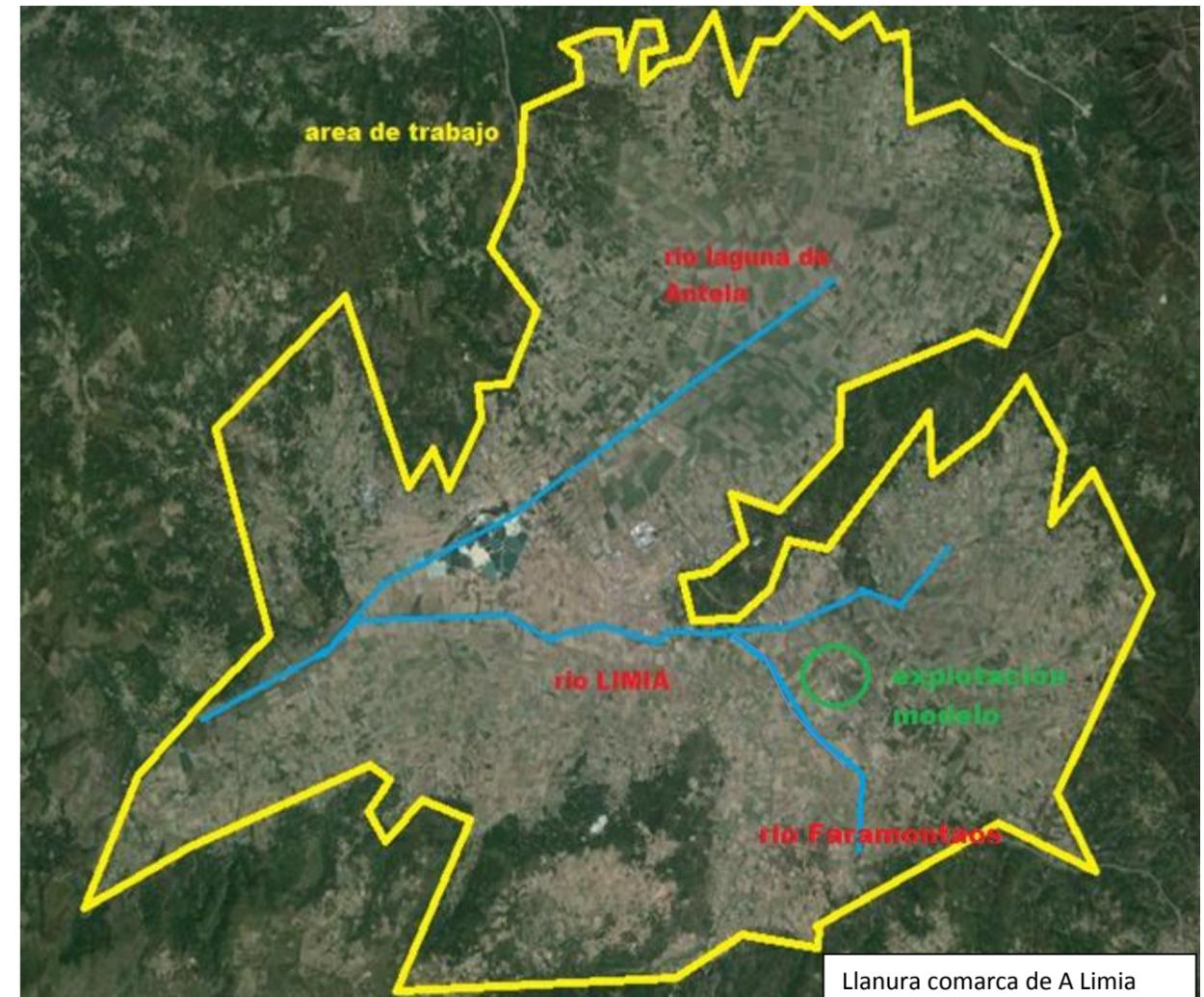
Depresión da Limia: se caracteriza por la presencia de una red cuadriculada de canales que drenan la zona aprovechando los antiguos cursos de agua que la atravesaban. La zona está dividida por el río Limia. Su margen sur es más extensa que la margen norte.

Depresión de Abavides-Trasmiras: es la zona que presenta una red fluvial más jerarquizada. Por esta área, muy cerca de la alineación montañosa que se extiende por el norte y en dirección NE-SW desde Sarreaus hasta Xinzo de Limia, discurren los primeros kilómetros del río Limia que recoge aguas de numerosos afluentes entre los cuales destaca el río Padroso, el Lodoselo, el Trasmiras, el Faramontaos (el más importante) y el Nocedo, los cuales como ya se ha comentado reciben los vertidos que luego se ven reflejados en el río Limia.

#### 4. AREA DE TRABAJO

El área de trabajo se centra básicamente en la zona de llanura de la Limia y las diferentes explotaciones existentes, así como los dos tramos de ríos y sus afluentes mencionados anteriormente, que son los que reciben en definitiva la contaminación de los subproductos ganaderos.

Para presentar la solución se utiliza una explotación de alrededor de 1500 unidades pocinas. Situada al Sur en el ayuntamiento de Xinzo de Limia. Que nos sirve de modelo para reflejar como sería un sistema laguna más humedal, situada en las proximidades del río Faramontaos.





## **ANEJO 3: ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL**

**1. INTRODUCCIÓN.**

**2. COMARCA DE LA LIMIA.**

**3. LAGUNA DE ANTELA.**

**4. SITUACIÓN ACTUAL.**

**5. OBJETIVO DEL ANTEPROYECTO.**

### **ANEJO 3: ANTECEDENTES Y SITUACION ACTUAL.**

#### **1. INTRODUCCIÓN**

En este anejo se lleva a cabo una descripción evolutiva de la comarca de la Limia desde la desecación de la laguna de Antela hasta la actualidad y los cambios que ha sufrido hasta ahora, y que han ido marcando la situación actual de la zona.

#### **2. COMARCA DE LA LIMIA**

La comarca de A Limia se encuentra en el sur de la provincia de Ourense atravesada por el río Limia de Este a Oeste. La mayor parte de la comarca está ocupada por la depresión de Antela, una superficie llana, con pendientes suaves y una altitud media de 620 m sobre el nivel del mar. Es una de las zonas más llanas de Galicia fruto de la desecación de la laguna de Antela.

#### **3. LA LAGUNA DE ANTELA**

La laguna, que fue desecada a partir de los años 50 del siglo XX, desapareció por las obras de saneamiento realizadas creando una red de canales de drenaje que desembocan en un canal principal, que a su vez vierte sus aguas al río Limia.

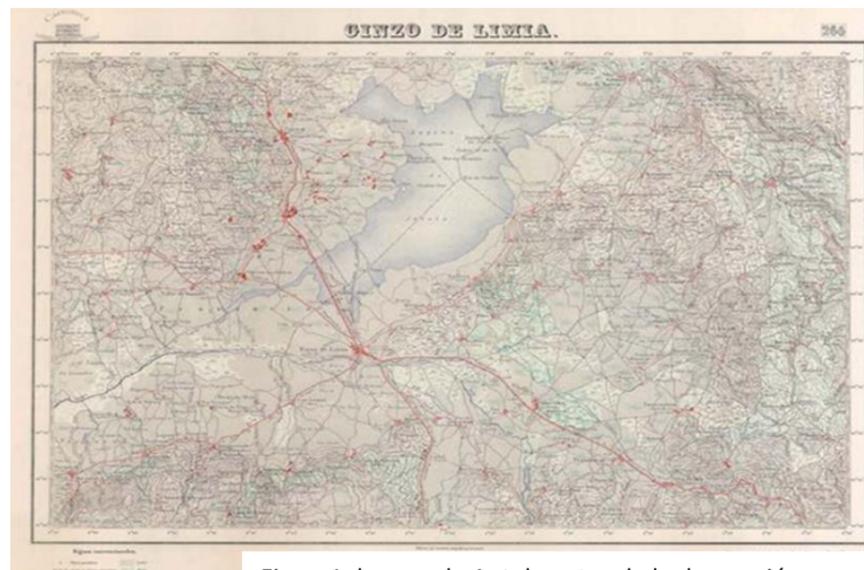


Figura1: laguna de Antela antes de la desecación



Figura 2: obras de construcción de la red de drenaje de la laguna de Antela.

El terreno anegado dio paso a una gran superficie llana y fértil, que en poco tiempo se comenzó a cultivar de forma intensiva principalmente con patata y cereal, así como una actividad ganadera intensiva (porcino y avícola en su mayoría). Hoy en día es la zona agropecuaria de Galicia más desarrollada, siendo el principal sustento económico de la zona. La fácil orografía, la organización de la propiedad en grandes parcelas, el acceso a riego y la capa freática cercana a la superficie anticipan buenos resultados en producciones de toda índole.

#### **4. SITUACION ACTUAL**

##### **4.1 EXPLOTACIÓN GANADERA**

Como ya se sabe la comarca de Limia es una zona ganadera muy intensificada, la cual, con el paso de los años ha ido aumentando y aun se espera que siga creciendo, aunque es en general una zona bovina, avícola y porcina, el ámbito de trabajo del anteproyecto queda definido sólo por la producción porcina.

Es en A Limia donde se concentra el mayor número de efectivos de porcino de Galicia. Alcanzando alrededor de las 140000 cabezas de cerdo (datos del 2013 obtenidos de la Consellería de medio rural de Galicia). Este volumen, responde a un fuerte proceso de concentración productiva que se ha llevado en los últimos años. Solamente entre 2009 y 2011, las plazas de reproductoras se incrementaron un 19,6% hasta alcanzar las 15.732, y las plazas para cebo han experimentado un crecimiento del 31,0 %, para situarse en 107.701. Esta evolución ha marcado un incremento en la presión del ganado sobre el territorio, que ya en el año 2009 alcanza las 90 UG/km<sup>2</sup>. Se trata de un nivel muy elevado si se compara con la media de Galicia (15,9) o con otras comarcas con fuerte presencia de ganado porcino, como O Deza (55,7).

Con los datos de la Consellería del medio rural se obtiene los siguientes datos de trabajo divididos por ayuntamientos.

Número de plazas por ayuntamientos que se ven afectado a esta zona								total
Xinzo de limia	Trasmiras	Os blancos	Sarreaus	Sandiás	Rairiz de veiga	Vilar de santo	Vilar de Barrio	Llanura a LIMIA
40.070	7595	24.141	30.063	20434	12.236	2.596	5.150	142.285

El continuo crecimiento en los censos que se viene produciendo es directamente proporcional a la producción de subproductos en las granjas. El destino final de las deyecciones sólidas y líquidas es su empleo como fuentes de abonado en diferentes formas: estiércol y purín y es en este modelo y el excedente generado donde se presenta el problema.

#### 4.2 CONTAMINACION DE LAS MASAS DE AGUA

La solución actual para dar salida al purín, que es el principal residuo a tratar, es utilizarlo como abono en vez de fertilizantes químicos para abonar la superficie agraria de la zona,

pero existe una problemática que se viene desarrollando ya desde hace años y que se hace visible sobre todo en los meses de verano y que es, el exceso de nutrientes en las masas de agua del río Limia y sus afluentes, provocando la proliferación de cianobacterias, malos olores, e incluso la prohibición del uso del agua. Esta situación se debe principalmente a:

- La importante actividad ganadera de la comarca de a Limia y su continuo crecimiento, generando inmensas cantidades de residuos purín entre ellos, que provoca un aporte de tipo difuso procedente de toda la cuenca (en particular de compuesto nitrogenados y fosfatos).

Pero no es la actividad ganadera en si lo que provoca la contaminación, sino, la mala gestión de los residuos generados en el proceso, por ejemplo:

- A pesar de la existencia de una gran actividad agrícola en la zona, no se lleva ni se ha llevado un control adecuado de los purines extendidos en la zona, por lo que la mayoría de terrenos están saturados. Además el nivel freático de la zona está próximo a la superficie lo que provoca una rápida saturación de los suelos trabajados.
- La Imposibilidad de almacenaje de cantidades de purín superiores a lo que establece la ley (alrededor de 3 meses) durante los meses más lluviosos del año lo que provoca y ha provocado vertido de residuos ganaderos excedentes en cualquier terreno o directamente en el río.
- Los ganaderos no pueden, ni han podido hacer frente a soluciones que les supongan un gasto excesivo de transporte ya que salen perdiendo.

#### 5. GESTION ACTUAL DE LOS RESIDUOS

En la actualidad el método utilizado para gestionar los residuos ganaderos porcinos (purín), consiste en un proceso de almacenamiento en depósitos con capacidad de 3 meses, para luego poder utilizarlo como fertilizante orgánico. Como ya se comentó, la capacidad actual no es suficiente para gestionar todo los subproductos y es necesaria alguna solución para evitar las malas prácticas que se llevan hoy en día.



## 6. JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DEL ANTEPROYECTO

La problemática actual de la zona comentada en los anteriores puntos se resume en los siguientes factores que justifican la necesidad de una actuación:

- 1) Los análisis realizados en la zona muestran un alto grado de nitratos tanto en el río como en aguas subterráneas, que sin llegar a ser superior al que establece la ley si son potencialmente contaminantes.
- 2) El continuo crecimiento de los subproductos ganaderos ligado al aumento de unidades ganaderas año a año.
- 3) Las cianobacterias que aparecen en el embalse de las conchas, situado aguas debajo de la llanura del Limia donde se concentran las explotaciones ganaderas.
- 4) La actual alternativa, que en general consiste en usar el purín como abono, es una solución que no cubren el rango de purines generados durante todo el año.
- 5) La meteorología de la zona del Limia, así como la cercanía del nivel freático a la superficie hacen que la tierra sea incapaz de filtrar todo el purín, sobre todo en época de lluvia.



## **ANEJO 4: CLIMATOLOGIA**

**1. INTRODUCCIÓN.**

**2. GENERALIDADES.**

**3. BALANCE HÍDRICO.**

**ANEJO 4: CLIMATOLOGIA**
**1. INTRODUCCIÓN**

El clima es uno de los factores clave en la gestión del purín al menos en la zona de la comarca de Limia, ya que es un limitante a la hora de escoger una alternativa u otra.

**2. GENERALIDADES**

El clima de la zona es oceánico de transición, con cierto carácter mediterráneo y rasgos de continental. La temperatura media anual en A Limia es de 11°C y la precipitación de 881 mm. El mes más frío es enero (5,1°C) y los más cálidos julio y agosto (18,4 y 18,0°C, respectivamente). La amplitud térmica anual es de 13°C.

El mes más lluvioso es febrero, con 120 mm, y los más secos julio y agosto, con unos 20mm. La precipitación es inferior a la evapotranspiración potencial en los meses de junio a septiembre; el déficit hídrico en este período es de 266 mm.

En la siguiente tabla se puede ver una tabla resumen de las principales características ya comentadas:

<b>Clima</b>	<b>Oceánico de transición con carácter mediterráneo</b>
<b>Temperatura Media Anual</b>	<b>11°C</b>
<b>Precipitación anual</b>	<b>881mm.</b>
<b>Mes más Frío</b>	<b>Enero (5.1°)</b>
<b>Mes más Cálido</b>	<b>Julio (18.4°)</b>
<b>Amplitud térmica anual</b>	<b>13°C</b>
<b>Mes más lluvioso</b>	<b>Febrero 120mm.</b>
<b>Mes más seco</b>	<b>Julio 20mm.</b>
<b>Déficit Hídrico</b>	<b>De Junio a Septiembre (266mm.)</b>

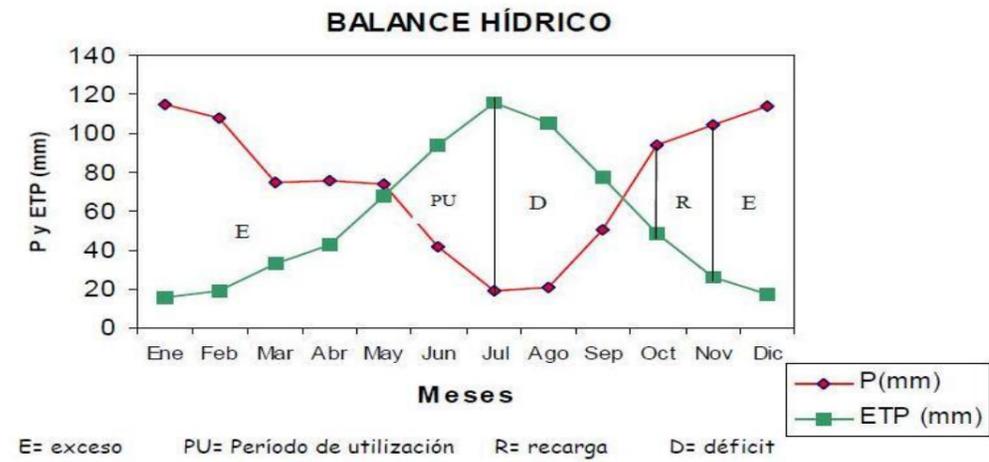
**3. BALANCE HIDRICO**

Se realiza un balance hídrico por el método de Thornthwaite y para el cálculo de los valores normalizados se tuvo en cuenta el valor de reserva máxima estándar 100 mm. En un estudio detallado del balance hídrico vemos que las pérdidas de agua son superiores a las ganancias en los meses de junio, julio, agosto y Septiembre.

El balance hídrico nos permite observar que durante los meses de Diciembre, Enero y Febrero el terreno está prácticamente saturado y un aporte de purín en estas fechas puede ser fatal, por lo tanto si durante estos meses se almacena el 100% y luego aún hay que esperar más meses, ya sea por lluvia o por que no sea el momento para utilizarlo como abono, generando un exceso que al no ser gestionado acabará contaminando las masas de agua del río Limia y sus afluentes.

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
P	115,0	119,8	71,9	75,6	69,6	43,2	20,2	19,8	42,7	87,4	98,8	116,6
ETP	16	19	33	43	68	94	116	105	77	49	26	17
R	100	100	100	100	100	100	49,2	0	0	0	38,4	100
EXCESO	99	100,8	38,9	32,6	1,6						11,2	99,6
DEFICIT							46,6	85,2	34,3			

P = precipitación en mm      ETP = evapotranspiración potencial (mm)      R = reserva de agua (mm)



En la tabla de arriba y el gráfico de la anterior página se puede que no sólo en los meses de Diciembre, Enero y Febrero hay un exceso de agua sino que en parte de Noviembre y Marzo, Abril y Mayo también lo hay, lo que provoca que en estos meses sea difícil de extender el purín en el terreno y que sea asimilado, ya que el suelo no tiene más capacidad de asimilación, provocando en caso de lluvia una contaminación difusa del río por arrastre de los componentes del purín.



## **ANEJO 5: GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO**

**1. INTRODUCCIÓN.**

**2. ESTUDIO GEOLÓGICO Y SUELOS.**

**3. ESTUDIO GEOTÉCNICO.**

## 1. ESTUDIO GEOLÓGICO y GEOTÉCNICO

### 1.1 Introducción

El objeto de este estudio es encuadrar geológicamente la zona de estudio, así como la caracterización geotécnica del sustrato sobre el que se asentarán las obras que se describen en el anteproyecto, para poder de esta manera determinar la capacidad portante de dicho sustrato en las zonas donde se albergará las obras, y así poder determinar con correctamente cualquier obra realizada.

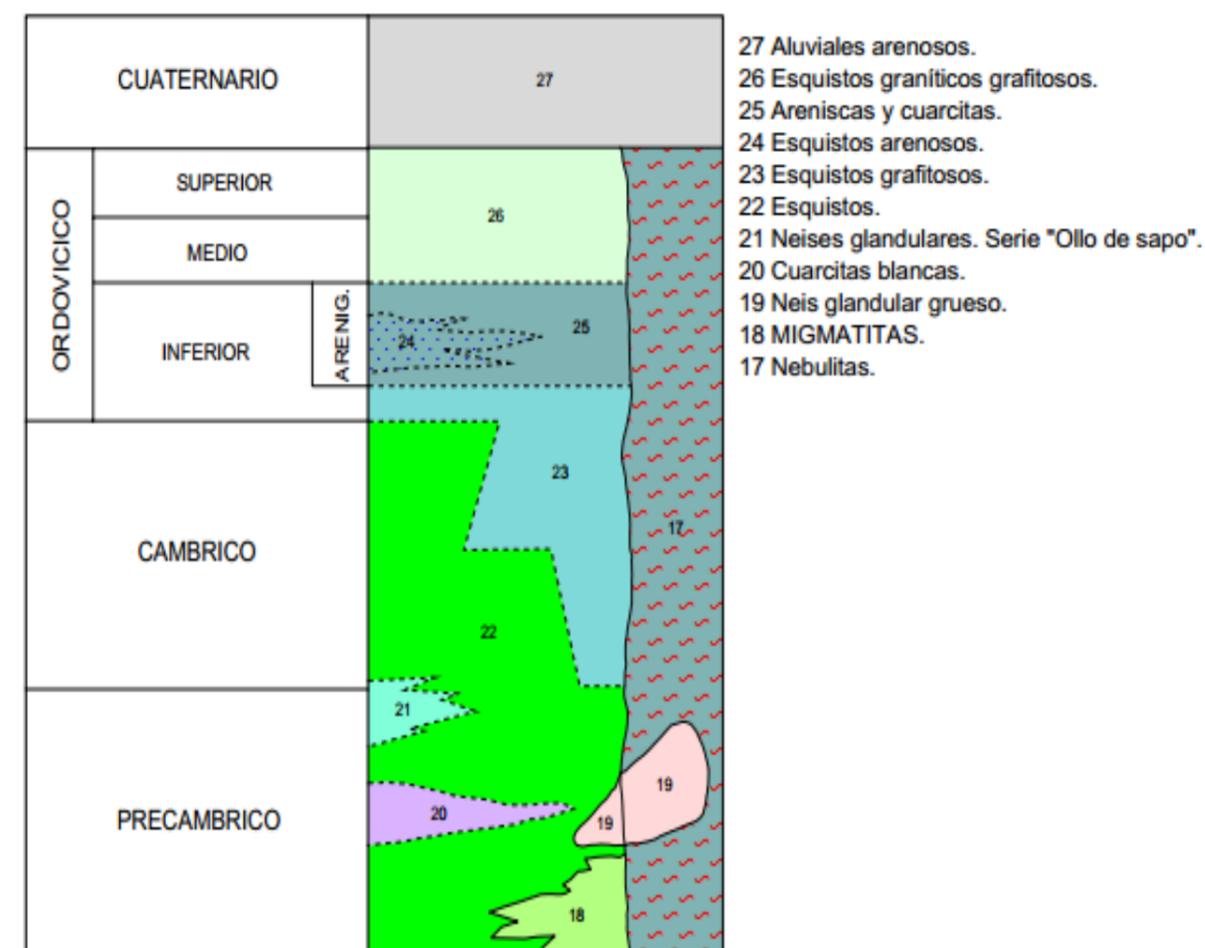
La información se ha obtenido del IGME (Instituto geológico y minero de España) y se han utilizado el mapa geológico a escala 1/50.000 número 264 correspondiente a la zona de Xinzo de Limia.

### 1.2 Estudio geológico y suelos.

En la zona de la laguna de Antela se presentan sedimentos cuaternarios, con una profundidad máxima de 200 m en las zonas centrales. En la zona superficial los sedimentos son gruesos, de textura arenosa o franco arenoso. A profundidad variable (entre 0,5 m y varios metros) aparecen sedimentos arcillosos. Según el IGME el tipo general de depósitos corresponde a una depresión continental semiendorreica. La colmatación ha seguido un proceso de aporte intermitente, desarrollándose incluso episodios palustres con formación de turbas.

El marco de la depresión está constituido por materiales ígneos y metamórficos. Las rocas ígneas son rocas graníticas, incluyendo granitos de dos micas y granitos moscovíticos. Entre los materiales metamórficos se distinguen rocas paleozoicas y rocas precámbrico-cámbricas. Dentro de las rocas paleozoicas pueden distinguirse: esquistos de cuarzo y mica, filitas, micacitas y micaesquistos andalucíticos. Las rocas precámbrico-cámbricas son porfiroides y neises glandulares “ollos de sapor”

En la siguiente imagen puede verse las principales características del terreno en la llanura de la Limia así como el proceso de formación.



Los suelos de la depresión de Antela están desarrollados sobre materiales sedimentarios propios de una zona de aluvión y anegada hasta hace menos de 60 años. Generalmente presentan una textura gruesa en los horizontes superficiales, apareciendo una capa de arcilla a profundidad variable. Los pH son ácidos (<6) incluso en los suelos de cultivo. El contenido de materia orgánica es alto en algunos suelos que acumulan materia orgánica en condiciones de hidromorfía y relativamente bajo (próximo al 3%) en muchos suelos de cultivo.

En el marco de la depresión se forman suelos sobre rocas consolidadas. Las unidades de suelos más representadas en la zona son las siguientes (FAO, 1998):

- Leptosoles: Aparecen en el marco de la depresión, en las zonas de mayor pendiente.

- Gleysoles: Localizados en la antigua laguna de Antela, las labores de drenaje han permitido su puesta en cultivo, si bien el nivel freático aparece a poca profundidad y puede llegar a la superficie en la época invernal.
- Umbrisoles: Desarrollados también sobre roca consolidada, en zonas de menor pendiente.
- Cambisoles: Desarrollados sobre rocas ígneas o metamórficas o sobre sedimentos. En este último caso presentan con frecuencia propiedades gleicas.
- Histosoles: Aparecen en el centro de la antigua laguna. También se ha puesto en cultivo tras el drenaje de la laguna.

Debido al proceso de colmatación de la laguna de Antela, los suelos que encontramos en la Limia responden a dos perfiles diferentes, uno en la zona de la antigua laguna y otro de las zonas periféricas. A continuación se detallan dos perfiles medios de suelo con análisis de los principales componentes para tener una base sólida para la elección de nuevos cultivos para implantar.

### 1.3 estudio geotécnico

Para realizar el estudio geotécnico se ha utilizado el mapa geotécnico desarrollado por el IGME a escala 1/200.000 hoja 2-3 número 17, que está situada en el Noroeste de España y se desarrolla íntegramente en Galicia.

#### 1.3.1 características generales

Dentro del mapa geotécnico utilizado, la zona de trabajo está situada al Sur y es considerada íntegramente como zona 8, ya se comentó que es una zona muy característica de Galicia, la cual está caracterizada por los siguientes detalles naturales: zona llana, con pendientes inferiores al 7%, hay variedad de terrenos impermeables y permeables, pero el drenaje es deficientes provocando una capacidad de carga baja y peligro de asentamientos de consideración.

#### 1.3.2 Características geotécnicas

Las principales características geotécnicas de la zona de estudio son: terreno compuesto por depósitos arcillosos, o arcillosos con gravas y arenas, con baja capacidad de carga y la posibilidad de asentamientos importantes. Las condiciones de sedimentación hacen tener el peligro de contenidos de materia orgánica y turba que agravarían sus malas condiciones geotécnicas, así mismo resulta importante que en algunos puntos de la zona se ha comprobado la existencia de sulfatos que obligaría a la utilización de cementos PAS en los hormigones de cimentación.

#### 1.3.3 Interpretación geotécnica de los terrenos

En lo anterior se han analizado los diversos factores con incidencia geotécnica individualizando los unos con los otros, en este apartado se estudia su coincidencia de modo que atendiendo también a su identidad, podemos llegar a una distribución de la superficie según sus condiciones constructivas.

- Terrenos con condiciones constructivas muy desfavorables

Son aquellos territorios difícilmente válidos para la construcción ya que pueden presentar problemas geomorfológicos, litológicos, geotécnicos e hidrológicos.

- Son terrenos característicos de las zonas montañosas

- Terreno con condiciones constructivas desfavorables

Presentan las mismas características que los muy desfavorables pero con menos intensidad.

- Terreno con condiciones constructivas aceptables

Son zonas donde los problemas que se presentes no han de producir dificultades de un nivel preocupante, los problemas quedan más diluidos sean litológicos, geomorfológicos, hidrológicos, o geotécnicos.

- Terreno con condiciones favorables

Suelen ser terrenos llanos en los que los factores geotécnicos no suponen dificultades constructivas desde un punto de vista general.

Atendiendo al mapa geotécnico utilizado como elementos de apoyo, muestra que la llanura de a Limia se engloba totalmente como una zona donde la edificación no es nada favorable debido a problemas tanto hidrológicos como geotécnicos.

Por lo tanto a la hora de desarrollar el sistema de limpieza de excedentes de subproductos ganaderos deberemos tenerlo bastante en cuenta a la hora del movimiento de tierras.

## **ANEJO 6: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

- 1. INTRODUCCIÓN.**
- 2. SITUACIÓN ACTUAL Y ANTECEDENTES.**
- 3. OBJETIVO DEL ANTEPROYECTO.**
- 4. CRITERIOS DE DISEÑO.**
- 5. ALTERNATIVAS.**
- 6. CRITERIO DE EVALUACIÓN.**
- 7. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.**
- 8. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.**
- 9. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN.**

## ANEJO: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

### 1. INTRODUCCION.

El objeto del actual anejo es realizar un estudio de los criterios de diseño que engloban la solución del problema descrito y plantear una serie de alternativas que lo afronten mediante los criterios desarrollados. Para luego posteriormente definir los criterios de evaluación para valorar las mismas

### 2. SITUACION ACTUAL (problema a tratar)

Como ya se ha expuesto en el correspondiente anejo, se busca un modelo que permita dar salida al excedente de residuos ganaderos (purín) sobre todo en épocas de lluvia cuando el suelo está saturado, así como cuando la capacidad de filtración del mismo es mínima o incluso para cuando no haya terreno de cultivo para extenderlo.

Este problema se presenta debido a la intensificación ganadera de la zona y a una mala gestión de los residuos en su momento, por lo tanto con las soluciones se pretende eliminar este excedente, ya sea con una solución más particular o bien una general que dé cabida a todas las explotaciones de la zona.

### 3. ÁMBITO DE TRABAJO

La zona de la Limia es una zona idílica para la agricultura y la ganadería ya que es una zona fértil y con una gran cantidad de reservas hídricas. Esta situación ha llevado al territorio a un incremento incontrolado de explotaciones ganaderas entre ellas porcinas y que con el paso de los años ha ido creciendo sin control, en la actualidad contando las granjas más pequeñas y particulares como las grandes explotaciones de cerdos, existen alrededor de 92 granjas. Donde se distribuyen algo de más de 140.000 unidades porcinas. Que generan tal cantidad de residuos que ahora mismo son incontrolables.

En principio el área de trabajo es toda la zona pero tanto para la alternativa 1 como la 2 se toma una explotación en particular a modo de ejemplo para que estas queden totalmente definidas, ya que son actuaciones que habría que realizar en las 92 explotaciones.

## 4. OBJETIVO DEL ANTEPROYECTO

Con el anteproyecto no se busca un objetivo único sino que a través de la posible solución que se obtenga, se quiere cumplir con los siguientes objetivos, establecidos con el objeto de cambiar la comprometida situación que atraviesa la zona de A Limia en estos momentos:

- a. Desarrollar soluciones alternativas para la gestión de los residuos ganaderos y reducir su impacto en el ambiente, Se buscará la efectividad de este sistema así como la adecuada relación del coste-eficiencia de las técnicas aplicadas.
- b. Dotar de un sistema para que los ganaderos se muevan dentro de sus posibilidades, de tal manera que el transporte entre otros factores no suponga un gasto excesivo a la hora de realizar las cuentas.
- c. Buscar que la solución elegida se integre perfectamente en la naturaleza y no suponga un impacto ambiental ni visual para el entorno, respetando en la medida de lo posible el medio natural.

## 5. CRITERIOS DE DISEÑO.

Antes de empezar a desarrollar las alternativas, se establecen unos criterios que permiten establecer por donde se van a mover las alternativas elegidas.

### 5.1 Normativa y legislación

Aunque es mucha la legislación utilizada a la hora de redactar el anteproyecto, se pretende mostrar aquella que es más importante.

- Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos, Artículo 11. Posesión de residuos

1. Los poseedores de residuos estarán obligados, siempre que no procedan a gestionarlos por sí mismos, a entregarlos a un gestor de residuos, para su valorización o eliminación, o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración que comprenda estas operaciones. En todo caso, el poseedor de los residuos estará obligado,

mientras se encuentren en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad.

2. Todo residuo potencialmente reciclable o valorizable deberá ser destinado a estos fines, evitando su eliminación en todos los casos posibles.

3. El poseedor de residuos estará obligado a sufragar sus correspondientes costes de gestión

- Real Decreto 261/1996, de 16 febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, fundamentalmente se utiliza el artículo 3 y 4.

Artículo 3 y 4 establece las que pueden ser en mayor o menor medida zonas afectadas, así como las que tienen que tener unos cuidados especiales considerados, como zonas vulnerables. En el área de trabajo se recoge que la contaminación sea inferior a 50 mg/L.

- R.D. 324/2000 de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas y su modificación por el RD 3483/2000

En este real decreto se establecen normativas tales como la distancia necesaria para extender el purín sobre el terreno así como la obligatoriedad de tener balsas perfectamente aisladas e impermeables,

También establece los residuos generados de media por las distintas unidades ganaderas, así como la cantidad de nitrógeno que presentan.

- Decreto 515/2009, de 22 de septiembre, por el que se establecen las normas técnicas, higiénico-sanitarias y medioambientales de las explotaciones ganaderas.
- Directiva 91/676/CE, de nitratos, relativa a la protección de aguas contra la contaminación producida por nitratos en la agricultura.

Las dos directivas europeas establecen normas que luego son impuestas en la legislación española.

- Existencia de planes desarrollados por el ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. Como planes que fomentan alternativas donde su huella de carbono sea mínima.

### 5.2 Cantidad de residuos a tratar

Es el objetivo principal del problema que se presenta, por lo tanto es esencial saber la cantidad que se genera y que potencialmente podrían acabar en los ríos. Para así establecer el tamaño de las alternativas planteadas.

Como se sabe el problema es el residuo excedente generado y acumulado durante los meses más lluviosos de año. Ante imposibilidad de aplicar la solución actual, de extenderlo por el terreno, obliga a buscar una salida a la siguiente cantidad de material.

En la tabla siguiente se establece una relación entre en número de explotaciones y el número de unidades, estableciendo una media de unidades porcinas de alrededor 1545 por explotación, también se recoge la cantidad de residuos (purín) generada por año tanto por plaza (unidad, cerdo) como de media. La cantidad que se genera por año se establece a partir de una media de las diferentes especies de cerdos (recogida en el real decreto 324/2000).

Nº de explotaciones	Nº de unidades porcinas	Purín		Kg Nitrógeno
		$m^3$ /total/año	$m^3$ /plaza/año	$m^3$ / total/ año
92	142.128	640.000	4.5 (4.445)	1989800
Media por explotación		$m^3$ /media/año	$m^3$ /media/	$m^3$ /plaza/ año
1545 (1544.89)		7000 (6952)	18	14

Se marca el Nitrógeno, el cual se recoge también de las tablas que establece la legislación, porque es factor más destacado en los análisis realizados en el río Limia y por lo tanto será un

factor clave a la hora de buscar una alternativa, se necesita reducir su presencia en el agua aunque tampoco eliminarlo totalmente debido al alto coste que supone.

Para saber la cantidad de residuos a tratar por explotación hay que saber la cantidad de unidades porcinas por explotación como se refleja a continuación. Para fijar esta cantidad se tiene en cuenta el número total de unidades porcinas así como el número de explotaciones, se valora un número medio por explotación, es decir, como tenemos X (142.128) unidades e Y (92) explotaciones, supondremos unos Z por explotación. Por lo tanto nos queda una explotación media de 1545 cerdos por granja. Es posible que existan granjas de mayor o menor tamaño pero, se establece un término medio dado que el estudio para cada granja puede variar y son temas más particulares.

Una vez establecido el número de unidades por explotación se ha elegido la explotación modelo en función a ello para definir la características y como quedarán las alternativas en la explotación particular.

### **5.3 Transporte de los residuos.**

Es uno de los factores más importantes. Para los ganaderos el transporte de los residuos hasta zonas muy alejadas de su explotación supone un gasto muy grande que no pueden asumir.

Se establece una comparación entre el gasto que supone extender el purín por el área de cultivo y llevarlo hasta una planta para su gestión, de tal manera que al ganadero no le saldrá rentable deshacerse del residuo, cumpliendo la legislación vigente, si implica un mayor gasto que extenderlo por el terreno.

Para una abonar una explotación típica de alrededor de los 3 km de distancia al ganadero le supone un gasto de 1.72 euros el  $m^3$ . con un tractor con depósito de  $20 m^3$ . Atendiendo a la tabla de la derecha (fuente Generalitat de Cataluña) transportar los residuos con un mismo depósito no sería rentable a partir de los 12 km de distancia.

Distancia en km	Euro/ $m^3$
2	0.29
4	0.54
6	0.87
8	1.17
10	1.45
12	1.75
14	2.18
16	2.75

Suponer en las alternativas un alto desplazamiento implicaría no solucionar el problema porque el principal agente para cambiar la situación, que es el ganadero, es el más damnificado.

## **6. ALTERNATIVAS**

A continuación se exponen las características principales de las alternativas planteadas:

### **4.0 Alternativa 0: No realizar ninguna actuación sobre el terreno.**

Se plantea la posibilidad de no realizar ninguna actuación en la zona y buscar la solución, en un cambio en las dietas de los animales así como reducir el agua utilizada para la limpieza de las explotaciones, pero se descarta, dejando que otros proyectos más de carácter agro ganadero comprueben su efectividad.

### **4.1 Construcción de balsas de almacenamiento de los residuos.**

La primera alternativa planteada, consiste en la construcción de balsas de purines.

El objetivo de esta alternativa no tiene como finalidad exactamente la eliminación del excedente sino que se busca poder almacenar un mayor número de residuos que los que se pueden almacenar en la actualidad.

Los depósitos o balsas actuales tienen por lo general depósitos con una capacidad de 3 meses, que son alrededor de  $1750 m^3$ , la cual es insuficiente porque debido a la numerosa lluvia caída entre los meses de Noviembre a Marzo es imposible la extensión del residuo sobre el terreno, y por lo tanto cuando las balsas alcanzan el máximo los residuos acaban en cualquier puntos o incluso encima de un terreno incapaz de filtrar nada, provocando la contaminación de origen difuso del río.

Por lo tanto lo que se busca es construir una balsa de almacenamiento como sustituto de los actuales depósitos, que tenga una capacidad de alrededor  $3000 m^3$  en los que se incluyen los  $1750 m^3$  de los 3 meses obligatorios por ley más  $1250^3$  que nos permiten un almacenamiento durante dos meses más como mínimo. Obteniendo un total de capacidad para 5 meses si no existiera posibilidad de extenderlo por el terreno u existiera otro problema. Un factor a tener en

cuenta es que la estancia del residuo durante un tiempo permite mediante procesos naturales una reducción de los compuestos nitrogenados presentes en purín o residuo a tratar.

Se establecen las dimensiones siguiendo criterios de otras balsas ya construidas, tal que la profundidad será de aproximadamente de 3 m y con una superficie de 1000 m<sup>2</sup> (50x20 metros). El material utilizado para su realización son láminas de plástico acompañados de un geotextil consiguiendo así la impermeabilización de la misma.

Alternativa 1	Balsas de almacenamiento
Tamaño necesario ( 5 meses)	3000 m <sup>3</sup>
Profundidad (metros)	3m
superficie (metros)	50x20 m <sup>2</sup>

#### 4.2 Gestión de los residuos (purines) vía humedales artificiales.

La idea consiste en colocar un sistema formado por una laguna de homogenización y a continuación un humedal artificial donde se produce la reducción de nitratos mediante procesos naturales, la intención es colocar uno por explotación de tal manera que los residuos obtenidos durante todo el año vayan a la laguna y posteriormente al humedal evitando en todo momento una acumulación excesiva de los mismos. Se establece para todo el año debido a que si las plantas (del humedal) no reciben un flujo continuo morirían, aun así, si fuera necesario una parte del material almacenado se puede utilizar para abonar el terreno.

Se realizan sistemas lagunares más pequeños debido a que uno de los criterios de diseño es evitar costes de transporte a los propios ganaderos, además el tamaño obtenido sería enorme en relación a la cantidad de residuos que se generan.

El sistema consiste en laguna anaerobia o de homogenización donde se produce una primera reducción de elementos potencialmente contaminantes como DBO y sólidos en suspensión. El vertido a tratar llega a los humedales (que en este caso se utiliza uno de flujo vertical con

aireación forzada) por un sistema de tuberías, donde si se produce la reducción del nitrógeno hasta valores próximos a 15 mg/l, resultados inferiores a lo que establece la ley (50 mg/L). Por último el vertido que ya es agua sin nutrientes sin capacidad para contaminar se lleva hasta el cauce más cercano. Por otra parte los sólidos que quedan en la laguna deberán ser recogidos en un determinado tiempo.

Para desarrollar el sistema se utiliza la cantidad de residuos generado por día en cada granja por todos los cerdos de la misma que es de 18 m<sup>3</sup> / día. A partir de unos cálculos recogidos en el apéndice 1, nos sale una laguna anaeróbica de 1260 m<sup>3</sup> que estará conectado al humedal artificial el cual tiene unas dimensiones de aproximadamente de 1750 m<sup>3</sup>, cálculos recogidos también en el apéndice 1.

dimensiones	Laguna anaerobia	Humedal artificial (FSH)
Volumen necesario ( m <sup>3</sup> )	1260m <sup>3</sup>	1750 m <sup>3</sup>
Profundidad ( metros)	3 m	1 m
Superficie	43x13=559m <sup>2</sup>	66x28 =1848 m <sup>2</sup>

La principal ventaja de este sistema es que permite la eliminación del exceso y no acumularlo como la primera alternativa además de utilizar una tecnología que capta dióxido de carbono las cuales hoy en día se están potenciando frente a otras más tradicionales.

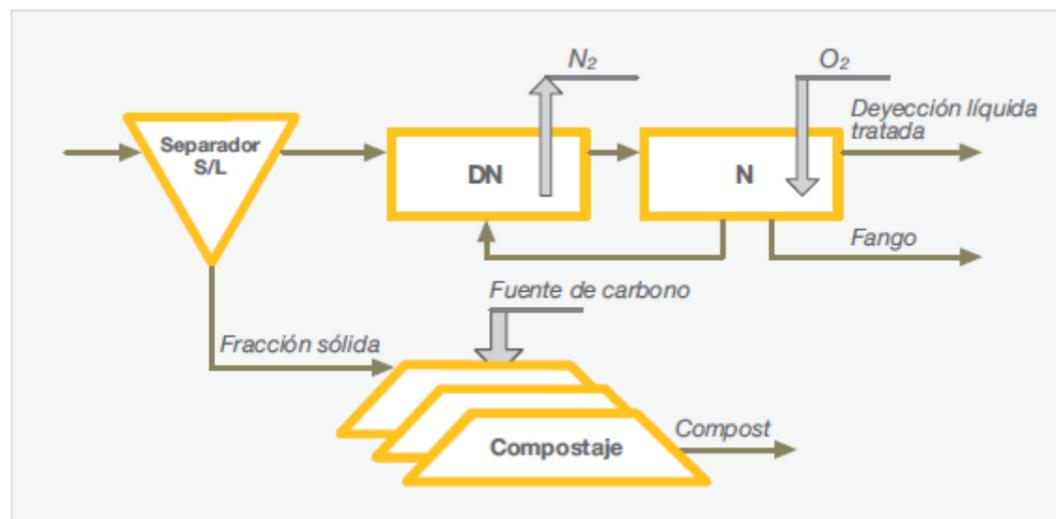
En cuanto al mantenimiento, no es necesario personal cualificado lo que permite al ganadero ser el mismo el que se encargue de recoger la parte acumulada o solucionar algún pequeño problema.

#### 4.3 estación de separación de purines en parte sólida y líquida con posterior tratamiento tanto para la parte sólida como líquida.

La tercera alternativa consiste en la construcción de una planta de tratamiento de residuos. Esta estará dividida en tres fases bien diferenciadas, la primera consiste en un sistema de recogida del residuo, el cual es transportado hasta la planta por los ganaderos, y una vez allí mediante una prensa de tornillo conseguimos obtener dos fracciones diferentes una sólida y una líquida que serán tratadas por separado.

- Fracción sólida o segunda fase: la parte sólida será acumulada con el objetivo de realizar un compostaje de la misma y obtener un producto que luego puede ser puesto en el mercado para su utilización como abono.
- Fracción líquida o tercera fase: la parte líquida será debidamente tratada mediante un proceso parcial de nitrificación des-nitrificación con el objetivo de reducir solamente en parte el nitrógeno ya que eliminarlo en su totalidad dispararía los gastos, el agua obtenida puede ser vertida directamente en el cauce público o ser utilizada como agua de riego o limpieza de granjas.

A continuación se presenta un modelo de las partes en las que se divide la estación de tratamiento.



El objetivo es la construcción de una planta capaz de tratar 110.000 toneladas de residuos al año de media, , además se buscará que la planta no utilice sistemas muy caros debido a que, en principio no se plantea que reciba en conjunto una gran cantidad de residuos y si mas repartidos durante el año, aun así se espera que sea capaz de gestionar los residuos durante los meses más complicados.

Unidades porcinas	Residuos generados al año	Residuos en dos meses	Residuos A tratar
142.000	639.000 toneladas	106.500 toneladas	110.000 toneladas

Para desarrollar todo el conjunto de operaciones para una cantidad media de 100.000 toneladas año, la explotación junto con todos los instrumentos debe ser de aproximadamente **6200 m<sup>2</sup>**, (apéndice 1).

La gran ventaja de esta alternativa es que se puede tratar una gran cantidad de residuos en poco espacio obteniendo muy buenos resultados, pero su mayor problema es la necesidad de transporte del material así como los gastos de producción.

## 7. CRITERIOS DE EVALUACIÓN.

En este apartado se exponen los criterios mediante los cuales se van a evaluar las alternativas planteadas.

### 5.1 Criterios económicos

#### 5.1.1. Transporte del purín hasta la zona de descarga

Este subcriterio hace referencia al gasto que tiene que asumir el ganadero para llevar el purín desde las granjas hasta la zona de tratamiento. Es un factor clave a la hora de gestionar los residuos.

Se considerará un coste de transporte excesivo si el desplazamiento conlleva ir más allá de 8 km mientras que se considerará óptimo si es inferior a los 6 km.

### 5.1.2 coste de por m<sup>3</sup> de residuo

Este criterio relaciona de manera general, el coste que cada alternativa supondría por metro cubico de purín hasta alcanzar el objetivo a través del proceso correspondiente en cada una de las soluciones.

Criterio	Peso	Subcriterio	Peso
Económico	35%	Transporte	60%
		Coste producción	40%

## 5.2 criterios medioambientales

### 5.2.1 peligrosidad

En este sub-criterio se tiene en cuenta, la posibilidad de que el desarrollo de la actividad provoque una afección al medio fluvial o terrestre.

Se considera mayor riesgo de fallo o peligro cuanto mayor sea el transporte así como la superficie necesaria para el desarrollo de la alternativa, ya que existe tanto la posibilidad de un accidente de tráfico como que debido al tamaño de la alternativa sea más difícil de controlar.

### 5.2.2 olores

Hace referencia a los malos olores desprendidos por los procesos biológicos, químicos y físicos que se producen en las diferentes alternativas y si pueden llegar a ser perjudiciales.

Claramente el que menos olores genere o sea capaz de mitigarlos será el mayor beneficiado.

Criterio	Peso	Sub-criterios	Pesos
Medio-ambiental	30%	Peligrosidad	60%
		Olores	40%

## 5.3 Criterio técnico-funcional

### 5.3.1 respuesta a la reducción de nitratos

Este subcriterio hace referencia a la capacidad en mayor o menor medida de reducir los compuestos nitrogenados en función del coste.

Se valora si reduce o el porcentaje de reducción alcanzado.

### 5.3.2 respuesta a la climatología

Como responde cada una de las alternativas a la lluvia o si hay que realizar alguna modificación en la obra por culpa de la climatología.

### 5.3.3 territorio ocupado

Se medirán los metros cuadrados necesarios para la realización de la alternativa, siendo la que menos ocupe la más rentable ya que implica menos costes de expropiación y menos movimiento de tierras en general.

Criterio	Peso	Subcriterio	pesos
Técnico-funcional	25%	Reducción de nitrógeno	40%
		Climatología	30%
		Terreno ocupado	30%

## 5.4 otros

### 5.4.1 actitud de los ganaderos

Interés o respuesta de los ganaderos a las posibles soluciones al problema presente.

Al ganadero le conviene más aquella que suponga menor gasto para él.

#### 5.4.2 legislación

Si existe alguna alternativa que puede estar siendo potenciada con planes políticos u otras que están muy marcadas por legislación vigente.

Se valorará positivamente sobre todo aquellas que puedan estar subvencionadas o pueden llegar a serlo.

Criterio	Peso	Subcriterio	pesos
Otros	10 %	Ganaderos	60 %
		Legislación	40 %

## 8. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.

### 7.1 criterio económico

#### 7.1.1 coste de transporte

A la hora de analizar el coste por transporte la alternativa 1 y 2 son claramente las beneficiadas ya que la actuación no requiere transporte, mientras que la alternativa 3 quedaría totalmente descartada porque supone un gasto muy grande para aquellas explotaciones situadas más allá de los 8 km de distancia, se establece el coste de 1.45 €/m<sup>3</sup> que es el que marca todas aquellas explotaciones a más de 8 km de distancia.

Balsas y depósitos	Sistema de humedales	Sistema de eliminación de nitrógeno
0 €/m <sup>3</sup>	0 €/m <sup>3</sup>	1.45 €/m <sup>3</sup>

#### 7.1.2 Coste de producción

Todo proceso tiene un coste de producción ya sea mantenimiento, la mano de obra, o incluso la energía utilizada para el proceso o el coste de tratamiento.

Entre las alternativas a tratar el coste de producción más barato es el del almacenaje seguido de los humedales y por últimos la planta de separación con posterior tratamientos. (Fuente Generalitat de Cataluña, Ecolagunas s.l)

Balsas y depósitos	Sistema de humedales	Sistema de eliminación de nitrógeno
3.5 €/m <sup>3</sup>	4.54 €/ m <sup>3</sup>	6.5 €/m <sup>3</sup>

### 7.2 criterios medio-ambientales.

#### 7.2.1 Peligrosidad

La tercera alternativa será la peor valorada ya que es la única que implica un transporte a cierta distancia aumentando los riesgos de contaminación, seguida de los humedales y en principio la que revoca menor riesgo es la primera ya que no existe transporte alguno y únicamente se pretende almacenar.

#### 7.2.2 Olores

En principio y en teoría, siempre que se sigan las normas de buena práctica, ninguno debería generar un olor excesivo, se tiene en cuenta que tanto la alternativa 1 al estar cubierta no genera tantos olores y la segunda el sistema de humedales evita malos olores, la tercera al ser un recinto más cerrado y controlado el olor no debería ser muy grande.

### 7.3 Criterio Técnico-funcionales

#### 7.3.1 Reducción de nitrógeno

Los valores alcanzados de reducción de nitrógeno tanto en los humedales como en la planta de separación sólido líquido son bastantes altos, alcanzando valores bastante inferiores a lo que marca la ley 50mg/l e incluso mayores si el objetivo hubiese sido ese, mientras tanto el aumento de la capacidad de almacenaje no reduce mucho ya que el objetivo de la alternativa es almacenar.

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
Balsa almacenamiento	Balsa anaerobia	Separación solido-liquido	
60%	30-40%	Liquido	sólido
	Humedal artificial	20%	75%
	90%	NDN	Compostaje
		50%	0%

### 7.3.2 Respuesta a la climatología

Los humedales pueden verse afectados a las heladas, si estas llegan a ser muy fuertes, mientras que no debería existir problema en ninguna de las otras dos alternativas, ya que una es una planta en general cubierta y las balsas tienen que estar cerradas para que no entre el agua de lluvia entre otras cosas.

### 7.3.3 superficie utilizada

Pues aquí se nota una gran diferencia entre la alternativa 3 que es la que menos utiliza comparada con las otras dos que al ser de carácter particular se disparan los metros utilizados

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1000 x 92= 92000 m <sup>2</sup>	( 430 + 1850 ) x 92 = 209760 m <sup>2</sup>	6500 m <sup>2</sup>

El espacio en cada uno puede llegar a suponer algo más debido a las condiciones de señalización que y distancias que debe cumplir cada uno.

## 7.4 Criterios otros

### 7.4.1 Planes y legislación

La realización de humedales puede llegar a estar subvencionada por planes medio ambientales ya que las plantas durante como parte del proceso natural absorben CO<sub>2</sub>, factor muy buscado hoy en día debido la concienciación por el cambio climático. (Fuente ministerio de alimentación agricultura y medio ambiente.

### 7.4.2 Respuesta de los ganaderos

El interés de los ganaderos es un factor importante si a la larga no se quiere que aparezcan problemas y disputas, si bien a estos lo que le interesa es no perder dinero y por ello la alternativa 3 es la menos valorada en comparación con la alternativa 1 y 2.

**7.5 CUADRO RESUMEN**

Tabla donde se presenta un resumen con los pesos y valores para cada criterio y subcriterio.

Criterio	Peso	Subcriterio	Peso	Alternativa1	Alternativa2	Alternativa3
Económico	40%	Transporte (C1)	60%	5	5	1
		Coste producción (C2)	40%	5	4	1
Medio-ambiental	30%	Peligrosidad (C3)	60%	3	3	1
		Olores (C4)	40%	3	3	4
Técnico-funcional	20%	Reducción de nitrógeno (C5)	40%	3	5	5
		Climatología (C6)	30%	4	3	5
		Terreno ocupado (C7)	30%	2	1	5
Otros	10%	Ganaderos (C8)	50%	4	5	1
		Legislación (C9)	50%	1	5	2

Se aplican los tres métodos conocidos para la elección de alternativas medias ponderadas, método de Press y el método de Electre.

**MATRIZ DECISIONAL**

Se presenta la matriz decisional, a partir de la cual se desarrollan los tres métodos desarrollados para evaluar las alternativas.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Alternativa1	5	5	3	3	3	4	3	4	1
Alternativa2	5	4	3	3	5	3	1	5	5
Alternativa3	1	1	1	4	5	5	5	1	2
<b>PESOS</b>	<b>0.24</b>	<b>0.16</b>	<b>0.18</b>	<b>0.12</b>	<b>0.08</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>

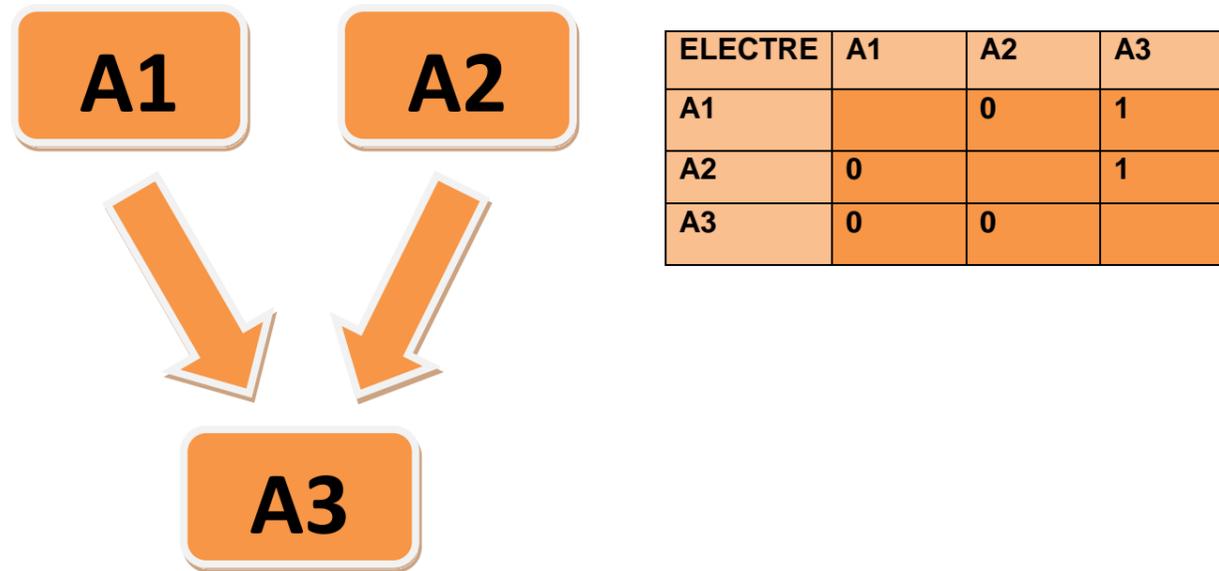
**9. RESULTADO DEL ANÁLISIS.**
**9.1 resultados**

Se presenta una tabla con los resultados obtenidos por el método de medias ponderadas y por el método de Press.

	MEDIAS PONDERADAS	PRESS
ALTERNATIVA 1	0,6625	1.42
ALTERNATIVA 2	<b>0,72</b>	<b>2.36</b>
ALTERNATIVA 3	0,3325	0.4567

Se puede observar que en ambos métodos sale la **alternativa 2** como elegida. Que como ya se dijo es la de la balsa anaerobia más los humedales artificiales individuales para cada explotación y que consiguen un muy buen resultado a pesar del tamaño de la explotación.

Por el método de Electre no se obtiene que la alternativa 2 sea la que mejor resuelve el problema presente, pero sí que tanto la alternativa 1 como la alternativa 2 son mejores a la alternativa 3, que además de en este caso, en los otros dos métodos también Salió la peor parada



### 9.2 conclusión.

La alternativa escogida es la alternativa 2 que es la que se obtiene de realizar el análisis por cualquiera de los métodos, la mayor ventaja de esta alternativa es que se evita el transporte de los residuos junto que tiene un alto rendimiento de eliminación de los elementos contaminantes sin un alto costo ya que la mayor parte se produce por procesos naturales.

Seguramente su problema reside en que se necesita una gran cantidad de terreno para poder desarrollar la alternativa.

Cabe destacar que además en un sistema capaz de captar dióxido de carbono, utiliza en parte una tecnología verde.



## **APENDICE 1: CÁLCULOS**

- A) ALTERNATIVA 2**
- B) ALTERNATIVA 3**

**APENDICE 1 CÁLCULOS**

Para realizar todos los cálculos se han utilizado datos de tabla siguiente:

Nº de explotaciones	Nº de unidades porcinas	Purín		Kg Nitrógeno
		m <sup>3</sup> /total/año	m <sup>3</sup> /plaza/año	m <sup>3</sup> / total/año
92	142.128	640.000	4.5 (4.445)	1989800
Media por explotación		m <sup>3</sup> /media explotación/año	m <sup>3</sup> /media explotación día/	m <sup>3</sup> /plaza/año
1545 (1544.89)		7000 (6952)	18	14

Los cálculos realizados en la alternativa 1 se recogen en la misma alternativa.

Para calcular el humedal y la laguna se ha utilizado los datos del Conselleria de agricultura medio ambiente de las islas baleares, la empresa Ecolagunas s.l y la Xunta de Galicia.

**ALTERNATIVA 2**
**a) LAGUNAS ANAEROBIAS**

En la laguna anaerobia se busca una sedimentación de los sólidos en suspensión y una reducción adecuada de la DBO para que así el humedal pueda funcionar correctamente.

Para ello necesitamos una laguna capaz de reducir al menos el 80 % de los sólidos en suspensión y capaz de reducir al menos el 50 % de DBO para ello se utilizan datos de la Xunta para establecer un pre dimensionamiento. Donde establece que se necesita 1 m<sup>3</sup> de laguna anaerobia para tratar 0.30 kg de DBO día para obtener rendimientos de hasta un 90% en sólidos en suspensión y entre un 60 y un 90% para la DBO.

Por lo tanto Para calcular los kg de DBO/m<sup>3</sup> día en el caso a tratar se utilizan los siguientes datos:

- Como caudal diario Q= 18 m<sup>3</sup>
  - Co: Concentración media de DBO en el purín es de alrededor 21000 mg/L = 21 kg/m<sup>3</sup>
- Entonces el volumen de la laguna para alcanzar los valores que se buscan es:

$$V = \frac{C_o \times Q}{0.3} = \frac{18 \frac{m^3}{día} \times \frac{21kg DBO}{m^3}}{0.3 kg DBO/m^3} = 1260 m^3$$

Para su diseño es necesario conocer el sistema un poco mejor:

Las lagunas anaerobias constituyen un proceso de tratamiento que opera bajo una condición de ausencia de oxígeno. Las lagunas anaerobias se utilizan normalmente como primera fase en el tratamiento de aguas residuales. El objetivo primordial de estas lagunas es la reducción de contenido en sólidos y materia orgánica del agua residual, y no la obtención de unefluente de alta calidad.

Para determinar las medidas no se establece ningún criterio pero si se propone profundidades desde los 2.5 a 4 metros de ahí que se establezca unas profundidades de alrededor 3 metros.

**b) HUMEDAL**

Los humedales artificiales de alta carga o humedal subsuperficial de flujo vertical (o sea los que reciben aguas provenientes de un pretratamiento), deberán tener una superficie de 1 m<sup>2</sup> por cada 4 m<sup>3</sup> al año de purín por lo tanto:

Si tenemos 1545 unidades por explotación generando 6952 m<sup>3</sup>/año y se divide por los 4 m<sup>3</sup> que establecen los documentos se obtienen 1738 m<sup>2</sup>. Además por el tipo de humedal utilizado se propone 1 metro de profundidad obteniendo 1738 m<sup>3</sup>.

$$V = \frac{CP}{K} = \frac{6952}{4} = 1738 \text{ aprox } 1750 m^3$$

Dónde:

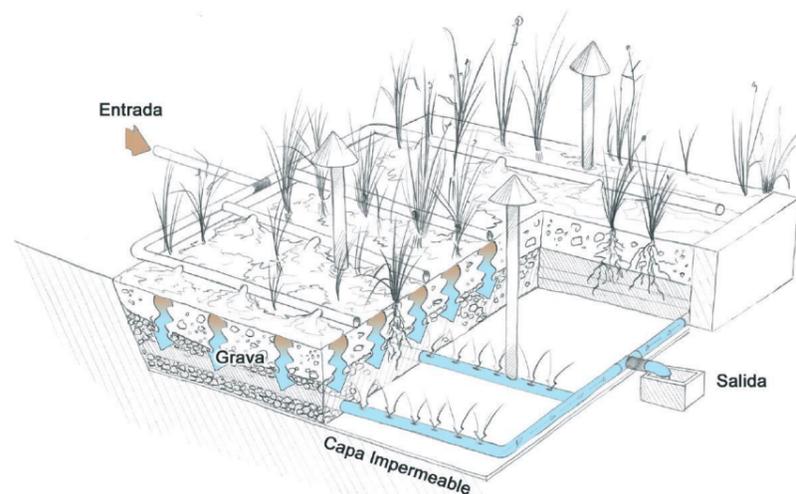
- V: volumen del humedal
- CP: cantidad de purín en metros cúbicos generado por una explotación de 1545 cerdos en un año.
- K: dato utilizado de referencia que establece que se necesita 1m<sup>2</sup> para cada 4 m<sup>3</sup> de purín al año.

Se utiliza 1750 m<sup>3</sup> para facilitar las medidas.

Para diseñar estos sistemas es necesario saber un poco más:

Este tipo de sistemas combina la acción de un sustrato determinado (grava principalmente) con la de plantas acuáticas emergentes. El sustrato retiene los sólidos en suspensión, a la vez que facilita una gran superficie de fijación para las bacterias que descomponen la materia orgánica; y por su parte, las plantas acuáticas absorben los nutrientes (nitrógeno y fósforo) y aportan oxígeno a través de sus raíces, lo que favorece la descomposición bacteriana.

Las aguas circulan verticalmente a través de un sustrato de arena-gravilla, de aproximadamente 1 m de espesor, en el que se fija la vegetación. En el fondo del humedal una red de drenaje permite la recogida del efluente depurado. A esta red de drenaje se conectan un sistema que oxigena la capa con el fin de mejorar el rendimiento del sistema filtrante. En este tipo de humedal se producen procesos de nitrificación.



Para sus dimensiones se establecen profundidades de alrededor un metro y se establece una relación longitud anchura de aproximadamente 2.5:1 de ahí que se propongan las medidas 66x28 m y se recomiendan taludes de 45 grados.

### ALTERNATIVA 3

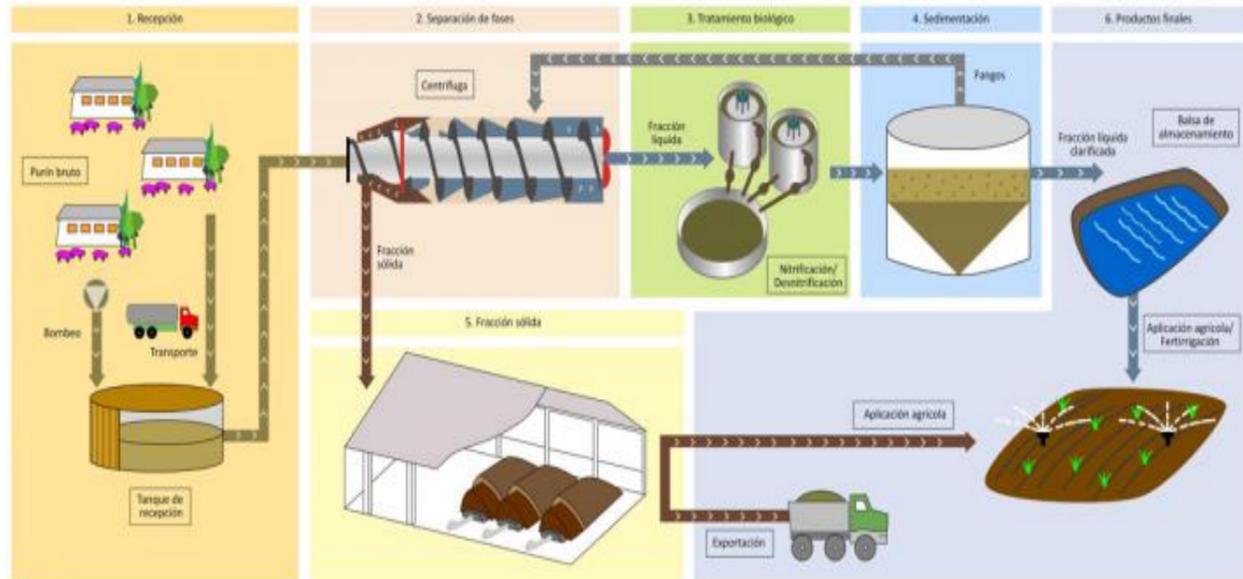
Para la tercera alternativa se han utilizado los datos obtenidos por una estación similar a la actual junto con alguna tabla obtenida de la Generalitat de Cataluña donde tienen el mismo problema presentado.

La alternativa planteada se ha tratado desde un punto de vista general sin llegar a analizar cada parte de la alternativa para la parte de producción en conjunto se ha utilizado un documento de la Generalitat de Cataluña donde proponen diferentes maneras de resolver el problema. En esta alternativa se ha utilizado la correspondiente a los costes de producción que supone en general este tratamiento.

Descripción tratamiento	Coste (€/t)
Separación de fases de los purines Fracción líquida: tratamiento parcial NDN	1,5-2,6
Separación de fases de los purines Fracción líquida: tratamiento parcial NDN Fracción sólida: compostaje con bajo control	3,0-5,0
Separación de fases de los purines Fracción líquida: tratamiento parcial NDN Fracción sólida: compostaje	4,5-8,0
Separación de fases de los purines Fracción líquida: tratamiento total NDN	3,5-5,7
Separación de fases de los purines Fracción líquida: tratamiento total NDN Fracción sólida: compostaje	4,5-7,0

En la alternativa planteada se ha elegido la tercera opción ya que si se utiliza la fracción sólida como compost, para luego venderla, se puede generar un horro en la producción. Para la fracción líquida se utiliza un proceso parcial de NDN porque no es necesario tampoco una limpieza extrema del agua ya que con un tratamiento parcial sus niveles de nitrógeno ya son bastante inferiores a los 50 mg/L<sup>2</sup> obligatorios por ley.

En cuanto a la superficie como maquinaria utilizada se ha tomado como referencia una estación de tratamiento ya existente, en la cual la cantidad de residuo a tratar es similar a la que se pretende hacer. Por lo tanto el tamaño necesario es de alrededor 6200 m<sup>2</sup>.



El proceso que se puede observar en la imagen superior se divide en 4 partes primera recogida de residuos en un tanque, donde se acumulan a medida que los ganaderos lo traen, una parte de separación de sólido y líquido, una parte de tratamiento del sólido como compost y una parte de tratamiento de la fracción líquida mediante tanques biológicos donde se produce la eliminación del nitrógeno.



**APÉNDICE 2: PLANOS ALTERNATIVAS.**

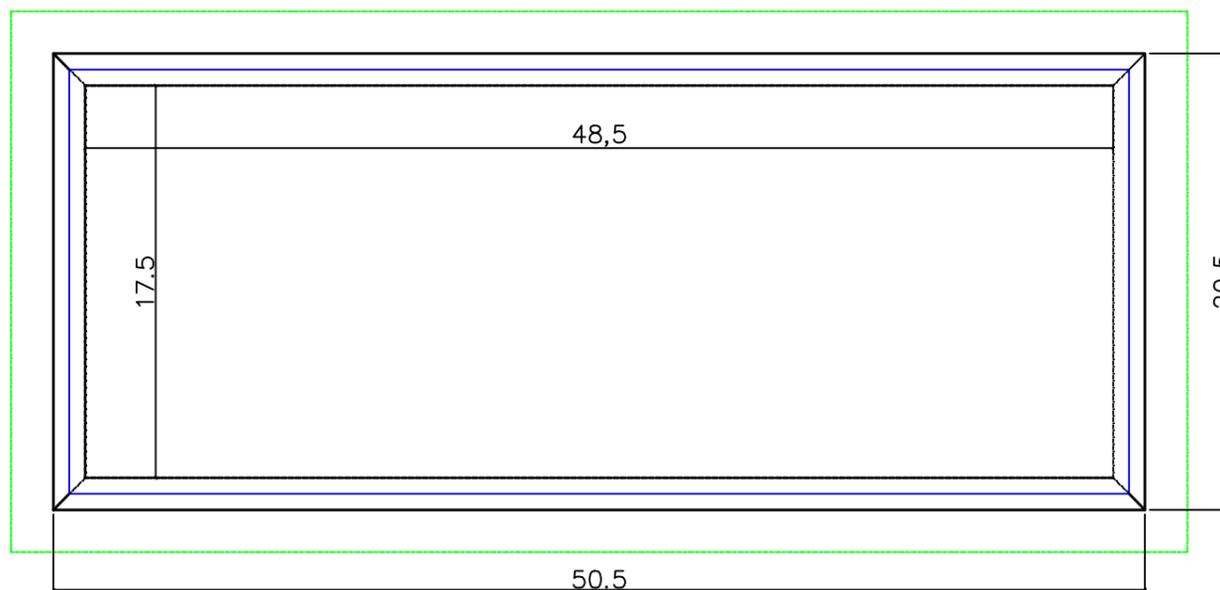
- A) ALTERNATIVA 1**
- B) ALTERNATIVA 2**
- C) ALTERNATIVA 3**



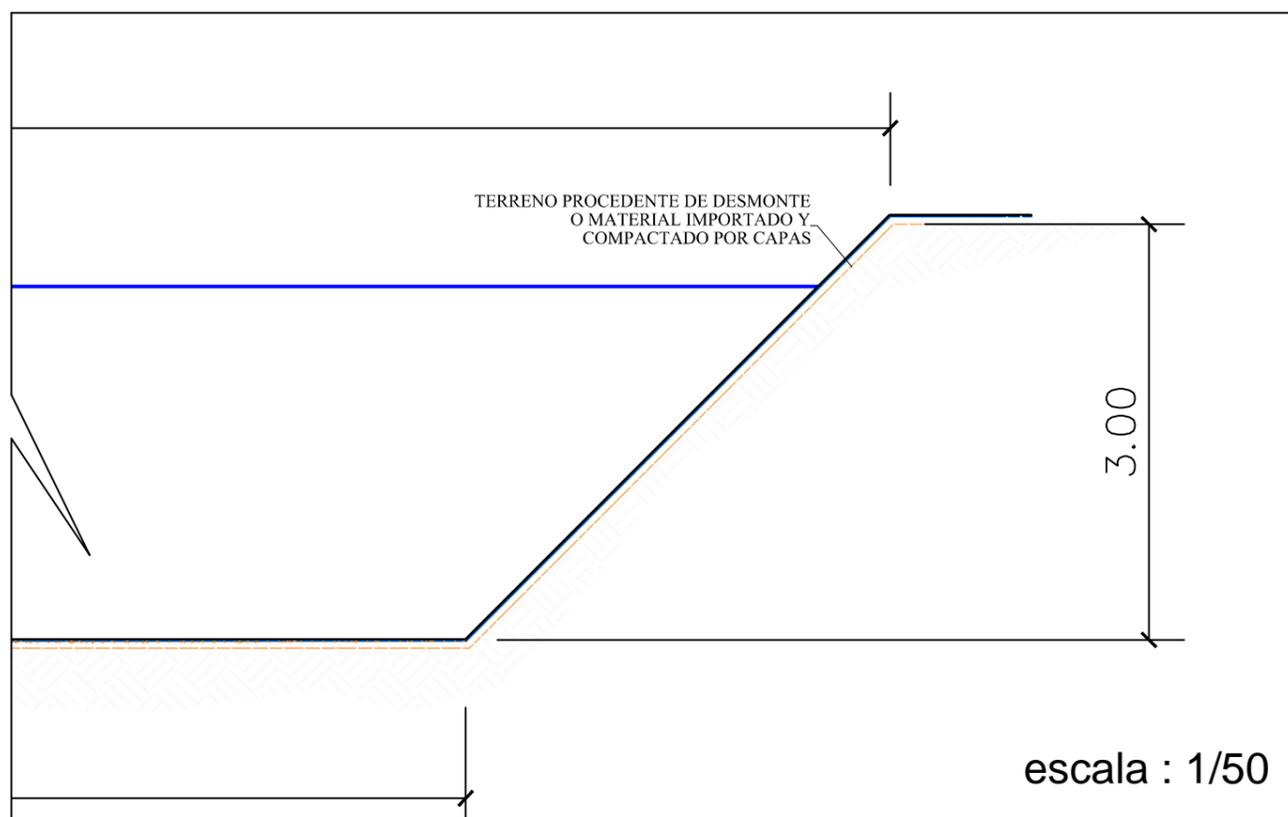
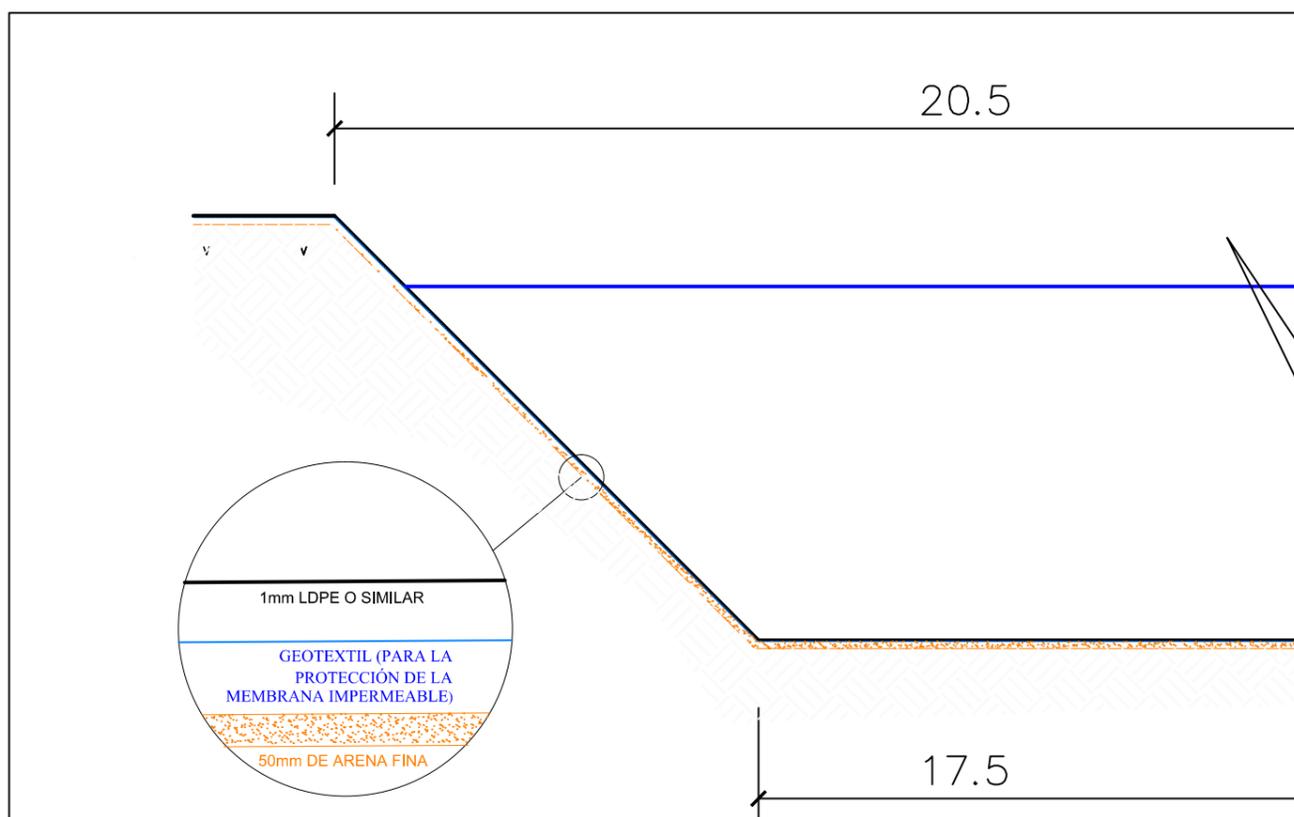
## A) ALTERNATIVA 1: PLANO SITUACIÓN PLANTA Y SECCIÓN



# balsa de almacenamiento VOL(3000m3)



escala : 1/300



escala : 1/50



Universidade da Coruña



E.T.S.E.C.C.E.P.

Autor del proyecto

Francisco Marín Ortiz

Firma del autor



Nombre del plano

Alternativa 1: Situación, planta y sección.

Mejora de la calidad de las aguas del río Limia y afluentes mediante la gestión de los residuos ganaderos.

Escala

varios

Número de plano

Plano 1 de 1



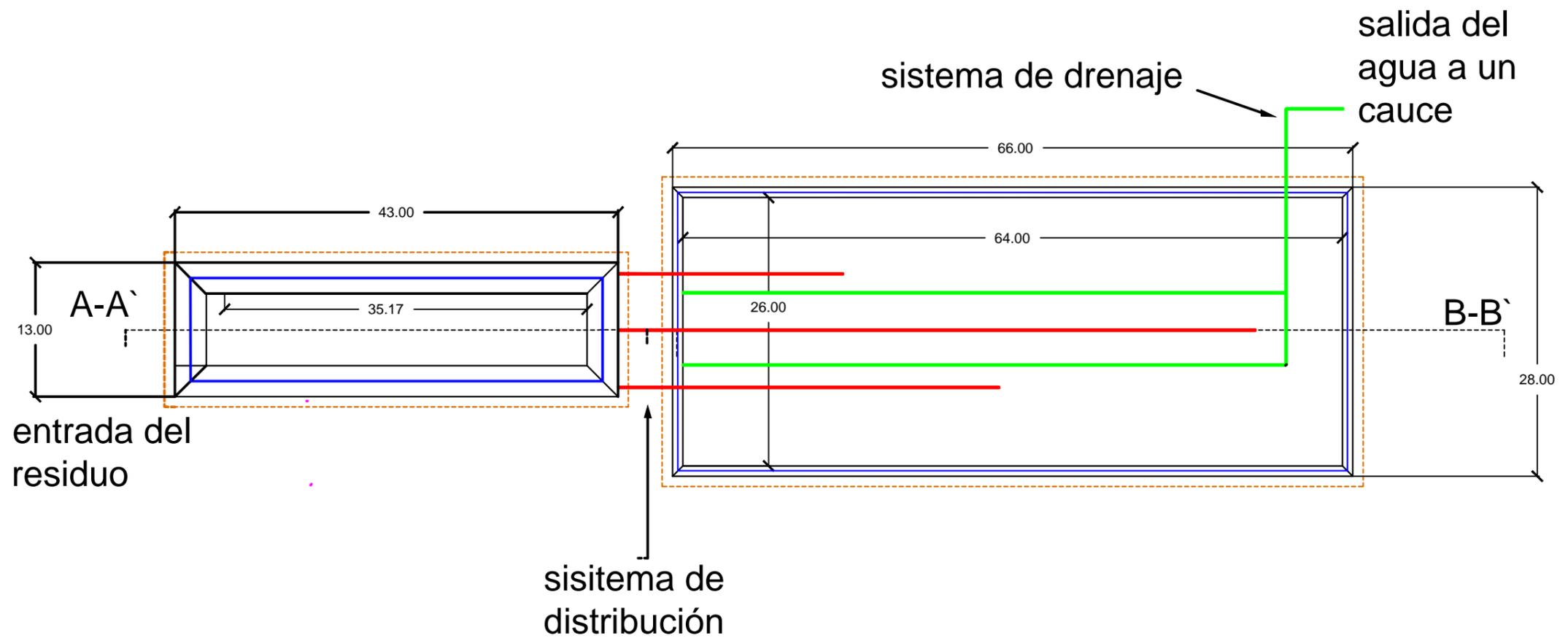
**B) ALTERNATIVA 2**

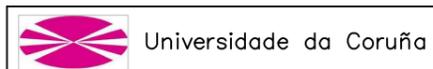
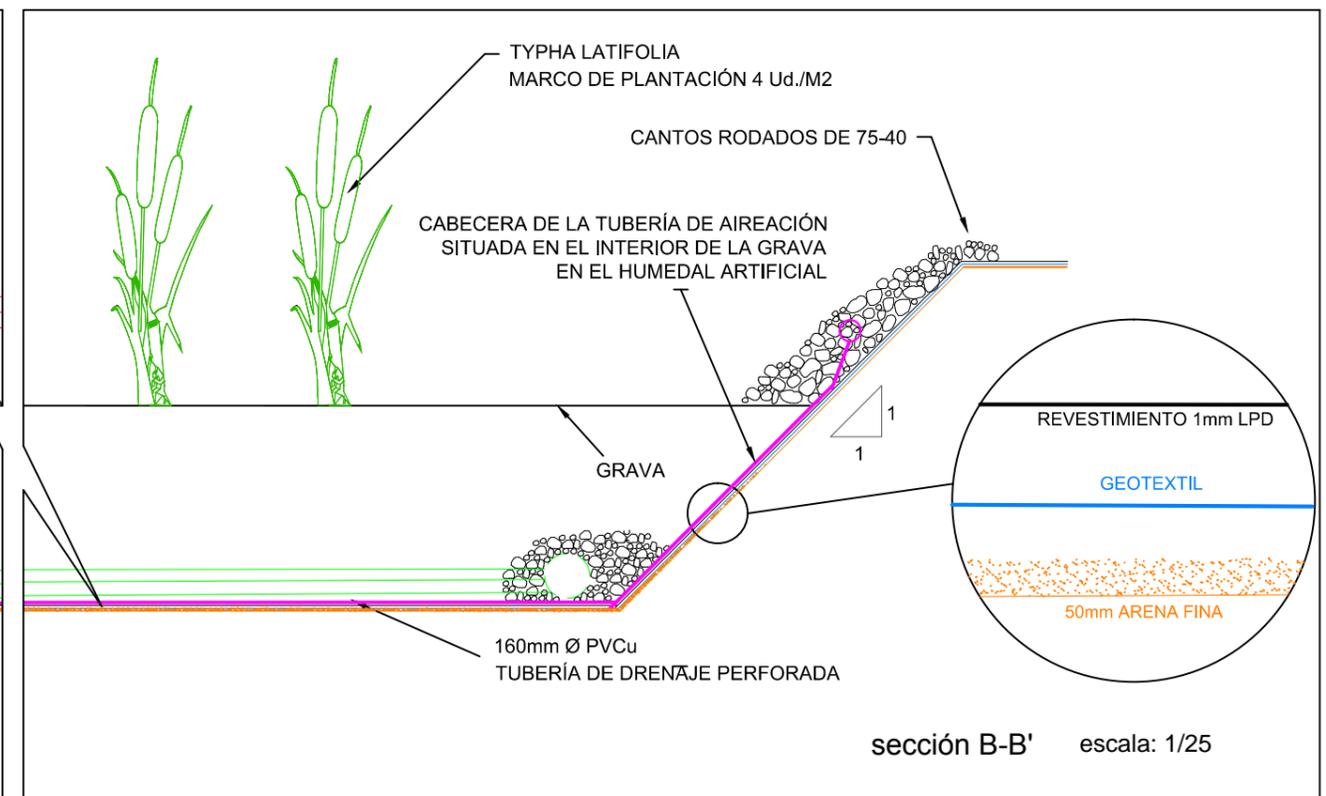
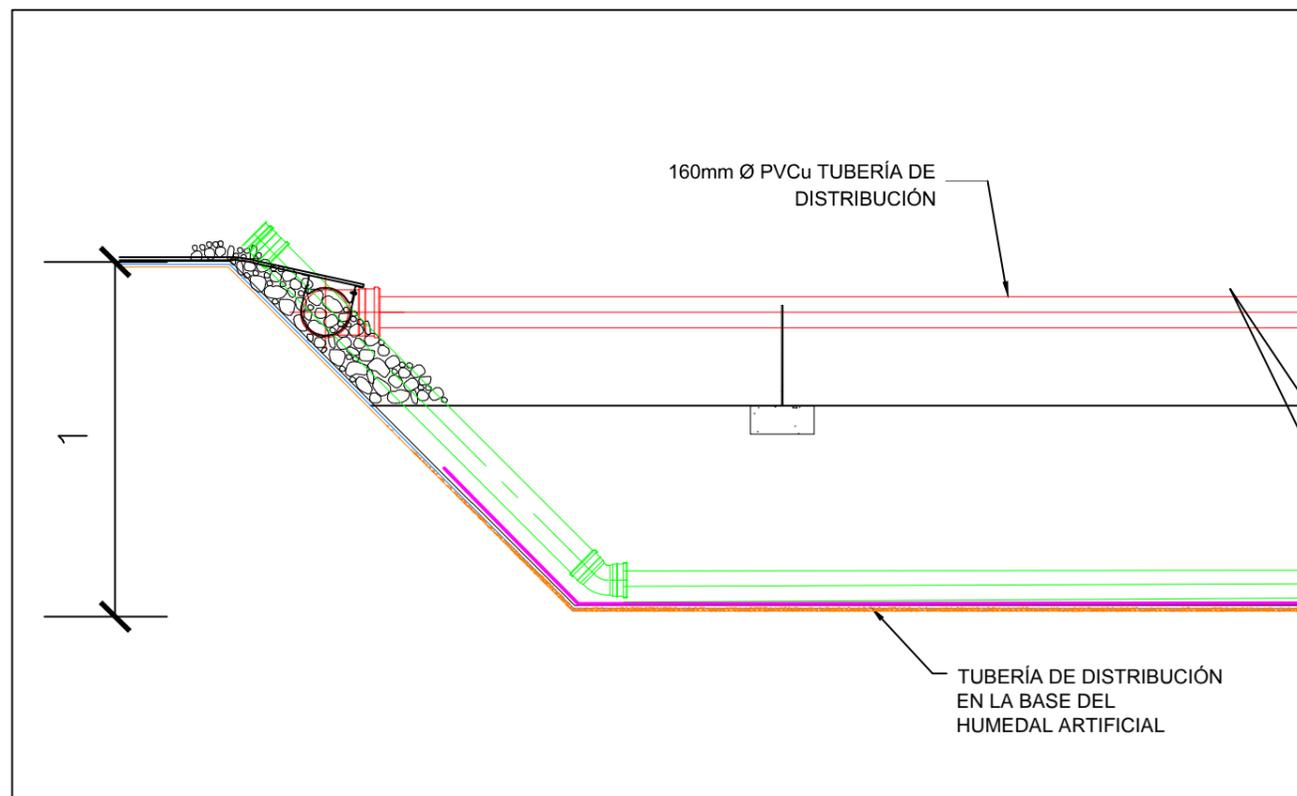
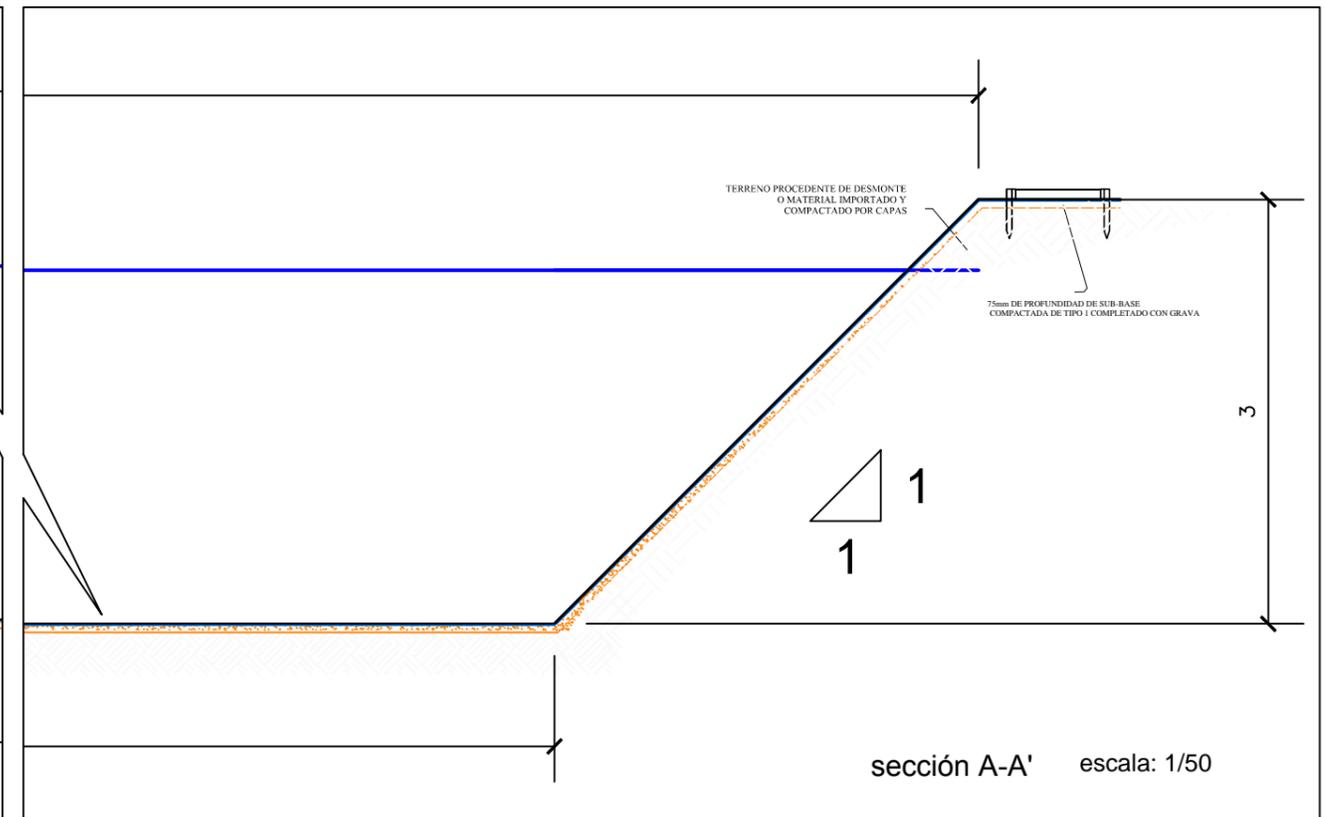
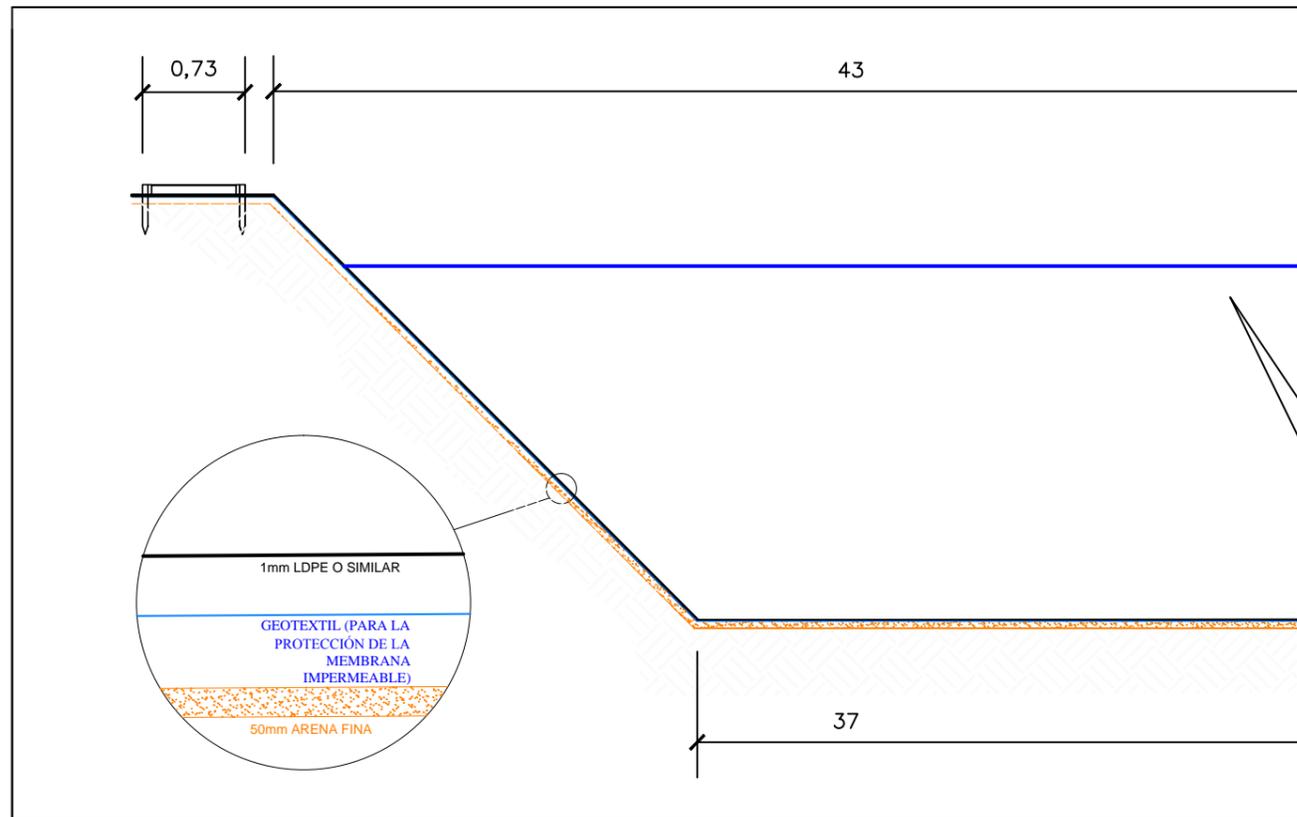
- **PLANO 1: SITUACIÓN Y PLANTA**
- **PLANO 2 PERFILES LAGUNA Y HUMEDAL.**



laguna anaerobia VOL (1260 m3)

humedal artificial VOL (1750 m3)





**Autor del proyecto**  
Francisco Marín Ortiz

**Firma del autor**

**Nombre del plano**  
ALTERNATIVA 2 SECCIONES

**Mejora de la calidad de las aguas del río Limia y afluentes mediante la gestión de los residuos ganaderos.**

**Escala**  
varios

**Número de plano**  
Plano 2 de 2



### **C) ALTERNATIVA 3: PLANO SITUACIÓN GENERAL.**

