

CLAVE:

**02.803.229**

TIPO: <b>DOCUMENTO RESUMEN</b>	REF. CRONOLOGICA: <b>11/2012</b>
-----------------------------------	-------------------------------------

CLASE

TITULO BASICO:

**REGULACIÓN ADICIONAL DE LA CUENCA DEL CARRIÓN  
ANTEPROYECTO EMBALSES DE LAS CUEZAS**

PROVINCIA:	PALENCIA	CLAVE:	34
TÉRMINO MUNICIPAL:	VARIOS	CLAVE:	-
RÍO:	CARRIÓN	CLAVE:	2012814

DIRECTOR DEL PROYECTO:	D. JOSÉ IGNACIO DÍAZ-CANEJA RODRÍGUEZ		
CONSULTOR			FECHA:  <b>NOVIEMBRE 2012</b>

**DOCUMENTO RESUMEN**

# REGULACIÓN ADICIONAL DE LA CUENCA DEL CARRIÓN ANTEPROYECTO EMBALSES DE LAS CUEZAS

## DOCUMENTO RESUMEN

### ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETO .....</b>	<b>2</b>
<b>3. SOLUCIONES ESTUDIADAS.....</b>	<b>4</b>
3.1. TRASVASE CEA-CARRIÓN .....	5
3.2. EMBALSE DE VIDRIEROS.....	5
3.3. RECRECIMIENTO DE LOS EMBALSES DE CAMPORREDONDO Y COMPUERTO .....	5
3.4. BALSAS EN LA ZONA REGABLE .....	6
3.5. EMBALSES DE LAS CUEZAS .....	8
3.6. RECRECIMIENTO DEL CANAL DE CASTILLA .....	8
<b>4. ESTUDIOS PREVIOS .....</b>	<b>9</b>
4.1. TOPOGRAFÍA.....	9
4.2. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA.....	9
4.2.1. INTRODUCCIÓN .....	9
4.2.2. CONCLUSIONES DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA .....	11
4.2.2.1. Canal de alimentación de los embalses de la Cueva .....	11
4.2.2.2. Presa de la Cueva 1, Cueva 2 y Fuentearriba .....	12
4.3. ESTUDIO DE REGULACIÓN .....	12
4.4. CÁLCULOS HIDRÁULICOS Y LAMINACIÓN DE AVENIDAS.....	15
<b>5. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA .....</b>	<b>16</b>
5.1. INTRODUCCIÓN .....	16
5.2. COSTES DE LAS SOLUCIONES ESTUDIADAS .....	25
5.3. ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	26
5.4. CONCLUSIONES.....	27

<b>6. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA .....</b>	<b>29</b>
<b>6.1. CANAL DE DERIVACIÓN .....</b>	<b>29</b>
<b>6.2. PRESAS.....</b>	<b>30</b>
6.2.1. CUEZA 1 Y FUENTEARRIBA.....	30
6.2.2. CUEZA 2.....	32
<b>7. EXPROPIACIONES DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA .....</b>	<b>34</b>
<b>8. SERVICIOS AFECTADOS DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....</b>	<b>36</b>
<b>9. SÍNTESIS DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>37</b>
<b>9.1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>37</b>
<b>9.2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTUACIÓN .....</b>	<b>38</b>
9.2.1. Estudio de alternativas.....	39
9.2.2. Descripción de la solución adoptada.....	40
<b>9.3. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO .....</b>	<b>42</b>
<b>9.4. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS .....</b>	<b>52</b>
9.4.1. Metodología.....	52
9.4.2. Matriz de impacto.....	52
9.4.3. Principales componentes del medio afectados y acciones causantes de impacto .....	54
9.4.4. Valoración de impactos y conclusiones .....	60
<b>9.5. PROPUESTA DE MEDIDAS PROTECTORAS Y CORRECTORAS.....</b>	<b>61</b>
<b>9.6. MEDIDAS COMPENSATORIAS POR LA AFECCIÓN A RED         NATURA.....</b>	<b>65</b>
<b>9.7. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL .....</b>	<b>66</b>
<b>9.8. PRESUPUESTO DE LAS MEDIDAS AMBIENTALES .....</b>	<b>69</b>
<b>10. PRESUPUESTO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....</b>	<b>70</b>
<b>11. PLANOS .....</b>	<b>71</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la cuenca del río Carrión se encuentra regulada en cabecera por los embalses de Camporredondo (70 hm<sup>3</sup>) y Compuerto (95 hm<sup>3</sup>), ambos situados aguas arriba de Velilla del río Carrión y en su mismo término municipal.

Esta regulación resulta insuficiente para atender las demandas existentes en la propia cuenca, ya que se debe suministrar agua para el abastecimiento de una población de 365.000 habitantes y una zona regable de cerca de 55.000 ha, además de garantizar el mantenimiento del caudal ecológico recogido en el Plan Hidrológico de Cuenca.

Actualmente el problema se está paliando mediante los aportes que llegan desde el Esla a través del canal Alto de los Payuelos y desde el río Cea mediante el canal Cea-Carrión. Estos aportes, que se vienen realizando desde el año 2000, son variables según las necesidades, alcanzando algún año un volumen trasvasado de 90 hm<sup>3</sup>. Este trasvase se construyó como solución temporal para suplir la regulación adicional que habría generado la presa de Vidrieros. La función de este trasvase es por tanto garantizar los riegos actuales del sistema Carrión hasta que se ejecute la regulación adicional de este río.

Para resolver esta situación la Confederación Hidrográfica del Duero elaboró en abril del año 1991, tras la realización de los pertinentes estudios previos, el proyecto de construcción de la presa de Vidrieros que fue sometido a Evaluación de impacto Ambiental, en la que se informó desfavorablemente el proyecto.

Posteriormente, y puesto que la Regulación Adicional del río Carrión estaba incluida en el Plan Hidrológico de Cuenca aprobado en julio de 1998, la Confederación Hidrográfica del Duero abordó el ESTUDIO DE REGULACIÓN ADICIONAL DE LA CUENCA DEL CARRIÓN Y AFLUENTES (Clave 02.803-169/0411) entre los años 1997 y 1999.

En este estudio se analizaron todas las posibilidades para incrementar la regulación del río Carrión, considerando embalses de suficiente volumen que procurasen, en su conjunto, un incremento de regulación equiparable al que se conseguía con el embalse de Vidrieros (98,5 hm<sup>3</sup>). Se estudiaron numerosas alternativas mediante embalses situados en ambas márgenes del río Carrión y se estudió también la posibilidad de recrecer los embalses existentes.

Con objeto de profundizar en el estudio de posibles soluciones, la Confederación Hidrográfica del Duero decidió abordar los **“Trabajos complementarios y redacción del Estudio de Impacto Ambiental de la Regulación Adicional de la cuenca del Carrión”**, cuyo objetivo es volver a analizar todas las posibilidades de incrementar la regulación del río Carrión, a partir de los resultados del estudio anterior, considerando embalses de suficiente volumen o buscando la mejor combinación de las posibles actua-

ciones, de tal manera que procuren la regulación necesaria para satisfacer las demandas con la suficiente garantía.

El 14 de diciembre de 2009, la Dirección General del Agua adjudicó a Ibérica de Estudios e Ingeniería, S.A (Actualmente Acciona Ingeniería, S.A.) la “Contratación de servicios para los trabajos complementarios y redacción del estudio de impacto ambiental de la regulación adicional de la cuenca del Carrión”, con clave 02.803-229/0411 y por un importe de 1.345.095,59 €.

En el marco de estos trabajos se ha llevado a cabo un Estudio de Regulación en el que se han calculado las necesidades de la cuenca, teniendo en cuenta las directrices utilizadas en la redacción del Plan Hidrológico del Duero del 2009. Así mismo, se ha analizado la forma en que las distintas actuaciones apuntadas consiguen satisfacer las necesidades calculadas con las garantías establecidas en la Instrucción de Planificación Hidrológica.

El Estudio de Regulación recoge tanto la evaluación de las necesidades hídricas de la cuenca, como la forma en que las posibles actuaciones planteadas configuran alternativas de actuación capaces de satisfacer las demandas con las garantías establecidas en la legislación vigente.

## **2. OBJETO**

El objeto de este trabajo es volver a analizar todas las posibilidades de incrementar la regulación del río Carrión, a partir de los resultados de todos los estudios anteriores, considerando embalses de suficiente volumen o buscando la mejor combinación de las posibles actuaciones, de tal manera que procuren la regulación necesaria para satisfacer las demandas con la suficiente garantía.

Se ha realizado un estudio de alternativas y se describe y justifica la solución adoptada, consistente, básicamente, en la construcción de tres nuevos embalses en los cauces de “Las Cuezas” (Palencia) alimentados por un canal que derivará caudales excedentarios del propio río Carrión. Simultáneamente se ha realizado un Estudio de Impacto Ambiental.

Actualmente este sistema, además de los aportes propios de la cuenca del Carrión, se abastece del trasvase de agua que, procedente de la cuenca del Esla, llega a la cuenca del río Carrión a través del trasvase Cea-Carrión. Esta solución se planteó de forma provisional, hasta que se desarrollase la zona regable de los regadíos del Canal del Bajo Payuelos, cuya obra se está ejecutando en la actualidad.

Adicionalmente a estos aportes, también se produce otro aporte poco significativo a través del Ramal Norte del Canal de Castilla, en Calahorra de Ribas, con agua procedente del río Pisuerga.

Por lo tanto es necesario resolver los problemas de regulación dentro de la propia cuenca del río Carrión.

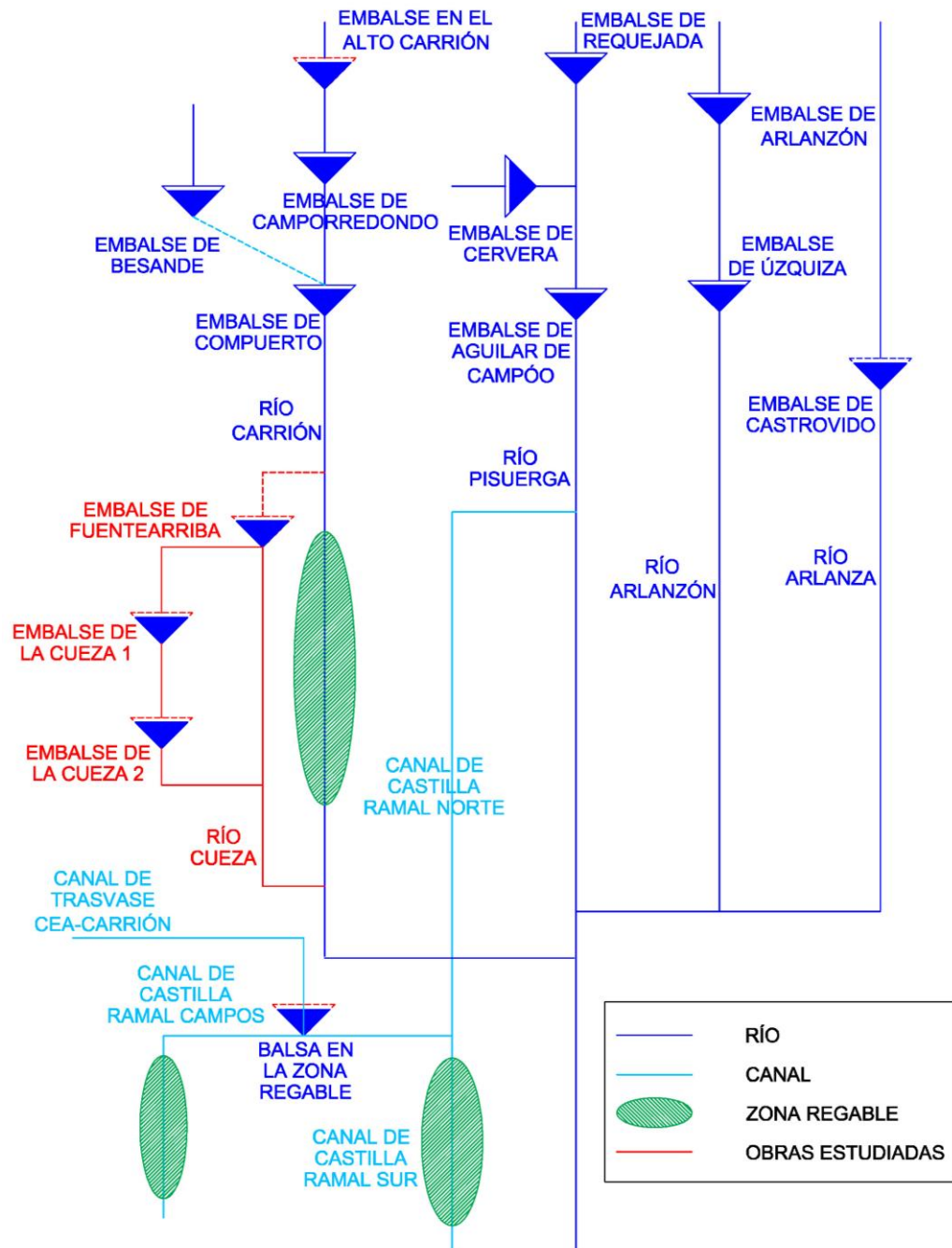
Para establecer cuál es la mejor solución capaz de garantizar el suministro de agua a los regadíos del río Carrión a partir de los recursos de la propia cuenca, se han abordado una serie de análisis, retomando, actualizando, y comparando distintos estudios realizados a lo largo de los últimos años.

Entre los trabajos realizados en el marco del proyecto objeto de estudio se encuentra el desarrollo de un Estudio de Regulación que establezca las necesidades actuales y futuras de la cuenca y sus diferentes alternativas de regulación. Dicho estudio, finalizado en enero de 2011, analiza las demandas y la capacidad de servicio del sistema Carrión-Pisuerga considerando el efecto de posibles actuaciones de regulación.

A partir del resultado de dicho estudio se han planteado las posibles alternativas de regulación capaces de dar cumplimiento al objetivo del proyecto, que es satisfacer las demandas de la cuenca del río Carrión con las garantías establecidas en la legislación vigente a partir de recursos de la propia cuenca.

### 3. SOLUCIONES ESTUDIADAS

La cuenca del río Carrión se encuentra regulada actualmente en cabecera por los embalses de Camporredondo (70 hm<sup>3</sup>) y Compuerto (95 hm<sup>3</sup>). Se incluye a continuación un esquema del sistema Pisuerga en el que se han representado las obras estudiadas.



**-SISTEMA PISUERGA-**

### **3.1. TRASVASE CEA-CARRIÓN**

Esta solución se ha modelizado aunque no se ha considerado como alternativa viable a medio plazo. La cuenca del Carrión está recibiendo aportes que llegan desde el Esla a través del canal Cea-Carrión; estos aportes, que se vienen realizando desde el año 2000 según las necesidades, alcanzando algún año un volumen trasvasado de 90 hm<sup>3</sup>.

Este trasvase se construyó como solución temporal para suplir la regulación adicional que habría generado la presa de Vidrieros. La función de este trasvase es por tanto garantizar los riegos actuales del sistema Carrión hasta que se ejecute la regulación adicional de este río, por lo que se descarta el uso en un futuro de esta infraestructura.

Esta solución se ha descartado desde el principio como solución a la regulación, ya que con la consolidación de los regadíos del Canal del Páramo Bajo y del Canal de Payuelos, no habrá excedentes procedentes del Esla. No obstante, se ha incluido este trasvase en el estudio de regulación, pero solamente se ha utilizado para analizar la situación actual.

### **3.2. EMBALSE DE VIDRIEROS**

Este proyecto ya tuvo una Declaración de Impacto Ambiental negativa en el año 1991 por lo que se desestima esta solución en las mismas condiciones en las que fue proyectado.

En el proyecto del año 1991, la capacidad del embalse era de 98,5 hm<sup>3</sup>. En la modelización realizada se ha incluido también la alternativa del embalse de Vidrieros con su capacidad original con objeto de observar su comportamiento, pero esta alternativa con la capacidad original no se ha considerado viable desde el punto de vista ambiental.

Sí se ha valorado la construcción de un embalse en la misma cerrada pero con una capacidad de solo 65 hm<sup>3</sup>, con objeto de minimizar las afecciones ambientales con respecto a la solución planteada en el año 1991.

### **3.3. RECRECIMIENTO DE LOS EMBALSES DE CAMPORREDONDO Y COMPUERTO**

Esta solución ya se valoró en el estudio de CGS del año 1999. Esta solución se ha revisado y valorado. El recrecimiento de las presas de Camporredondo y de Compuerto es técnicamente viable y tras un estudio de las diferentes alturas de recrecimiento, se determinó que el recrecimiento óptimo era de 4 metros en cada uno de los embalses. Esta altura de recrecimiento es la que consigue un mejor compromiso entre incremento de volumen, coste, viabilidad técnica y afecciones. Con el recrecimiento del embalse de Camporredondo, su capacidad pasaría de 70 a 85,4 hm<sup>3</sup>. El embalse de Compuerto in-

crementaría su capacidad desde 95 hasta 110,7 hm<sup>3</sup>, por lo que el incremento de volumen almacenado sería de 31,1 hm<sup>3</sup>.

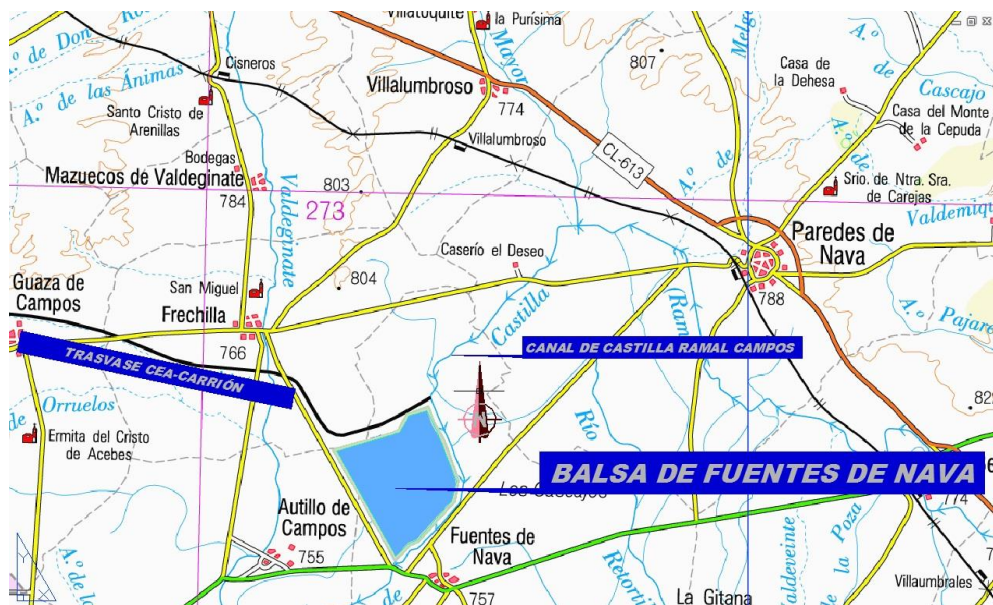
### 3.4. BALSAS EN LA ZONA REGABLE

Como se justificará en los siguientes apartados del presente documento, el embalse de Vidrieros no es suficiente por sí mismo para satisfacer las demandas. Esto se analiza de forma detallada en el estudio de regulación y en el anejo del estudio de soluciones del anteproyecto. Esto es debido a que los volúmenes que regula este embalse son exclusivamente los de cabecera, no siendo regulados algunos cauces con aportaciones importantes al río Carrión, como pueden ser el río Cueva y sus afluentes. Por este motivo, la solución de construir una balsa en la zona regable del Canal de Castilla es mejor solución en cuanto a la capacidad de regulación, pero presenta la desventaja de que las zonas medias y altas de la cuenca no pueden beneficiarse directamente de esta regulación, ya que no es posible regular con esta solución la zona de la cuenca que se encuentra aguas arriba de las balsas.

Con respecto a la ubicación de la balsa se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Mínima afección a municipios, viviendas e infraestructuras.
- Mínima afección ambiental.
- Fácil alimentación y desagüe al Canal de Castilla.
- Relieve preferentemente llano para minimizar el movimiento de tierras.

Con estas premisas, se realizaron varias visitas a los emplazamientos posibles, determinando que la ubicación óptima que cumple con todos los condicionantes es una superficie que pertenece a los términos municipales de Autillo de Campos, Fuentes de Nava y Frechilla. Esta solución se denominará en todos los documentos de este anteproyecto “Balsa de Fuentes de Nava”.



En la misma ubicación, se han tanteado también balsas de capacidad 11,25, 60, 90 Y 120 hm<sup>3</sup>, pero se han descartado las dos primeras porque no cumplían los criterios de garantía. La alternativa de 120 hm<sup>3</sup> se introdujo en el modelo de regulación pero solamente en la fase del estudio de soluciones ya que se observó que la balsa de 90 hm<sup>3</sup> ya era suficiente para cumplir con los criterios de garantía.

También se tanteó la combinación de la balsa de 11,25 hm<sup>3</sup> con un embalse situado en el Arroyo Madre del Val, con una capacidad de 12,92 hm<sup>3</sup>. La solución del arroyo Madre del Val se modelizó con objeto de analizar sus posibilidades desde el punto de vista de la regulación, pero esta alternativa se descartó ya que afectaba al caserío de Villaverde de Volpejera. Esta alternativa presentaba la dificultad añadida de que la alimentación desde el río Carrión era complicada y el propio arroyo tiene unas aportaciones muy escasas. Además, el incremento de regulación que se conseguía con esta solución era insuficiente.

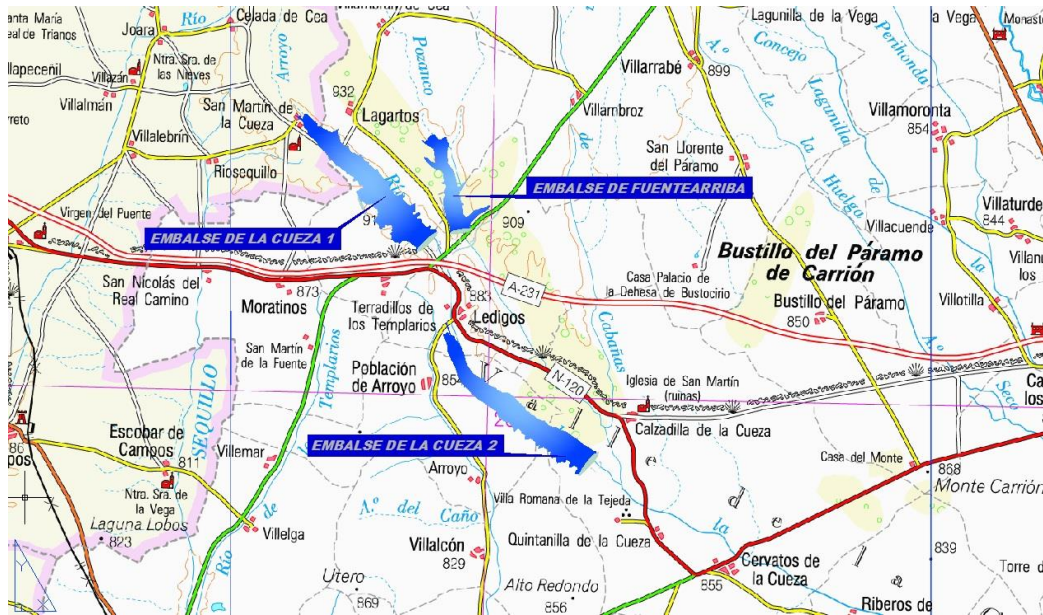
La balsa de Fuentes de Nava, con una capacidad de 90 hm<sup>3</sup> se ha proyectado ubicada en las inmediaciones del punto donde el Trasvase Cea-Carrión confluye con el canal de Castilla. En su funcionamiento normal, la balsa se alimentará a través del Canal de Castilla mediante bombeo y reintegrará el agua al propio Canal de Castilla.

El Canal de Castilla en esa zona permite actualmente un funcionamiento reversible, por lo que las aguas se podrán tomar del Carrión y/o desaguar en el Carrión indistintamente en función de las necesidades. La zona en la que es reversible parte desde el punto donde confluyen el Canal de Castilla con el canal de trasvase Cea-Carrión hasta El Serrón. En el modo de funcionamiento normal, la balsa se alimentará en invierno con el agua del río Carrión a través del Canal de Castilla y desaguará en el río Carrión también a través del canal de Castilla en el punto en el que este se cruza con el río Carrión en los meses de verano.

La balsa de Fuentes de Nava, se ha proyectado de forma aproximadamente cuadrada, con una superficie de casi 700 ha, una altura de 16,5 metros y una capacidad de 90 hm<sup>3</sup>.

### 3.5. EMBALSES DE LAS CUEZAS

Esta alternativa también se valoró en el estudio de CGS del año 1999. Consiste en la realización de tres presas en los arroyos de la Cueva y de Fuentearriba, ubicadas aguas arriba y aguas abajo del término municipal de Ledigos.



La principal ventaja de esta solución frente a las demás es que estos arroyos no tienen en la actualidad regulación por lo que se aprovecharían sus aportaciones. Sin embargo, la aportación fundamental que reciben estos embalses se produce desde el río Carrión mediante un canal de 21 km de longitud y 10 m<sup>3</sup>/s de capacidad de transporte. El reintegro del agua al río Carrión se ha proyectado aprovechando los propios cauces naturales de estos arroyos. Los embalses proyectados son el de la Cueva 1, Fuentearriba y la Cueva 2. Los dos primeros se encuentran a nivel, conectados mediante una conducción, por lo que se comportan como si se tratase de un único embalse. El embalse de la Cueva 1 tiene una capacidad de 27,06 hm<sup>3</sup>, el de Fuentearriba 8,04 hm<sup>3</sup> y el de la Cueva 2 28,44 hm<sup>3</sup>. La capacidad total de estos embalses es de 63,54 hm<sup>3</sup>.

### 3.6. RECRECIMIENTO DEL CANAL DE CASTILLA

Este recrecimiento no es en realidad una solución por sí misma, sino que es complementaria al resto de soluciones. El Canal Castilla Campos en cabecera tiene una capacidad de 16,6 m<sup>3</sup>/s según la Oficina de Planificación Hidrológica. En la modelización del sistema, se comprobó que la capacidad de transporte del Canal de Castilla resultaba limitante para algunas de las soluciones. La ampliación de la capacidad del Canal Castilla Campos es necesaria para evitar los déficits estructurales que se producen al suspender el trasvase del Cea, que aporta agua directamente a la derivación del Canal de Castilla ramal Sur.

En realidad, la capacidad de transporte del Canal de Castilla, al tratarse de una obra antigua no es homogénea en toda su longitud, pero se considera que con pequeñas obras de mejora puntuales, se podría permitir el paso de la demanda punta total servida desde este canal, que es de unos 24 m<sup>3</sup>/s.

Por tanto en la modelización se ha tenido en cuenta tanto la alternativa del Canal de Castilla con 16 m<sup>3</sup>/s, como la del recrecido con 24 m<sup>3</sup>/s de capacidad de transporte.

## **4. ESTUDIOS PREVIOS**

### **4.1. TOPOGRAFÍA**

Se ha realizado una recopilación de toda la cartografía disponible en la zona. La Junta de Castilla y León dispone de cartografía a escala 1:10.000 en toda la Comunidad Autónoma y a 1:5.000 en gran parte de la misma. En la zona objeto de este proyecto, solo había cartografía disponible a escala 1:5.000 en la zona de los embalses de la Cueva y en la zona de la balsa en las inmediaciones del Canal de Castilla. El resto estaba disponible solamente a escala 1:10.000.

Para las obras de los recrecimientos de Camporredondo y Compuerto y de Vidrieros, se ha considerado que la cartografía disponible era de suficiente calidad ya que además de la cartografía de la Junta de Castilla y León, se ha contado con la cartografía de detalle de estas presas que dispone la Confederación Hidrográfica del Duero.

De la solución de los embalses de la Cueva, se disponía de cartografía a escala 1:5.000 para los embalses, pero no para el canal, por lo que se ha realizado una restitución fotogramétrica a escala 1:5.000 de todo el trazado del canal y un levantamiento a escala 1:500 en la zona de la obra de toma. Esto ha permitido diseñar la obra de toma y el trazado del canal con la suficiente precisión.

Para la balsa en las inmediaciones del Canal de Castilla, había cartografía disponible a escala 1:5.000, y se ha considerado que dispone de la suficiente definición como para emplearla en este anteproyecto.

### **4.2. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA**

#### **4.2.1. INTRODUCCIÓN**

Se ha realizado una campaña geotécnica de campo en los emplazamientos de las alternativas de las que se carecía de información geotécnica y se ha revisado toda la información geotécnica de los proyectos existentes.

En las alternativas de los recrecimientos de Camporredondo y Compuerto y en el embalse de Vidrieros sí se disponía de información suficiente, por lo que exclusivamente se ha revisado toda la información geotécnica existente.

La campaña geotécnica de campo más completa se ha realizado en la solución de los embalses de la Cueva. Se han realizado también ensayos geotécnicos en la balsa de Fuentes de Nava y adicionalmente se investigó una cerrada en el Arroyo Madre del Val, si bien se descartó la viabilidad de esta alternativa en el estudio de soluciones. Para el trazado del canal de alimentación de los embalses de la Cueva, se ha hecho un reconocimiento visual y se han analizado los mapas geológicos.

En el estudio de CGS del año 1999 las soluciones que contemplaba fueron estudiadas mediante sondeos mecánicos en sus respectivas cerradas, un total de 9 sondeos a razón de 3 sondeos por cerrada (dos en los estribos y uno en el cauce), en los cuales se realizaron la testificación y numerosas pruebas de permeabilidad mediante ensayos Lugeon. No se realizaron ensayos SPT ni toma de muestras inalteradas o testigos parafinados para su posterior ensayo en laboratorio. Sí se realizó en cambio la cartografía geológica general de la zona ocupada por los tres almacenes de agua y la cartografía geológica de detalle de cada una de las cerradas. No se realizó un estudio de materiales.

En la misma época de realización del mencionado estudio dio comienzo la construcción de la Autovía del Camino de Santiago, a consecuencia de lo cual dejaron de ser viables los embalses de Cueva 3 y Fuentearriba 4 (llamadas Cueva 1 y Fuentearriba en el anteproyecto actual) puesto que si se construyeran, la autovía quedaría inundada por sus respectivos embalses. Esta circunstancia ha obligado a explorar nuevas cerradas aguas arriba del paso de la autovía por los respectivos valles.

Así pues, se ha realizado una campaña geotécnica en cinco emplazamientos: Cueva-1, Cueva-2, Fuentearriba, Madre del Val y en la balsa de Fuentes de Nava. Se han hecho reconocimientos mediante sondeos geotécnicos a testigo continuo, calicatas mecánicas y se ha realizado en todos ellos, a excepción de en la balsa de Fuentes de Nava, una campaña de investigación geofísica mediante sísmica de refracción.

La investigación geotécnica de anteproyecto en cada uno de los emplazamientos ha consistido en:

- Tres sondeos por el eje de cerrada, en ambos estribos y en el cauce, para determinar la naturaleza, espesores y características de los materiales.
- Perfiles de sísmica de refracción por el eje de la cerrada, para determinar la profundidad del apoyo y la excavabilidad del cimiento.
- Eventuales calicatas mecánicas, como complemento a la información aportada por los sondeos y para el estudio de materiales.
- Cartografía geológico-geotécnica.

Adicionalmente, se ha realizado un estudio de procedencia de los materiales con objeto de determinar si estos resultarían aptos para la construcción de presas de materiales

sueltos. Este estudio se ha realizado mediante calicatas en los vasos de los embalses. En base a los datos obtenidos, se ha definido la sección óptima para cada presa.

Por último, se ha realizado una campaña geotécnica para estudiar las diferentes alternativas de conexión entre los embalses de la Cueva 1 y de Fuente arriba. Se han analizado cuatro alternativas diferentes (trinchera, túnel en mina, túnel entre pantallas y tubería hincada) y se ha determinado que la solución más indicada es la de la tubería hincada.

#### **4.2.2. CONCLUSIONES DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA**

En la campaña geotécnica, se han analizado todas las nuevas actuaciones, pero se ha desarrollado con mayor grado de detalle la alternativa de la construcción de los embalses de la Cueva.

##### **4.2.2.1. *Canal de alimentación de los embalses de la Cueva***

El canal discurre por la comarca denominada Tierra de Campos. Se trata de una depresión terciaria con relieve general suave, en el cual se encaja una red fluvial, dando valles amplios con replanos escalonados que vienen definidos por los diferentes niveles de terrazas de los ríos más importantes y valles de fondo plano con laderas más verticalizadas de la red secundaria.

En la zona de estudio el relieve viene fundamentalmente marcado por las amplias llanuras pertenecientes al sistema de terrazas del río Carrión. Estas terrazas se desarrollan en la margen derecha del río, fosilizando el sustrato mioceno. Los materiales miocenos afloran parcialmente en el borde de los escarpes más importantes de las terrazas.

La erosión de las terrazas, de escaso espesor, por parte de la red secundaria de drenaje, da lugar a un paisaje de transición entre un relieve invertido, en donde los retazos de terrazas ocupan altiplanicies flanqueadas por desniveles escarpados en las vertientes erosivas, y un territorio suavemente alomado, constituido sobre los sedimentos fácilmente erosionables del relleno neógeno.

El principal escarpe que atraviesa el trazado se encuentra entre los municipios de Villarrobledo y Villapún, y discurre con dirección N-S, con afloramientos de materiales limo-arcillosos miocenos. Los materiales de estos escarpes sufren una degradación, quedando las vertientes tapizadas con detritus retomados de las terrazas superiores, enmascarando los depósitos del sustrato mioceno.

La red fluvial de menor orden se corresponde con barrancos y arroyos de fondo plano, que son valles de solifluxión alimentados por vertientes regularizadas.

#### **4.2.2.2. Presa de la Cueva 1, Cueva 2 y Fuente arriba**

La solución adoptada consiste en unas presas heterogéneas de materiales sueltos con núcleo central y taludes 2,5H:1V aguas arriba y 2H:1V aguas abajo. Los espaldones se realizarán con las gravas procedentes del aluvial del cauce (Qc), mientras que para el núcleo central serán adecuados los materiales limosos y arcillosos del sustrato terciario, que podrán provenir, bien del rascado de las laderas del embalse o bien del fondo de valle, una vez que se hayan retirado las gravas cuaternarias.

La sección se completará con la disposición de un dren y un filtro aguas abajo de la presa. Aunque los materiales existentes en el entorno (gravas del cauce (Qc) y gravas de las terrazas altas (Qt)) pudieran servir para su empleo en estas zonas, el proceso de lavado y cribado de estos materiales para obtener una adecuada granulometría puede encarecer su empleo frente a materiales procedentes de explotaciones en activo, por lo que, teniendo en cuenta la existencia de graveras con material suficiente en el entorno se ha considerado su procedencia de fuera de la obra.

El rip-rap de protección aguas arriba de las presas deberá ser de escollera procedente de cantera. No existen en la zona explotaciones de roca, por lo que este material deberá provenir de las canteras más cercanas situadas en las inmediaciones de Guardo a unos 60 km de distancia.

La sección tipo es similar para las tres presas estudiadas, variando únicamente en función de su altura. En Cueva 1, la altura de coronación de la presa es de unos 27,7 m con respecto a la cota de cimentación del núcleo mientras que en Cueva 2 es de alrededor de 26 m. La presa de Fuente arriba es la de menor altura de las tres, siendo de aproximadamente 21 m con respecto a la cota de cimentación del núcleo.

La cota de apoyo de los espaldones se situará en el sustrato terciario (M), a una profundidad mínima de 1 m en caso de que este aflore a la superficie. Para la cota de apoyo del núcleo se deberá garantizar que se profundiza como mínimo 1 m en el interior de las arcillas del sustrato mioceno.

### **4.3. ESTUDIO DE REGULACIÓN**

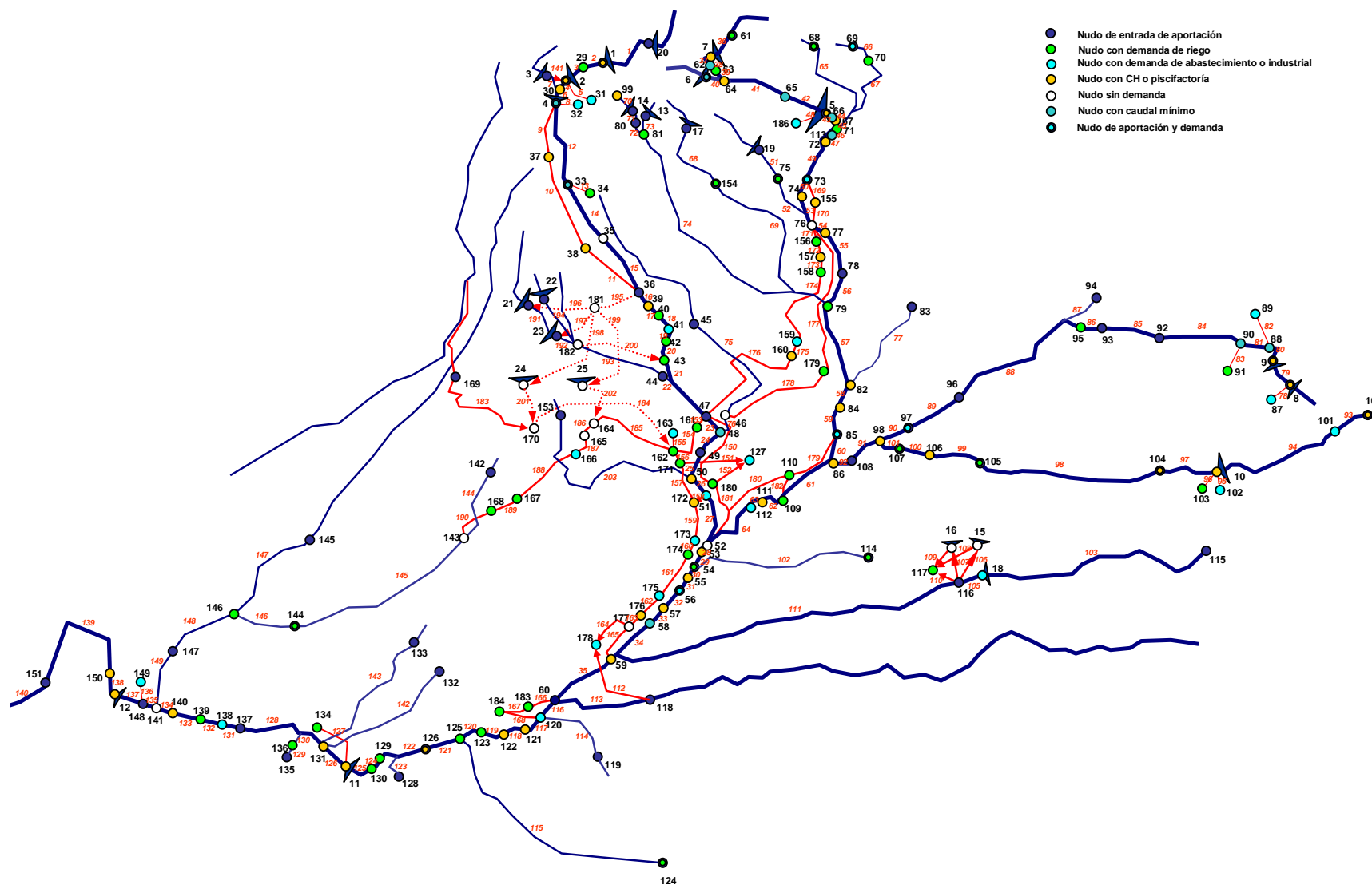
Se ha analizado la capacidad de servicio del sistema Carrión – Pisuerga, estudiando el incremento de la regulación actual mediante nuevas infraestructuras o modificando las existentes.

Los análisis se han realizado mediante un modelo de simulación de la explotación mensual del sistema basado en el programa SIM-V, utilizado ampliamente en distintos sistemas españoles y en particular en el Plan Hidrológico del Duero de 1998. El modelo reproduce en detalle el modelo utilizado por la Oficina de Planificación Hidrológica de

la Confederación Hidrográfica del Duero para simular la cuenca del Pisuerga en los trabajos relacionados con el Plan Hidrológico del 2009, que se basa en el modelo Aqua-tool.

Durante la elaboración de los datos y la construcción del modelo se han mantenido reuniones de seguimiento de un Grupo de Trabajo, al que han asistido Técnicos de la Confederación del Duero pertenecientes a Dirección Técnica.

El estudio de regulación completo se incluye en el anteproyecto, pero se resumen las conclusiones del mismo en el apartado número 5 del presente documento. A continuación se incluye un esquema del modelo que se ha simulado.



#### 4.4. CÁLCULOS HIDRÁULICOS Y LAMINACIÓN DE AVENIDAS

Se han revisado los cálculos hidráulicos de los embalses de Vidrieros y de los recrecimientos de Camporredondo y Compuerto. Finalmente ambas alternativas se han desestimado en el estudio de alternativas por lo que no se han recalculado sus órganos de alivio y desagüe. En la balsa de Fuentes de Nava no se ha realizado cálculos de avenidas porque la alimentación de la misma se regula íntegramente mediante bombeo desde el Canal de Castilla, pero si se han calculado los órganos de alivio y desagüe.

Se ha realizado un estudio de avenidas de los embalses de la Cueva y se ha realizado en base a los resultados obtenidos un dimensionamiento hidráulico de los órganos de desagüe en las presas (aliviaderos y desagües de fondo). Como avenida de diseño se ha considerado la correspondiente a un período de retorno de 1.000 años, y como precaución se ha comprobado también la laminación de la avenida extrema de 10.000 años de período de retorno, teniendo en cuenta la existencia de poblaciones muy próximas a los cauces.

Los vasos creados por las presas de La Cueva 1 y Fuentearriba se encuentran comunicados a través del collado lateral existente entre sus respectivos valles, configurando por tanto un mismo embalse. El embalse creado por la presa de La Cueva 2 queda situado aguas abajo de la presa de La Cueva 1. Se han previsto aliviaderos y desagües de fondo en todas las presas, con dimensiones prácticamente iguales.

Se ha realizado un estudio conjunto por ambos vasos de La Cueva 1 y Fuentearriba, ya que constituyen un mismo embalse, pero se supondrá que el caudal de avenida que se desagua por cada uno de los aliviaderos es el total que da la avenida conjunta de ambos cauces, suponiendo así como elemento de seguridad en el diseño, que se pueda producir un fallo en uno de los aliviaderos y sólo funcione uno de los dos diseñados en el conjunto Cueva 1 y Fuentearriba. Por tanto el aliviadero diseñado será el mismo en ambas presas.

En la presa de La Cueva 2 se ha proyectado un aliviadero de tipología igual al diseñado para La Cueva 1 y Fuente arriba, ya que aunque el hidrograma entrante está ya laminado por La Cueva 1 o por Fuente arriba, y el caudal punta es mucho menor, por temas de seguridad o posible fallo en el funcionamiento de los órganos de desagüe de alguna de las presas y se produzca la avenida máxima, que el aliviadero de la presa de Fuentearriba sea capaz de laminar dicha avenida máxima cumpliendo con el resguardo necesario de diseño.

## 5. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

### 5.1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este trabajo es el análisis de la capacidad de servicio del sistema Carrión – Pisuerga, estudiando el incremento de la regulación actual mediante nuevas infraestructuras o modificando las existentes.

El estudio de las alternativas, se ha realizado mediante un modelo de simulación de la explotación mensual del sistema basado en el programa SIM-V. El modelo reproduce en detalle el modelo utilizado por la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Duero.

Todos los análisis se han realizado para los llamados escenarios 1 y 3 (año 2015 y 2027 respectivamente) que se definen en el Plan Hidrológico que difieren en las demandas supuestas, mayores en el 1 que en el 3, y en las aportaciones, puesto que la OPH admite que en el escenario 3 las aportaciones serán un 6% inferiores a las actuales debido a la influencia del cambio climático (siguiendo las recomendaciones de la Oficina de seguimiento del Cambio Climático).

El modelo realizado incluye los ríos Carrión, Pisuerga, Arlanza, Esgueva, Valderaduey y un tramo del Duero y permite analizar la mejora del funcionamiento del sistema con distintas alternativas de regulación adicional del Carrión: la construcción de la presa de Vidrieros, la ejecución de los recrecimientos de las presas de Camporredondo y Compuerto, el diseño de nuevos embalses en las Cuezas y balsas de regulación construidas en la zona regable.

El desarrollo del modelo ha exigido recopilar y analizar los datos del modelo original de la OPH de los cuatro tipos siguientes:

- Recursos hidráulicos
- Demandas futuras a atender por el sistema
- Infraestructura actual y futura
- Régimen de explotación

Los análisis de regulación adicional se han realizado para tres alternativas de demanda en los escenarios 1 y 3: la alternativa original de los modelos de la OPH y del Plan Hidrológico y otras dos en las que se han corregido todas las demandas de riego del sistema. Esta corrección se decidió al observar las discrepancias entre la distribución de superficies por cultivos según el Plan y las medias de 2001 a 2009 registradas por el Servicio de Explotación en distintas zonas regables.

a) Con las demandas del Plan Hidrológico

El resumen de resultados para el escenario 1 (año 2015), con demanda de los riegos del Carrión de 367 hm<sup>3</sup>/a, es:

DEMANDA ESCENARIO 1 - APORTACIONES HISTÓRICAS, SIN CAMBIO CLIMÁTICO														
HIPÓTESIS									GARANTÍA IPH ABAST.		GARANTÍA IPH RIEGOS Y	DEMANDA RIEGOS CARRIÓN		
Código	Trasvase	Vidrieros	Recrecimientos	Cuezas	Balsas	Castilla Campos ampliado	Capacidad total embalses	Aumento capacidad	Valladolid	Palencia	Riegos Carrión (todos)	Servida	Déficit medio	Déficit máximo
1	SI	NO	NO	NO	NO	NO	169.2	-	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	331.9	35.6	154.9
1.1	NO	NO	NO	NO	NO	NO	169.2	0.0	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	303.4	64.1	190.8
1.1C	NO	NO	NO	NO	NO	SI	169.2	0.0	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	307.5	60.0	197.1
2.1	NO	SI	NO	NO	NO	NO	267.7	98.5	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	326.4	41.2	110.5
2.1C	NO	SI	NO	NO	NO	SI	267.7	98.5	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	333.9	33.7	154.5
2.2	NO	SI	SI	NO	NO	NO	294.5	125.3	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	328.9	38.7	103.5
2.2C	NO	SI	SI	NO	NO	SI	294.5	125.3	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	339.0	28.6	128.5
2.3	NO	SI	NO	SI	NO	NO	330.7	161.5	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	334.4	33.2	33.2
2.3C	NO	SI	NO	SI	NO	SI	330.7	161.5	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	365.7	1.9	29.3
2.4	NO	SI	NO	NO	SI	NO	287.7	118.5	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	350.3	17.2	91.1
2.4C	NO	SI	NO	NO	SI	SI	287.7	118.5	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	350.3	17.2	94.7
3.1	NO	NO	SI	NO	NO	NO	196.0	26.8	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	311.0	56.6	169.8
3.1C	NO	NO	SI	NO	NO	SI	196.0	26.8	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	317.9	49.7	196.6
3.2	NO	NO	SI	SI	NO	NO	259.0	89.8	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	334.1	33.4	39.0
3.2C	NO	NO	SI	SI	NO	SI	259.0	89.8	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	360.6	7.0	73.8
3.3	NO	NO	SI	NO	SI	NO	314.5	145.3	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	353.9	13.6	91.1
3.3C	NO	NO	SI	NO	SI	SI	314.5	145.3	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	353.9	13.6	91.1
3.4	NO	NO	SI	SI	SI	NO	377.5	208.3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	367.6	0.0	0.0
3.4C	NO	NO	SI	SI	SI	SI	377.5	208.3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	367.6	0.0	0.0

1. Se requieren unos 100 hm<sup>3</sup> de regulación adicional, pero no pueden concentrarse en cabecera, puesto que las aportaciones regulables en Compuerto en el escenario 1 son claramente inferiores a la demanda neta total a servir desde el Carrión. Por esta razón, la solución de Vidrieros de 98.5 hm<sup>3</sup> no es suficiente para atender las demandas.
2. Si se combina un aumento en cabecera con embalses aguas abajo, en las Cuezas o balsas, con más aportaciones regulables, se puede obtener una solución satisfactoria. Por ejemplo, la combinación de Vidrieros y embalses de las Cuezas cumple el criterio de garantía.
3. Por lo tanto, habría que refinar soluciones de combinación de los recrecimientos o Vidrieros más pequeño con balsas y/o embalses en las Cuezas.
4. Sin embargo, la fuerte reducción de demanda supuesta por el Plan para el escenario 3 – total de 280 hm<sup>3</sup>/a - se podría tener una solución con bastante menos de 100 hm<sup>3</sup>/a. En gran parte de las soluciones analizadas no se producen déficits.
5. La solución solo Cuezas no se analizó en esta fase del estudio porque esta solución no era suficiente para atender por si sola las demandas del escenario 1.

Posteriormente, se hizo un análisis de las dotaciones que se habían asignado a cada zona regable y se comprobó que había variaciones importantes entre las mismas.

Los análisis de regulación adicional se han realizado para tres alternativas de demanda en los escenarios 1 y 3: la alternativa original de los modelos de la OPH y del Plan Hidrológico y otras dos en las que se han corregido todas las demandas de riego del sistema. Esta corrección se decidió al observar las discrepancias entre la distribución de su-

perfiles por cultivos según el Plan y las medias de 2001 a 2009 registradas por el Servicio de Explotación en distintas zonas regables.

La revisión de la distribución de superficies regadas y, como consecuencia, del volumen de demanda, se hizo tomando como referencia una zona regable que regara confortablemente atribuyendo la misma distribución de riegos de esta zona a toda la cuenca; se escogió como representativa la zona regable de Carrión Saldaña.

La dotación supuesta por el Plan Hidrológico para esta zona es de 3.629 m<sup>3</sup>/ha/a, mientras que la resultante de aplicar a la distribución de cultivos de 2001 a 2009 con datos del Servicio de Explotación las dotaciones de cada tipo de cultivo establecidas por el Plan Hidrológico es de 4.595 m<sup>3</sup>/ha/a, un 26.6% mayor, debido a la diferente distribución de la superficie: aquél supone el 36% de maíz y el 3% de alfalfa, mientras que la media de 2001 a 2009 ha sido del 47 y 14%, respectivamente. Aplicando esta distribución de superficie a todas las zonas regables se obtiene el factor a aplicar a las demandas del escenario 1 del Plan, mientras que las del 3 se obtienen aplicando a éstas los factores de eficiencia por modernización supuestos en el Plan.

b) Con las demandas corregidas en base a la distribución de superficies por cultivo en la Zona Regable de Carrión-Saldaña

Con las demandas del escenario 1 - 459 hm<sup>3</sup>/a - no hay ninguna solución que cumpla el criterio de garantía de la IPH. El resumen de resultados para el escenario 3, en que la demanda baja a 349 hm<sup>3</sup>/a, es:

DEMANDA ESCENARIO 3 - APORTACIONES CON CAMBIO CLIMATICO (REDUCCIÓN 6%)																		
HIPÓTESIS									GARANTÍA IPH ABAST.		GARANTÍA IPH RIEGOS Y % FALLO MÁXIMO				DEMANDA RIEGOS CARRIÓN			
Código	Trasvase	Vidrios	Recrecimientos	Cuezas	Balsas	Castilla Campos ampliado	Capacidad total embalses	Aumento capacidad	Valladolid	Palencia	Riegos Carrión (todos)	1 AÑO	2 AÑOS	10 AÑOS	Servida	Déficit medio	Déficit máximo	
1	SÍ	NO	NO	NO	NO	NO	169.2	-	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	48%	75%	293%	257.4	91.1	168.1	
1.1	NO	NO	NO	NO	NO	NO	169.2	0	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	48%	75%	293%	257.4	91.1	168.1	
1.1C	NO	NO	NO	NO	NO	SÍ	169.2	0.0	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	48%	76%	283%	263.9	84.6	169.0	
2.1	NO	SÍ	NO	NO	NO	NO	267.7	98.5	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	48%	83%	263%	266.4	82.1	168.9	
2.1C	NO	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ	267.7	98.5	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	45%	73%	203%	287.6	60.9	155.5	
2.2	NO	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	298.8	129.6	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	45%	76%	213%	283.8	64.7	155.5	
2.2C	NO	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ	298.8	129.6	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	51%	71%	160%	305.1	43.4	176.9	
2.3	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	331.3	162.1	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	28%	46%	142%	303.7	44.8	98.2	
2.3C	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	331.3	162.1	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	38%	49%	106%	318.3	30.2	131.0	
2.4	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	NO	291.9	122.7	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	50%	62%	140%	310.5	38.0	173.1	
2.4C	NO	SÍ	NO	NO	NO	SÍ	291.9	122.7	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	42%	64%	169%	299.0	49.5	147.2	
2.5	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	345.6	176.4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	33%	52%	98%	321.0	27.5	114.5	
2.5C	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	345.6	176.4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	33%	52%	98%	321.0	27.5	114.5	
2.51	NO	SÍ (50 hm3)	NO	NO	SÍ	SÍ	NO	297.1	127.9	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	42%	57%	121%	312.8	35.7	144.7
3.1	NO	NO	NO	SÍ	NO	NO	200.3	31.1	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	50%	75%	263%	265.8	82.7	173.3	
3.1C	NO	NO	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	200.3	31.1	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	48%	79%	276%	266.2	82.3	168.7
3.2	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	NO	263.9	94.7	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	42%	52%	175%	294.6	53.9	144.9	
3.2C	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	263.9	94.7	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	39%	50%	143%	308.1	40.4	136.9
3.3	NO	NO	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	224.5	55.3	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	42%	63%	198%	288.6	59.9	147.1
3.3C	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	224.5	55.3	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	42%	63%	198%	288.6	59.9	147.1
3.4	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	NO	386.5	217.3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	28%	39%	81%	328.6	19.9	99.1
3.4C	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	386.5	217.3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	28%	39%	81%	328.6	19.9	99.1
4.1	NO	NO	NO	NO	SÍ	NO	NO	232.8	63.6	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	41%	52%	184%	292.2	56.3	141.4
4.1C	NO	NO	NO	NO	SÍ	NO	SÍ	232.8	63.6	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	38%	50%	150%	304.2	44.3	131.7
4.2	NO	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	NO	256.9	87.7	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	37%	50%	135%	311.4	37.1	129.0
4.2C	NO	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	256.9	87.7	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	37%	50%	135%	311.4	37.1	129.0
4.3	NO	NO	NO	NO	NO	SÍ	NO	193.4	24.2	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	43%	63%	230%	280.5	68.0	151.0
4.3C	NO	NO	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	193.4	24.2	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	43%	63%	230%	280.5	68.0	151.0
4.3.1	NO	NO	NO	NO	NO	SÍ (90 hm3 a Canal)	NO	259.2	90.0	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	46%	55%	187%	294.1	54.4	159.1
4.3.2	NO	NO	NO	NO	NO	SÍ (90 hm3 a río)	NO	259.2	90.0	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	36%	45%	97%	321.7	26.8	126.1
4.3.3	NO	NO	NO	NO	NO	SÍ (120 hm3 a río)	NO	289.2	120.0	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	28%	39%	77%	330.0	18.5	98.9

Y las conclusiones que se deducen,

1. El servicio correcto de la demanda de riegos del Carrión requiere un incremento notable de la capacidad de regulación: con los embalses de las Cuezas y Balsas acompañados de Vidrieros – total de  $176 \text{ hm}^3$  adicionales - o de los recrecimientos -  $217 \text{ hm}^3$  -. No sería necesario ampliar el Canal Castilla Campos porque las balsas alimentan directamente al canal aguas abajo del Castilla Sur.
2. El incremento de volumen necesario se acerca a los  $200 \text{ hm}^3$ , porque incluye Vidrieros o los recrecimientos, que son opciones de regulación en cabecera poco eficaces porque las aportaciones regulables en ella son menores que la demanda neta a servir.
3. Se ha comprobado que si se pudieran construir balsas de  $90 \text{ hm}^3$  de capacidad, siempre que estuvieran conectadas con el río para poder atender las demandas del canal Castilla Sur, se cumpliría el criterio de garantía. Por lo tanto, desde el punto de vista de la regulación es mucho más eficaz añadir capacidad aguas abajo que en cabecera.

A partir de esta primera hipótesis de corregir las dotaciones de todas las zonas regables en base a la distribución de cultivos de la zona regable Carrión-Saldaña, se desarrolló otra nueva hipótesis más suave en la que sólo se aplica la mitad del factor de corrección anterior, y ha sido la hipótesis sobre la que se han obtenido las conclusiones respecto a las necesidades de regulación adicional en el Carrión.

Esta última hipótesis se ha considerado por entender que aplicar este incremento de demandas a todas las zonas regables del sistema era excesivo, y conduciría a unas necesidades de regulación demasiado altas. Se ha optado por una solución intermedia, entre la propuesta por el Plan Hidrológico y la resultante de la nueva distribución de cultivos.

c) Con las demandas corregidas un 50% en base a la distribución de superficies por cultivo en la Zona Regable Carrión-Saldaña

A pesar de la reducción de demandas respecto al caso anterior,  $413 \text{ hm}^3/\text{a}$ , tampoco se cumple el criterio de garantía en ninguna solución para el escenario 1. En el escenario 3, con demanda de  $314 \text{ hm}^3/\text{a}$ , el resumen de resultados y las conclusiones alcanzadas son:

DEMANDA ESCENARIO 3 - APORTACIONES CON CAMBIO CLIMÁTICO (REDUCCIÓN 6%)																	
HIPÓTESIS									GARANTÍA IPH ABAST.		GARANTÍA IPH RIEGOS Y % FALLO MÁXIMO			DEMANDA RIEGOS CARRIÓN			
Código	Trasvase	Vidrieros	Recrecimientos	Cuezas	Balsas	Castilla Campos ampliado	Capacidad total embalses	Aumento capacidad	Valladolid	Palencia	Riegos Carrión (todos)	1 AÑO	2 AÑOS	10 AÑOS	Servida	Déficit medio	Déficit máximo
1.1	NO	NO	NO	NO	NO	NO	169.2	0.0	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	45%	63%	233%	251.1	63.3	142.0
1.1C	NO	NO	NO	NO	NO	SI	169.2	0.0	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	47%	64%	231%	253.4	60.9	147.2
2.1	NO	SI	NO	NO	NO	NO	267.7	98.5	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	48%	70%	208%	259.3	55.0	151.5
2.1C	NO	SI	NO	NO	NO	SI	267.7	98.5	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	41%	66%	134%	278.2	36.1	129.4
2.2	NO	SI	SI	NO	NO	NO	298.8	129.6	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	39%	53%	151%	275.7	38.6	123.7
2.2C	NO	SI	SI	NO	NO	SI	298.8	129.6	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	35%	48%	104%	293.0	21.3	111.1
2.3	NO	SI	NO	SI	NO	NO	331.3	162.1	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	18%	26%	86%	290.4	24.0	56.5
2.3C	NO	SI	NO	SI	NO	SI	331.3	162.1	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	21%	28%	56%	301.6	12.7	66.2
2.4	NO	SI	NO	NO	SI	NO	291.9	122.7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	27%	43%	77%	298.1	16.3	85.0
2.4C	NO	SI	NO	NO	SI	SI	291.9	122.7	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	38%	50%	105%	288.6	25.7	118.2
2.5	NO	SI	NO	SI	SI	NO	345.6	176.4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	19%	27%	38%	305.7	8.7	60.9
2.5C	NO	SI	NO	SI	SI	SI	345.6	176.4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	19%	27%	38%	305.7	8.7	60.9
2.51	NO	SI (50 hm3)	NO	SI	SI	NO	297.1	127.9	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	24%	36%	65%	299.3	15.0	74.1
3.1	NO	NO	SI	NO	NO	NO	200.3	31.1	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	47%	63%	212%	257.3	57.0	147.3
3.1C	NO	NO	SI	NO	NO	SI	198.5	31.1	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	46%	73%	222%	253.9	60.4	143.4
3.2	NO	NO	SI	SI	NO	NO	263.9	94.7	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	28%	39%	118%	283.5	30.8	88.9
3.2C	NO	NO	SI	SI	NO	SI	263.9	94.7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	37%	37%	93%	292.4	21.9	116.9
3.3	NO	NO	SI	NO	SI	NO	224.5	55.3	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	41%	50%	147%	278.2	36.1	129.2
3.3C	NO	NO	SI	NO	SI	SI	224.5	55.3	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	41%	50%	147%	278.2	36.1	129.2
3.4	NO	NO	SI	SI	SI	NO	386.5	217.3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	13%	13%	23%	308.7	5.6	41.0
3.4C	NO	NO	SI	SI	SI	SI	386.5	217.3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	13%	13%	23%	308.7	5.6	41.0
4.1	NO	NO	NO	SI	NO	NO	232.8	63.6	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	37%	43%	133%	279.1	35.2	115.9
4.1C	NO	NO	NO	SI	NO	SI	232.8	63.6	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	37%	37%	99%	287.8	23.1	116.5
4.2	NO	NO	NO	SI	SI	NO	256.9	87.7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	31%	34%	78%	295.6	18.8	96.3
4.2C	NO	NO	NO	SI	SI	SI	256.9	87.7	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	31%	34%	78%	295.6	18.8	96.3
4.3	NO	NO	NO	NO	SI	NO	193.4	24.2	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	38%	50%	162%	271.6	42.7	120.6
4.3C	NO	NO	NO	NO	SI	SI	193.4	24.2	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	38%	50%	162%	271.6	42.7	120.6
4.3.1	NO	NO	NO	NO	SI (90 hm3 a Canal)	NO	259.2	90.0	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	45%	45%	133%	283.0	31.3	140.2
4.3.2	NO	NO	NO	NO	SI (90 hm3 a río)	NO	259.2	90.0	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	21%	25%	51%	306.0	8.3	66.1
4.3.3	NO	NO	NO	NO	SI (120 hm3 a río)	NO	289.2	120.0	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	14%	14%	26%	311.1	3.2	44.1

1. La demanda de riegos del Carrión **cumple la garantía de la IPH** en siete soluciones: **con las Cuezas y las balsas** (88 hm<sup>3</sup> de capacidad adicional) **con los recrecimientos más las Cuezas** (95 hm<sup>3</sup> de incremento), **Vidrieros más las balsas o las Cuezas y Cuezas y balsas juntas** (122 o 162 o 176 hm<sup>3</sup>), **recrecimientos más Cuezas y balsas** (217 hm<sup>3</sup>) y solamente **Cuezas** (64 hm<sup>3</sup>).
2. En las hipótesis que incluyen Vidrieros este embalse se llena muy pocos años obteniéndose los mismos resultados si **Vidrieros se limita a 50 hm<sup>3</sup>**, por falta de aportaciones regulables. Por ello, la regulación máxima en cabecera – Vidrieros más recrecimientos (125 hm<sup>3</sup> adicionales) – **no es suficiente para atender las demandas**.
3. La ampliación de la capacidad del Canal Castilla Campos es necesaria para evitar los déficits estructurales producidos al suspender el trasvase del Cea. Las soluciones que incluyen 24 hm<sup>3</sup> de capacidad de balsas, que alimentan directamente al canal aguas abajo del Castilla Sur, no exigirían el aumento de capacidad, aunque hay que estudiar la mínima necesaria en los canales de llenado.
4. Como conclusión, el incremento mínimo de volumen necesario para cumplir el criterio de garantía es **menor de 90 hm<sup>3</sup>**, **pero no puede concentrarse en cabecera**, puesto que las aportaciones regulables en Compuerto siguen siendo menores que la demanda neta total de 349 hm<sup>3</sup>/a a servir desde el Carrión.
5. Si se considerasen obras de regulación adicional en cabecera haría falta un **incremento mínimo de unos 95 hm<sup>3</sup>** (recrecimientos y embalses de las Cuezas)
6. Las hipótesis más eficaces para la regulación son las que suponen infraestructuras cercanas a las zonas regables. Así se ha comprobado que las hipótesis que mejor garantizan la regulación con un menor incremento de regulación adicional son las de **embalses en las Cuezas**, requiriendo necesariamente el recrecimiento del Canal de Castilla en su ramal de Campos.

Adicionalmente al estudio de regulación, se realizó una estimación de los costes de cada alternativa. En la siguiente tabla se incluye un resumen de las alternativas con el coste estimado de cada una de ellas:

HIPÓTESIS									COSTE ACTUALIZADO 2012	
Código	Trasvase	Vidrieros	Recrecimientos	Cuezas	Balsas	Castilla Campos ampliado	Capacidad total embalses (hm3)	Aumento capacidad (hm3)	COSTE ACTUALIZADO 2012 (€)	COSTE ACTUALIZADO 2012 (€/m3)
1.1	NO	NO	NO	NO	NO	NO	169,2	0,0	0 €	0,0
1.1C	NO	NO	NO	NO	NO	SÍ	169,2	0,0	0 €	0,0
2.1	NO	SÍ	NO	NO	NO	NO	267,7	98,5	72.753.444 €	0,7
2.1C	NO	SÍ	NO	NO	NO	SÍ	267,7	98,5	72.753.444 €	0,7
2.2	NO	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	298,8	129,6	95.611.159 €	0,7
2.2C	NO	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ	298,8	129,6	95.611.159 €	0,7
2.3	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	331,3	162,1	157.843.989 €	1,0
2.3C	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	331,3	162,1	157.843.989 €	1,0
2.4	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	NO	291,9	122,7	120.604.490 €	1,0
2.4C	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	291,9	122,7	120.604.490 €	1,0
2.5	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	NO	345,6	176,4	205.695.034 €	1,2
2.5C	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	345,6	176,4	205.695.034 €	1,2
2.51	NO	SÍ (50 hm3)	NO	SÍ	SÍ	NO	297,1	127,9	198.419.690 €	1,6
3.1	NO	NO	SÍ	NO	NO	NO	200,3	31,1	22.857.715 €	0,7
3.1C	NO	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	198,5	31,1	22.857.715 €	0,7
3.2	NO	NO	SÍ	SÍ	NO	NO	263,9	94,7	107.948.259 €	1,1
3.2C	NO	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	263,9	94,7	107.948.259 €	1,1
3.3	NO	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	224,5	55,3	70.708.760 €	1,3
3.3C	NO	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	224,5	55,3	70.708.760 €	1,3
3.4	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	NO	386,5	217,3	155.799.304 €	0,7
3.4C	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	386,5	217,3	155.799.304 €	0,7
4.1	NO	NO	NO	SÍ	NO	NO	232,8	63,6	85.090.544 €	1,3
4.1C	NO	NO	NO	SÍ	NO	SÍ	232,8	63,6	85.090.544 €	1,3
4.2	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	NO	256,9	87,7	132.941.590 €	1,5
4.2C	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	256,9	87,7	132.941.590 €	1,5
4.3	NO	NO	NO	NO	SÍ	NO	193,4	24,2	47.851.045 €	2,0
4.3C	NO	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	193,4	24,2	47.851.045 €	2,0
4.3.1	NO	NO	NO	NO	SÍ (90 hm3 a Canal)	NO	259,2	90,0	246.637.621 €	2,7
4.3.2	NO	NO	NO	NO	SÍ (90 hm3 a río)	NO	259,2	90,0	246.637.621 €	2,7
4.3.3	NO	NO	NO	NO	SÍ (120 hm3 a río)	NO	289,2	120,0	328.850.161 €	2,7

Se ha realizado una tabla y un gráfico con todas las hipótesis ordenadas en base al coste estimado de cada alternativa. En esas tablas se ha realizado también una ponderación en base al grado de cumplimiento de los criterios establecidos por el plan hidrológico del Duero.

Dicho plan hidrológico establece en su anejo nº 6 que a efectos de la asignación y reserva de recursos, se considerará satisfecha la demanda agraria cuando:

- a) El déficit en un año no sea superior al 50% de la correspondiente demanda.
- b) En dos años consecutivos, la suma de déficit no sea superior al 75% de la demanda anual.
- c) En diez años consecutivos, la suma de déficit no sea superior al 100% de la demanda anual.

Para cuantificar en grado de cumplimiento con la demanda agraria, se ha establecido para cada uno de los requisitos anteriores la siguiente puntuación:

Cuando el déficit en un año del 50% se ha considerado un grado de cumplimiento del criterio del 100%, asignándole mayor grado de cumplimiento cuanto menor ha sido el déficit. Cuando en dos años consecutivos el déficit acumulado es del 75% se le asigna un grado de cumplimiento del 100%, asignándole mayor valor cuanto menor es el déficit. Lo mismo se ha hecho con los valores de los déficits acumulados en 10 años. Con estos 3 porcentajes se ha realizado una media aritmética y esta es la puntuación que se ha representado en las barras rojas del siguiente gráfico.

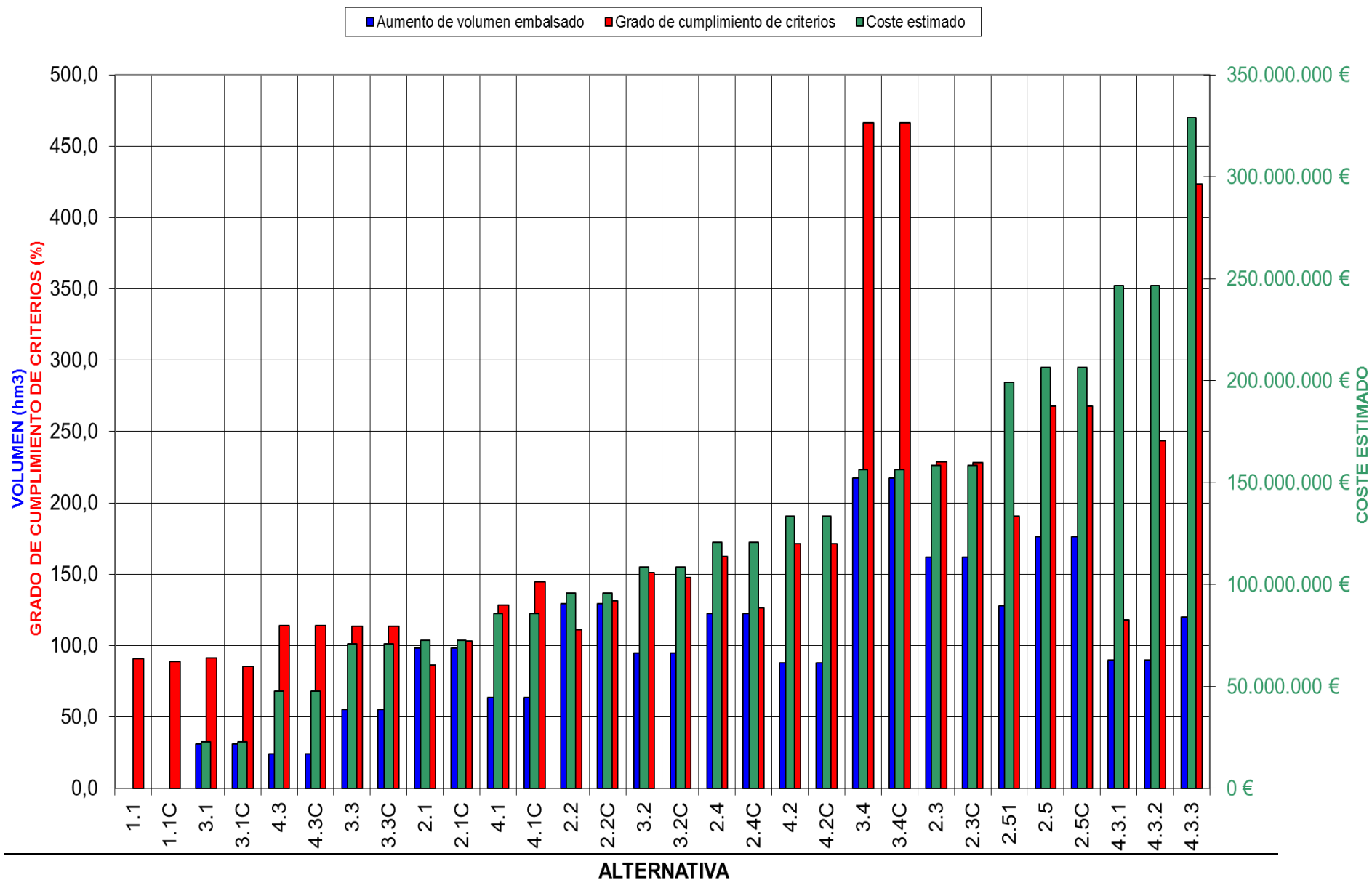
En la tabla de la siguiente página se han representado todas las alternativas ordenadas por el coste estimado de cada una de ellas. En esta tabla se observa que la primera alternativa que cumple con todos los criterios establecidos por el plan hidrológico del Duero es la 4.1C, es decir, la solución de los embalses de la Cueva con el recrecimiento del Canal de Castilla.

Con respecto al recrecimiento del Canal de Castilla, no se ha valorado la reposición del mismo porque se trata de una obra de escasa entidad en comparación con el resto. Se puede aumentar fácilmente y con muy bajo coste la capacidad de transporte del Canal de Castilla con pequeñas obras puntuales en tierras y sin afectar a sus obras de fábrica, exceptuando las compuertas de Calahorra de Ribas, que sería necesario recrecerlas.

HIPÓTESIS									COSTE ACTUALIZADO 2012		GARANTIA IPH RIEGOS Y % FALLO MÁXIMO				GRADO DE CUMPLIMIENTO			
Código	Trasvase	Vidrieros	Recrecimientos	Cuezas	Balsas	Castilla Campos ampliado	Capacidad total embalses (hm3)	Aumento capacidad (hm3)	COSTE ACTUALIZADO 2012 (€)	COSTE ACTUALIZADO 2012 (€/m3)	Riegos Carrión (todos)	1 AÑO	2 AÑOS	10 AÑOS	1 AÑO	2 AÑOS	10 AÑOS	PROMEDIO
1.1C	NO	NO	NO	NO	NO	SÍ	169,2	0,0	0 €	0,0	NO CUMPLE	47%	64%	231%	107%	117%	43%	88,97
1.1	NO	NO	NO	NO	NO	NO	169,2	0,0	0 €	0,0	NO CUMPLE	45%	63%	233%	111%	119%	43%	91,02
3.1C	NO	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	198,5	31,1	22.857.715 €	0,7	NO CUMPLE	46%	73%	222%	110%	102%	45%	85,60
3.1	NO	NO	SÍ	NO	NO	NO	200,3	31,1	22.857.715 €	0,7	NO CUMPLE	47%	63%	212%	107%	119%	47%	91,11
4.3	NO	NO	NO	NO	SÍ	NO	193,4	24,2	47.851.045 €	2,0	NO CUMPLE	38%	50%	162%	130%	151%	62%	114,28
4.3C	NO	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	193,4	24,2	47.851.045 €	2,0	NO CUMPLE	38%	50%	162%	130%	151%	62%	114,28
3.3	NO	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	224,5	55,3	70.708.760 €	1,3	NO CUMPLE	41%	50%	147%	122%	151%	68%	113,45
3.3C	NO	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	224,5	55,3	70.708.760 €	1,3	NO CUMPLE	41%	50%	147%	122%	151%	68%	113,45
2.1	NO	SÍ	NO	NO	NO	NO	267,7	98,5	72.753.444 €	0,7	NO CUMPLE	48%	70%	208%	104%	107%	48%	86,27
2.1C	NO	SÍ	NO	NO	NO	SÍ	267,7	98,5	72.753.444 €	0,7	NO CUMPLE	41%	66%	134%	121%	114%	74%	103,34
4.1	NO	NO	NO	SÍ	NO	NO	232,8	63,6	85.090.544 €	1,3	NO CUMPLE	37%	43%	133%	136%	174%	75%	128,28
4.1C	NO	NO	NO	SÍ	NO	SÍ	232,8	63,6	85.090.544 €	1,3	CUMPLE	37%	37%	99%	133%	200%	101%	144,70
2.2	NO	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	298,8	129,6	95.611.159 €	0,7	NO CUMPLE	39%	53%	151%	127%	141%	66%	111,28
2.2C	NO	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ	298,8	129,6	95.611.159 €	0,7	NO CUMPLE	35%	48%	104%	141%	156%	97%	131,45
3.2C	NO	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	263,9	94,7	107.948.259 €	1,1	CUMPLE	37%	37%	93%	134%	202%	107%	147,84
3.2	NO	NO	SÍ	SÍ	NO	NO	263,9	94,7	107.948.259 €	1,1	NO CUMPLE	28%	39%	118%	177%	193%	84%	151,29
2.4C	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	291,9	122,7	120.604.490 €	1,0	NO CUMPLE	38%	50%	105%	133%	150%	96%	126,24
2.4	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	NO	291,9	122,7	120.604.490 €	1,0	CUMPLE	27%	43%	77%	185%	173%	130%	162,67
4.2	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	NO	256,9	87,7	132.941.590 €	1,5	CUMPLE	31%	34%	78%	163%	223%	128%	171,36
4.2C	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	256,9	87,7	132.941.590 €	1,5	CUMPLE	31%	34%	78%	163%	223%	128%	171,36
3.4	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	NO	386,5	217,3	155.799.304 €	0,7	CUMPLE	13%	13%	23%	384%	576%	439%	466,23
3.4C	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	386,5	217,3	155.799.304 €	0,7	CUMPLE	13%	13%	23%	384%	576%	439%	466,23
2.3C	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	331,3	162,1	157.843.989 €	1,0	CUMPLE	21%	28%	56%	238%	267%	180%	228,24
2.3	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	331,3	162,1	157.843.989 €	1,0	CUMPLE	18%	26%	86%	278%	291%	116%	228,77
2.51	NO	SÍ (50 hm3)	NO	SÍ	SÍ	NO	297,1	127,9	198.419.690 €	1,6	CUMPLE	24%	36%	65%	212%	206%	154%	190,84
2.5	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	NO	345,6	176,4	205.695.034 €	1,2	CUMPLE	19%	27%	38%	258%	282%	263%	267,74
2.5C	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	345,6	176,4	205.695.034 €	1,2	CUMPLE	19%	27%	38%	258%	282%	263%	267,74
4.3.1	NO	NO	NO	NO	SÍ (90 hm3 a Canal)	NO	259,2	90,0	246.637.621 €	2,7	NO CUMPLE	45%	45%	133%	112%	166%	75%	117,91
4.3.2	NO	NO	NO	NO	SÍ (90 hm3 a río)	NO	259,2	90,0	246.637.621 €	2,7	CUMPLE	21%	25%	51%	238%	296%	197%	243,38
4.3.3	NO	NO	NO	NO	SÍ (120 hm3 a río)	NO	289,2	120,0	328.850.161 €	2,7	CUMPLE	14%	14%	26%	357%	535%	379%	423,45

## ESCENARIO 3 CON CAMBIO CLIMÁTICO

REGULACIÓN ADICIONAL DE  
 LA CUENCA DEL CARRIÓN.  
 ANTEPROYECTO EMBALSES DE LAS CUEZAS.



## 5.2. COSTES DE LAS SOLUCIONES ESTUDIADAS

En el estudio de regulación se han analizado muchas alternativas y combinaciones de alternativas. De todas las alternativas analizadas se han seleccionado las de mayor viabilidad técnica y económica y se ha hecho un anteproyecto de las mismas.

Las alternativas de las que se ha hecho anteproyecto son:

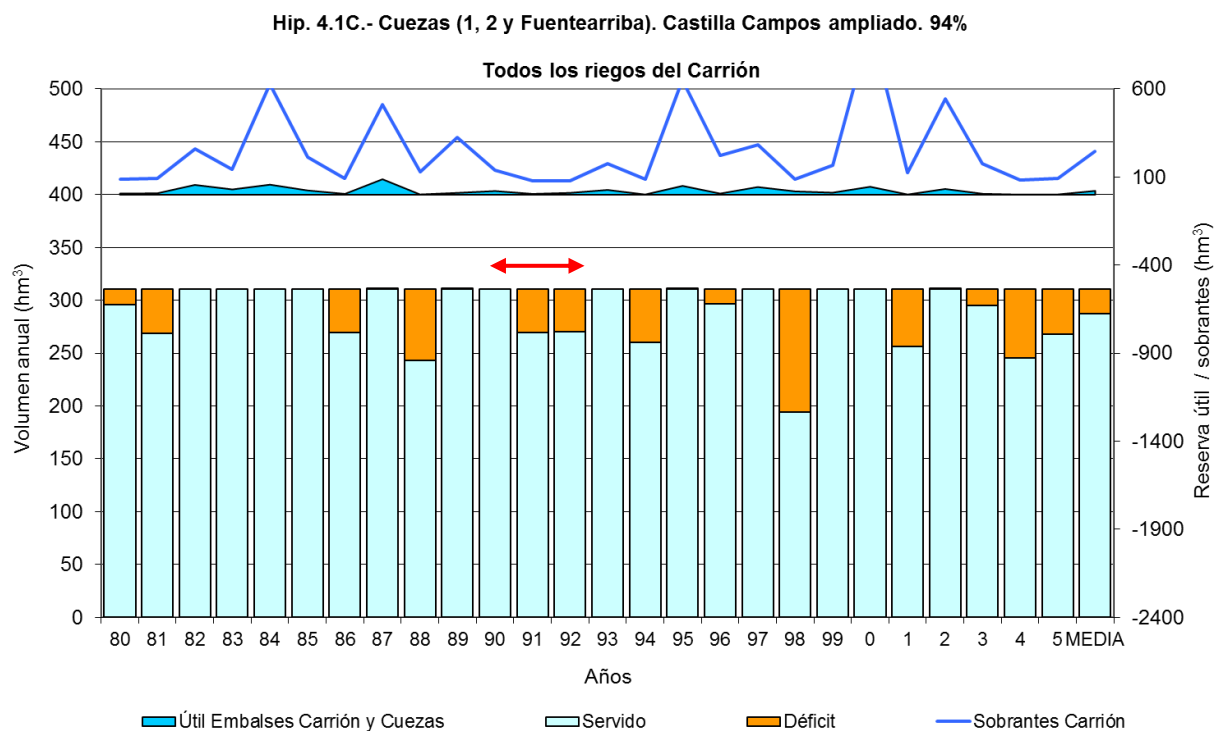
- a) Alternativa Cuezas. Se ha realizado un anteproyecto de la alternativa Cuezas, denominada 4.1C en el estudio de alternativas, porque es la solución más económica que cumple con los criterios de garantía. El coste estimado de esta alternativa es de **85.090.544,49 €**.
- b) Alternativa recrecimiento Camporredondo y Compuerto. Se ha realizado un anteproyecto de recrecimiento de los embalses de Camporredondo y Compuerto porque es la alternativa más económica de todas las estudiadas. Esta solución no es suficiente por sí misma para satisfacer los déficits ya que solamente consigue un incremento de regulación de 31,1 hm<sup>3</sup>, pero se ha realizado el anteproyecto de esta alternativa para combinarla con otras alternativas. El coste estimado de esta solución es de **22.857.714,50 €**
- c) Alternativa embalse de Vidrieros. Se ha realizado una revisión del proyecto constructivo del embalse de Vidrieros del año 1991 y se han actualizado el presupuesto estimado y las nuevas afecciones. En el modelo de regulación se ha introducido tanto el embalse de Vidrieros original como el embalse de Vidrieros con 65 hm<sup>3</sup>. Ambas alternativas son insuficientes para satisfacer las demandas del sistema por sí solas, pero se han introducido estas alternativas para ser combinadas con otras opciones. La alternativa de Vidrieros con 98,5 hm<sup>3</sup> tiene un coste estimado de **72.753.444,30 €**, y la de 65 hm<sup>3</sup> tiene un coste estimado de **65.478.099,87 €**.
- d) Alternativa balsa de Fuentes de Nava. La balsa de Fuentes de Nava se ha modelizado inicialmente en el estudio de regulación con 60 y con 90 hm<sup>3</sup> de capacidad. Se comprobó que la solución de 60 hm<sup>3</sup> no satisfacía las demandas por sí sola, por lo que finalmente se ha realizado el anteproyecto de la solución con 90 hm<sup>3</sup> de capacidad. El coste estimado de esta solución es de **246.637.620,90 €**.

### 5.3. ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Se ha adoptado como solución la denominada en las tablas “Hipótesis 4.1.C”, Con Cuezas, sin balsas y con ampliación del Castilla Campos. Esta solución es la alternativa más económica que permite satisfacer las demandas satisfactoriamente.

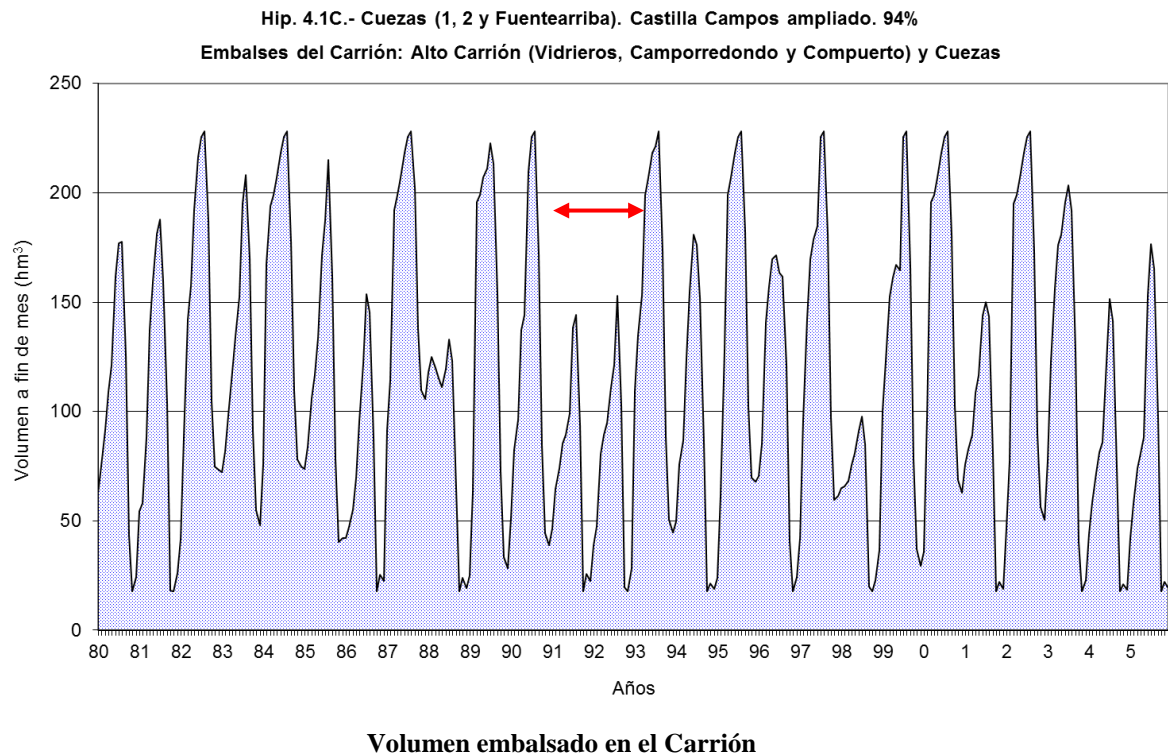
Esta solución supone aumentar la capacidad de regulación en sólo 63,6 hm<sup>3</sup>. Los déficit máximos de 1 y 2 años son del 38 %, que son valores muy inferiores a los 50% y 75% que establece el criterio de garantía. El criterio de garantía de los 10 años es el más restrictivo de todos, pero esta alternativa cumple también con dicho criterio, ya que resulta un déficit del 99% que es inferior al 100% requerido.

En el gráfico adjunto se recoge la demanda servida y los déficits de los riegos del Carrión, con demanda total bruta de 314 hm<sup>3</sup>/a, así como el volumen útil embalsado a fines de septiembre y el caudal circulante por el Carrión en la confluencia con el Pisuerga.



El gráfico de la figura adjunta representa el volumen mensual total embalsado en el Carrión en la hipótesis 4.1.C. En el estudio se ha comprobado que en el caso de distribuir el almacenamiento con mayor capacidad en cabecera - donde las aportaciones regulables son menores - los embalses no acumulan tantas reservas, se vacían antes en el periodo seco y los déficits son mayores.

La solución de los embalses de la Cueva y el recrecimiento del canal de Castilla en el Ramal de Campos, a pesar de ser la solución de menor capacidad de embalse de todas las analizadas, las reservas útiles al final del año 90 y 91 son incluso algo mayores a los años anteriores con respecto a otras soluciones.



#### 5.4. CONCLUSIONES

La solución adoptada consiste en la construcción de tres nuevos embalses en los arroyos de la Cueva y de Fuentearriba, en las inmediaciones del municipio de Ledigos (Palencia). Se ha elegido esta alternativa porque es la que tiene un mejor compromiso entre impacto ambiental, coste y eficacia en la regulación. A continuación se describen las conclusiones de cada una de las alternativas valoradas:

- Embalse de Vidrieros. Esta obra ya tuvo una declaración de impacto ambiental negativa, por lo que se ha descartado desde un principio la construcción del embalse de Vidrieros con la misma capacidad con la que fue rechazado. Se ha tanteado la construcción de un embalse menor, de  $65 \text{ hm}^3$ , pero en la modelización realizada se ha obtenido que la regulación en cabecera de la cuenca no es la solución más eficaz desde el punto de vista de la regulación. En el modelo de la cuenca, se ha comprobado que las aportaciones en cabecera que tiene el río Carrión son insuficientes para atender a las demandas netas. Se ha comprobado que la solución de Vidrieros en su capacidad original ( $98,5 \text{ hm}^3$ ) no es capaz de

satisfacer las demandas de la cuenca, por lo que la solución de 65 hm<sup>3</sup> tampoco es suficiente para atender a las demandas.

- Recrecimiento de Camporredondo y Compuerto. Esta solución es técnicamente viable y consigue un incremento de volumen regulado de 31,1 hm<sup>3</sup> con un coste relativamente bajo. Sin embargo, presenta el mismo problema que la solución de Vidrieros, ya que desde Vidrieros hasta la ubicación de Camporredondo y Compuerto, el Carrión recibe muy pocas aportaciones. Por tanto, al igual que sucede con la solución de Vidrieros, se descarta esta solución.
- Balsas en la zona regable. Debido a que en el modelo se detectó que era mejor regular desde la zona media de la cuenca en vez de en cabecera, se buscaron soluciones en esta zona.

La media de la cuenca presenta un relieve poco montañoso típico de la meseta castellana. Esto hace que apenas haya ninguna cerrada natural, por lo que se han buscado ubicaciones para balsas artificiales. Se localizó únicamente una cerrada viable en el arroyo Madre del Val, pero se ha descartado desde el principio porque la inversión necesaria era muy elevada para lograr un incremento de regulación de solo 12,92 hm<sup>3</sup>. Además esta solución inundaría el Caserío de Villaverde de Volpejera. Por estos motivos, esta solución se tanteó en el modelo de regulación, pero no se desarrolló más porque se desestimó desde el principio.

La otra solución que se planteó en esta zona eran balsas completamente artificiales. Se tanteó una balsa que pudiese lograr aproximadamente el mismo volumen regulado que el embalse de Vidrieros. Tras realizar varios reconocimientos de campo se localizó una ubicación con el espacio suficiente, sin apenas afecciones y con un relieve bastante llano que permitía ser llenada mediante el Canal de Castilla. Esta balsa se ubica entre los municipios de Frechilla, Autillo de Campos y Fuentes de Nava, más cercana a este último. Se han tanteado dos capacidades para esta balsa, en concreto 90 hm<sup>3</sup> y 60 hm<sup>3</sup>, pero solamente se ha desarrollado la solución de 90 hm<sup>3</sup> ya que era la que mejor relación tenía entre coste e incremento de volumen regulado.

- Embalses de las Cuezas. Esta solución consistente en la construcción de tres nuevos embalses, con una capacidad conjunta de 63,54 hm<sup>3</sup> (64,7 hm<sup>3</sup> sin considerar el embalse muerto) y un canal de alimentación a los mismos de 21 km. de longitud, que toma sus aguas del río Carrión, ha resultado ser la alternativa más adecuada. Esta alternativa es la que consigue cumplir los criterios establecidos por el Plan Hidrológico del Duero con el menor coste y afección ambiental posibles. Esta alternativa presenta la ventaja adicional de que consigue regular los

arroyos de la Cuezta, que tienen una aportación de cierta importancia y actualmente no están siendo regulados. Esta solución requiere que el Canal de Castilla aumente su capacidad de transporte desde 16,6 hasta 24 m<sup>3</sup>/s, pero tal y como se ha indicado anteriormente, se puede lograr alcanzar esa capacidad de transporte con pequeñas reparaciones o mejoras en el canal.

## 6. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Los embalses de la Cueva toman el agua del río Carrión en el municipio de Poza de la Vega y este agua se transporta a través de un canal de 21 km a los embalses. Adicionalmente, estos embalses reciben la aportación de los arroyos de la Cueva y Fuente arriba, que se encuentran actualmente sin regular. Los arroyos de la Cueva y de Fuente arriba son afluentes del río Carrión por su margen derecha. El desembalse se produce a través de los propios cauces naturales de estos arroyos, reintegrando el agua de nuevo al Carrión.

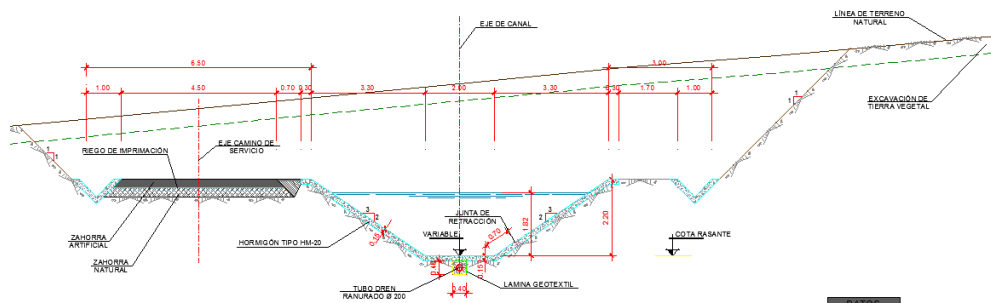
Los embalses de la Cueva 1 y Fuentearriba están comunicados por una conducción que atraviesa un collado y se comportan a efectos prácticos como un único embalse con una capacidad conjunta de 35,1 hm<sup>3</sup>. El embalse de la Cueva 2 tiene una capacidad de 28,44 hm<sup>3</sup>.

### 6.1. CANAL DE DERIVACIÓN

El canal de derivación de los caudales excedentarios del río Carrión, se realiza a través de un canal revestido de hormigón en masa. Este canal de derivación consiste en un canal de algo más de 21 km de longitud, que toma las aguas del río Carrión y las entrega en un arroyo vertiente al embalse de Fuentearriba por su margen izquierda. La capacidad con la que se ha diseñado el canal es de 10 m<sup>3</sup>/s.

La toma del canal se localiza en la margen derecha del río Carrión, a la altura de la población de *Poza de la Vega*. Se ha diseñado una toma compuesta por dos compuertas con sus correspondientes rejas con limpieza automática.

El canal tiene sección trapezoidal de 2 m de base, con taludes 3H:2V y altura 2,20 m. El espesor dado a la sección de hormigón HM-20 es de 0.15 m. En la siguiente figura se adjunta una sección tipo del canal:



La longitud total del canal es de 21.153,5 m, y se ha diseñado con una pendiente longitudinal del 0,3‰. Debido a los condicionantes topográficos, ha sido necesario diseñar un tramo en sifón ubicado en el PK 17+700-18+930, con una longitud de sifón de 1.230 m.

La entrega del canal se realiza en un arroyo afluente del arroyo de Fuentearriba mediante un aliviadero de labio fijo de tipo pico de pato, cuyo objetivo es mantener la cota de la lámina de agua en gran parte del canal. Desde el punto de entrega hasta el embalse de Fuentearriba, el caudal se transporta a través del cauce del arroyo existente.

## **6.2. PRESAS**

### **6.2.1. CUEZA 1 Y FUENTEARRIBA**

Las presas de la Cueva 1 y de Fuentearriba forman en realidad un único embalse, aunque para lograrlo se requiere la construcción de dos presas. Los vasos de la Cueva 1 y Fuentearriba se encontrarán comunicados a través de un collado lateral entre sus respectivos valles, siendo el segundo de mayor altura. La comunicación entre ambos embalses se ha diseñado mediante dos tuberías de diámetro 2.000 mm. La cota mínima en el vaso de La Cueva 1 es de 877,5 msnm y 882,75 msnm en Fuentearriba.

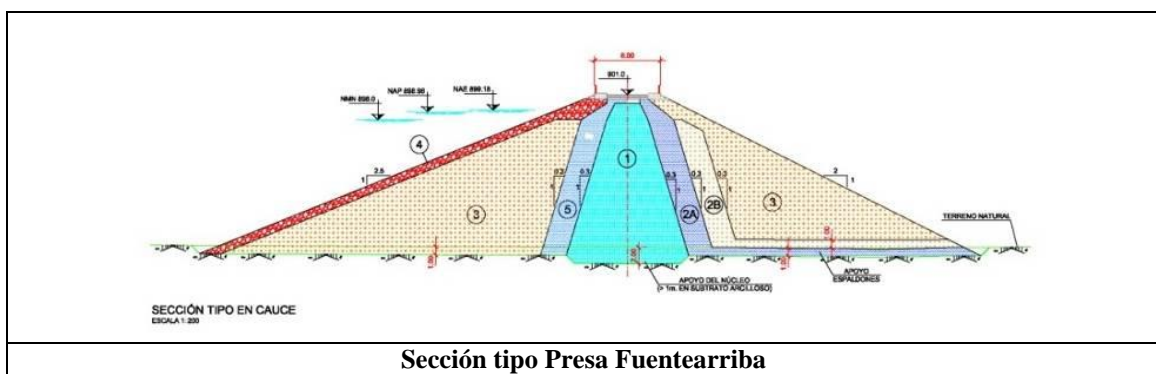
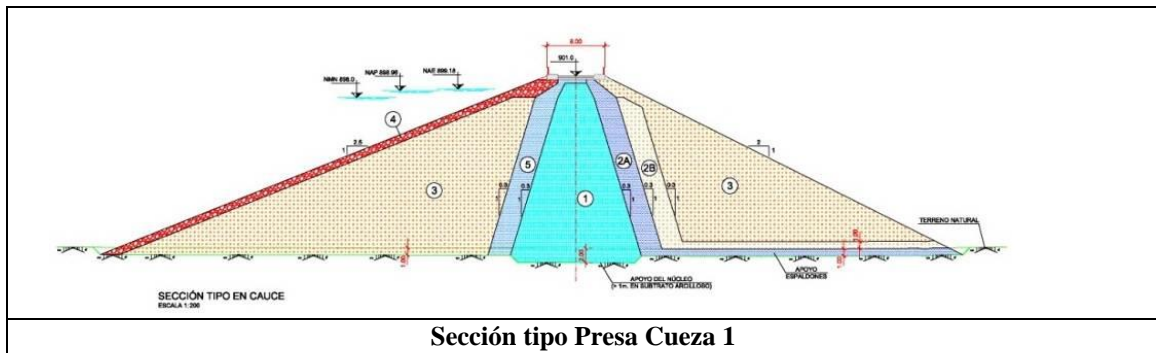
Las dos presas constituyen por tanto un solo embalse, cuyo nivel máximo normal se ha establecido a la cota 898,00 msnm. Los dos vasos son de tamaño discreto, obteniendo un volumen total de embalse de 35,1 hm<sup>3</sup>. Las presas son de poca altura (23,5 metros hasta coronación en el caso de Cueva 1 y 31 metros en Fuentearriba).

La altura topográfica del collado está a la cota 920 msnm (37,25 m más alto que el fondo de Fuentearriba).

Las presas de La Cueva 1 y Fuentearriba tienen la coronación a la cota 901,00 msnm. El aliviadero de cada presa, se sitúa en el lateral de cada embalse a la cota 898,00 msnm (NMN).

La sección tipo de las presas se ha calculado en el anejo de geotecnia del anteproyecto. Se ha adoptado la misma tipología de presa heterogénea con núcleo impermeable para las tres presas. Los taludes adoptados son 2,5H:1V en el espaldón de aguas arriba y 2H:1V en el espaldón de aguas abajo. Los espaldones se realizarán con las gravas procedentes del aluvial del cauce, mientras que para el núcleo central serán adecuados los materiales limosos y arcillosos del sustrato terciario, que podrán provenir, bien del rascado de las laderas del embalse o bien del fondo de valle, una vez que se hayan retirado las gravas cuaternarias.

En las siguientes imágenes se adjuntan las secciones de la Cueva 1 y de Fuentearriba:



LEYENDA	
1	NÚCLEO: MATERIAL IMPERMEABLE PROCEDENTE DE LAS LADERAS DEL VASO (SUBSTRATO M)
2A	FILTRO: GRAVAS-ARENAS CLASIFICADAS PROCEDENTE DE GRAVERA
2B	DREN : GRAVAS-ARENAS CLASIFICADAS DE GRAVERA
3	ESPALEONES: GRAVAS PROCEDENTES DE LOS DEPÓSITOS DEL CAUCE ACTUAL (Qc)
4	ESCOLLERA : RIP-RAP PROCEDENTE DE CANTERA
5	TRANSICIÓN

Se ha calculado el hidrograma de avenida para los períodos de retorno de 1.000 y 10.000 años (simulación realizada mediante el programa HEC-HMS) para el estudio de laminación.

Los caudales punta obtenidos para el conjunto de Cueva 1 y Fuentearriba son:

- Avenida de 1.000 años de período de retorno: 103,82 m<sup>3</sup>/s
- Avenida de 10.000 años de período de retorno: 262,81 m<sup>3</sup>/s

Durante el desagüe de la avenida de diseño (T=1.000 años) el máximo caudal vertido es 14,95 m<sup>3</sup>/s, alcanzando un nivel máximo de embalse de 898,52 msnm. En la avenida ex-

trema ( $T=10.000$  años) el máximo caudal desaguado es  $52,80 \text{ m}^3/\text{s}$ , con máximo nivel de embalse a la cota  $899,21 \text{ msnm}$ .

Ambas presas están dotadas de desagües de fondo, prácticamente iguales, cuyas cotas en la toma son  $87,50 \text{ msnm}$  en La Cueva 1 y  $882,75 \text{ msnm}$  en Fuentearriba. Para el nivel de máximo embalse normal, la capacidad es de  $18,28 \text{ m}^3/\text{s}$  en Cueva 1 y  $12,6 \text{ m}^3/\text{s}$  en Fuentearriba. El tiempo de vaciado del embalse, abriendo los desagües de fondo de Cueva 1 o los de Fuentearriba, es de 10 días.

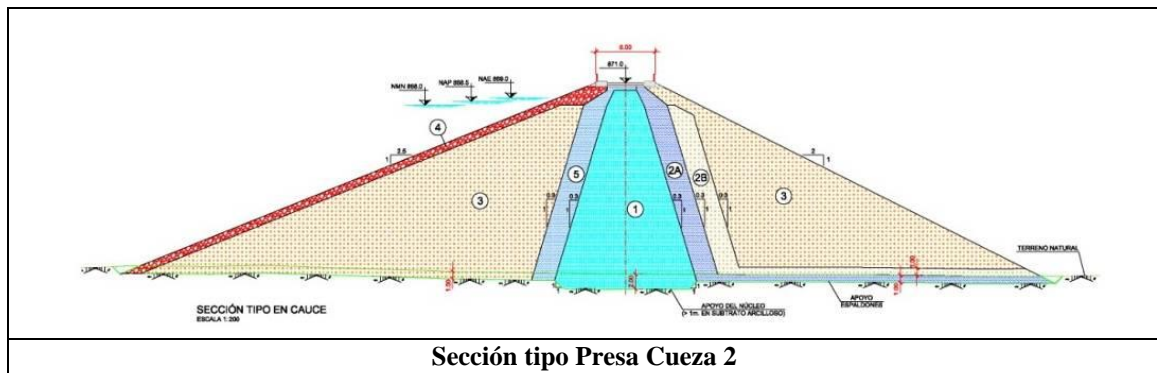
### **6.2.2. CUEZA 2**

El embalse de La Cueva 2 se sitúa en el mismo cauce del arroyo de la Cueva, aguas abajo de la presa de La Cueva 1, con una capacidad de  $29,6 \text{ hm}^3$ . El nivel máximo normal se ha establecido a la cota  $868,00 \text{ msnm}$ , siendo la cota mínima del vaso  $846,65 \text{ msnm}$ .

La coronación de La Cueva 2 está a la cota  $871,00 \text{ msnm}$ . El aliviadero es igual que el de las presas de Cueva 1 y Fuentearriba. El labio del vertedero se encuentra a la cota  $868,00 \text{ msnm}$  (NMN).

La sección tipo también es similar a la empleada en los embalses de la Cueva 1 y de Fuentearriba. Los taludes adoptados son  $2,5H:1V$  en el espaldón de aguas arriba y  $2H:1V$  en el espaldón de aguas abajo. Los espaldones se realizarán con las gravas procedentes del aluvial del cauce, mientras que para el núcleo central serán adecuados los materiales limosos y arcillosos del sustrato terciario, que podrán provenir, bien del rascado de las laderas del embalse o bien del fondo de valle, una vez que se hayan retirado las gravas cuaternarias.

En las siguientes imágenes se adjuntan la sección tipo adoptada para la presa de la Cueva 2.



LEYENDA	
①	NÚCLEO: MATERIAL IMPERMEABLE PROCEDENTE DE LAS LADERAS DEL VASO (SUBSTRATO M)
2A	FILTRO: GRAVAS-ARENAS CLASIFICADAS PROCEDENTE DE GRAVERA
2B	DREN : GRAVAS-ARENAS CLASIFICADAS DE GRAVERA
3	ESPALEONES: GRAVAS PROCEDENTES DE LOS DEPOSITOS DEL CAUCE ACTUAL (Qc)
4	ESCOLLERA : RIP-RAP PROCEDENTE DE CANTERA
5	TRANSICIÓN

Se ha calculado el hidrograma de avenida para los períodos de retorno de 1.000 y 10.000 años (simulación mediante el programa HEC-HMS) para el estudio de laminación.

Los caudales punta obtenidos para el embalse de la Cueva 2 son:

- Avenida de 1.000 años de período de retorno: 113,23 m<sup>3</sup>/s
- Avenida de 10.000 años de período de retorno: 281,94 m<sup>3</sup>/s

Durante el desagüe de la avenida de diseño (T=1.000 años) el máximo caudal vertido por el aliviadero es 4,2 m<sup>3</sup>/s, alcanzando un nivel máximo de embalse de 868,48 msnm. En la avenida extrema (T=10.000 años) el máximo caudal desaguado es 14,8 m<sup>3</sup>/s, con máximo nivel de embalse a la cota 869,12 msnm.

El desagüe de fondo de La Cueva 2 es semejante a los de las otras presas. La cota mínima de la toma es 844,975 msnm y su capacidad es de 18,34 m<sup>3</sup>/s con el nivel de máximo embalse normal (cota 868,00 msnm). El tiempo de vaciado a través de sus desagües de fondo es de 10,5 días.

## 7. EXPROPIACIONES DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Las afecciones que se cuantifican y valoran son las producidas por el canal de alimentación y por los tres embalses. En este apartado se incluye un resumen de la información relativa a las expropiaciones incluida en el anteproyecto.

En el canal de alimentación se ha considerado como líneas de expropiación dos líneas paralelas a ambos lados del canal y distantes 40 metros del eje del mismo. Para los embalses, se ha tomado como límite de expropiación, una línea paralela a una distancia de 10 metros del máximo nivel normal del embalse. En las presas se ha considerado una cierta superficie de expropiación que se considera necesaria para la ejecución de las obras. Adicionalmente, se ha valorado la expropiación de la franja de terreno existente entre la carretera P-235 y la presa de Fuentearriba.

Para la estimación de los costes de expropiación de los terrenos afectados se han establecido los valores de mercado medios en la zona para los distintos tipos de usos y cultivos. Estos precios resultan ser algo más elevados en la zona del canal de derivación que en las zonas de los embalses. Con respecto a la clase del terreno, se ha discretizado el terreno en tres tipos: secano, regadío y monte bajo. Los precios adoptados para las expropiaciones son los siguientes:

### CANAL DE ALIMENTACIÓN DE LOS EMBALSES

Tipo de terreno	Coste Expropiación
Secano	0,90 €/m <sup>2</sup>
Regadío	1,80 €/m <sup>2</sup>
Monte bajo	1,00 €/m <sup>2</sup>

### EMBALSES DE LA CUEZA 1, CUEZA 2 Y FUENTEARRIBA

Tipo de terreno	Coste Expropiación
Secano	0,80 €/m <sup>2</sup>
Regadío	1,20 €/m <sup>2</sup>
Monte bajo	0,90 €/m <sup>2</sup>

En el precio del m<sup>2</sup> de estas valoraciones, se incluye el precio del terreno, la parte proporcional del precio del árbol, si hubiese, y el precio de indemnizaciones por cosechas sin recoger por urgente ocupación.

En cuanto a la ocupación temporal, se ha adoptado como criterio emplear un coste de un 40% del precio que se ha utilizado en la expropiación definitiva. El coste total de la expropiación desglosado por términos municipales ha resultado ser el siguiente:

Municipio	Secano (m <sup>2</sup> )	Regadío (m <sup>2</sup> )	Monte bajo (m <sup>2</sup> )	Secano TEMPORAL (m <sup>2</sup> )	Coste Total Expropiación (€)
Cervatos de la Cueva (Palencia)	1.287.491,83				1.029.993,46 €
Lagartos (Palencia)	3.804.649,83				3.043.719,86 €
Ledigos (Palencia)	1.105.907,02				884.725,62 €
Pedrosa de la Vega (Palencia)	57.320,92				51.588,83 €
Población de Arroyo (Palencia)	1.947.843,92				1.558.275,14 €
Poza de la Vega (Palencia)		129.010,28			232.218,51 €
Santervás de la Vega (Palencia)	331.359,86	404.988,18	103.997,95		1.131.200,55 €
San Martín de la Cueva (León)	338.396,34				270.717,07 €
Villalcón (Palencia)	95.353,59				76.282,87 €
Villaluenga de la Vega (Palencia)		209.999,07			377.998,33 €
Villarrabé (Palencia)	305.363,44		52.279,96	98.178,76	362.451,40 €
<b>TOTAL</b>					<b>9.019.171,64 €</b>

## **8. SERVICIOS AFECTADOS DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA**

Se han realizado varias visitas a los emplazamientos de las obras definidas en este anteproyecto para identificar las afecciones previstas de la solución adoptada.

El canal cruza tres carreteras, numerosas acequias de riego, varios caminos de acceso a fincas, varias líneas eléctricas de media tensión y una colada. Todas las carreteras afectadas son de tipo provincial y el cruce se realiza en todos los casos con la rasante del canal bajo la rasante de la carretera. Se ha valorado también la reposición de todas las acequias de riego, caminos y postes de líneas eléctricas que resultan afectados. También se ha diseñado un paso tipo de camino sobre el canal para la reposición de la Colada Cañada de las Vacas.

La afección de los embalses de la Cueva 1, Fuentearriba y Cueva 2 es muy escasa ya que ocupan solamente tierras de cultivo y caminos de acceso a dichas tierras. La principal afección es a la Carretera P-235, que se repone mediante un desvío de unos 1.800 metros de longitud. La reposición de esta carretera se ha definido en los planos y valorado en el presupuesto del anteproyecto. Los embalses no producen ninguna afección ni a zonas afectadas ni a líneas eléctricas.

## **9. SÍNTESIS DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **9.1. INTRODUCCIÓN**

El Estudio de Impacto Ambiental (en adelante EsIA) del Proyecto “Regulación adicional de la cuenca del Carrión” se ha redactado en cumplimiento de lo establecido en la legislación vigente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental.

La actuación proyectada, “Regulación adicional de la cuenca del Carrión”, debe someterse al procedimiento reglado de Evaluación de Impacto Ambiental, en aplicación del Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.

En el marco del procedimiento reglado de aplicación, En enero de 2011 se presentó el “Documento Inicial” ante el órgano ambiental, la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (en adelante DGCEA), para el inicio del procedimiento. En enero de 2012 la DGCEA envió al promotor el resultado de las Consultas Previas, así como el documento en el que se establece el alcance y contenido requerido para el Estudio de Impacto Ambiental. En el EsIA se transcribe el citado informe de la DGCEA analizándose detalladamente su cumplimiento en el EsIA.

Como parte de dicho procedimiento se ha procedido a la redacción del Estudio de Impacto Ambiental, incorporado como parte del Anteproyecto “Regulación adicional de la cuenca del Carrión. Embalse de las Cuezas. Clave: 02.803.229”.

En dicho estudio, además de proceder a la descripción del proyecto y a la recogida de los antecedentes del mismo, se han desarrollado los siguientes apartados en cumplimiento de la legislación vigente:

- Inventario ambiental
- Descripción y caracterización de impactos
- Propuesta de medidas protectoras, correctoras y compensatorias
- Programa de Vigilancia Ambiental

Complementariamente, en el Estudio de Impacto Ambiental se han incluido 13 Apéndices:

1. Resultado de las consultas sobre el Documento Inicial
2. Estudio ambiental de alternativas
3. Valoración de la calidad hidrogeomorfológica
4. Cálculo de los índices de alteración hidrológica (IHARIS)

5. Listado de especies de flora
6. Listado de especies de fauna
7. Caracterización de la ictiofauna y el estado ecológico del río cueza
8. Informe final de prospección arqueológica
9. Cálculo de la afección sonora durante la fase de obras
10. Afección a Red Natura 2000
11. Marco Normativo
12. Reportaje fotográfico
13. Planos
  1. Situación
  2. Localización de alternativas
  3. Actuaciones proyectadas
  4. Planta geológica
  5. Presiones en las masas de agua
  6. Vegetación
  7. Interés faunístico del territorio
  8. Unidades de paisaje
  9. Montes de Utilidad Pública
  10. Hábitats de interés comunitario
  11. Red Natura 2000
  12. Patrimonio cultural y vías pecuarias
  13. Principales condicionantes ambientales
  14. Clasificación del territorio
  15. Medidas preventivas y correctoras

## 9.2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTUACIÓN

El objeto del proyecto es incrementar la regulación en la cuenca del río Carrión, perteneciente a la Cuenca del Duero, de forma que se puedan cubrir las garantías de riego de la superficie regable ya existente en el sistema de explotación del Carrión, además de las necesidades de abastecimiento a la población e industrias.

Actualmente este sistema, además de los aportes propios de la cuenca del Carrión, se abastece del trasvase de agua que, procedente de la cuenca del Esla, llega a la cuenca del río Carrión a través del trasvase Cea-Carrión. Esta solución se planteó de forma provisional, hasta que se desarrollase la zona regable de los regadíos del Canal del Bajo Payuelos, cuya obra se está ejecutando en la actualidad. También se produce un aporte

poco significativo a través del Ramal Norte del Canal de Castilla, en Calahorra de Ribas.

Por lo tanto es necesario resolver los problemas de regulación dentro de la propia cuenca del río Carrión. Para establecer cuál es la mejor solución capaz de garantizar el suministro de agua a los regadíos del río Carrión a partir de los recursos de la propia cuenca, se han abordado una serie de análisis, retomando, actualizando, y comparando distintos estudios realizados a lo largo de los últimos años.

Entre los trabajos realizados en el marco del proyecto objeto de estudio se encuentra el desarrollo de un Estudio de Regulación que establezca las necesidades actuales y futuras de la cuenca y sus diferentes alternativas de regulación. Dicho estudio, finalizado en enero de 2011, analiza las demandas y la capacidad de servicio del sistema Carrión-Pisuerga considerando el efecto de posibles actuaciones de regulación. A partir del resultado de dicho estudio se han planteado las posibles alternativas de regulación capaces de dar cumplimiento al objetivo del proyecto, que es satisfacer las demandas de la cuenca del río Carrión con las garantías establecidas en la legislación vigente a partir de recursos de la propia cuenca.

#### **9.2.1. Estudio de alternativas**

Las alternativas estudiadas son las siguientes:

- 0 No regulación adicional del río Carrión.
- 1-A Embalse “Vidrieros grande” (98,5 hm<sup>3</sup>).
- 1-B Embalse “Vidrieros pequeño” (65,0 hm<sup>3</sup>).
- 2 Recrecimiento de los embalses de Compuerto y Camporredondo
- 3 Embalses en la subcuenca del río Cueva.
- 4 Construcción de una Balsa de riego en tierra de campos (90 hm<sup>3</sup>)

Se ha realizado una evaluación de las alternativas que ha tratado de aglutinar el resultado de las comparaciones realizadas para cada uno de los aspectos del medio. La clasificación, es de tipo visual y recoge el resultado de las conclusiones descritas con anterioridad. Esta clasificación utiliza un rango seis colores, asignando el color morado a la alternativa que afecta a un aspecto del medio de forma más intensa y verde oscuro a la menor. Esta clasificación compara las alternativas de proyecto y nos da datos sobre cuál de ellas es mejor para cada uno de los aspectos del medio analizado.

Esta clasificación se ha sintetizado en la siguiente tabla:

Tal y como se puede observar en la anterior tabla resumen, en conjunto la alternativa que presenta una menor afección global a tenor de los aspectos del medio considerados es la Alternativa 3 B Las Cuezas + canal de alimentación 2 seguido de la Alternativa 2 Recrecimiento de Compuerto y Camporredondo, la Alternativa 3 A Las Cuezas + Canal de alimentación 1 la Alternativa 1 B Vidrieros pequeño. Las Alternativas 4 Balsa en zona de riego y 1 A Vidrieros grande son las que producen una mayor afección sobre los aspectos del medio analizados.

La solución finalmente desarrollada en el Anteproyecto y en el Estudio de Impacto Ambiental es la Alternativa 3 B “Las Cuezas + canal de alimentación 2”.

La actuación consiste básicamente, en la construcción de tres embalses, uno en el arroyo de Fuentearriba (Embalse de Fuentearriba) y dos en el río de la Cueva (Embalses Cueva 1 y Cueva 2) alimentados por un canal que derivará caudales del propio río Carrión a la altura del municipio de Poza de la Vega.

### Canal de derivación

El canal, de poco más de 21 km de longitud y con una pendiente del 0,3‰, toma las aguas del río Carrión y las entrega en un arroyo vertiente al embalse de Fuentearriba por su margen izquierda. La capacidad adoptada para el canal es de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ . La toma se localiza en la margen derecha del río Carrión, a la altura de la población de *Poza de la Vega*.

Se trata de un canal de sección trapezoidal de 2 m de base, con taludes 3H:2V y altura 2,20 m. El espesor dado a la sección de hormigón HM-20 es de 0,15 m.

### La Cueva-1 y Fuentearriba

Los vasos de La Cueva-1 y Fuentearriba se encuentran unidos por un túnel que salva el collado lateral entre sus respectivos valles. La cota mínima en el vaso de La Cueva-1 es de 877,5, msnm y en Fuentearriba es de 882,75 msnm.

Las dos presas constituyen, por tanto, un solo embalse, cuyo nivel máximo normal se ha establecido a la cota 898,00 msnm. Los dos vasos son de tamaño discreto, obteniendo un volumen total de embalse de  $64,7 \text{ hm}^3$ . Las presas tienen una altura de 23,5 m hasta coronación en el caso de Cueva-1 y de 31 m en Fuentearriba.

La altura topográfica del collado está a la cota 920 msnm (37,25 m más alto que el fondo de Fuentearriba).

Las presas de La Cueva-1 y Fuentearriba tienen la coronación a la cota 901,00 msnm. El aliviadero de cada presa, se sitúa en el lateral de cada embalse a la cota 898,00 msnm (NMN).

Durante el desagüe de la avenida de diseño ( $T=1.000$  años) el máximo caudal vertido es  $14,95 \text{ m}^3/\text{s}$ , alcanzando un nivel máximo de embalse a la cota 898,52 msnm. En la avenida extrema ( $T=10.000$  años), el máximo caudal desaguado es  $52,80 \text{ m}^3/\text{s}$ , con máximo nivel de embalse a la cota 899,21 msnm.

Ambas presas están dotadas de desagües de fondo prácticamente iguales, cuyas cotas en la toma son 870,60 msnm en La Cueva-1 y 876,50 msnm en Fuentearriba. Para el nivel de máximo embalse normal, la capacidad es de  $18,28 \text{ m}^3/\text{s}$  en Cueva-1 y  $12,6 \text{ m}^3/\text{s}$  en Fuentearriba. El tiempo de vaciado del embalse, abriendo los desagües de fondo de Cueva-1 o los de Fuentearriba, es de 10 días.

### La Cueva-2

El embalse de La Cueva-2 se sitúa en el mismo cauce del arroyo de la Cueva, aguas abajo de la presa de La Cueva-1, con una capacidad de  $29,6 \text{ hm}^3$ . El nivel máximo normal

(NMN) se ha establecido a la cota 868,00 msnm, siendo la cota mínima del vaso 846,65 msnm.

La coronación de La Cueva-2 está a la cota 871,00 msnm. El aliviadero es igual que el de las presas de Cueva-1 y Fuentearriba. El labio del vertedero se encuentra a la cota 868 msnm (NMN).

Durante el desagüe de la avenida de diseño ( $T=1.000$  años) el máximo caudal vertido por el aliviadero es  $4,2 \text{ m}^3/\text{s}$ , alcanzando un nivel máximo de embalse de 868,48 msnm. En la avenida extrema ( $T=10.000$  años) el máximo caudal desaguado es  $14,8 \text{ m}^3/\text{s}$ , con máximo nivel de embalse a la cota 869,12 msnm.

El desagüe de fondo de La Cueva-2 es semejante a los de las otras presas. La cota mínima de la toma es 844,975 msnm y su capacidad es de  $18,34 \text{ m}^3/\text{s}$  con el nivel de máximo embalse normal (cota 868 msnm). El tiempo de vaciado a través de sus desagües de fondo es de 10,5 días.

### 9.3. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO

#### ➤ **Clima**

El clima de la zona podría clasificarse de forma global como continental húmedo. Tiene máximos pluviométricos en otoño, primavera e invierno, un pequeño déficit hídrico en verano y una cierta continentalidad. La precipitación media anual de 639 mm.

Los contrastes térmicos entre verano e invierno son moderados, y las precipitaciones altas. Tiene temperaturas bajas en invierno (entorno a los  $5^\circ \text{C}$ ) y suaves en verano (una media de  $20^\circ \text{C}$ ). Por lo que respecta al régimen de humedad y lluvias, se podría definir como húmedo.

#### ➤ **Gea y suelo**

La zona de estudio se localiza entre las provincias de León y Palencia, en la comarca denominada “Tierra de Campos”. Geológicamente se ubica en la parte central del sector septentrional de la Cuenca del Duero. En una zona relativamente próxima al borde de dicha cuenca al sur de la Cordillera Cantábrica. Se puede considerar una cuenca de antepaís, debido al carácter de borde activo que presenta el límite sur de la cordillera y las importantes elevaciones de que está compuesta, junto con las importantes fracturas condicionantes de las subsidencias en la depresión terciaria.

La llegada de los materiales a la cuenca se produce mediante un sistema de grandes abanicos aluviales que se solapan y se superponen durante el periodo de tiempo comprendido entre el Paleógeno inferior y el Pleistoceno inferior. La sedimentación alterna

periodos de relleno de cuenca con otros de interrupciones de la sedimentación y discontinuidades sintectónicas, consecuencia de la actividad diastrófica del borde activo.

El Paleógeno aflora en los bordes de la cuenca de manera discontinua y variable, discordante sobre los materiales montuosos; predominan los materiales detríticos gruesos, de facies proximales y medias en abanicos y sedimentos fluviales en las zonas distales de los mismos. El Mioceno es el que alcanza mayor extensión y desarrollo en la cuenca. En la mitad norte de la cuenca existen abanicos aluviales que pasan lateralmente a ambientes fluviales, con canales en los fangos de inundación y zonas distales de abanicos.

En los bordes sur y oeste de la cuenca no se desarrollan geometrías de abanicos aluviales típicos, depositándose arcosas fangosas. En el centro y sureste, coincidiendo con los términos altos del Mioceno se pasa a facies de playas y playas salinas con arcillas, margas, calizas y yesos.

El conjunto del Terciario es subhorizontal, ligeramente basculando hacia el suroeste, donde destacan morfológicamente los relieves calizos, más competentes y resistentes a la erosión diferencial.

Posteriormente, durante el cuaternario, la cuenca sufre un importante proceso de erosión, llegando a ocupar las formaciones superficiales, y principalmente las terrazas, amplias extensiones.

#### ➤ Aguas superficiales y subterráneas

El río Cueva, que una longitud de 52 km y una cuenca de 393 km<sup>2</sup>, forma parte de la cuenca del río Carrión, que pertenece a la gran cuenca del Duero, del que es tributario por su margen derecha. El río Carrión tiene una longitud de 197 km, ocupando una superficie de cuenca hidrográfica de 3.368 km<sup>2</sup>. La cuenca del río Carrión pertenece en su mayoría a la provincia de Palencia, quedando una pequeña parte de ella dentro de la provincia de León.

El principal afluente del río de la Cueva es el Arroyo de Fuentearriba, que confluye con él por su margen izquierda, a la altura de Calzadilla de la Cueva. Antes de producirse esta confluencia, el río de la Cueva recibe las aguas de los arroyos de: los Valles, el Convento, el Corco, de Valdeviñao o Cueva de los Vallejones, Valdesarras, Valdevereto y Horcadillas. Es precisamente cuando recibe las aguas del arroyo de Horcadillas cuando comienza a llamarse propiamente río de la Cueva.

El régimen hidrológico del río Cueva sigue un patrón muy estacional, aunque las aportaciones son muy bajas a lo largo de todo el año, sin llegar siquiera a los 2 hm<sup>3</sup> de me-

dia. La aportación anual del río Cueva al Carrión, en un año medio no llega a los 22 hm<sup>3</sup>, pero puede alcanzar los 86 hm<sup>3</sup> en los años húmedos.

El régimen de caudales del río Carrión responde en gran parte a las demandas de riego, con máximos entre los meses de mayo y julio, manteniéndose el resto de año un caudal muy constante, en torno a los 20 hm<sup>3</sup>/mes.

En el Estudio de Impacto Ambiental se ha utilizado el software IHARIS (Ministerio de Medio Ambiente y CEDEX; Martínez Santa-María, C. & Fernández Yuste J.A., 2008. IAHRIS Índices de Alteración Hidrológica en Ríos. Manual de Referencia Metodológica. Versión 1) para el cálculo de la alteración hidrológica prevista tras la ejecución de las obras. Complementariamente, se ha utilizado la herramienta RAC (Régimen Ambiental de Caudales) de este software para reformular los caudales ecológicos de las masas.

Atendiendo a los parámetros que analiza la Directiva Marco del Agua, en el área de estudio, la cuenca del Cueva contiene tres masas de agua, todas ellas son ríos naturales y están tipificados como “ríos mineralizados de la meseta norte”:

- Masa 179, Río Cueva desde la cabecera hasta la confluencia con el arroyo de Fuentearriba.
- Masa 180, Arroyo Cueva de Cabañas desde cabecera hasta confluencia con arroyo de Fuentearriba,
- Masa 182, Río Cueva desde la confluencia con arroyo Fuentearriba hasta confluencia con el río Carrión y arroyo de Fuentearriba.

Por su parte, las tres masas de agua del río Carrión que se encuentran entre la derivación y la confluencia del río Cueva son 150, 152 y 153.

La única zona protegida (art. 6 DMA) es el LIC Riberas del Río Carrión y afluentes, y no hay tramos aptos para la vida piscícola.

En el Cueva hay inventariadas presiones antrópicas a lo largo de todo su trazado: 25 km de encauzamiento, 4 azudes, 8 fuentes puntuales de contaminación, 1 captación superficial y 2 captaciones subterráneas.

El análisis del estado ecológico ha sido realizado en base a los datos disponibles en el borrador del Plan Hidrológico del Duero (masas 150, 152 y 153) y por muestreos de campo realizados por GESNA en julio de 2012 (masa 179 y 182). Teniendo en cuenta que hay 5 categorías: Muy bueno/máximo, Bueno, Moderado, Deficiente y Peor que bueno, y con las precauciones derivadas la adecuación con criterio de experto de los

indicadores de regímenes hidrológicos continuos al caso de las masas 179 y 182, el resumen de los resultados obtenidos se detallan en la siguiente tabla:

Masa	Estado ecológico
150	Moderado
152	Bueno
153	Moderado
179	Moderado
182	Moderado

Los objetivos medioambientales previstos para las masas de agua 179 y 182 han de alcanzar o mantener el buen estado ecológico en el año 2.015.

El área de estudio pertenece una única masa de agua subterránea, la denominada “Carrión”. Esta masa se sitúa en el sector occidental de la provincia de Palencia, coincidiendo con el límite de la de León en gran parte del límite oeste y hacia el sur viene marcado por los ríos de la Cueva y Valdeginete. El límite oriental se sitúa en el curso del río Carrión. El norte queda definido por las sierras cantábricas en las proximidades de Guardo. Los límites formados por el contacto con los materiales paleozóicos cabalgantes de la masa de Guardo, y por las divisorias de aguas de los ríos Valdeginete y Cueva. El sentido del flujo subterráneo regional indica una salida de aguas hacia las masas del sur y sureste.

La geomorfología fluvial del río Cueva es del tipo Recto y la clasificación de Rosgen resulta ser A-6. El caudal de bankfull se asemeja en todas las secciones al caudal para un periodo de retorno  $T = 10$  años.

Con la aplicación del índice hidrogeomorfológico (IHG), la calidad morfológica es Moderado (masa 179) y Deficiente (Masa 182). En ambos casos es destacable la baja puntuación que se obtiene en la mayor parte de los parámetros analizados referentes a la calidad funcional del sistema, la naturalidad del trazado y de la morfología en planta, y muy especialmente en los de calidad de las riberas, pues la vegetación de ribera se encuentra en un estado muy malo.

#### ➤ Vegetación y flora

La vegetación potencial de la zona de estudio se adscribe al tipo climático-estructural subesclerófilo. El tipo de bosque potencial en estas zonas es el rebollar (*Quercus pyrenaica*), si bien en condiciones de mayor xericidad y preferentemente en sobre suelos arcillosos aparecería el quejigo (*Quercus faginea*) y la encina (*Quercus ilex*).

A grandes rasgos, puede decirse que en el ámbito de estudio dominan los cultivos de cereal en régimen de secano en los fondos de los valles, quedando relegadas las masas forestales a los lugares donde no es posible la labor agrícola. Las principales formaciones naturales de las laderas y pequeñas elevaciones son los pinares de repoblación y los bosques de quercíneas, mientras que junto a los principales cursos fluviales hay plantaciones de chopos y bosques de galería más o menos desarrollados. Los arroyos secundarios dan cabida a herbazales hidrófilos y eriales. Los cursos fluviales son sometidos con frecuencia a quemas y desbroces de vegetación, lo que impide una verdadera evolución de la calidad.

En la zona de estudio no se han detectado taxones de flora amenazada.

### ➤ **Fauna**

La fauna del área de actuación responde, a grandes rasgos, al patrón de una comunidad mediterránea moderadamente diversificada y de sustrato en gran medida generalista. La fracción más relevante se ciñe de forma estricta a los ecosistemas acuáticos fluviales, resultando más bien discreta la biodiversidad animal identificada con los hábitats terrestres. En esto último tiene un peso determinante el abrumador dominio que ejercen los cultivos de secano en el territorio, resultando muy precaria la oferta de ambientes naturales bien estructurados.

Entre las especies que pueden hacer un uso mínimamente relevante del ámbito de estudio, es marginal la representación de las consideradas como severamente amenazadas (“en peligro” o “en peligro crítico”) en los diferentes “libros rojos” o evaluaciones análogas realizadas en los últimos tiempos. La única especie local que tiene un estatus de estas características a nivel nacional es el milano real. Éste se ha diagnosticado “en peligro” en España (Inventario Nacional de Hábitats y Taxones, 2002), pero también han recibido la misma consideración en el Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 139/2.011). Se trata de una rapaz que cría localmente en los sotos del Carrión, pero cuyo estatus en la zona de actuación es típicamente de ave invernante. Por su parte, la lamprehuela ha sido catalogada como “en peligro”, a nivel mundial en base a la “Lista Roja” de la IUCN (versión 2011.1). Este pez está presente en bajo número en el río Cueva, si bien dicho contingente se debe considerar como una parte satélite de la población del Carrión. En definitiva, pese a su valor intrínseco, se concluye que para ambas especies el marco de intervención tiene una importancia marginal. Ello queda plenamente avalado por la ausencia de figuras de protección del territorio justificadas precisamente en base a aquéllas.

Sin duda, la fracción más relevante de la fauna local la constituye la comunidad de peces autóctonos. Ésta es especialmente rica en el Carrión, respecto a la cuya composi-

ción, la que reside en el sistema Cueva-Fuente arriba representa una versión simplificada. En este último contexto, la ictiofauna consta de forma estable de cuatro especies (bermejuela, lamprehuela, bordallo y gobio), de forma que esencialmente están ausentes los peces que alcanzan tallas mayores (boga del Duero, barbo común y tenca). Éstos están citados en la subcuenca, con lo que parece que se habrían rarificado o desaparecido en tiempos recientes; presumiblemente, a resultas una pérdida de caudal en la cuenca del Cueva. Por último, debe significarse el escaso peso específico de las especies alóctonas.

Por su parte, la población de nutria paleártica hace una explotación del territorio acorde con las características de la red fluvial de la zona. En tanto que el Carrión, con su régimen regular y sus notables galerías riparias es acreedor de una presencia estable; la cuenca del Cueva, de caudal acusadamente temporal, sólo es capaz de ofrecer recursos para un uso irregular.

Las aves esteparias tienen en el marco de actuación una representación bastante nutrida. Sin embargo, la entidad local de sus poblaciones es en general muy discreta, en tanto que, por diversas razones, las prestaciones de los hábitats no son las más adecuadas para estos animales. Tan sólo el aguilucho cenizo se perfila como una especie susceptible de hacer una explotación notable de los cultivos de secano de la zona.

La comunidad local de rapaces forestales es diversa, pero muy pobre en cuanto a la inclusión de las especies ibéricas más frágiles desde el punto de vista de la conservación. La mayor riqueza de éste colectivo se centra en los sotos riparios del Carrión, ya que en la parte media-alta de la cuenca del Cueva las formaciones arboladas tienen una representación escasa y estructuralmente están poco desarrolladas.

La mayoría de los restantes taxones que son referentes obligados de cara a la evaluación ambiental del Proyecto, representados en el marco de actuación, están más o menos relacionados con el medio fluvial: rata de agua, sapillo pintojo ibérico, odonatos del género *Coenagrion*. Sin embargo, es preciso significar que especies como el cangrejo de río ibérico o el desmán ibérico estarían actualmente ausentes de él.

### ➤ Paisaje

En un sentido amplio, en la zona de actuación se encuentran tres macrounidades de paisaje que son: Páramos detríticos Castellano Leoneses (Paisaje 75.11 Páramo del interfluvio Cea-Carrión), Campiñas de la meseta norte (Paisaje 51.06-Campiñas de tierra de campos) y Vegas del Duero (Paisaje 55.12-Vega del río Carrión), tal y como recoge el “Atlas de los Paisajes de España”.

En una aproximación más precisa al entorno de estudio, se ha identificado seis unidades paisajísticas según la naturaleza de los elementos presentes, cuya calidad, fragilidad y susceptibilidad se ha calificado como se detalla en la siguiente tabla:

DENOMINACIÓN	CALIDAD	FRAGILIDAD	SUSCEPTIBILIDAD
Campiñas. Cultivos herbáceos de secano	Media	Media	MEDIA
Vegas	Media	Media	MEDIA
Curso fluvial y riberas	Alta	Alta	MUY ALTA
Cuestas y cerros que delimitan las vegas	Alta	Alta	MUY ALTA
Plantaciones y repoblaciones zonas llanas	Alta	Media	ALTA
Elementos antrópicos	Baja	Media	BAJA

### ➤ Espacios naturales protegidos y de interés

En la zona de estudio no se encuentran espacios naturales protegidos de los pertenecientes a la Red de Espacios Naturales de Castilla y León (Ley 8/1.991 de 10 de mayo) ni tampoco existe ninguna Zona Húmeda de Interés Especial (Decreto 125/2.001, de 19 de abril, por el que se modifica el Decreto 194/1994, de 25 de agosto, y se aprueba la ampliación del Catálogo de Zonas Húmedas de Interés Especial).

Los hábitat de interés comunitario identificados en la zona de estudio (banda de 300 m entorno a las actuaciones) se detallan en la siguiente tabla, indicando con un asterisco aquellos declarados de carácter prioritario.

Denominación	Cod. UE	Prioritario	Descripción
Estepas	1510	*	Estepas salinas (Limonietalia)
Vegetación hidrofítica	3150	Np	Lagos eutróficos naturales con vegetación Magnopotamion o Hydrocharition
Bonales	3170	*	Estanques temporales mediterráneos
Vegetación hidrofítica	3260	Np	Ríos, de pisos de planicie a montano con vegetación de Ranunculion fluitantis y de Callitriche-Batrachion
Matorrales basófilos	4090	Np	Brezales oromediterráneos endémicos con aliaga
Tomillares crioturbados	6170	Np	Prados alpinos y subalpinos calcáreos
Majadales	6220	*	Zonas subestépicas de gramíneas y anuales del Thero-Brachypodietea
Juncuales churreños	6420	Np	Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del Molinion-Holoschoenion
Saucedas	92A0	Np	Bosques galería de Salix alba y Populus alba
Melojares	9230	Np	Robledales galaico-portugueses con Quercus robur y Quercus pyrenaica
Encinares	9340	Np	Encinares de Quercus ilex y Quercus rotundifolia

La comarca en la que se desarrolla el proyecto, Saldaña-Valdavia, se adscribe a la Zona I del Plan de Conservación y Gestión del Lobo (Decreto 28/2.008, de 3 de abril).

En el área de estudio se encuentran los siguientes Montes de Utilidad Pública:

TERMINO MUNICIPAL	NÚMERO	NOMBRE
Poza de la Vega	MUP 484	Las cárcavas y los sotos
Poza de la Vega/Villaluenga de la Vega	MUP 286	Cuesta y costana y Barquillo
Santervás de la Vega/Villarabé	MUP 329	La Perionda
Villarabé	MUP 360	El Hoyo
Villarabé	MUP 343-A	El Hoyo
Lagartos	MUP J	Tordillos
Lagartos	MUP F	El Carrasco
Lédigos	MUP K	Carraca Matalavilla Roturos
Lagartos	MUP I	Quenco, Majuelo y Valdeladrón
Población de Arroyo	MUP N	Paramillo
Población de Arroyo	MUP M	Carrascal

#### ➤ Red Natura 2000

El único espacio integrante de la Red Natura 2000 que se verá afectado por el proyecto será el LIC “Riberas del Carrión y Afluentes” (ES4140077). Este LIC fluvial ocupa una superficie de 678,39 ha e incluye varios tramos fluviales de la subcuenca del río Carrión: 3 tramos del río Carrión, 1 tramo del río de la Cueva y el arroyo del Valle (arroyo Fuentearriba).

Entre los valores ambientales de este lugar destacan los hábitats fluviales, en especial los bosques de galería de sauces y álamos. Asimismo destaca las buenas poblaciones de algunas especies de peces continentales así como la presencia de nutria y desmán de los pirineos.

#### ➤ Patrimonio cultural

Según los datos obtenidos del Inventario de Bienes del Patrimonio Cultural de Castilla y León, de los Servicios Territoriales de Cultura y Turismo de Palencia y León en el ámbito del proyecto se localizan los siguientes yacimientos:

- Cerro de la Mota, perteneciente al término municipal de Cervatos de la Cueva.
- La Olmeda en el término municipal de Poza de la Vega
- Las Viñas y Villagatón pertenecientes al término municipal de Santervás de la Vega
- Oncilla en el término municipal de Lédigos
- Alto de la Loma y El Tobosillo/Vallejuelo en el término municipal de Lagartos
- La Ermita en el término municipal de Cervatos de la Cueva

Debido a la presencia de yacimientos arqueológicos inventariados en las cercanías de las obras proyectadas, se realizó una prospección arqueológica superficial (el informe se incluye en el EsIA). Como resultado de dicha prospección se localizaron yacimientos, todos ellos del tipo material cerámico y constructivo, de varias épocas, que son los siguientes:

Zona del proyecto	Nombre del yacimiento	Descripción
Canal	La Vargona	Dispersión de material cerámico y constructivo de época moderno-contemporánea
Embalse Cueva 2	La Solana	Dispersión de material cerámico y constructivo de época moderno-contemporánea
Embalse Cueva 2	La Ermita	Dispersión de material constructivo y cerámico de época medieval. Yacimiento de Carta Arqueológica: 34-055-0001-03
Embalse Cueva 2	Muerte del Niño	Restos cerámicos de época romana
Embalse Cueva 2	Valle de la Cruz	Cerámicas grises con incisiones, de época medieval
Embalse Cueva 2	San Cristóbal	Restos de cerámica común de época romana
Embalse Cueva 2	San Cristóbal 2	Dispersión de material cerámico y constructivo de época moderno-contemporánea

Según la información proporcionada por la Junta de Castilla y León en el ámbito de estudio, existen las siguientes vías pecuarias:

TÉRMINO MUNICIPAL	NOMBRE	ANCHURA LEGAL	FECHA DE CLASIFICACIÓN
Cervatos de la Cueva	Colada de Villalcón	10,00	13/10/1965
Villarrabé	Cañada Real Leonesa	75,22	22/05/1963
Villarrabé	Colada Cañada de las Vacas	0,00	22/05/1963

Hay que destacar la presencia del Camino de Santiago en el área de estudio del proyecto que, aunque se encuentra próximo a las obras proyectadas, no se verá afectado ni durante la fase de construcción ni durante la de explotación.

### ➤ Socioeconomía

El proyecto se desarrolla mayoritariamente en la provincia de Palencia, aunque tiene una pequeña incursión en la provincia de León. La actuación, por tanto afecta de forma directa a los siguientes municipios, pudiendo dividirse esta clasificación a su vez por la infraestructura que provoca la afección:

Población	Provincia	Afección
Poza de la Vega	Palencia	Canal de alimentación
Villaluenga de la Vega	Palencia	Canal de alimentación
Santervás de la Vega	Palencia	Canal de alimentación
Villarabé	Palencia	Canal de alimentación
Lagartos	Palencia	Presas
Lédigos	Palencia	Presas
Población de arroyo	Palencia	Presas
Cervatos de la Cueva	Palencia	Presas
Villalcón	Palencia	Presas
Sahagún	León	Presas

La zona directamente afectada por el proyecto, se puede comprobar que la zona está sufriendo un progresivo descenso poblacional, aunque se está ralentizando en los últimos años. La tasa de feminidad de los municipios afectados muestra una mayor proporción de varones. En general, se observa un claro envejecimiento de la población con contingentes poblacionales muy importantes mayores de 65 años.

El movimiento natural de la población muestra una tendencia recesiva, ya que el número de nacimientos es bajo y disminuye año a año mientras que las defunciones aumentan.

En cuanto a las migraciones, el fenómeno de emigración que ha experimentado la zona en los últimos años y que ha contribuido a minimizar el efecto del crecimiento vegetativo negativo, se está viendo frenado debido a la crisis económica.

La zona de estudio muestra, a su vez, una escasa densidad poblacional, incluso inferior a la ya baja media provincial, llegando en algunos casos a densidades inferiores a 3 habitantes por kilómetro cuadrado. Los municipios que presentan mayor densidad poblacional se corresponden con los núcleos que ostentan la capital comarcal.

La actividad económica se encuentra casi monopolizada por el sector primario, del que dependen la mayor parte de los trabajadores de los municipios afectados por el proyecto, principalmente los de menor población. En los municipios con mayor población, y

también en la capital de comarca, crece el número de trabajadores adscritos al sector secundario y, sobre todo, al sector servicios. Estas capitales comarcales aglutinan la mayor parte de los servicios de la comarca.

La tendencia económica a nivel comarcal apunta hacia la terciarización, especialmente destacable en la cabecera de la comarca, pero es evidente que la economía de la zona se sustenta en la agricultura y esto contribuye a su vez a que la mayoría de los trabajadores no tiene que desplazarse de su municipio para realizar su trabajo.

En cuanto al sector primario del ámbito de estudio, destaca la agricultura de cereal en régimen de secano, quedando el regadío relegado a las vegas del Carrión. Además, hay que remarcar que la zona se encuentra adscrita a varias denominaciones de origen, entre ellas la de lenteja pardina de “tierra de campos” y la del “lechazo de Castilla y León”.

## **9.4. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS**

### **9.4.1. Metodología**

La metodología para evaluar los impactos potencialmente causados por la actuación se encuentra condicionada por las características del medio físico, biótico y social en el que se desarrollarán las actuaciones y por la naturaleza de las actuaciones objeto de análisis.

Para proceder a la evaluación de impactos se ha recurrido a la aplicación del Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental (actualmente vigente el Real Decreto Legislativo 1/2.008). Así, para cada aspecto del medio se ha procedido a caracterizar los efectos y valorar los impactos, teniendo en cuenta cada una de las alternativas. Para su valoración se han tenido en cuenta las categorías de impacto establecidas por la normativa ambiental (impacto nulo, compatible, moderado, severo y crítico) añadiendo además el impacto positivo. Para permitir la comparación de alternativas se han utilizado categorías intermedias de impacto: compatible-moderado, moderado-severo, severo-crítico, etc.

### **9.4.2. Matriz de impacto**

La identificación de impactos se ha realizado a través de una matriz de identificación de impactos en la cual se han señalado 17 acciones del proyecto susceptibles de causar impactos sobre 26 aspectos del medio diferenciados. Las acciones del proyecto se han dividido por fases, de forma que se ha diferenciado entre impactos producidos en fase de construcción y fase de explotación.

En la identificación se ha diferenciado entre impactos positivos y negativos, añadiendo una categoría para los de signo incierto.

A continuación se incluye la matriz de impactos:

COMPONENTES DEL MEDIO ACCIONES DEL PROYECTO	MEDIO ATMOSFÉRICO		GEO Y SUELO				HIDROLOGÍA				VEGETACIÓN Y FLORA			FAUNA			PAISAJE	PATRIMONIO CULTURAL		ESPACIOS PROTEGIDOS O DE INTERÉS		RED NATURA		MEDIO SOCIOECONÓMICO			
	CALIDAD DEL AIRE	RUIDO	CAMBIO DE RELIEVE	ESTABILIDAD DE TALUDES Y LADERAS	SUELOS	EROSIÓN	SUPERFICIAL	CALIDAD DEL AGUA	SUBTERRÁNEA	GEOMORFOLOGÍA FLUVIAL	ESTADO ECOLÓGICO	VEGETACIÓN MEDIO FLUVIAL	VEGETACIÓN TERRESTRE	ESPECIES PROTEGIDAS	FAUNA ACUÁTICA Y RIPARIA	FAUNA TERRESTRE	CONECTIVIDAD FAUNÍSTICA	CALIDAD E INCIDENCIA	PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO	VÍAS PECUARIAS	HÁBITAT DE INTERÉS COMUNITARIO	MONTES DE UTILIDAD PÚBLICA	HÁBITAT DE INTERÉS COMUNITARIO	ESPECIES PROTEGIDAS	INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS	ECONOMÍA COMARCAL	
FASE DE CONSTRUCCIÓN	C.1	Ocupación de suelo																									
	C.2	Contratación de mano de obra																									
	C.3	Tránsito de personal, maquinaria pesada y vehículos de obra																									
	C.4	Acondicionamiento del terreno																									
	C.5	Movimiento de tierras																									
	C.6	Présamos																									
	C.7	Construcción y operación en instalaciones auxiliares de obra y zonas de acopio, desmantelamiento y cierre																									
	C.8	Construcción de presa y elementos auxiliares																									
	C.9	Construcción del canal de derivación																									
	C.10	Desvío, corte y reposición de caminos, carreteras y acequias																									
	C.11	Reposición/instalación de línea eléctrica																									
FASE DE EXPLOTACIÓN	E.1.	Presencia de las presas y elementos asociados																									
	E.2.	Presencia de los embalses																									
	E.3.	Presencia del canal de derivación																									
	E.4.	Funcionamiento del sistema de regulación adicional																									
	E.5.	Infraestructura viaria permanente																									
	E.6.	Línea eléctrica																									

-

+

0

Impacto negativo

Impacto positivo

Impacto indeterminado

0 Impacto indeterminado

+ Impacto positivo

- Impacto negativo

#### 9.4.3. Principales componentes del medio afectados y acciones causantes de impacto

##### ➤ Impactos sobre el medio atmosférico

Los efectos más destacados son los que se producen en la fase de construcción, pues el movimiento de tierras, tránsito de maquinaria, etc. va a empeorar la calidad del aire (por generación de polvo y gases contaminantes) y va a incrementar los niveles ruido. En la fase de explotación tanto la calidad del aire como los niveles de ruido serán similares a los actuales.

##### ➤ Impactos sobre gea y suelo

Los impactos sobre la gea y el suelo serán debidos fundamentalmente a la ocupación del suelo y los movimientos de tierras.

Durante la fase de construcción se producirán cambios de relieve derivados de los movimientos de tierra, riesgo de inestabilidad de las laderas de los nuevos taludes generados, pérdida y alteración de las propiedades físicoquímicas del suelo (ocupación, compactación, vertidos accidentales) y riesgo de erosión en todas las nuevas superficies o aquellas que hayan sido desbrozadas.

Durante la fase de explotación, la suave pendiente que presentan las laderas de cierre de la zona inundada, junto con las características geotécnicas de los materiales hacen que no resulten esperables inestabilidades de las laderas de importancia dentro de los vasos de inundación de las presas. Por otra parte se producirá la ocupación del suelo por las láminas de agua de los embalses y existirá riesgo de erosión en las partes del embalse que no estén cubiertas de agua en los periodos de llenado y vaciado.

##### ➤ Impactos sobre la hidrología

Las afecciones sobre la hidrología se han analizado desde el punto de vista de la hidrología superficial, la hidrología subterránea, la calidad de las aguas, la geomorfología fluvial y el estado ecológico.

Los efectos más destacados en cuanto a la hidrología superficial se producen en fase de explotación por dos motivos: la derivación de caudales desde el Carrión y la creación de tres embalses. En el primer caso produce una la modificación del régimen hidrológico porque las aportaciones provenientes del río Carrión incrementan el caudal circulante por la Cueva, especialmente durante el periodo de demanda de riego (primavera-verano). Es una modificación es destacada en el Cueva y asumible en el Carrión. Se modifica, asimismo, el régimen de avenidas. Las modificaciones del régimen hidrológi-

co condicionan muchos de los impactos sobre el resto de elementos del medio, por estar estos muy vinculados al río.

En el segundo caso, la consecuencia de la creación de los embalses y de la presencia de las presas es la reducción de la calidad de la geomorfología fluvial en esos tramos, pero también un riesgo de eutrofización de las aguas embalsadas, lo que está vinculado al empeoramiento de la calidad de las aguas en fase de explotación.

Otros impactos de menor entidad son: la modificación del régimen de esorrentía por la construcción de obras lineales (canal de derivación y reposición de P-235), donde se ha previsto el paso del agua a través de obras de drenaje; el aumento de la turbidez de las aguas durante la construcción, solo cuando circule agua por el cauce; y las inferencias con las aguas subterráneas, que se han considerado inexistentes o evitables.

Como compendio de todo lo anterior, se ha analizado el estado ecológico de las masas de agua afectadas, según la previsión de variación de los indicadores de carácter físico-químico, biológico e hidromorfológico, concluyendo que no habrá modificaciones en su calificación final, aunque se produzca una merma de la calidad. Sin embargo, hay tres tramos que van a cambiar parcialmente su carácter de “masa de agua natural” por “masa muy modificada”, debido al establecimiento de los tres embalses.

#### ➤ **Impactos sobre la vegetación y flora**

Se ha cuantificado la superficie de cada comunidad vegetal afectada directamente por las obras y por la inundación de los embalses, también se ha cuantificado la vegetación riparia que queda aguas abajo de las cerradas. Para evaluar la afección se ha tenido en cuenta el valor ambiental de cada unidad de vegetación y su carácter ripario o terrestre.

El efecto más significativo se produce en fase de explotación, por la pérdida de cubierta vegetal debida a la inundación del vaso de los embalses. También en fase de construcción, el canal de derivación ocupa una extensa superficie en la que la vegetación desaparece con carácter permanente. En ambos casos, la mayor parte de la superficie afectada está clasificada de bajo valor ambiental y además no hay ninguna especie protegida.

La vegetación riparia afectada, calificada como de alto valor, es tan deficiente en calidad como poco abundante en la zona. La eliminación de estas comunidades supone una pérdida de biodiversidad por el segundo motivo, pero lo cierto es que la baja calidad de estas formaciones hace que su valor real sea muy bajo. Es por ello que la presencia de caudales circulantes a lo largo de todo el año podría mejorar sustancialmente las comunidades que se encuentran aguas abajo de las presas, no en cuanto a superficie, pues se encuentran constreñidas entre las motas, pero sí en composición específica y densidad.

### ➤ Impactos sobre la fauna

La evaluación de los impactos sobre la fauna se ha realizado en base a la integración de tres componentes: el colectivo de especies acuáticas o riparias, la comunidad más típicamente terrestre y la conectividad. En este caso, efectuar una valoración global no resulta fácil, a causa de la gran cantidad y diversidad de efectos considerados, así como de los elementos potencialmente afectados por ellos. Además, dicha complejidad se acentúa de forma determinante a resultas de dos aspectos muy difíciles de ponderar como son, por una parte, un medio preoperacional sensiblemente alterado, y, por otro lado, el hecho de que los aspectos con un mayor potencial lesivo tienen una expectativa de ocurrencia muy incierta.

La conectividad es la componente que se prevé que puede acusar el impacto más alto, en concreto, a causa del efecto barrera que generarán las tres nuevas presas para las especies estrechamente ligadas al medio acuático (en particular, los peces autóctonos) del río de la Cueva y del arroyo de Fuentearriba. Dicha afección localizada, no obstante, contrasta con la manifiesta mejora que, para los mismos organismos, experimentarán las partes bajas de los cursos como resultado del incremento de los caudales. A ello se une la creación de un conector artificial con el Carrión, como es el canal de derivación; con lo que se concluye que la reducción de la movilidad de individuos o de la continuidad de algunas poblaciones no va a implicar un riesgo grave de fragmentación y aislamiento genético. Esta lectura es perfectamente extensible a los animales de perfil anfibio o típicamente terrestre, para quienes ni las presas ni las infraestructuras lineales asociadas al Proyecto (canal de derivación y reposición de la carretera P-235) representan obstáculos realmente infranqueables.

Más allá de la componente con protagonismo propio que representa en este tipo de casos la conectividad, el impacto sobre las especies faunísticas se ha analizado esencialmente a través la valoración de la mortalidad directa de los individuos y la afección sobre los hábitats. Desde ambos puntos de vista, las repercusiones negativas diagnosticadas sólo pueden llegar a ser relevantes, tanto desde un punto de vista cuantitativo como cualitativo, en el caso de los animales estrictamente acuáticos. En este último sentido, es importante subrayar el carácter excepcional de los efectos que pueden llegar a mermar el estado de conservación actual de las especies de referencia (bien desde el punto de vista de su grado de protección legal, bien desde la perspectiva de la fragilidad intrínseca de sus poblaciones) de la comunidad faunística local. Las potenciales consecuencias adversas más graves se adscriben a la fase de construcción y se corresponden con eventuales episodios de carácter accidental: vertidos, arrastres sólidos, alteración del lecho fluvial, etc. En fase de explotación los aspectos más lesivos contemplables son los epi-

sodios de eutrofia en los embalses y la llegada de peces exóticos al sistema, supuestos ambos que tampoco tienen que darse necesariamente.

Finalmente, en la valoración de los impactos sobre la fauna debe conferirse una ponderación destacada a dos aspectos. El primero radica en que no es esperable una afección mínimamente apreciable sobre la comunidad fluvial del Carrión. Por otra parte, es igualmente muy relevante el incremento de las posibilidades de explotación del medio que, con toda probabilidad, disfrutarán las especies de todos los perfiles ecológicos (acuático, ripario o terrestre) en la cuenca del Cueva. Las nuevas infraestructuras y la derivación de caudales ofrecerán un surtido de nuevos hábitats (embalses, taludes, puentes), o de versiones mejoradas de los existentes (formaciones riparias, setos arbustivos, etc.), que sin duda debe tener una repercusión positiva sobre la biodiversidad local.

#### ➤ **Impactos sobre el paisaje**

Durante la fase de construcción las actividades que directamente producen una modificación en la geomorfología y vegetación existentes, o la introducción de nuevos elementos, suponen una alteración del paisaje, ya que constituyen parte de sus componentes básicos, provocando, generalmente una pérdida de calidad paisajística y una alteración de las características compositivas del paisaje preexistente.

Los efectos que se producen sobre el paisaje en la fase de explotación son por una parte los derivados de la intrusión visual vinculada a la presencia de las infraestructuras proyectadas y por otra parte la presencia de la lámina de agua de los embalses.

Se ha utilizado un sistema de información geográfica para cuantificar el posible efecto barrera que provocan las presas sobre el campo visual de los observadores se han considerado tres puntos de vista: desde los núcleos urbanos, desde las principales carreteras del entorno (A-231 y N-120) y desde el Camino de Santiago. Se ha comprobado que la reducción del campo visual es mínima en todos los casos.

#### ➤ **Impactos sobre los espacios naturales protegidos y de interés**

Se ha analizado la posible afección del proyecto sobre los espacios que cuentan con algún tipo de protección legal o que son de interés por los elementos que protegen (hábitats de interés comunitario y Montes de Utilidad Pública).

Los principales efectos son debidos a la ocupación de suelo, ya sea temporal o permanente, ya que sobre ella se realiza un despeje y desbroce de vegetación y una modificación de las propiedades estructurales y topográficas. En los casos de ocupación permanente, será preciso tramitar un expediente de prevalencia de demanialidad.

Por otra parte también se ha analizado la posible afección indirecta que pudieran sufrir los hábitats de interés comunitario asociados al medio fluvial que se encuentran aguas abajo de las presas como consecuencia de la modificación del régimen hidrológico, durante la fase de explotación.

### ➤ Impactos sobre Red Natura

El mantenimiento de la integridad del LIC Riberas del río Carrión y afluentes se ha analizado desde el punto de vista de las afecciones en la estructura y funciones ecológicas del espacio en toda su superficie, particularizando esto sobre la coherencia que aportan los hábitats y las poblaciones de especies que han motivado su designación, es decir, la afección sobre los objetivos de conservación que aparecen recogidos en el Formulario Normalizado de Datos.

Para evaluar el impacto del proyecto se han tenido en cuenta los objetivos de conservación de dicho lugar, atendiendo al estado de conservación, superficie e integridad ecológica de los hábitats naturales y los hábitats de especies, así como a la coherencia del espacio en sí mismo.

Pese a los impactos en principio positivos derivados de la mejora probable a medio-largo plazo de los hábitats situados aguas abajo de las cerradas en fase de explotación, no puede obviarse que la actuación afecta directamente a un espacio de la Red Natura y que la ruptura de la continuidad longitudinal es evidente y muy notable. Además, la construcción de la presa de Fuentearriba va a suponer la pérdida de superficies de hábitat de interés comunitario, ninguno de ellos calificado como prioritario, y la ocupación definitiva de parte del LIC.

En cuanto a las especies de interés comunitario (EIC), ninguna de ellas calificada como prioritaria, hay que señalar la ausencia actual de tres de ellas (desmán ibérico, boga del Duero y cangrejo de río ibérico) en el marco de las actuaciones. En cuanto al resto (nutria paleártica, sapillo pintojo ibérico, bermejuela y *Coenagrion mercuriale*), no sólo no se espera una merma significativa de los valores de las poblaciones locales, sino que incluso podría mejorar (extensible a la boga del Duero) a resultas de la nueva regulación. En general puede decirse que la salvaguarda de los fines últimos de Natura 2000 respecto a las EIC no se verán comprometidos con la ejecución del Proyecto.

Así pues, la integridad del espacio LIC Riberas de río Carrión y afluentes no va a verse comprometida, pues la afección a los hábitats naturales y a los hábitats de especies que protege no merma de forma significativa el estado de conservación de los mismos, quedando garantizada su capacidad de autorregeneración y autorrenovación en condiciones

dinámicas, con mínimos apoyos exteriores. La reducción de superficie y calidad es muy pequeña en el global del LIC y los niveles poblacionales no son puestos en peligro.

Por su parte, la coherencia la Red Natura 2000 se analiza en cuanto a ocupación superficial que producen las obras permanentes y al mantenimiento de la conectividad funcional. En ambos casos se concluye que no existe fragmentación apreciable, por lo que la coherencia de la Red no se ve amenazada.

#### ➤ **Impactos sobre el patrimonio cultural**

Durante la fase de construcción los impactos producidos sobre los elementos del patrimonio cultural son puntuales, afectando únicamente en aquellos lugares en que las actuaciones proyectadas interceptan algún elemento cultural de los catalogados o detectados durante las prospecciones arqueológicas. De acuerdo con la prospección arqueológica realizada, se producirá la afección únicamente el yacimiento denominado “La Vargona”, se verá afectado por el canal de derivación (6+600 al 6+800).

La afección en fase de explotación sobre el patrimonio arqueológico viene determinada exclusivamente por el anegamiento de los vasos de los tres embalses previstos. De acuerdo con la prospección arqueológica realizada, se producirá la afección de 6 yacimientos arqueológicos en el embalse de la Cueva 2. Estos elementos estarán por tanto sujetos a un régimen de inundación temporal. La afección derivada de este régimen tiene dos vertientes: en primer lugar, la potencial acción erosiva o de arrastre del agua sobre los elementos patrimoniales, y en segundo lugar la acción sedimentadora de la presa que contribuirá a confinar los elementos patrimoniales subyacentes.

#### ➤ **Impactos sobre la población y actividad económica**

Las principales afecciones sobre la población y la actividad económica se centran en los servicios afectados durante las obras y en los cambios en la economía comarcal.

Los impactos sobre las infraestructuras y los servicios existentes, causados por la ocupación del suelo derivada de la ejecución del proyecto, apertura de nuevos caminos, desvíos, corte y reposición de caminos, carreteras y las líneas eléctricas afectadas. Esta afección consiste en diversos cambios que pueden provocar un funcionamiento anómalo, o el no funcionamiento, de las infraestructuras y servicios afectados por el proyecto.

Los cambios más importantes que se producirán sobre la economía comarcal durante el periodo de construcción se derivarán de la necesidad del proyecto de contratar mano de obra. Estos cambios se traducirán en un aumento significativo de la demanda de la mano de obra en el sector de la construcción. De forma secundaria, esta demanda de mano de obra provoca una demanda de servicios y genera unas necesidades que reper-

cutirán en el sector terciario de las localidades colindantes. En esta fase el sector primario se verá afectado negativamente de forma mínima por las obras, debido al cambio de uso que supone la ocupación.

En la fase de explotación, las afecciones negativas se centrarán principalmente sobre el sector primario, y se derivarán de la necesidad de expropiación de los terrenos que quedarán inundados. Esto provocará una merma de la superficie disponible para cultivo, lo que repercutirá sobre la productividad de sector primario en la zona. Por otra parte durante la fase de explotación, la nueva regulación producirá un impacto positivo derivado de garantías de riegos en el sistema de explotación del río Carrión.

#### **9.4.4. Valoración de impactos y conclusiones**

Si bien en muchas ocasiones es difícil definir en términos globales el impacto sobre cada elemento del medio, por concurrir en cada uno muchos factores, en ocasiones de signo contrapuesto o con distinta importancia, se ha tratado de asignar una categoría que resuma de forma global la afección del proyecto sobre cada uno de los elementos del medio que se han considerado principales.

Del análisis del inventario del medio se desprende que los aspectos de mayor peso o interés ambiental corresponden a la intervención sobre un espacio de Red Natura 2000, la modificación del régimen hidrológico y de la geomorfología fluvial. Vinculado a ello, la fauna y vegetación ligadas al LIC Riberas del río Carrión son factores del medio con alto peso en la valoración de los impactos, aunque, mientras que la fauna tiene características relativamente destacadas, la vegetación del entorno tiene un bajo valor ambiental, en su conjunto.

En la tabla siguiente se resumen los impactos globales sobre cada elemento del medio:

ELEMENTO DEL MEDIO	VALORACIÓN GLOBAL DEL IMPACTO
Medio atmosférico	Compatible
Gea y suelo	Moderado
Hidrología	Moderado-Severo
Vegetación y flora	Moderado
Fauna	Severo
Paisaje	Moderado
Espacios de interés	Moderado
Red Natura 2000	Moderado-Severo
Bienes materiales y patrimonio	Compatible
Medio socioeconómico	Favorable

## 9.5. PROPUESTA DE MEDIDAS PROTECTORAS Y CORRECTORAS

Una vez descrito el medio en el que se inserta la actuación, y realizado un análisis y valoración ambiental de las alternativas de actuación planteadas, se procede a indicar una serie de medidas de prevención y/o corrección tendentes a minimizar o eliminar las alteraciones producidas por la realización del Proyecto. Dentro de las medidas que se definen en el Estudio, se distinguen dos tipos de medidas:

- Medidas de carácter genérico de minimización de impactos y protección del medio ambiente en general, cuya aplicación implica un correcto desarrollo de las obras.
- Medidas de carácter específico, centradas en aspectos o impactos concretos dentro de cada componente del medio.

Se incluyen a continuación las medidas de aplicación de una forma esquemática.

### Medidas de carácter general

- Clasificación del territorio.
- Adecuada ubicación y dimensionamiento de las instalaciones auxiliares de obra, planta de tratamiento de áridos y hormigones, préstamos y zonas de acopio de tierra vegetal.
- Formación ambiental del personal de la obra

### **Medidas para la protección de la calidad del aire**

- Riegos periódicos de humectación.
- Disposición de toldos ajustables en los camiones de transporte de materiales polvorientos.
- Limpieza de acúmulos de polvo en zonas pavimentadas colindantes a la zona de obras.
- Limitación de la velocidad de circulación de la maquinaria en las pista de tierra
- Revisiones, mantenimiento y cumplimiento estricto de los programas de revisión y mantenimiento especificados por el fabricante de la maquinaria y vehículos de transporte.
- Cumplimiento de la normativa de emisiones atmosféricas.

### **Medidas para la prevención de la contaminación acústica**

- Respeto los valores límite de emisión sonora legalmente establecidos.
- Disposición de los materiales acopiados en caballones que generen apantallamiento.

### **Medidas sobre gea y suelo**

- Delimitación de los perímetros de la actividad de obra mediante jalonamiento diferencial.
- Recuperación y reutilización de la tierra vegetal.
- Descompactación y enmiendas para restaurar zonas con movimiento de maquinaria.
- Los préstamos se situarán en la zona que ocupará la lámina de agua una vez estén ejecutadas las presas.
- Para ubicar los materiales excavados no utilizables por sus características geotécnicas en la construcción, así como la tierra vegetal excedente tras realizar las labores de restauración, se utilizarán las áreas anteriormente utilizadas como préstamos.

### **Gestión de Residuos**

- En fase de Proyecto de Construcción se incluirá un “Estudio de Gestión de Residuos” para dar cumplimiento Real Decreto 105/2.008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

### **Medidas sobre la hidrología**

- En instalaciones auxiliares de obra: impermeabilización de parques de maquinaria, instalación de cunetas o drenajes perimetrales, almacenamiento de gasoil en obra, fosa de lavado de canaletas de hormigón, sistema de depuración o contención de

aguas residuales, balsas de decantación y desmantelamiento y restauración tras las obras.

- Instalación de balsas de decantación, barreras para la contención de sedimentos y barreras de retención de vertidos de hidrocarburos durante la construcción de las presas.
- Las zonas de préstamo, debido a su proximidad al arroyo de Fuentearriba y al río de la Cueva, contarán con barreras de retención de sedimentos.
- Control físicoquímico de la calidad de las aguas.
- Crecida controlada de los embalses como finalización de la fase de construcción.
- Medidas contra la eutrofización inicial y en la fase de explotación
- Control del proceso de llenado y maduración de los embalses.
- Mantenimiento de los caudales ecológicos. Se verificará el cumplimiento de los caudales ecológicos propuestos, expresados en aportaciones mensuales, para la masa de agua 182 que han de verificarse en la confluencia de las masas 182 y 179 y al final de la masa 182.
- Control de sedimentos aguas arriba y aguas abajo de las cerradas para el mantenimiento de la dinámica fluvial.

#### **Medidas sobre la vegetación**

- Control de las operaciones de desbroce y limitación estricta a la superficie marcada.
- Protección del arbolado.
- Lavado de la vegetación próxima a las obras.
- Prevención y control del riesgo de incendio.

#### **Medidas sobre la fauna**

- Programación espacial y temporal de las actuaciones.
- Diseño y creación de hábitats-refugio para la fauna acuática.
- Diseño y ejecución de mejoras del medio ripario como hábitat para la fauna.
- Operación de rescate de fauna acuática.
- Verificación de las construcciones a demoler.
- Aplicación de precauciones para evitar la diseminación del cangrejo rojo.
- Adaptación del relieve del vaso del embalse para minimizar la mortalidad de peces.
- Adaptación como conectores terrestres de los espacios laterales de las presas.
- Adaptación como paso de fauna de la estructura habilitada para el cruce del arroyo de Fuentearriba bajo el tramo repuesto de la carretera P-235.
- Consideración de criterios faunísticos en el diseño del canal de derivación.

- Adaptación como paso de fauna de las estructuras de cruce transversales del canal de derivación.
- Diseño adecuado de las líneas eléctricas a crear o reponer para minimizar la mortalidad de aves.
- Consideración de criterios faunísticos en el diseño de los canales de los aliviaderos.
- Consideración de criterios faunísticos en el diseño de plataforma de coronación de las presas.
- Consideración de criterios faunísticos en el diseño de la captación en el Carrión y de los sifones del canal de derivación.
- Consideración de criterios faunísticos en el diseño de la obra de entrega del canal de derivación.
- Instalación de refugios artificiales para quirópteros.
- Gestión de la vegetación de los ámbitos de los embalses con criterios faunísticos.
- Gestión del substrato de la zona inundable del embalse con criterios faunísticos.
- Gestión de los cauces y de las riberas con criterios faunísticos.
- Operaciones de rescate de fauna acuática.
- Gestión del funcionamiento de las nuevas infraestructuras con criterios faunísticos.

### **Medidas sobre el patrimonio cultural**

- Jalonamiento temporal de protección
- Realización de sondeos arqueológicos preventivos en los yacimientos localizados durante los trabajos de prospección superficial.
- Control y seguimiento arqueológico, por personal cualificado, de todos los movimientos de tierra durante todas las fases de ejecución de la obra.
- El proyecto únicamente afectará de forma directa a dos vías pecuarias, la Cañada Real Leonesa y la Colada Cañada de las Vacas que cruzan el canal de derivación en los PPKK 18+500 y 20+500 respectivamente, para las que el proyecto ha diseñado las medidas correctoras adecuadas para garantizar su continuidad. En el caso de la Cañada Real Leonesa el trazado en este tramo es en sifón (17+700 al 18+930) y en el caso de la Colada Cañada de las Vacas se ha proyectado un paso sobre el canal (PK 20+495) de aproximadamente 6,5 m de ancho y 15 de largo.
- En cada una de las zonas de cruce de las vías pecuarias con el canal se instalará una señal indicadora.

### **Medidas sobre espacios protegidos y de interés**

- Protección de los hábitats de interés comunitario.
- Cambio de uso público en Montes de Utilidad Pública afectados.

### **Medidas sobre el medio socioeconómico**

- Reposición de servicios y caminos afectados.
- Reposición de la carretera P-235
- Fomento del empleo local en las obras, tanto directa como indirectamente.

### **Medidas para la integración ambiental y paisajística de la actuación**

- Restauración de los taludes del canal de derivación y de la reposición de la P-235
  - Terraplenes: Extensión de tierra vegetal, hidrosiembra y plantación de arbustos.
  - Desmontes: extensión de tierra vegetal e hidrosiembra
- Restauración del talud aguas abajo de las presas y del dique de collado: Extensión de tierra vegetal, hidrosiembra y plantación de arbustos
- Restauración de tramos de carretera abandonada: Demolición y retirada del pavimento, descompactación, extensión de tierra vegetal y plantación de árboles y arbustos.
- Restauración del arroyo de Fuentearriba y del río de la Cueva en el entorno de las presas: Descompactación, extensión de tierra vegetal, hidrosiembra y plantación de árboles y arbustos.
- Restauración de los sistemas de drenaje transversal del canal de derivación y de la reposición de la P-235: Descompactación, extensión de tierra vegetal y plantación de árboles y arbustos.

### **9.6. MEDIDAS COMPENSATORIAS POR LA AFECCIÓN A RED NATURA**

- Mejora del ecosistema ripario, especialmente de los bosques de galería de *Salix alba* y *Populus alba*.
- Control y vigilancia de quemas y desbroces en el cauce del río y su entorno.
- Seguimiento de los parámetros hidrogeomorfológicos aguas abajo de las cerradas.
- Franqueabilidad de obstáculos en el cauce: análisis, adaptación o eliminación.
- Recuperación del espacio de movilidad fluvial.
- Seguimiento del índice RFV para la vegetación de ribera.
- Exclusión de la superficie de LIC en el mapa de clasificación del territorio.
- Protección de especies faunísticas: diseño y creación de hábitat refugio y gestión con criterios faunísticos de cauces, riberas y nuevas infraestructuras.

## 9.7. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

Teniendo en cuenta que, por muy bien estudiado que esté el impacto de las distintas acciones del Proyecto, nunca podrá obviarse la incertidumbre inherente a todo análisis predictivo y a la cambiante relación actividad-medio, es necesario plantear un programa de seguimiento de las incidencias que vayan surgiendo durante el desarrollo del Proyecto.

El Programa de Vigilancia Ambiental (PVA en adelante) debe entenderse como el conjunto de criterios de carácter técnico que, en base a la predicción realizada sobre los efectos ambientales del Proyecto, permitirá realizar un seguimiento eficaz y sistemático tanto del cumplimiento de lo estipulado en la Declaración de Impacto Ambiental que se realice, como de aquellas otras alteraciones de difícil previsión que pudiesen aparecer.

La definición del Programa de Vigilancia Ambiental es, de acuerdo a la legislación en vigor: *“establecer un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas, protectoras y correctoras, contenidas en el Estudio de Impacto Ambiental”* (Art. 11, Real Decreto 1.131/1.988 de 30 de septiembre).

De la anterior definición se obtiene una conclusión previa: la necesidad de establecer un sistema, es decir, una serie de actuaciones, parámetros, umbrales de tolerancia, etc, que permita cumplir con los objetivos fijados.

El Programa de Vigilancia Ambiental, como proceso de control y seguimiento de la componente medioambiental, seguirá un esquema de evaluación "post-proyecto" que permitirá poner en práctica los principios básicos de evaluación y gestión ambiental para el seguimiento y control de los impactos, así como la eficacia de las medidas correctoras establecidas en el Estudio de Impacto Ambiental y en la Declaración de Impacto Ambiental posterior al mismo.

Para ello se establecerá una metodología de trabajo sistemática y adaptada específicamente a los condicionantes propios de la actuación, de tal modo que se garantice el control exhaustivo de la calidad de los distintos parámetros ambientales que intervienen y/o se ven afectados por el proyecto, tanto durante la fase de construcción como durante la fase de explotación.

La finalidad del P.V.A. cabe sintetizarla en los siguientes objetivos generales:

- Verificar la evaluación inicial de los impactos previstos contrastándola con los realmente verificados a través de indicadores ambientales representativos y con-

cretando aquellos aspectos ambientales afectados por la actuación proyectada sobre cuyas afecciones se realizará el seguimiento.

- Controlar y vigilar la aparición de impactos no previstos o de difícil estimación en fase de proyecto pero con riesgo de aparición durante las obras o después.
- Controlar la aplicación de cada una de las medidas correctoras previstas en el Estudio de Impacto Ambiental, realizando un seguimiento de su evolución en el tiempo y determinando los parámetros de seguimiento o indicadores de impacto, su frecuencia, duración, período de seguimiento, los lugares o áreas de muestreo y control, y método de recogida de datos. Se deberá hacer referencia a posteriori a su efectividad, correcta ejecución y verdadera eficacia.
- Controlar y vigilar los impactos residuales cuya total corrección, no sea posible, con riesgo de manifestarse como efectos notables sobre el medio ambiente, los recursos naturales o sus procesos fundamentales de funcionamiento.
- Proporcionar en fases posteriores resultados específicos acerca de los valores de impacto alcanzados por los indicadores ambientales preseleccionados respecto a los previstos.
- Proporcionar información acerca de la calidad y oportunidad de las medidas correctoras adoptadas configurando en fases posteriores un plan de respuesta general y otro específico al objeto de corregir los impactos de nivel más elevado.
- Realizar los informes que la Declaración de Impacto Ambiental posterior al Estudio de Impacto Ambiental indique en sus condicionados.
- Realizar un Informe anual y durante un plazo de tres años desde la emisión del acta provisional de las obras sobre el estado y evolución de las áreas en recuperación incluidas en el proyecto de restauración de la obra.
- Emisión de informes especiales cuando se presenten circunstancias o sucesos excepcionales que impliquen deterioros ambientales o situaciones de riesgo, tanto en la fase de construcción como en la de explotación. A partir de examen de esta documentación por parte del Órgano Ambiental, podrán derivarse modificaciones de las actuaciones previstas.
- Realización de un seguimiento a medio plazo del medio para determinar las afecciones a sus recursos por la explotación de las obras, así como para conocer con exactitud la evolución y eficacia de algunas medidas protectoras y correctoras.

El éxito del PVA será función del acierto de los indicadores elegidos y utilizados. El número de indicadores ha de ser lo más reducido posible, debiéndose procurar que un

mismo índice sirva para la estimación de varios factores. Para ello, a los criterios de exactitud (difícil en muchos casos) deberán añadirse los de sencillez de determinación y representatividad de la calidad ambiental.

En el caso más favorable, los indicadores definidos deberían ser de tal naturaleza que simples recorridos visuales por la zona afectada permitiesen a un técnico percatarse del grado de cumplimiento del programa.

Por último hay que recalcar el fundamental papel de la Dirección de Obra y de la Asistencia Técnica en Obra (si esta existiera) en la vigilancia y prevención del Impacto Ambiental por su capacidad de controlar sobre el terreno tanto el cumplimiento de las medidas correctoras propuestas como de las formas de actuación potencialmente generadoras de impactos durante la fase de construcción.

Debido a que la identificación de los impactos generados es un proceso meramente predictivo, la intensidad y magnitud de los mismos resulta asimismo, una hipótesis de trabajo.

Por ello el Programa de Vigilancia Ambiental incluido dentro del Estudio de Impacto deberá ser revisado, y en su caso modificado, si así se estima, durante la realización de las obras.

El cumplimiento, control y seguimiento de las medidas serán responsabilidad del Promotor (Confederación Hidrográfica del Duero) quien lo ejecutará con personal propio o mediante asistencia técnica. Para ello, este organismo nombrará un Director Ambiental de Obra responsable de la adopción de las medidas correctoras, de la ejecución del PVA, de la emisión de los informes técnicos periódicos y de su remisión al Ministerio de Medio Ambiente.

El Contratista, por su parte, nombrará un Responsable Técnico de medio Ambiente que será el responsable de la ejecución de las medidas correctoras, y de proporcionar al Órgano Ambiental la información y los medios necesarios para el correcto cumplimiento del PVA. Con este fin el Contratista se obliga a mantener a disposición del Órgano Ambiental un “Diario Ambiental de Obra”, y registrar en el mismo la información correspondiente.

## 9.8. PRESUPUESTO DE LAS MEDIDAS AMBIENTALES

A continuación se detalla el importe estimado para cada grupo de Medidas preventivas, correctoras y compensatorias, así como del Programa de Vigilancia Ambiental:

TIPO DE MEDIDAS	PRESUPUESTO
Delimitación de los perímetros de actividad de las obras	81.190,00
Medidas sobre la calidad de las aguas	126.000,00
Medidas de protección de la vegetación	3.774,00
Medidas sobre la fauna	38.400,00
Medidas de protección del patrimonio cultural	41.580,00
Medidas de integración paisajística	1.255.431,03
Medidas compensatorias	391.800,00
PVA construcción	126.540,00
PVA explotación	73.600,00

## 10. PRESUPUESTO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

El presupuesto de la solución adoptada es el siguiente:

Presa de la Cueva 1	14.137.309,70
Presa de Fuentearriba	6.119.606,90
Presa de la Cueva 2	9.564.263,18
Canal de derivación de caudales	17.776.515,92
Reposición de la carretera P-235	705.583,59
Medidas correctoras de impacto ambiental	1.938.175,03
Seguridad y salud	886.764,20
Gestión de residuos	266.091,50
<b>TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>51.396.310,02</b>

<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL:</b>	<b>51.396.310,02 €</b>
GASTOS GENERALES (16 %):	8.223.409,60 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (6 %):	3.083.778,60 €
TOTAL GASTOS GENERALES Y BENEFICIO INDUSTRIAL:	11.307.188,20 €
SUMA:	62.703.498,22 €
IVA (21 %)	13.167.734,63 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN:</b>	<b>75.871.232,85 €</b>
<b>EXPROPIACIONES</b>	<b>9.019.171,64 €</b>
<b>PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL EN FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>126.540,00 €</b>
<b>PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL EN FASE DE EXPLOTACIÓN</b>	<b>73.600 €</b>

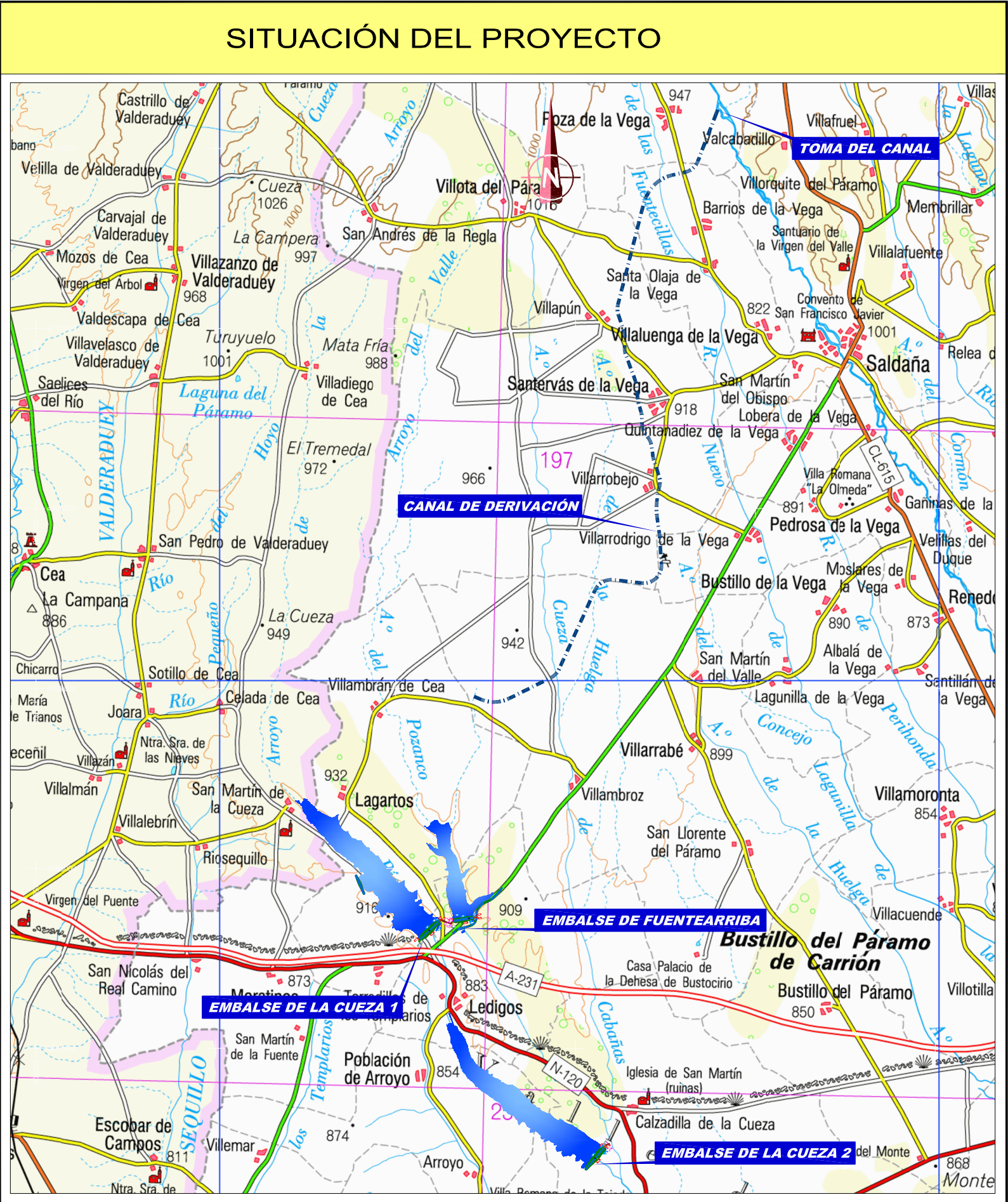
<b>PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN:</b>	<b>85.090.544,49 €</b>
--	------------------------

El presupuesto asciende a OCHENTA Y CINCO MILLONES NOVENTA MIL QUINIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS CON CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.

## 11. PLANOS

- 0 PLANO DE SITUACIÓN
- 1 PLANTA GENERAL DE LOS EMBALSES DE LA CUEZA.
- 1.1 PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL DE LA PRESA DE FUENTEARRIBA.
- 1.2 SECCIÓN TIPO DE LA PRESA DE FUENTEARRIBA.
- 2.1 PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL DE LA PRESA DE LA CUEZA 1.
- 2.2 SECCIÓN TIPO DE LA PRESA DE LA CUEZA 1.
- 3.1 PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL DE LA PRESA DE LA CUEZA 2.
- 3.2 SECCIÓN TIPO DE LA PRESA DE LA CUEZA 2.

## 0 PLANO DE SITUACIÓN.

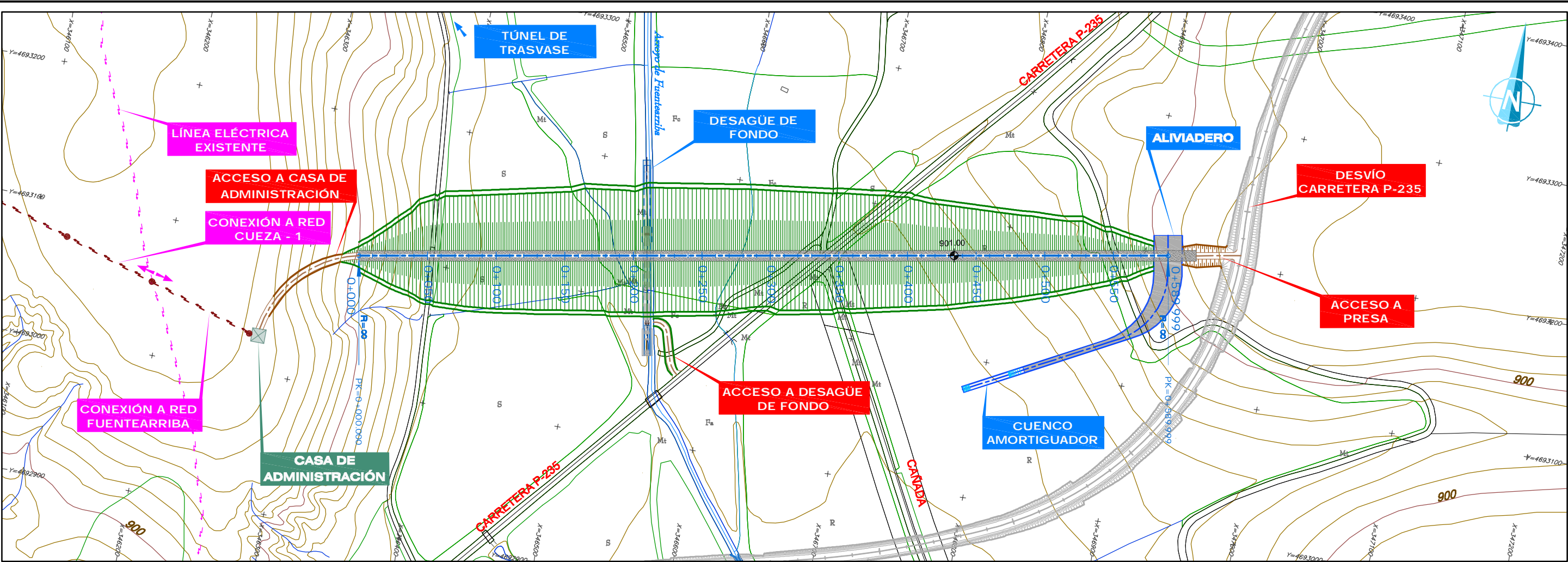


D:\(209147) CARRIONENTREGA 3\ANTEPROYECTO\PLANOS\DWG\02-PLANO DE SITUACION2 /1

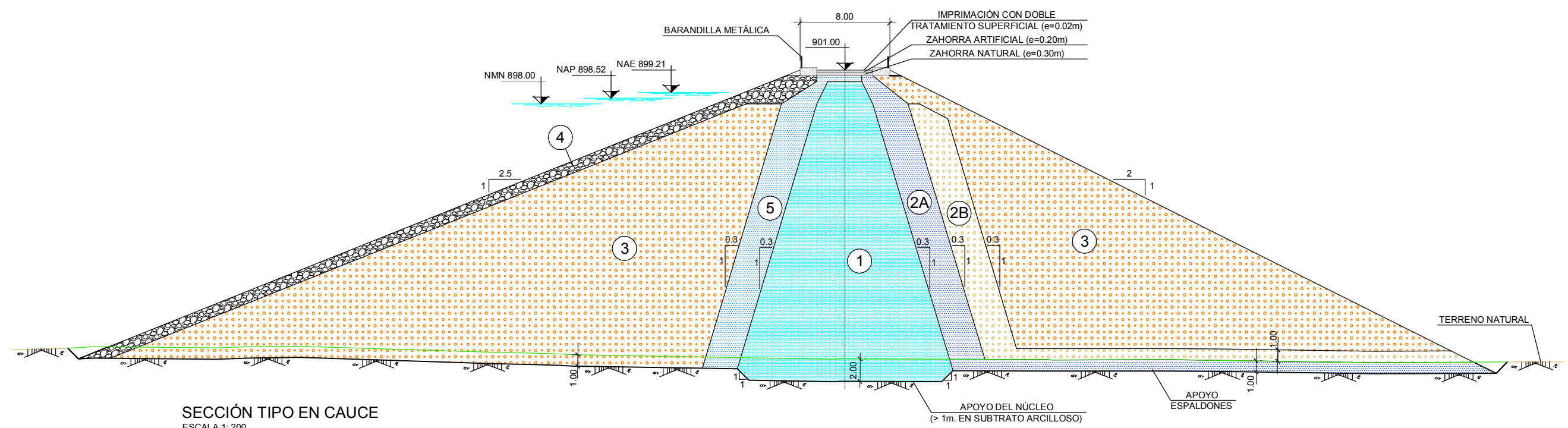
## **1 PLANTA GENERAL DE LOS EMBALSES DE LA CUEZA.**



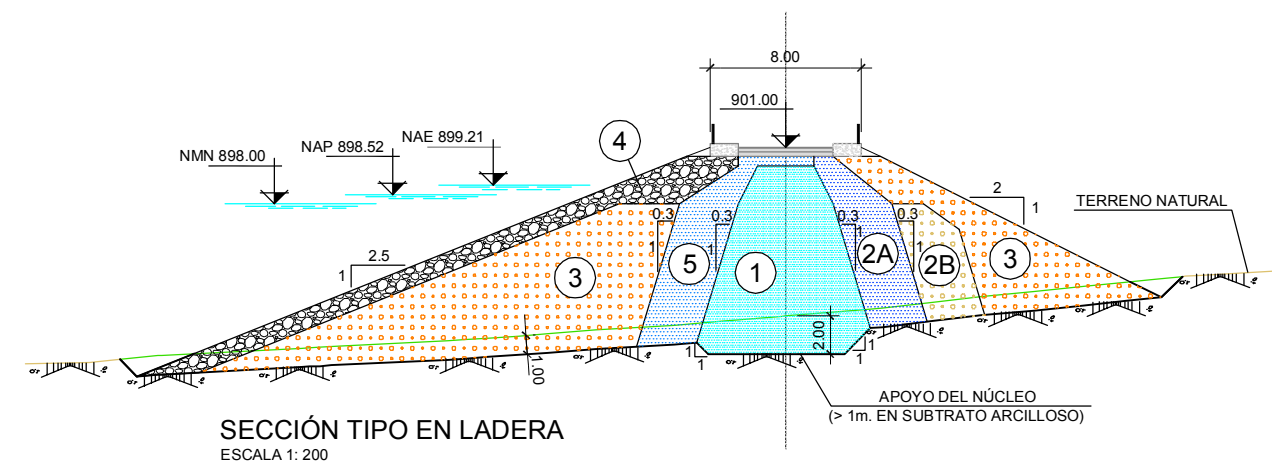
## **2.1 PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL DE LA PRESA DE FUENTEARRIBA.**



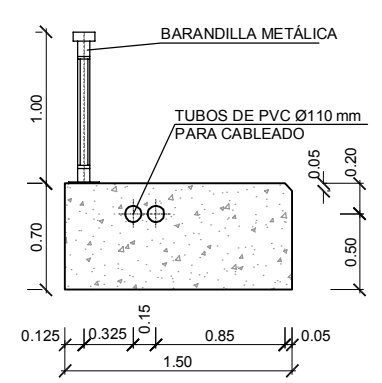
## **2.2 SECCIÓN TIPO DE LA PRESA DE FUENTEARriba.**



SECCIÓN TIPO EN CAUCE  
ESCALA 1: 200

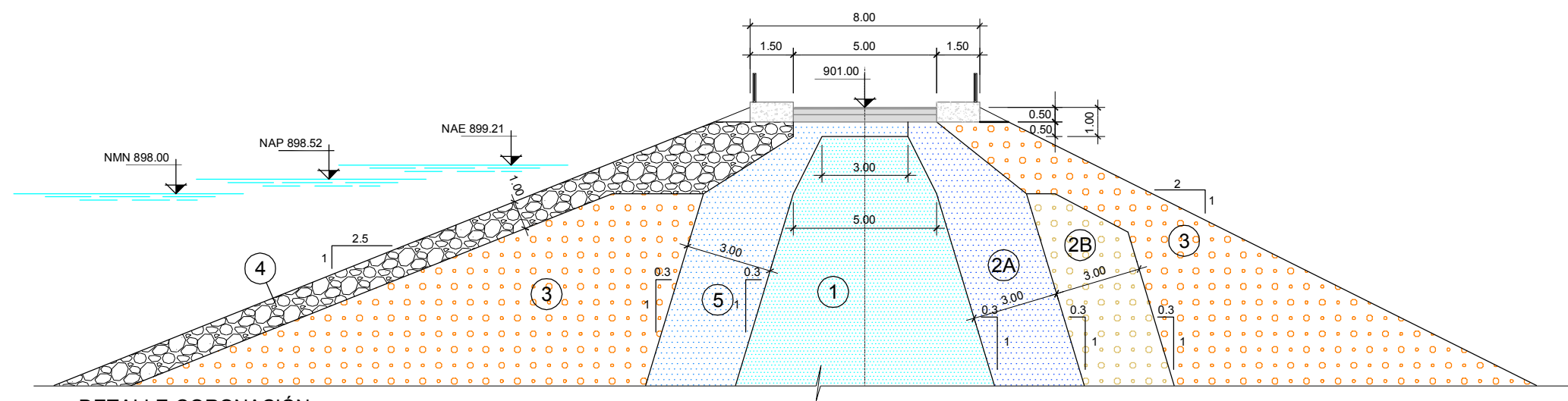


SECCIÓN TIPO EN LADERA  
ESCALA 1: 200

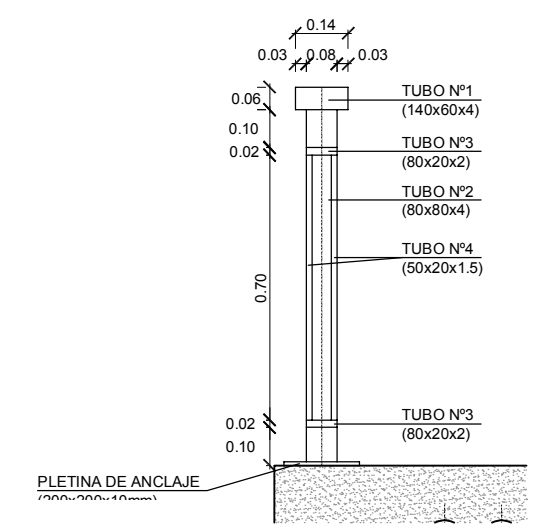


DETALLE DE ACERA  
ESCALA 1: 25

LEYENDA	
①	NÚCLEO: MATERIAL IMPERMEABLE PROCEDENTE DE LASS LADERS DEL VASO (SUBSTRATO M)
②A	FILTRO: GRAVAS-ARENAS CLASIFICADAS PROCEDENTE DE GRAVERA
②B	DREN : GRAVAS-ARENAS CLASIFICADAS DE GRAVERA
③	ESPALDONES: GRAVAS PROCEDENTES DE LOS DEPOSITOS DEL CAUCE ACTUAL (Qc)
④	ESCOLLERA : RIP-RAP PROCEDENTE DE CANTERA
⑤	TRANSICIÓN

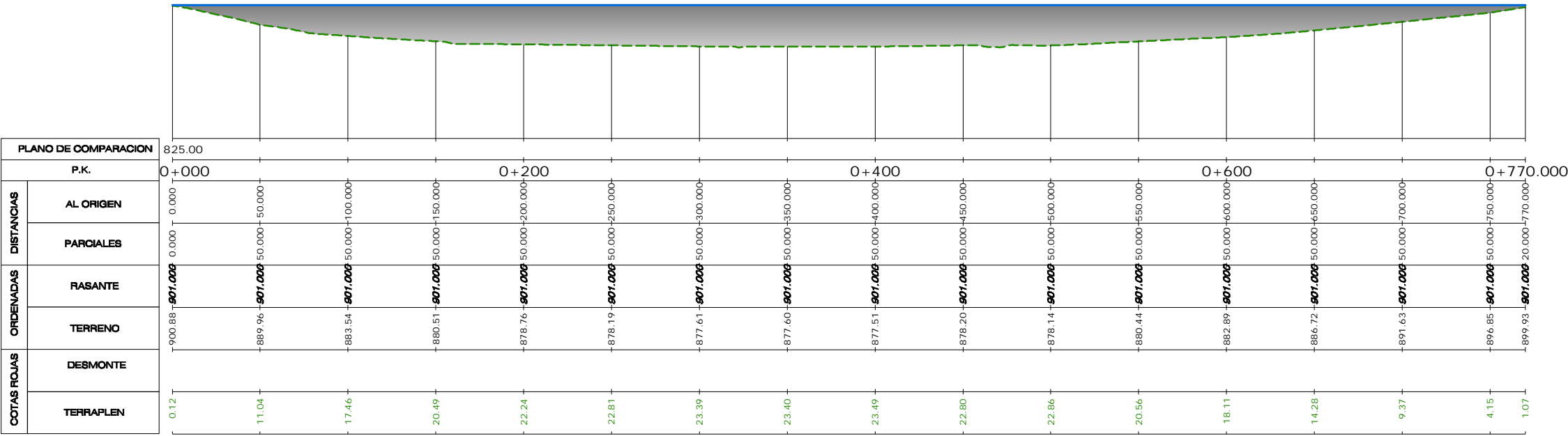
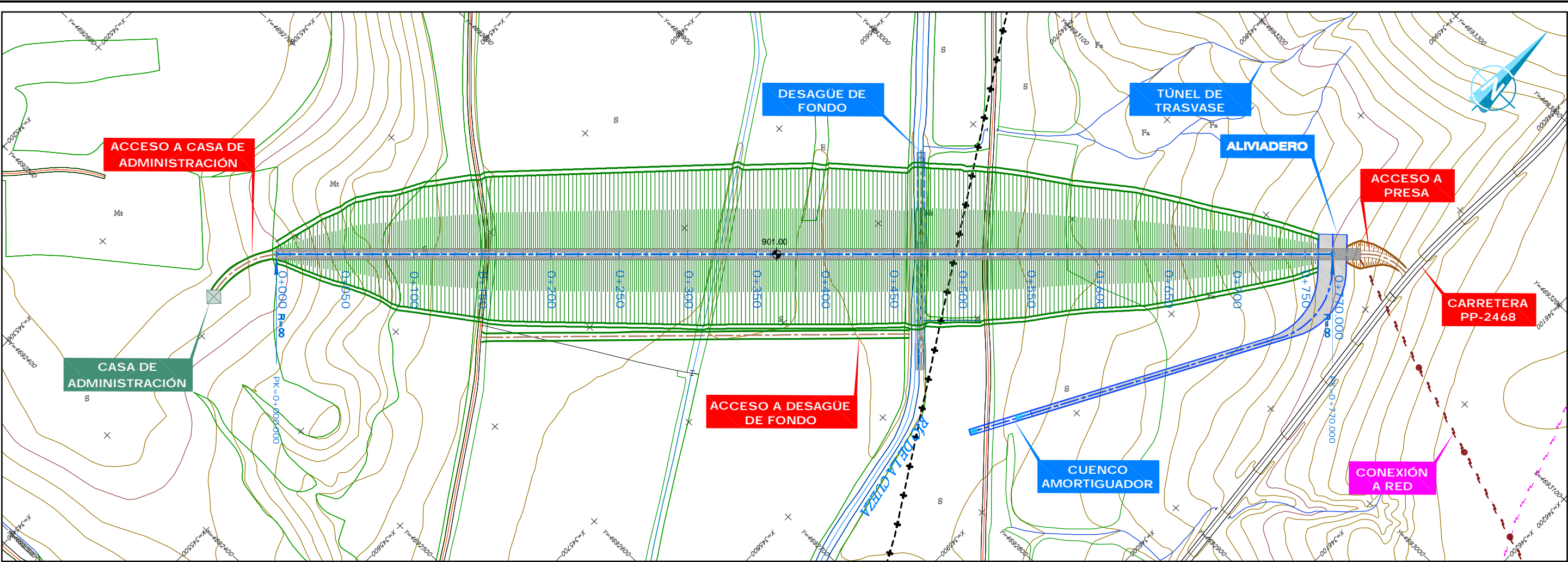


DETALLE CORONACIÓN  
ESCALA 1: 100

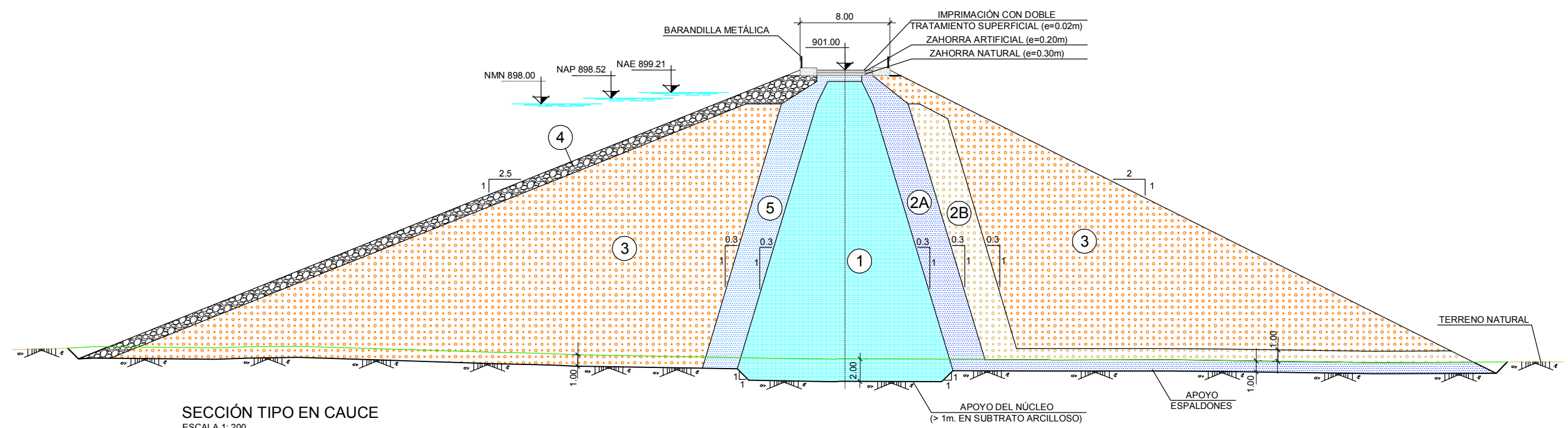


DETALLE DE BARANDILLA  
ESCALA 1: 10

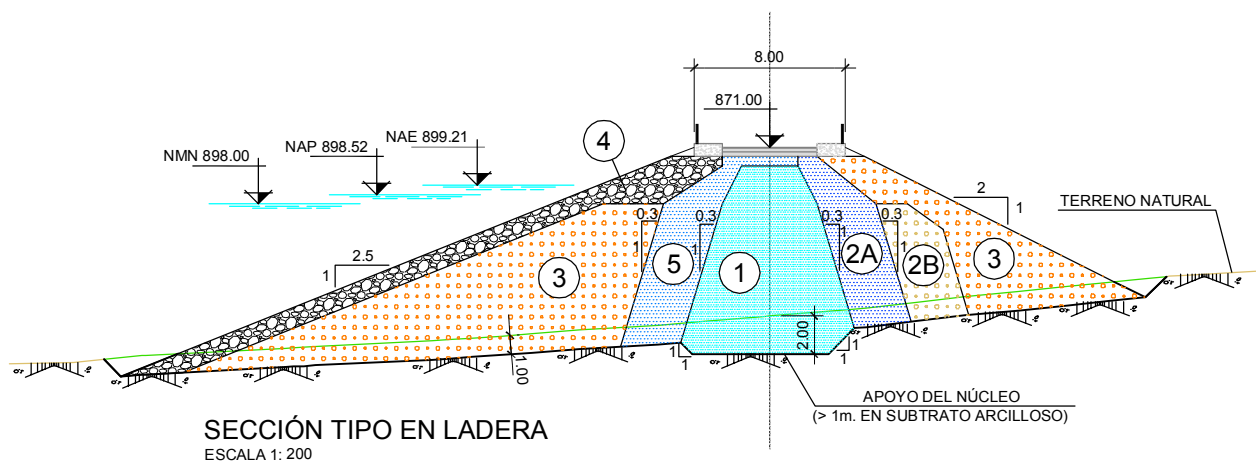
### **3.1 PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL DE LA PRESA DE LA CUEZA 1.**



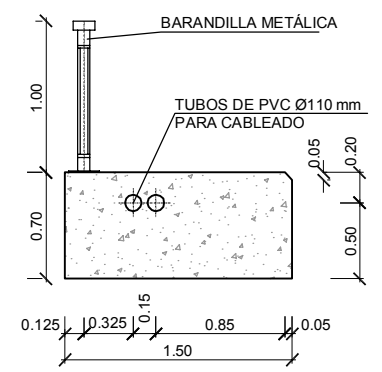
### **3.2 SECCIÓN TIPO DE LA PRESA DE LA CUEZA 1.**



SECCIÓN TIPO EN CAUCE  
ESCALA 1: 200

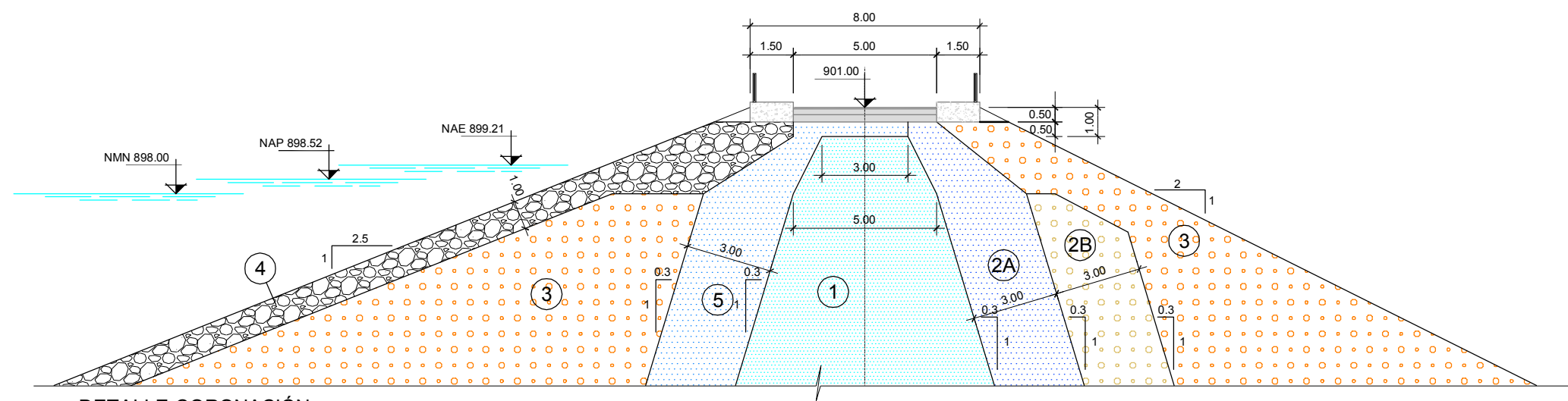


SECCIÓN TIPO EN LADERA  
ESCALA 1: 200

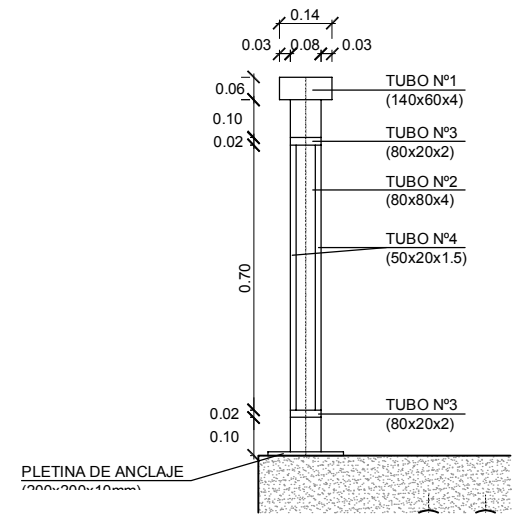


DETALLE DE ACERA  
ESCALA 1: 25

LEYENDA	
1	NÚCLEO: MATERIAL IMPERMEABLE PROCEDENTE DE LASS LADERS DEL VASO (SUBSTRATO M)
2A	FILTRO: GRAVAS-ARENAS CLASIFICADAS PROCEDENTE DE GRAVERA
2B	DREN : GRAVAS-ARENAS CLASIFICADAS DE GRAVERA
3	ESPALDONES: GRAVAS PROCEDENTES DE LOS DEPOSITOS DEL CAUCE ACTUAL (Qc)
4	ESCOLLERA : RIP-RAP PROCEDENTE DE CANTERA
5	TRANSICIÓN



DETALLE CORONACIÓN  
ESCALA 1: 100

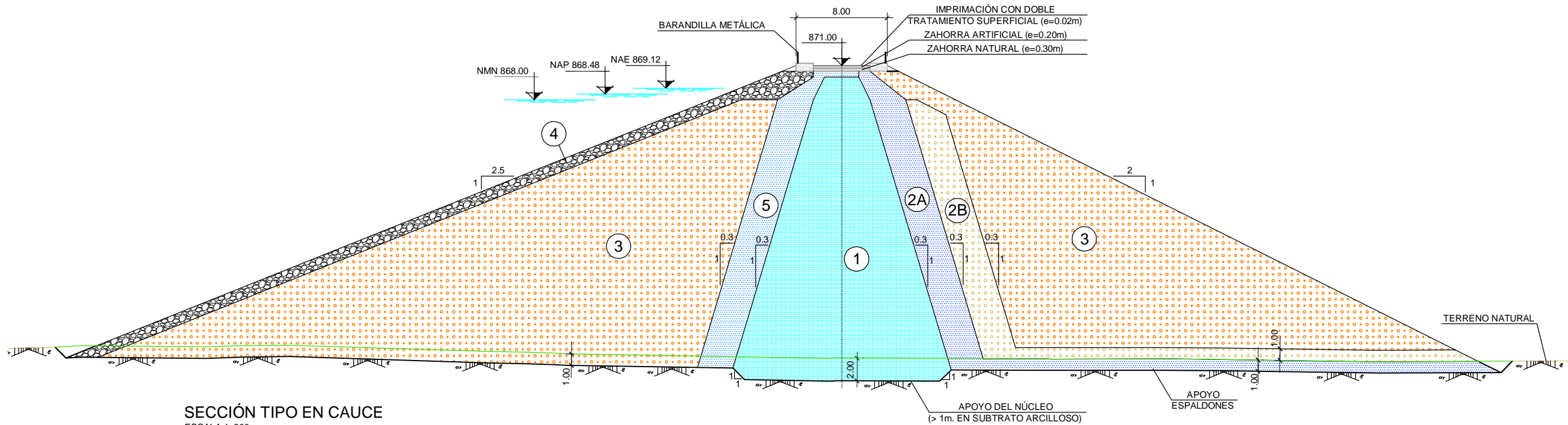


DETALLE DE BARANDILLA  
ESCALA 1: 10

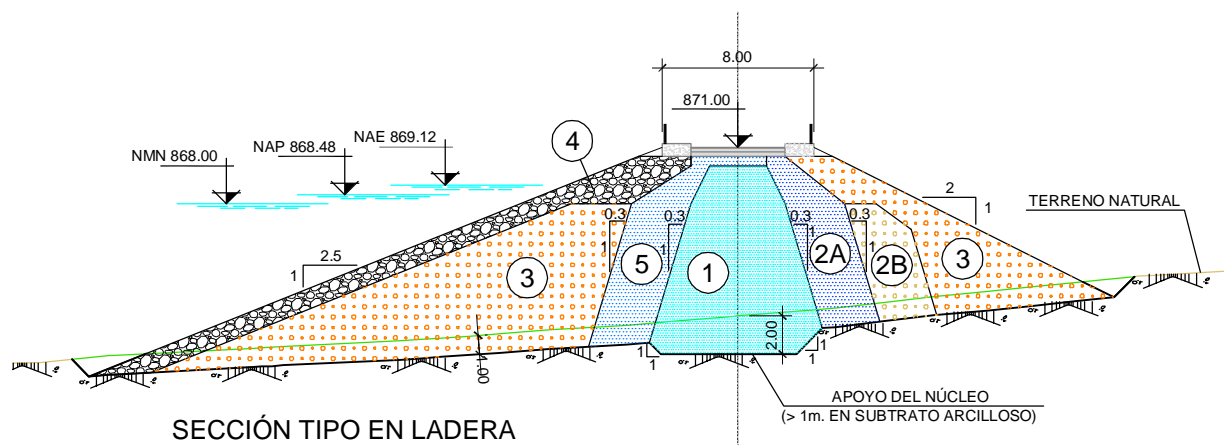
#### **4.1 PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL DE LA PRESA DE LA CUEZA 2.**



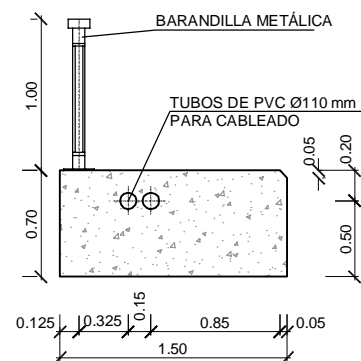
## **4.2 SECCIÓN TIPO DE LA PRESA DE LA CUEZA 2.**



SECCIÓN TIPO EN CAUCE  
ESCALA 1: 200



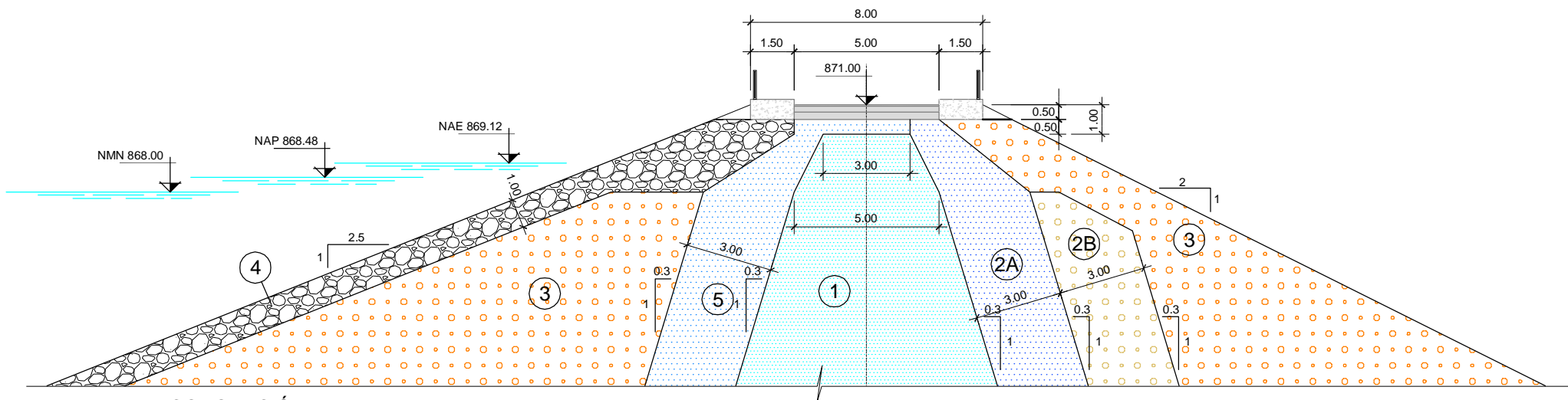
SECCIÓN TIPO EN LADERA  
ESCALA 1: 200



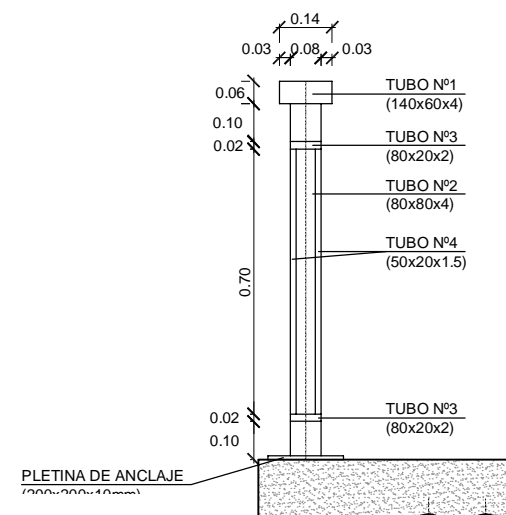
DETALLE DE ACERA  
ESCALA 1: 25

#### LEYENDA

- ① NÚCLEO: MATERIAL IMPERMEABLE PROCEDENTE DE LAS LADERAS DEL VASO (SUBSTRATO M)
- ②A FILTRO: GRAVAS-ARENAS CLASIFICADAS PROCEDENTE DE GRAVERA
- ②B DREN : GRAVAS-ARENAS CLASIFICADAS DE GRAVERA
- ③ ESPALDONES: GRAVAS PROCEDENTES DE LOS DEPOSITOS DEL CAUCE ACTUAL (Qc)
- ④ ESCOLLERA : RIP-RAP PROCEDENTE DE CANTERA
- ⑤ TRANSICIÓN



DETALLE CORONACIÓN  
ESCALA 1: 100



DETALLE DE BARANDILLA  
ESCALA 1: 10