

CLAVE:

02.803.229

TIPO:

ANTEPROYECTO

REF. CRONOLOGICA:

11/2012

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:

NOVIEMBRE 2012

TOMO 1 DE 9

MEMORIA Y ANEJOS

ANEJO Nº 1. RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS

ANEJO Nº 2. ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

ANEJO Nº 3. ESTUDIO DE REGULACIÓN

ANEJO Nº 4. ESTUDIO DE SOLUCIONES

ANEJO Nº 5. TOPOGRAFÍA

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

ÍNDICE ANTEPROYECTO

MEMORIA

TOMO 1

ANEJO Nº 1 RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS

ANEJO Nº 2 ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

ANEJO Nº 3 ESTUDIO DE REGULACIÓN

ANEJO Nº 4 ESTUDIO DE SOLUCIONES

ANEJO Nº 5 TOPOGRAFÍA

TOMO 2

ANEJO Nº 6 ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

Apéndice 1. Plantas y perfiles geológicos

TOMO 3

Apéndice 2. Informe de investigaciones

Apéndice 2.1. Campaña de campo sept 2010

Apéndice 2.2. Campaña de campo sept 2011

Apéndice 3. Estudio geofísico

TOMO 4

Apéndice 4. Actas de ensayos de laboratorio

Apéndice 5. Informe mineralógico

Apéndice 6. Fichas de explotaciones para préstamo

TOMO 5

ANEJO Nº 7 ALTERNATIVA CUEZAS. MEMORIA

Anejo nº 7.1. Alternativa Cuezas. Estudio Hidrológico

Apéndice 1. Datos térmicos

Apéndice 2. Datos pluviométricos

Apéndice 3. Cálculos pluviométricos dobles acumulaciones entre estaciones
ajuste por Gumbel y SQRT máx

Apéndice 4. Índices y clasificaciones climáticas

Apéndice 5. Salida de resultados modelo Hec-Ras

Planos

TOMO 6

- Anejo nº 7.2. Alternativa Cuezas. Estudio de laminación
- Anejo nº 7.3. Alternativa Cuezas. Cálculos hidráulicos
- Anejo nº 7.4. Alternativa Cuezas. Estudio de expropiaciones
- Anejo nº 7.5. Alternativa Cuezas. Servicios afectados

TOMO 7

ANEJO Nº 8 ALTERNATIVA RECRECIMIENTO DE CAMPORREDONDO Y COMPUERTO

- Anejo nº 8.1. Alternativa recrecimiento de Camporredondo y Compuerto.
Trabajos topográficos
- Anejo nº 8.2. Alternativa recrecimiento de Camporredondo y Compuerto.
Geología y geotecnia
- Anejo nº 8.3. Alternativa recrecimiento de Camporredondo y Compuerto.
Estudio hidrológico
- Anejo nº 8.4. Alternativa recrecimiento de Camporredondo y Compuerto.
Cálculos de estabilidad
- Anejo nº 8.5. Alternativa recrecimiento de Camporredondo y Compuerto.
Cálculos estructurales
 - Apéndice 1. Cálculo de la presa actual de Camporredondo
 - Apéndice 2. Cálculo de la presa recrecida de Camporredondo
 - Apéndice 3. Estudio tensional de la presa actual de Compuerto
 - Apéndice 4. Estudio tensional de la presa recrecida de Compuerto. Bloques centrales. Embalse lleno. Estudio tensional de la presa actual de Compuerto
 - Apéndice 5. Estudio tensional de la presa recrecida de Compuerto. Bloques centrales. Embalse vacío
 - Apéndice 6. Estudio tensional de la presa recrecida de Compuerto. Bloques laterales. Embalse lleno
 - Apéndice 7. Estudio tensional de la presa recrecida de Compuerto. Bloques laterales. Embalse vacío
- Anejo nº 8.6. Alternativa recrecimiento de Camporredondo y Compuerto. Cálculos hidráulicos

Planos

ANEJO Nº 9 ALTERNATIVA EMBALSE DE VIDRIEROS

- Apéndice 1. Afecciones producidas por el embalse de vidrieros
- Planos

ANEJO Nº 10 ALTERNATIVA Balsa de Fuentes de Nava

- Apéndice 1. Planos

TOMO 8

PLANOS

TOMO 9

PRESUPUESTO

CLAVE:

02.803.229

TIPO: ANTEPROYECTO	REF. CRONOLOGICA: 11/2012
----------------------------------	---

CLASE
<p>TITULO BASICO:</p> <p>REGULACIÓN ADICIONAL DE LA CUENCA DEL CARRIÓN</p> <p>ANTEPROYECTO EMBALSES DE LAS CUEZAS</p>

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

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

MEMORIA

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

MEMORIA

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETO	2
3. ANTECEDENTES	3
4. SOLUCIONES ESTUDIADAS	6
4.1. TRASVASE CEA-CARRIÓN.....	6
4.2. EMBALSE DE VIDRIEROS	7
4.3. RECRECIMIENTO DE LOS EMBALSES DE CAMPORREDONDO Y COMPUERTO.....	7
4.4. BALSAS EN LA ZONA REGABLE.....	7
4.5. EMBALSES DE LAS CUEZAS.....	9
4.6. RECRECIMIENTO DEL CANAL DE CASTILLA	10
5. ESTUDIOS PREVIOS.....	10
5.1. TOPOGRAFÍA.....	10
5.2. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA	11
5.2.1. INTRODUCCIÓN	11
5.2.2. CONCLUSIONES DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	12
5.2.2.1. Canal de alimentación de los embalses de la Cueva.....	13
5.2.2.2. Presa de la Cueva 1, Cueva 2 y Fuentearriba	13
5.3. ESTUDIO DE REGULACIÓN.....	14
5.4. CÁLCULOS HIDRÁULICOS Y LAMINACIÓN DE AVENIDAS ...	16
6. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	17
6.1. INTRODUCCIÓN.....	17
6.2. COSTES DE LAS SOLUCIONES ESTUDIADAS	26
6.3. ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	27

6.4.	CONCLUSIONES.....	28
7.	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	30
7.1.	CANAL DE DERIVACIÓN	30
7.2.	PRESAS	31
7.2.1.	CUEZA 1 Y FUENTEARRIBA	31
7.2.2.	CUEZA 2	33
8.	EXPROPIACIONES DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	34
9.	SERVICIOS AFECTADOS DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	36
10.	PRESUPUESTO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	37
11.	DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO	38
12.	CONCLUSIONES	40

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la cuenca del río Carrión se encuentra regulada en cabecera por los embalses de Camporredondo (70 hm³) y Compuerto (95 hm³), 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 de trasvase de 90 hm³. 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 hm³). 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 actuaciones, 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 de la 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 contrato 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.

En este anteproyecto 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. ANTECEDENTES

Como ya se ha indicado anteriormente, la regulación actual de la cuenca del río Carrión resulta insuficiente para atender las demandas existentes en la propia cuenca.

Para resolver esta situación la Confederación Hidrográfica del Duero elaboró en abril de 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, evaluación que concluyó con la Declaración de Impacto Ambiental publicada en el BOE de 2 de julio de 1993 en la que se informaba desfavorablemente el proyecto. En ella se decía *“En consecuencia, se informa desfavorablemente el proyecto, señalando que se han encontrado suficientes elementos de análisis para que se estudien otras soluciones que no produzcan efectos significativos en el medio ambiente”*.

Debido a que la Regulación Adicional del río Carrión está incluida en el Plan Hidrológico de Cuenca, la Confederación Hidrográfica del Duero abordó el ESTUDIO DE REGULACIÓN ADICIONAL DE LA CUENCA DEL CARRIÓN Y AFLUENTES (Clave 02.803-169/0411). Para ello se contó con una asistencia técnica, que realizó el estudio durante dos años, entre 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. Los embalses estudiados estaban situados en afluentes del río Carrión, teniendo en cuenta la imposibilidad de plantear un nuevo embalse en este río. Sí que se estudió el recrecimiento de los dos embalses existentes, recrecimiento que debe ser muy moderado por la afección ambiental que supone, debiéndose considerar además que están situados dentro del Espacio Natural de Fuentes Carrionas y Fuente Cobre. Las alternativas seleccionadas fueron:

1. Recrecimiento de las presas existentes de Camporredondo y Compuerto.
2. Implantación de tres nuevos embalses en la zona de La Cueva, en la margen derecha del río Carrión: La Cueva 1, La Cueva 2 y Fuente arriba. Teniendo en cuenta que las aportaciones en estos embalses son muy bajas, es imprescindible la construcción de un canal de alimentación que tome agua del río Carrión en el entorno de Poza de la Vega, y de un canal de retorno al río Carrión, paralelo al río Cueva.

En el mencionado estudio se desarrollaron a nivel de anteproyecto el recrecimiento de los embalses de Camporredondo y Compuerto, y la construcción de tres nuevos embalses en los arroyos de las Cuevas. No se desarrollaron los anteproyectos de los canales, por no estar incluidos en el contrato de la asistencia técnica.

Las características del recrecimiento de las presas de Camporredondo y Compuerto eran las siguientes:

	ALTURA	INCREMENTO DE ALTURA	CAPACIDAD	INCREMENTO DE CAPACIDAD	SUPERFICIE INUNDADA
	m	m	hm ³	hm ³	ha
CAMPORREDONDO	67,50	4,00	70	15	64
COMPUERTO	75,70	4,00	95	16	24

Las características de los nuevos embalses estudiados eran las siguientes:

	La Cueva – 1 (Antes La Cueva 3)	Fuente arriba (Antes Fuente arriba 4)	La Cueva – 2 (Antes La Cueva 4)
Río	La Cueva	Fuente arriba	La Cueva
Superficie de cuenca (km^2)	105	86	14
Aportación media anual (hm^3)	19 (Conjunta de los tres embalses)		
Volumen de embalse (hm^3)	54 (Suma de los dos embalses)		30
Superficie de embalse (ha)	592 (Suma de los dos embalses)		324
Tipo de presa	M. sueltos	M. sueltos	M. sueltos
Altura sobre cauce (m)	28	26	28
Volumen de presa (m^3)	1.388.000	1.302.000	1.379.000

Una vez elegidas las soluciones más adecuadas se estimó conveniente someter a Evaluación de Impacto Ambiental los anteproyectos de las obras propuestas de manera que una vez formulada la Declaración de Impacto Ambiental puedan redactarse los proyectos recogiendo las prescripciones de la misma.

Se consideró necesario que antes de realizar el Estudio de Impacto Ambiental de los anteproyectos redactados, éstos deberían ser revisados y completados para ajustarse a lo establecido en la legislación vigente, tanto de Contratos del Sector Público como de seguridad de presas. Además se deberían elaborar los anteproyectos del canal de trasvase del río Carrión a los futuros embalses, y del canal de retorno de estos embalses hasta el río Carrión, si fuese necesario.

Con fecha 4 de diciembre de 2002 se solicitó autorización para redactar un Pliego de Bases, autorización que fue concedida por la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas con fecha 10 de octubre de 2003.

Durante la elaboración del Pliego de Bases se planteó la oportunidad de que se estudiase otra solución, no estudiada anteriormente, consistente en la implantación de varias balsas situadas en las proximidades de los canales existentes, que se llenen fuera de la campaña de riego con aportaciones no reguladas, que se definirían a nivel de anteproyecto.

Dado que las soluciones que se proponían eran alternativas al Embalse de Vidrieros, se considera además necesario actualizar el Estudio de Impacto Ambiental que se hizo en su día para ese embalse, con el fin de someter a Evaluación de Impacto Ambiental todas las soluciones propuestas, con objeto de que la Declaración de Impacto Ambiental señale cuál es la solución más adecuada.

A estos efectos, con fecha 4 de febrero de 2004 se solicitó autorización para incluir entre los trabajos a realizar los descritos anteriormente, con el consiguiente incremento del presupuesto, que pasaría a ser del orden de 1.250.000 €.

Con fecha 20 de febrero de 2004 se remitió el Pliego de Bases al Ministerio, por un importe de 1.311.730,34 €.

Con fecha 22 de marzo de 2004 se autorizó la redacción del pliego de bases y se aprobó técnicamente.

Con fecha 13 de septiembre de 2004 la Intervención Delegada emitió un informe de reparo al apartado 3.2 del Pliego de Prescripciones Técnicas.

Posteriormente, se corrigió el Pliego de Bases, suprimiendo el mencionado apartado, lo que obliga a cambiar la numeración de los apartados posteriores.

En Julio de 2008 el pliego se actualizó, llegando a un importe total de presupuesto base de licitación de 1.793.047,46 €.

El 14 de diciembre de 2009, la Dirección General del Agua adjudica a Ibérica de Estudios e 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 1.345.095,59 €.

4. SOLUCIONES ESTUDIADAS

La cuenca del río Carrión se encuentra regulada actualmente en cabecera por los embalses de Camporredondo (70 hm³) y Compuerto (95 hm³). Se describen a continuación todas las alternativas que se han estudiado para aumentar la capacidad de regulación de este río.

4.1. 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 hm³.

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.

4.2. EMBALSE DE VIDRIEROS

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

En el proyecto del año 1991, la capacidad del embalse era de $98,5 \text{ hm}^3$. 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^3 , con objeto de minimizar las afecciones ambientales con respecto a la solución planteada en el año 1991.

4.3. 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 $85,4 \text{ hm}^3$. El embalse de Compuerto incrementaría su capacidad desde 95 hasta $110,7 \text{ hm}^3$, por lo que el incremento de volumen almacenado sería de $31,1 \text{ hm}^3$.

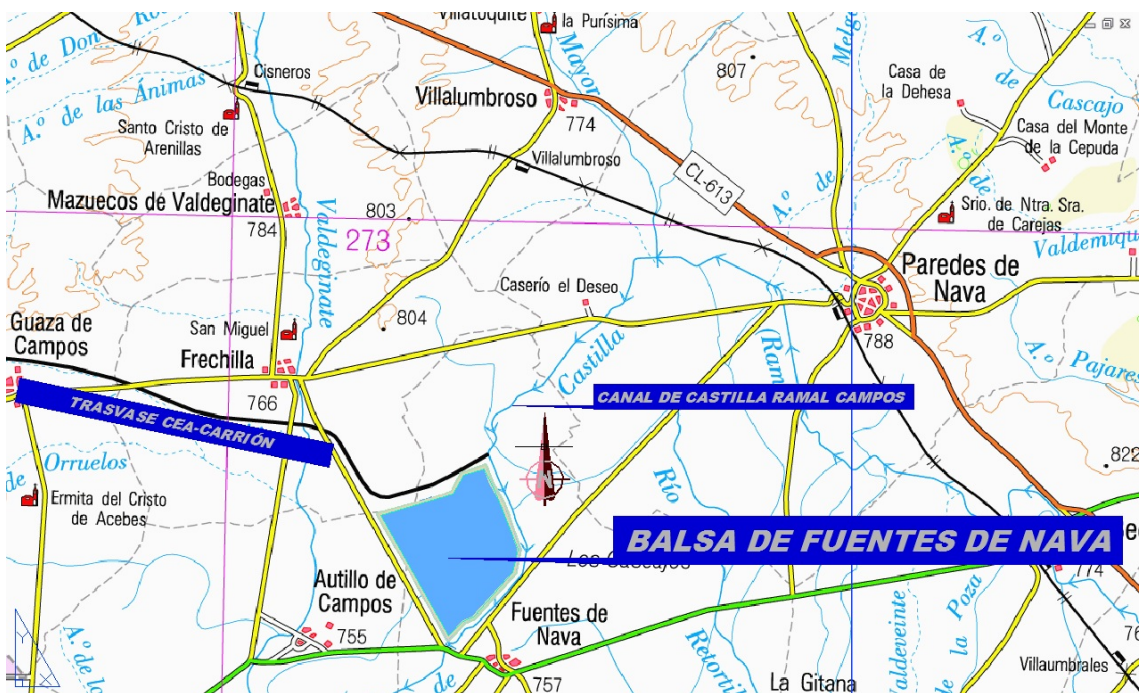
4.4. BALSAS EN LA ZONA REGABLE

Como se justificará en los siguientes apartados de la presente memoria, 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 de este 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 hm³, pero se han descartado las dos primeras porque no cumplían los criterios de garantía. La alternativa de 120 hm³ 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 hm³ ya era suficiente para cumplir con los criterios de garantía.

También se tanteó la combinación de la balsa de 11,25 hm³ con un embalse situado en el Arroyo Madre del Val, con una capacidad de 12,92 hm³. 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 es-

casas. Además, el incremento de regulación que se conseguía con esta solución era insuficiente.

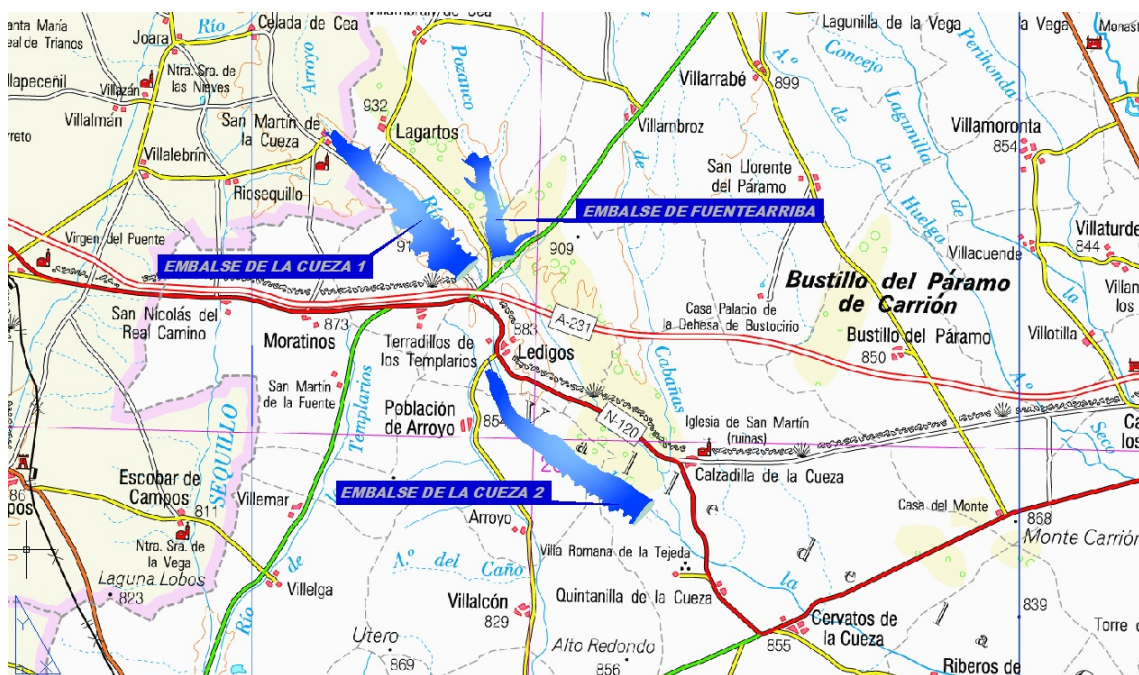
La balsa de Fuentes de Nava, con una capacidad de 90 hm³ se ha proyectado ubicada en las inmediaciones del punto donde el Trasvase Cea-Carrión confluye con el canal de Castilla. En su funcionamiento normal, la balsa se alimentará a través del Canal de Castilla mediante bombeo y reintegrará el agua al 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 hm³.

4.5. EMBALSES DE LAS CUEZAS

Esta alternativa también se valoró en el proyecto de CG S 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 m³/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 hm³, el de Fuentearriba 8,04 hm³ y el de la Cueva 2 28,44 hm³. La capacidad total de estos embalses es de 63,54 hm³.

4.6. 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 m³/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 m³/s.

Por tanto en la modelización se ha tenido en cuenta tanto la alternativa del Canal de Castilla con 16 m³/s, como la del recrecido con 24 m³/s de capacidad de transporte.

5. ESTUDIOS PREVIOS

5.1. 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.

5.2. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

5.2.1. 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 alteradas 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 presente anteproyecto) 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 Fuentearriba. 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.

5.2.2. CONCLUSIONES DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

En la campaña geotécnica, se han analizado todas las nuevas actuaciones y se recoge toda la información en el anejo nº 6, pero se ha desarrollado con mayor grado de detalle la alternativa de la construcción de los embalses de la Cueva.

5.2.2.1. 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 o cupan 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.

5.2.2.2. Presa de la Cueva 1, Cueva 2 y Fuentearriba

La solución adoptada consiste en unas presas heterogéneas de materiales sueltos con núcleo central y taludes 2,5H:1 V aguas arriba y 2H:1 V 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 Fuentearriba 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 aflora 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.

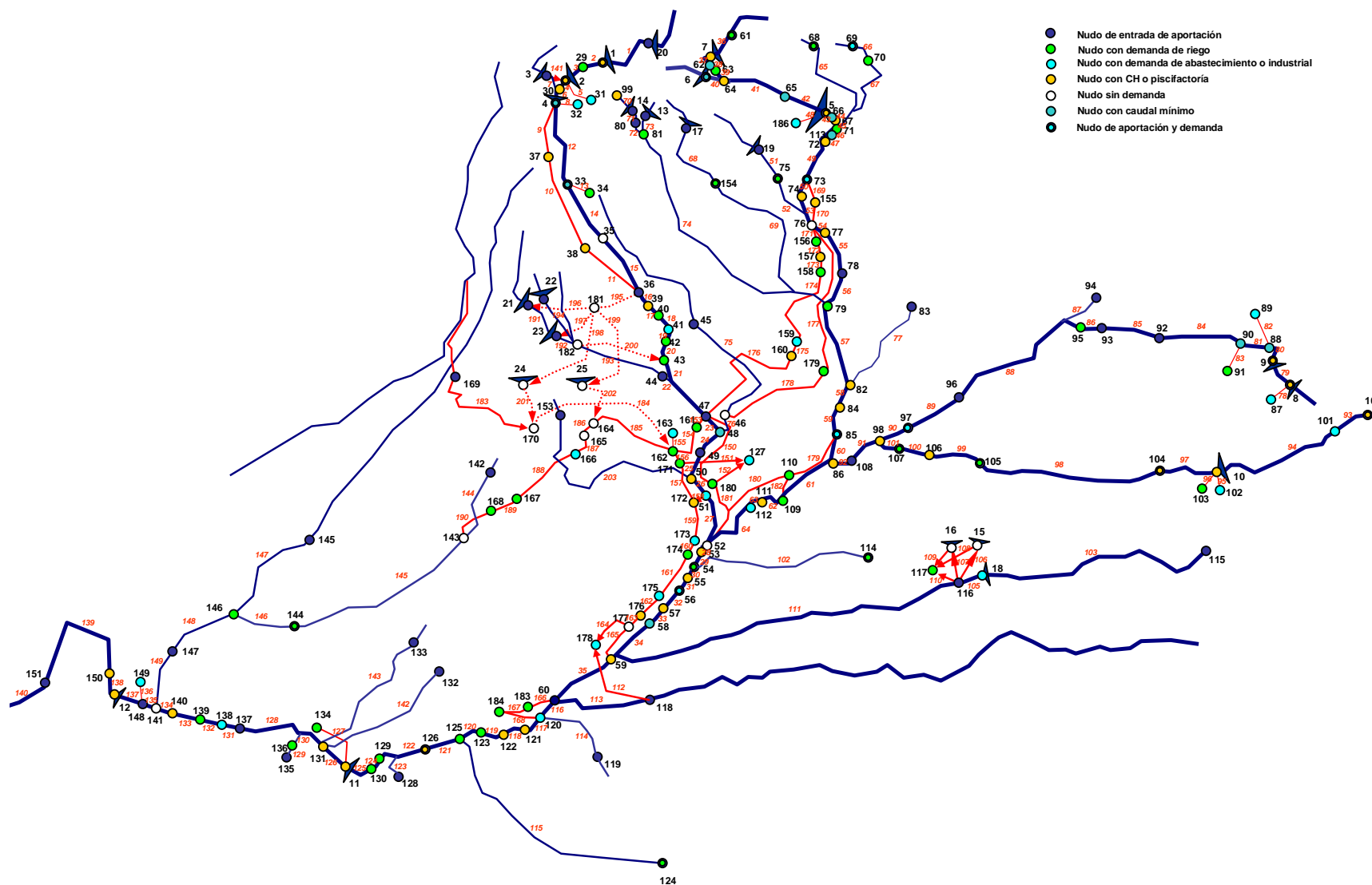
5.3. ESTUDIO DE REGULACIÓN

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 Aquatool.

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 anejo nº 3 del anteproyecto, pero se incluyen también las conclusiones del mismo en el apartado número 6 de la presente memoria. A continuación se incluye un esquema del modelo que se ha simulado.



5.4. 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 listados detallados de los cálculos se muestran en cada anejo.

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 el 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 Fuentearriba, ya que aunque el hidrograma entrante está ya laminado por La Cueva 1 o por Fuentearriba, 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.

6. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

6.1. 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 hm³/a, es:

DEMANDA ESCENARIO 1 - APORTACIONES HISTÓRICAS, SIN CAMBIO CLIMATICO														
HIPÓTESIS									GARANTIA IPH ABAST.		GARANTIA IPH RIEGOS Y	DEMANDA RIEGOS CARRIÓN		
Código	Trasvase	Vidrieros	Recreci- mientos	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 hm³ 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 hm³ 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 hm³/a - se podría tener una solución con bastantes menos de 100 hm³/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 sí 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 m³/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 m³/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 hm³/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 hm³/a, es:

DEMANDA ESCENARIO 3 - APORTACIONES CON CAMBIO CLIMÁTICO (REDUCCION 6%)																		
HIPÓTESIS									GARANTIA IPH ABAST.		GARANTIA IPH RIEGOS Y % FALLO MÁXIMO				DEMANDA RIEGOS CARRION			
Código	Trasvase	Vidrieros	Recreci- mientos	Cuezas	Balsas	Castilla Campos ampliado	Capacidad total embalses	Aumento capacidad	Valladolid	Palencia	Riegos Carrion (todos)	1 AÑO	2 AÑOS	10 AÑOS	Servida	Déficit medio	Déficit máximo	
1	SI	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	0.0	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	48%	75%	293%	257.4	91.1	168.1	
1.1C	NO	NO	NO	NO	NO	SI	169.2	0.0	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	48%	76%	283%	263.9	84.6	169.0	
2.1	NO	SI	NO	NO	NO	NO	267.7	98.5	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	48%	83%	263%	266.4	82.1	168.9	
2.1C	NO	SI	NO	NO	NO	SI	267.7	98.5	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	45%	73%	203%	287.6	60.9	155.5	
2.2	NO	SI	SI	NO	NO	NO	298.8	129.6	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	45%	76%	213%	283.8	64.7	155.5	
2.2C	NO	SI	SI	NO	NO	SI	298.8	129.6	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	51%	71%	160%	305.1	43.4	176.9	
2.3	NO	SI	NO	SI	NO	NO	331.3	162.1	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	28%	46%	142%	303.7	44.8	98.2	
2.3C	NO	SI	NO	SI	NO	SI	331.3	162.1	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	38%	49%	106%	318.3	30.2	131.0	
2.4	NO	SI	NO	NO	SI	NO	291.9	122.7	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	50%	62%	140%	310.5	38.0	173.1	
2.4C	NO	SI	NO	NO	SI	SI	291.9	122.7	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	42%	64%	169%	299.0	49.5	147.2	
2.5	NO	SI	NO	SI	SI	NO	345.6	176.4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	33%	52%	98%	321.0	27.5	114.5	
2.5C	NO	SI	NO	SI	SI	SI	345.6	176.4	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	33%	52%	98%	321.0	27.5	114.5	
2.51	NO	SI (50 hm3)	NO	SI	SI	NO	297.1	127.9	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	42%	57%	121%	312.8	35.7	144.7	
3.1	NO	NO	NO	SI	NO	NO	200.3	31.1	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	50%	75%	263%	265.8	82.7	173.3	
3.1C	NO	NO	NO	SI	NO	SI	200.3	31.1	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	48%	79%	276%	266.2	82.3	168.7	
3.2	NO	NO	NO	SI	NO	NO	263.9	94.7	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	42%	52%	175%	294.6	53.9	144.9	
3.2C	NO	NO	NO	SI	SI	NO	263.9	94.7	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	39%	50%	143%	308.1	40.4	136.9	
3.3	NO	NO	NO	SI	NO	SI	224.5	55.3	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	42%	63%	198%	288.6	59.9	147.1	
3.3C	NO	NO	NO	SI	NO	SI	224.5	55.3	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	42%	63%	198%	288.6	59.9	147.1	
3.4	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	386.5	217.3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	28%	39%	81%	328.6	19.9	99.1
3.4C	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	386.5	217.3	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	28%	39%	81%	328.6	19.9	99.1
4.1	NO	NO	NO	NO	SI	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	SI	NO	SI	232.8	63.6	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	38%	50%	150%	304.2	44.3	131.7
4.2	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	256.9	87.7	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	37%	50%	135%	311.4	37.1	129.0
4.2C	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	256.9	87.7	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	37%	50%	135%	311.4	37.1	129.0
4.3	NO	NO	NO	NO	NO	SI	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	SI	SI	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	SI (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	SI (90 hm3 a rio)	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	SI (120 hm3 a rio)	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 hm^3 adicionales - o de los recrecimientos - 217 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 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 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
2.5I	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 hm³ de capacidad adicional) **con los recrecimientos más las Cuezas** (95 hm³ de incremento), **Vidrieros más las balsas o las Cuezas y Cuezas y balsas juntas** (122 o 162 o 176 hm³), **recrecimientos más Cuezas y balsas** (217 hm³) y solamente **Cuezas** (64 hm³).
2. En las hipótesis que incluyen Vidrieros es te embalse se llena muy pocos años obteniéndose los mismos resultados si **Vidrieros se limita a 50 hm³**, por falta de aportaciones regulables. Por ello, la regulación máxima en cabecera – Vidrieros más recrecimientos (125 hm³ 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 hm³ 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 hm³**, pero **no puede concentrarse en cabecera**, puesto que las aportaciones regulables en Compuerto siguen siendo menores que la demanda neta total de 349 hm³/a a servir desde el Carrión.
5. Si se considerasen obras de regulación adicional en cabecera haría falta un **incremento mínimo de unos 95 hm³** (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:

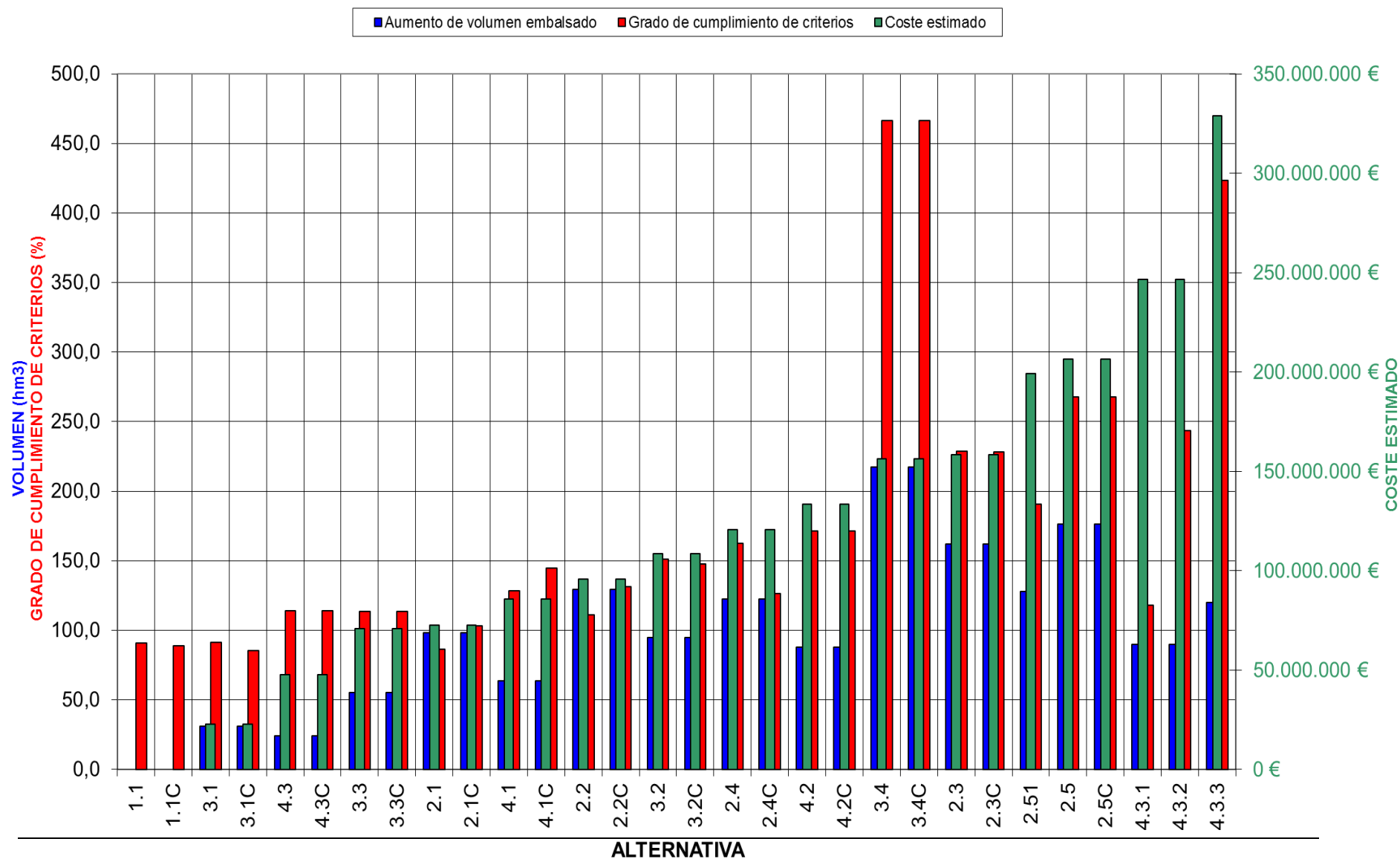
Cuando el déficit en un año del 50% se ha considerado un grado de cumplimiento del criterio del 100%, asignándole mayor grado de cumplimiento cuanto menor ha sido el déficit. Cuando en dos años consecutivos el déficit acumulado es del 75% se le asigna un grado de cumplimiento del 100%, asignándole mayor 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 tramos 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



6.2. 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:

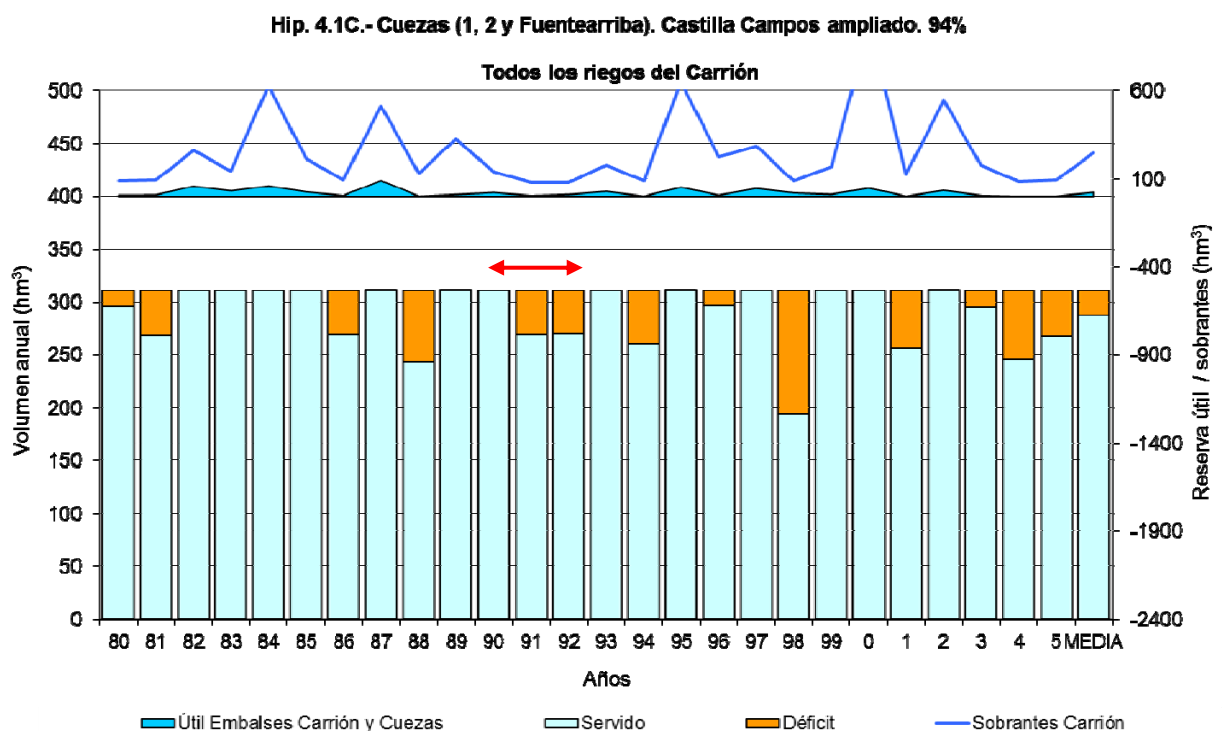
- a) Alternativa Cuezas. Se ha realizado un anteproyecto de la alternativa Cuezas, denominada 4.1C en el estudio de alternativas, porque es la solución más económica que cumple con los criterios de garantía. El coste estimado de esta alternativa es de **85.090.544,49 €**
- b) Alternativa recrecimiento 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 $31,1 \text{ hm}^3$, 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^3 . 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 $98,5 \text{ hm}^3$ tiene un coste estimado de **72.753.444,30 €** y la de 65 hm^3 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^3 de capacidad. Se comprobó que la solución de 60 hm^3 no satisfacía las demandas por sí sola, por lo que finalmente se ha realizado el anteproyecto de la solución con 90 hm^3 de capacidad. El coste estimado de esta solución es de **246.637.620,90 €**

6.3. 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.

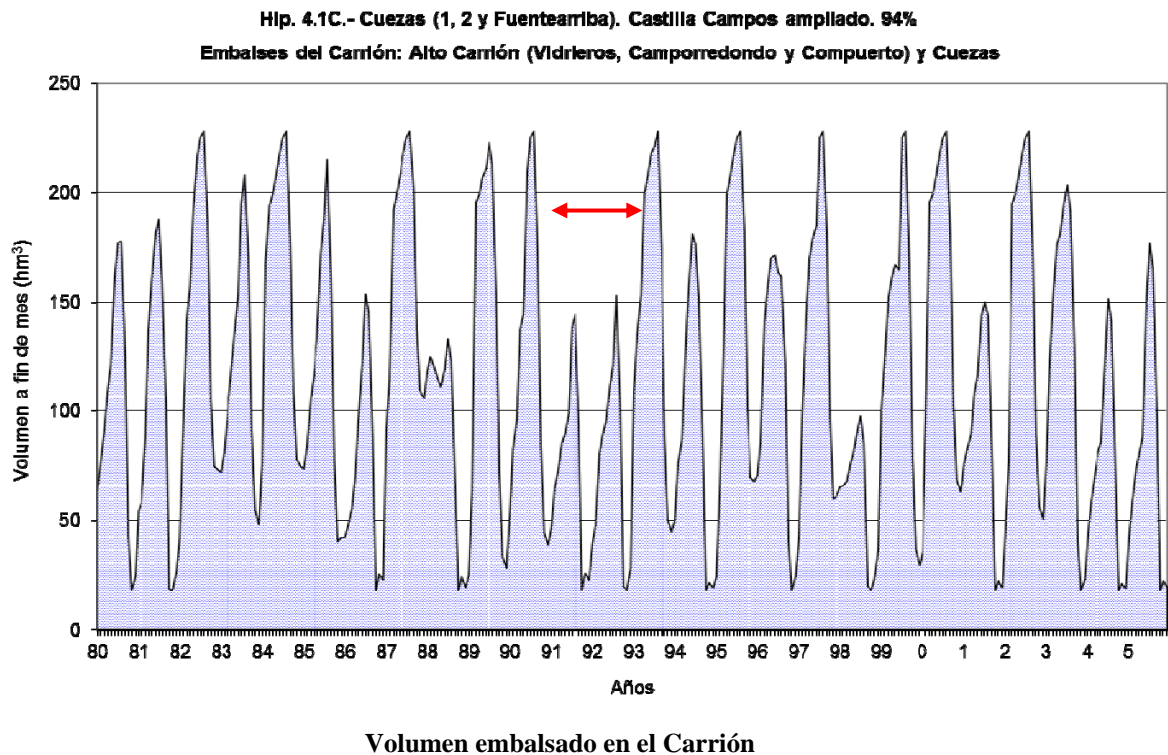
Esta solución supone aumentar la capacidad de regulación en sólo $63,6 \text{ hm}^3$. Los déficit máximos de 1 y 2 años son del 38 %, que son valores muy inferiores a los 50% y 75% que establece el criterio de garantía. El criterio de garantía de los 10 años es el más restrictivo de todos, pero esta 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 $314 \text{ hm}^3/\text{a}$, así como el volumen útil embalsado a fines de septiembre y el caudal circulante por el Carrión en la confluencia con el Pisuegra.



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 período 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.



6.4. 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 hm³, 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 hm³) no es capaz de

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

- Recrecimiento de Cam porredondo y Com puerto. Esta solución es técnicamente viable y consigue un incremento de volumen regulado de $31,1 \text{ hm}^3$ con un coste relativamente bajo. Sin embargo, presenta el mismo problema que la solución de Vidrieros, ya que desde Vidrieros hasta la ubicación de Cam porredondo 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 $12,92 \text{ hm}^3$. 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^3 y 60 hm^3 , pero solamente se ha desarrollado la solución de 90 hm^3 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 $63,54 \text{ hm}^3$ ($64,7 \text{ hm}^3$ 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 Cueva, 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 m³/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.

7. 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 Fuentearriba, que se encuentran actualmente sin regular. Los arroyos de la Cueva y de Fuentearriba 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.

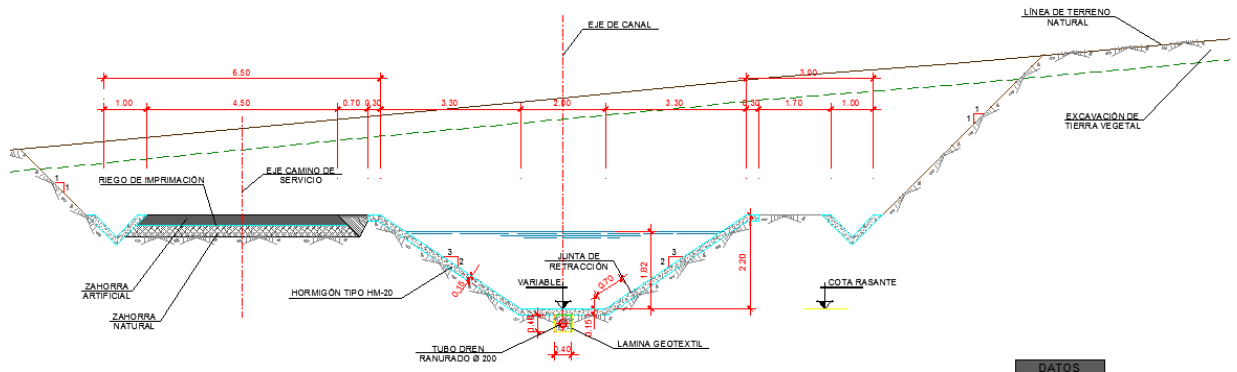
Los embalses de la Cueva 1 y Fuentearriba están comunicados por una conducción que atraviesa un collado y se comportan a efectos prácticos como un único embalse con una capacidad conjunta de 35,1 hm³. El embalse de la Cueva 2 tiene una capacidad de 28,44 hm³.

7.1. 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 m³/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.

7.2. PRESAS

7.2.1. 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.

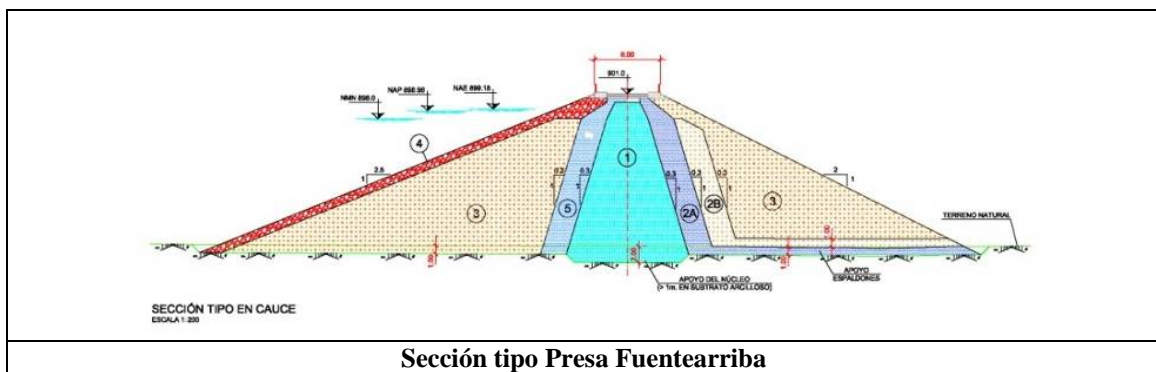
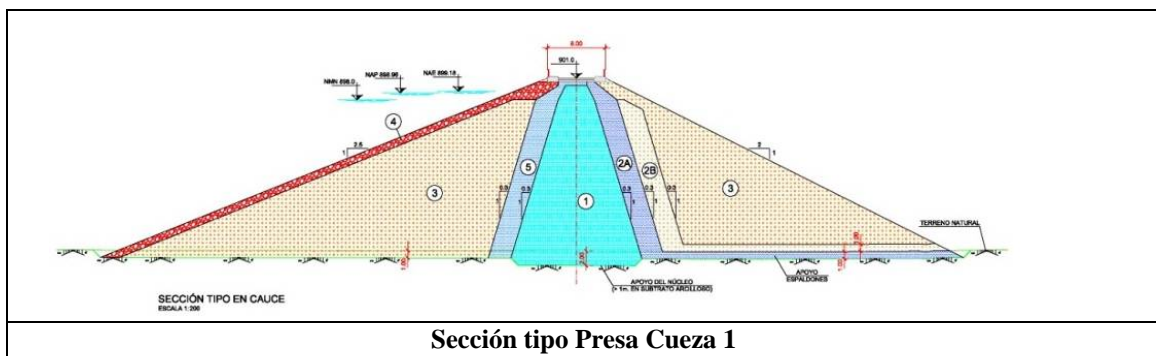
Las dos presas constituyen por tanto un solo embalse, cuyo nivel máximo normal se ha establecido a la cota 898,00 msnm. Los dos vasos son de tamaño discreto, obteniendo un volumen total de embalse de 35,1 hm³. Las presas son de poca altura (23,5 metros hasta coronación en el caso de Cueva 1 y 31 metros 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 nº 6 de geotecnia. 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 ESPALDONES: 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 realizada mediante el programa HEC-HMS) para el estudio de la minación.

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

- Avenida de 1.000 años de período de retorno: 103,82 m³/s
- Avenida de 10.000 años de período de retorno: 262,81 m³/s

Durante el desagüe de la avenida de diseño (T=1.000 años) el máximo caudal vertido es 14,95 m³/s, alcanzando un nivel máximo de embalse de 898,52 msnm. En la avenida extrema (T=10.000 años) el máximo caudal desaguado es 52,80 m³/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 87,50 msnm en La Cueva 1 y 882,75 msnm en Fuentearriba. Para el nivel de máximo embalse normal, la capacidad es de 18,28 m³/s en Cueva 1 y 12,6 m³/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.

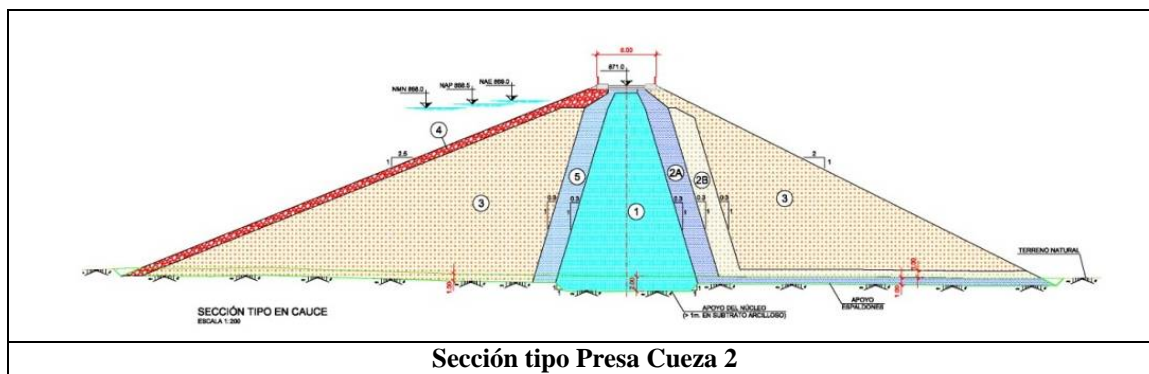
7.2.2. CUEZA 2

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 hm³. El nivel máximo normal 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 868,00 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 raspado 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 m³/s
- Avenida de 10.000 años de período de retorno: 281,94 m³/s

Durante el desagüe de la avenida de diseño (T=1.000 años) el máximo caudal vertido por el aliviadero es 4,2 m³/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 m³/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 m³/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.

8. EXPROPIACIONES DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

En el anejo nº 7.4 se valoran y cuantifican económicamente las superficies afectadas por todas las actuaciones que se han definido en este anteproyecto. Las afecciones que se cuantifican y valoran son las producidas por el canal de alimentación y por los tres embalses.

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: seco, regadío y monte bajo. Los precios adoptados para las expropiaciones son los siguientes:

CANAL DE ALIMENTACIÓN DE LOS EMBALSES

Tipo de terreno	Coste Expropiación
Seco 0,90	€/m ²
Regadío 1,80	€/m ²
Monte bajo	1,00 €/m ²

EMBALSES DE LA CUEZA 1, CUEZA 2 Y FUENTEARRIBA

Tipo de terreno	Coste Expropiación
Seco 0,80	€/m ²
Regadío 1,20	€/m ²
Monte bajo	0,90 €/m ²

En el precio del m² 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 (m²)	Regadío (m²)	Monte bajo (m²)	Secano TEMPORAL (m²)	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 €
TOTAL					9.019.171,64 €

9. SERVICIOS AFECTADOS DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Se han realizado varias visitas a los emplazamientos de las obras definidas en este anteproyecto. En el anejo nº 7.5 se encuentra la descripción de todas estas afecciones que han sido valoradas en el presupuesto.

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.

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
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL	51.396.310,02

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL:	51.396.310,02 €
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 %)	1 3.167.734,63 €
TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN:	75.871.232,85 €
EXPROPIACIONES	9.019.171,64 €
PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL EN FASE DE CONSTRUCCIÓN	126.540,00 €
PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL EN FASE DE EXPLOTACIÓN	73.600 €
PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN:	85.090.544,49 €

El presupuesto asciende a OCHENTA Y CINCO MILLONES NOVENTA MIL QUI-
NIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS CON CUARENTA Y NUEVE CÉN-
TIMOS.

11.DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

MEMORIA

ANEJOS A LA MEMORIA

- ANEJO Nº 1. RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS.
- ANEJO Nº 2. ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL.
- ANEJO Nº 3. ESTUDIO DE REGULACIÓN.
- ANEJO Nº 4. ESTUDIO DE SOLUCIONES.
 - APÉNDICE 1. TABLAS RESUMEN.
 - APÉNDICE 2. GRÁFICOS DE LAS ALTERNATIVAS
- ANEJO Nº 5. TOPOGRAFÍA.
- ANEJO Nº 6. ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO.
 - APÉNDICE 1. PLANOS.
 - APÉNDICE 2.1 CAMPAÑA DE CAMPO SEPTIEMBRE 2010.
 - APÉNDICE 2.2 CAMPAÑA DE CAMPO SEPTIEMBRE 2011.
 - APÉNDICE 3. ESTUDIO GEOFÍSICO.
 - APÉNDICE 4. ACTAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.
 - APÉNDICE 5. INFORME MINERALÓGICO.
 - APÉNDICE 6. FICHAS DE EXPLOTACIONES PARA PRÉSTAMOS.
- ANEJO Nº 7. ALTERNATIVA CUEZAS. SOLUCIÓN ADOPTADA.
 - ANEJO 7.1. ESTUDIO HIDROLÓGICO.
 - ANEJO 7.2. ESTUDIO DE LAMINACIÓN.
 - ANEJO 7.3. CÁLCULOS HIDRÁULICOS.
 - ANEJO 7.4. ESTUDIO DE EXPROPIACIONES.
 - ANEJO 7.5. SERVICIOS AFECTADOS.
- ANEJO Nº 8 . ALTERNATIVA RECRECIMIENTO CAM PORREDONDO Y COM -
PUERTO.
 - ANEJO 8.1. TRABAJOS TOPOGRÁFICOS.
 - ANEJO 8.2. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA.
 - ANEJO 8.3. ESTUDIO HIDROLÓGICO.
 - ANEJO 8.4. CÁLCULOS DE ESTABILIDAD.
 - ANEJO 8.5. CÁLCULOS ESTRUCTURALES.
 - ANEJO 8.6. CÁLCULOS HIDRÁULICOS.
- ANEJO Nº 9. ALTERNATIVA EMBALSE DE VIDRIEROS.
 - APÉNDICE 1. AFECCIONES PRODUCIDAS POR EL EMBALSE DE VIDRIEROS.
PLANOS.
- ANEJO Nº 10. ALTERNATIVA Balsa de Fuentes de Nava.

PLANOS DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

- 01. ÍNDICE.
- 02. PLANO DE SITUACIÓN.
- 03. PLANTA GENERAL DE LAS OBRAS.
- 04 CANAL DE DERIVACIÓN DE CAUDALES
 - 04.01. PLANTA DE TRAZADO Y PERFIL LONGITUDINAL.
 - 04.02. SECCIÓN TIPO.
 - 04.03. PERFILES TRANSVERSALES.
 - 04.04. PLANTA GENERAL DE AFECCIONES.
 - 04.05. OBRA DE TOMA.
 - 04.06. OBRA DE ENTREGA.

- 04.07. OBRAS SINGULARES.
- 04.08. DETALLES.
- 05 EMBALSES
 - 05.01. PLANTA GENERAL EMBALSES.
 - 05.02. FUENTEARRIBA.
 - 05.02.01. PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL PRESA.
 - 05.02.02. SECCIÓN TIPO.
 - 05.02.03. PERFILES TRANSVERSALES.
 - 05.02.04. ALIVIADERO. PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL.
 - 05.02.05. ALIVIADERO. SECCIONES.
 - 05.02.06. DESAGÜE DE FONDO.
 - 05.02.07. AUSCULTACIÓN.
 - 05.03. CUEZA 1.
 - 05.03.01. PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL PRESA
 - 05.03.02. SECCIÓN TIPO.
 - 05.03.03. PERFILES TRANSVERSALES.
 - 05.03.04. ALIVIADERO. PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL.
 - 05.03.05. ALIVIADERO SECCIONES.
 - 05.03.06. DESAGÜE DE FONDO.
 - 05.03.07. AUSCULTACIÓN.
 - 05.03.08. DIQUE LATERAL.
 - 05.04. CUEZA 2.
 - 05.04.01. PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL PRESA
 - 05.04.02. SECCIÓN TIPO.
 - 05.04.03. PERFILES TRANSVERSALES.
 - 05.04.04. ALIVIADERO. PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL.
 - 05.04.05. ALIVIADERO. SECCIONES.
 - 05.04.06. DESAGÜE DE FONDO.
 - 05.04.07. AUSCULTACIÓN.
- 06. TÚNEL CUEZA 1 – FUENTEARRIBA.
 - 06.01. PLANTA GENERAL Y PERFIL LONGITUDINAL.
 - 06.02. SECCIÓN TIPO.
- 07. EXPROPIACIONES.
 - 07.01. PLANTA GENERAL.
- 08. SERVICIOS AFECTADOS. CARRETERA P-235.
 - 08.01. CARRETERA P-235. PLANTA.
 - 08.02. CARRETERA P-235. PERFIL LONGITUDINAL.
 - 08.03. CARRETERA P-235. PERFILES TRANSVERSALES Y SECCIÓN TIPO.

PRESUPUESTO

12.CONCLUSIONES

En la redacción del anteproyecto se han tenido en cuenta las disposiciones generales de carácter legal o reglamentario, así como la normativa técnica que resulta de aplicación a este anteproyecto.

Por todo lo anteriormente expuesto, se considera suficientemente definido el presente anteproyecto, tratándose de un documento completo conforme a lo establecido en la Ley de Contratos del Sector Público.

Valladolid, noviembre de 2012

El ingeniero director del proyecto:



José Ignacio Díaz-Caneja Rodríguez

El ingeniero autor del proyecto:



Julián Cid Lozano