



AGUAS MUNICIPALES DE VITORIA, S. A.

PLAN DE EMERGENCIA PARA SITUACIONES DE SEQUÍA O AVERÍA GRAVE EN EL SUMINISTRO EN ALTA DE AMVISA

Ref.: P210828
Código Doc.: P210828-SRTC-NT-005/3
Revisión Nº: 3 **Fecha:** Abril 2010
Fichero Nº: NT-0005-3.DOC

	Nombre	Firma	Fecha
Realizado	David Ocio		Abril 10
Comprobado	Óscar de Cos		Abril 10
Aprobado	David Ocio		Abril 10

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	6
2	MARCO NORMATIVO E INSTITUCIONAL	8
2.1	Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro	9
2.2	Plan Especial de Sequías de la cuenca del Ebro	11
2.3	Acuerdo del 12 de marzo de 2008	11
2.4	Convenio del 23 de marzo de 1992.....	12
3	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA	14
3.1	Municipios abastecidos	14
3.2	Esquema general del suministro	14
3.3	Interrelaciones con otros sistemas de abastecimiento	15
3.4	Obras de emergencia	17
4	DESCRIPCIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS QUE CONFORMAN EL SISTEMA.....	19
4.1	Infraestructura de operación normal.....	19
4.1.1	Captación del embalse de Ullibarri	19
4.1.2	Bombeo de Durana.....	25
4.1.3	Captación del embalse de Albina y depuración.....	26
4.1.4	Captación de los manantiales del Gorbea y depuración	29
4.1.5	ETAP de Araka	34
4.1.6	Almacenamiento y distribución	45
4.2	Infraestructura de emergencias.....	46
4.2.1	Cuenca Norte.....	46
4.2.2	Captación y bombeo del río Baia en Techa.....	48
4.2.3	Captación y bombeo del río Torca en Nanclares de la Oka	51
4.2.4	Captación y bombeo del río Ega en Maeztu.....	53
4.2.5	Captación y bombeo de la Fuente Turbaz en Opakua	55
4.2.6	Captación del Nacedero Fuente Iturrioz en Araia.....	57
4.2.7	Captación del arroyo Uyar en Zalduendo	58
4.2.8	Sifón del Gorbea	59
4.2.9	Captación del arroyo Vicuña.....	60
5	DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS DISPONIBLES	62
5.1	Puntos de captación y concesiones	62

5.2	Recursos superficiales	62
5.2.1	Metodología general	62
5.2.2	Unidad Hidrológica Zadorra	72
5.2.3	Unidad Hidrológica Bayas.....	83
5.2.4	Unidad Hidrológica Ega	89
5.2.5	Unidad Hidrológica Arakil.....	96
5.3	Recursos subterráneos	102
5.3.1	Unidad Hidrogeológica Subijana.....	102
5.3.2	Unidad Hidrogeológica Itxina	109
5.3.3	Unidad Hidrogeológica Aizkorri.....	115
5.4	Evaluación de los recursos disponibles en situación normal	122
5.4.1	Aportaciones a los embalses de Ullibarri y Urrunaga	122
5.4.2	Captación del río Zadorra desde el bombeo de Durana.....	127
5.4.3	Embalse de Albina	128
5.4.4	Manantiales del Gorbea.....	140
5.4.5	Embalses del Gorbea	142
5.5	Evaluación de los recursos disponibles en situación de emergencia.....	145
5.5.1	Cuenca Norte.....	145
5.5.2	Captación y bombeo del río Bayas en Techa	149
5.5.3	Captación y bombeo del río la Torca en Nanclares de Oca	152
5.5.4	Captación y bombeo del río Ega en Maeztu.....	164
5.5.5	Captación y bombeo de Fuente Turbaz en Opakua	167
5.5.6	Captación del Nacedero Fuente Iturrioz en Araia.....	170
5.5.7	Captación del arroyo Uyar en Zalduendo	175
5.5.8	Sifón del Gorbea.....	178
5.5.9	Captación del arroyo Vicuña.....	181
5.5.10	Captación de los acuíferos de Nanclares-Subijana	184
6	DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS DEMANDAS	197
6.1	Evolución histórica de las demandas	197
6.2	Metodología para la cuantificación de las demandas futuras.....	202
6.2.1	Definiciones y estructuración de demandas	202
6.2.2	Recogida de Información	203
6.2.3	Establecimiento del consumo actual de agua. Ratios y características	204
6.2.4	Modelo de demanda urbana	206
6.2.5	Variación mensual del consumo y de la demanda urbana	210
6.2.6	Estudio de la situación futura.....	211
6.3	Necesidades hídricas resultantes para el sistema AMVISA.....	213
6.3.1	Situación actual	213
6.3.2	Validación del modelo de demanda.....	214

6.3.3	Corrección del modelo de demanda	216
6.3.4	Situación futura	217
6.3.5	Escenarios de demanda adoptados	220
6.4	Estacionalidad de la demanda	220
6.5	Cuantificación de otras demandas para recursos compartidos.....	220
6.5.1	Consortio de Aguas de Bilbao-Bizkaia	220
6.5.2	Demandas hidroeléctricas	221
6.5.3	Regadíos	222
6.5.4	Servidumbres y caudales ambientales	222
6.6	Elasticidad de la demanda	223
7	ESTABLECIMIENTO DE INDICADORES E IDENTIFICACIÓN DE UMBRALES.....	227
7.1	Escenarios de sequía operacional	227
7.1.1	Indicadores	227
7.1.2	Coordinación con el Plan Especial de Sequía de la cuenca del Ebro	227
7.1.3	Escenarios	227
7.1.4	Umbrales.....	228
7.1.5	Verificación hidrológica.....	231
7.2	Otras causas de no satisfacción de la demanda.....	242
7.2.1	Contaminación de recurso	242
7.2.2	Fallo de la infraestructura	243
7.2.3	Fallo del suministro eléctrico.....	245
7.2.4	Otras	245
8	MEDIDAS Y ACTUACIONES PREVISTAS	246
8.1	Escenarios de sequía hidrológica.....	246
8.1.1	Petición de autorización para la operación de obras de emergencia	248
8.1.2	Recursos alternativos	249
8.1.3	Reducciones voluntarias del consumo	252
8.1.4	Reducciones inducidas del consumo.....	255
8.1.5	Fuentes alternativas.....	258
8.2	Otras causas de no satisfacción de la demanda.....	259
8.3	Validación de las medidas previstas	266
8.3.1	Sequía hidrológica	266
8.3.2	Otras causas de no satisfacción de la demanda	280
9	PROTOCOLO DE GESTIÓN DE SEQUÍAS.....	284
9.1	Estructura orgánica de AMVISA.....	284
9.2	Órganos implicados en la gestión de una sequía.....	287

9.2.1	Comité de Sequía	287
9.2.2	Oficina de Sequía	290
9.2.3	Mesa de Seguimiento de la Sequía	290
9.2.4	Coordinación con el Plan Especial de Sequías	291
9.3	Actuaciones a nivel orgánico y de funcionamiento.....	293
10	DESCRIPCIÓN DEL LA SEQUÍA DEL 89-90	296
11	CALIDAD DEL AGUA	311
12	RELACIONES EXTERIORES	313
13	ACTUALIZACIÓN Y REVISIÓN DEL PLAN	314

1 INTRODUCCIÓN

Según establece el artículo 27 sobre Gestión de Sequías de la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional se obliga a las Administraciones públicas responsables de sistemas de abastecimiento urbanos que atiendan, singular o mancomunadamente, a una población igual o superior a 20.000 habitantes a elaborar un Plan de Emergencia ante situaciones de sequía.

En el caso de Aguas Municipales de Vitoria, S. A. (en adelante AMVISA) la población atendida alcanza los 235.000 habitantes, motivo por el cual se ve obligada a la redacción del citado Plan.

Con tal fin, con fecha 26/06/2009 la sociedad aprueba la apertura del procedimiento abierto de adjudicación para el servicio de Consultoría y Asistencia Técnica para la realización del *Plan de Emergencia de Sequía y Avería Grave del abastecimiento para Vitoria-Gasteiz*. La adjudicación definitiva se realiza el 23 de octubre de 2008 a favor de SENER, INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A.

Por otra parte, la Confederación Hidrográfica del Ebro en cumplimiento del artículo 27 sobre Gestión de Sequías de la Ley 19/001, redacta el "Plan Especial de actuación en situaciones de Alerta y eventual sequía en la cuenca hidrográfica del Ebro" (en adelante PES), que es informado favorablemente por el Consejo del Agua de la cuenca del Ebro el 14 de marzo de 2007. Dicho artículo obliga a *la elaboración, por los organismos de cuenca en los ámbitos de sus planes Hidrológicos, de Planes especiales de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía, incluyendo las reglas de explotación de los sistemas y las medidas a aplicar en relación con el uso del dominio público hidráulico.*

El citado Plan, además, en su apartado 9.3 *Recomendaciones para la redacción de los planes de emergencia*, remite para la redacción de los Planes de emergencia a la "Guía para la elaboración de planes de emergencia por sequía de sistemas de abastecimiento urbano", redactada por la Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (en adelante Guía AEAS). Esta Guía facilita la redacción de tales Planes, advirtiendo la necesidad de adecuarse a cada sistema de abastecimiento en función de sus dimensiones, características y problemas específicos pero siempre que se respeten una serie de contenidos mínimos:

- a. *Marco normativo e institucional aplicable al sistema de abastecimiento objeto del Plan.*
- b. *Identificación de los subsistemas que hacen posible el suministro de agua al núcleo o núcleos urbanos objeto del Plan. Se entiende por subsistema el conjunto de infraestructuras interconectadas que abastecen exclusivamente a una zona.*
- c. *Descripción de las infraestructuras principales que conforman cada sistema o subsistema.*
- d. *Descripción y evaluación de los recursos disponibles. Se enumerarán todos los volúmenes y caudales con concesión de uso para el suministro urbano y la relación de los puntos e infraestructuras de captación. Se clasificarán los recursos en función de su origen y grado de autonomía de uso, así como una valoración estadística de su disponibilidad en condiciones de sequía.*
- e. *Descripción de las demandas. Se clasificarán y cuantificarán por tipos de actividad, uso y estacionalidad. Se evaluará la elasticidad de cada uno de los grupos de demanda según se apliquen diferentes medidas orientadas a su reducción. Se destacarán en un apartado independiente los usos no controlados, de operación y las pérdidas en las infraestructuras del sistema de suministro.*

- f. Condicionantes ambientales, si procede, resaltando los referentes a los escenarios de sequía operacional.*
- g. Reglas de operación y ámbitos de suministro del sistema en condiciones normales.*
- h. Descripción de los escenarios de sequía operacional considerados. Se incluirán tanto los de prevención como los de mitigación y resolución de episodios extremos.*
- i. Identificación de condiciones desencadenantes del inicio de cada uno de los escenarios de sequía operacional.*
- j. Enumeración de las actuaciones previstas en cada uno de los escenarios de sequía operacional y atribución de responsabilidades.*
- k. Identificación de las zonas y circunstancias de mayor riesgo para cada escenario de sequía operacional, prestando especial atención a los problemas vinculados con la salud de la población y a actividades con gran repercusión social o importancia estratégica para la actividad económica de la zona.*
- l. Relación de organismos y entidades relacionadas con la resolución de los posibles escenarios de sequía operacional.*
- m. Identificación de responsabilidades generales y frecuencia de actualización del Plan.*
- n. Identificación de los principales vínculos y condicionantes para la integración con el Plan Especial de Sequía en que se encuadre.*

El presente documento se redacta en cumplimiento del artículo 27. 3) de la Ley 10/2001 siguiendo las directrices establecidas por el “Plan Especial de actuación en situaciones de Alerta y eventual sequía en la cuenca hidrográfica del Ebro” aprobado por el Consejo del Agua el 14 de marzo de 2007.

2 MARCO NORMATIVO E INSTITUCIONAL

Para la redacción del presente Plan de Emergencia se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional
- Plan Hidrológico Ebro de la Cuenca del Ebro
- Plan especial de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía en la cuenca hidrográfica el Ebro.
- Propuesta del grupo de trabajo para la junta de explotación nº 17 de 12 de marzo de 2008 por la que se propone para su aprobación la curva de inicio de vertido a utilizar en los embalses de Ullibarri y Urrunaga y se propone, para su aprobación, la curva de garantía aprobada provisionalmente en la Comisión de desembalse de 26 de abril de 2007
- Convenio del 23 de Marzo de 1992 suscrito entre la Confederación Hidrográfica del Norte, Confederación Hidrográfica del Ebro, Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia y Aguas Municipales de Vitoria para el mantenimiento y utilización de las obras ejecutadas al amparo del Real Decreto 296/1990. El protocolo establece las obras de emergencia que pueden ser activadas, previa autorización temporal por parte de las Confederaciones. La curva de consigna de la activación es función, para cada obra, de los volúmenes conjuntos almacenados en los embalses de Ullibarri y Urrunaga

Y se han seguido, en la medida que resultan aplicables al caso particular estudiado, las recomendaciones de:

- Guía para la elaboración de planes e emergencia por sequía en sistemas de abastecimiento urbano. Versión 8.2, julio 2006, Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento

Además se ha tenido en cuenta los siguientes estudios:

- Estudio de evaluación de los recursos hídricos totales en el ámbito de CAPV, Gobierno Vasco, diciembre 2003
- Caracterización y cuantificación de las demandas de agua en la CAPV y estudios de prospectivas, Gobierno Vasco, marzo 2004
- Estudio de alternativas de abastecimiento a las áreas metropolitanas de Bilbao y Vitoria, Gobierno Vasco, marzo 2009

2.1 Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro

En el tema relativo a sequías, el mandato de la Ley de Aguas con respecto a la planificación hidrológica, se concreta en el artículo 87.1 del Reglamento de la Administración Pública del Agua y la Planificación Hidrológica que establece:

"El Plan Hidrológico de cuenca, con los datos históricos disponibles sobre precipitaciones y caudales máximos y mínimos, establecerá los criterios para la realización de estudios y la determinación de actuaciones y obras relacionadas con situaciones hidrológicas extremas".

Dentro propiamente del Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro, aprobado por el Consejo del Agua de la Cuenca en 1996 y aprobado por Real Decreto 1664/1998, los artículos 168 a 172 se dedican a las sequías:

Art. 168 Situaciones de sequía

Se distinguirán dos situaciones de sequía, la agrícola, causada por la falta de precipitaciones necesarias para satisfacer las necesidades de las plantas y la hidrológica, en la que los caudales son insuficientes para satisfacer los usos establecidos bajo un sistema dado de administración de recursos hidráulicos.

Art. 169 Criterios provisionales de definición del comienzo y final de una sequía

En los trabajos sobre el régimen pluviométrico y definición de períodos secos se utilizará el siguiente criterio: se considera que comienza un período seco cuando en dos meses consecutivos de la serie, la precipitación registrada es inferior al 60% de la media de dicho mes y este período finaliza cuando la precipitación registrada en un mes sea igual o superior a la media de la serie utilizada, es decir, hasta que recupera un comportamiento que se considera normal. Estos criterios se revisarán en función de los resultados de los estudios a los que se hace referencia en el Art. 170.

Art. 170 Programa de estudios

- 1. Incluirá un estudio de definición de períodos secos y un estudio sobre la gestión de la explotación de los sistemas de recursos en dichos períodos.*
- 2. El estudio sobre períodos secos se realizará en base a las series de datos disponibles y al criterio que define el comienzo y final de una sequía, expresado en el Art. 169 o cualquier otro que se establezca en este estudio.*
- 3. El estudio sobre la gestión de la explotación de los sistemas de recursos, en los períodos secos que se establezcan en base al estudio de definición de los mismos, efectuará un análisis completo sobre las diversas estrategias que se pueden plantear en cuanto a la gestión de un sistema de explotación (agotamiento de embalses, restricciones en el servicio de las demandas, caudales ecológicos mínimos, etc.) a fin de definir una política adecuada, dirigida a situaciones futuras previsibles de sequía. Este análisis se realizará en base a los modelos de simulación de la explotación de los sistemas de la cuenca del Ebro.*

Art. 171 Reservas para diversos usos en situaciones de sequía

1. Se establecerán las reservas mínimas de los embalses, necesarias para garantizar el abastecimiento a las poblaciones, como uso prioritario.
2. Se fijarán los objetivos de ahorro de agua o reducción de consumo en el abastecimiento a las poblaciones.
3. Deducidas las reservas de los embalses para abastecimiento a poblaciones y otros usos prioritarios, se fijarán las disponibilidades para usos agrícolas con preferencia para los regadíos de mayor antigüedad sobre los posteriores a éstos, teniendo en cuenta las compensaciones oportunas.

Art. 172 Programa de actuaciones

1. En base a los objetivos de ahorro de agua o reducción de consumo en los abastecimientos a poblaciones a que hace referencia el Art. 171.2, se desarrollarán las normas que se dictarán en dichas situaciones -- reducción de horas de servicio, reducción en la presión de servicio, prohibición de determinados usos, etc.--, y los sistemas de control que se implantarán.
2. Establecidas las reservas de agua disponibles para usos agrícolas a que hace referencia el 171.1, fijadas por los estudios sobre gestión de la explotación de los sistemas de la cuenca del Ebro en situaciones de sequía, a los que se hizo referencia en el epígrafe anterior, y con antelación suficiente, el Organismo de cuenca, comunicará a todos los usuarios afectados, la situación de recursos disponibles, para permitir ajustar sus decisiones de siembra (reducción de la superficie de siembra, mantener la alternativa de cultivo tradicional reduciendo las dotaciones unitarias o el número de riegos, etc.) a las dotaciones de riego garantizadas.
3. Se adoptarán los criterios de reparto del agua entre las diferentes zonas y usuarios colectivos y privados.
4. Se desarrollarán las normas de control y de sanción que se aplicarán durante la campaña, para garantizar que nadie incumpla las directrices fijadas.
5. Se elaborará un Plan de actuaciones en función de los recursos disponibles en situaciones de sequía, que recogerá los criterios de reparto del agua, las medidas de control, el régimen de sanciones, las normas de obligado cumplimiento, etc., a fin de que una vez establecido y publicado, evite que en cada ocasión se traten de adoptar medidas nuevas que pudieran no ser de conocimiento público.
6. El Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) proporcionará información sobre las previsibles sequías a fin de ejecutar una serie de actuaciones encaminadas a paliar los daños que producirían.

Por su parte la Memoria del Plan Hidrológico define los criterios provisionales para definir periodos secos y así “se considera que comienza un periodo seco cuando en dos meses consecutivos de la serie, la precipitación registrada es inferior al 60% de la media de dicho mes y este periodo finaliza cuando la precipitación registrada en un mes sea igual o superior a la media de la serie utilizada, es decir, hasta que recupera un comportamiento que se considera normal”. Al mismo tiempo propone desarrollar un programa de estudios sobre las sequías.

En el Plan Especial de Sequías descrito en el apartado siguiente se da respuesta, con mayor o menor grado de concreción, a las cuestiones que planteaba en su momento el Plan Hidrológico.

2.2 Plan Especial de Sequías de la cuenca del Ebro

AMVISA queda integrada dentro de la Junta de Explotación nº17. Cuencas del Bayas, Zadorra e Inglares de la Confederación Hidrográfica del Ebro y, por lo tanto, condicionada por consideraciones particulares relativas a la misma.

En concreto, en el apartado 5.3.17.1 del PES se indica la plena operatividad de las curvas de explotación de 2003 aprobada con carácter provisional por la CHE en resolución de octubre de 2003, así como las de activación de las obras de emergencia de 1992. La curva de explotación de 2003 ha sido modificada posteriormente por el acuerdo adoptado provisionalmente en la Comisión de desembalse de 26 de abril de 2007

Por otro lado, se razona en el artículo referenciado que, *dada la importancia de la población abastecida por el sistema, 1.300.000 habitantes y su singularidad, no solo por la complejidad de la armonización entre usuarios, sino por tratarse tal vez del único sistema de abastecimiento que ha sufrido y puede volver a sufrir severas restricciones en circunstancias de sequía, no se ha considerado conveniente la aplicación del índice de estado basado en los valores históricos, sino tomar un criterio probabilístico de fallo, tal y como propone el Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia, y fijar de tal forma los umbrales. No obstante lo anterior, ambos abastecimientos, CABB y AMVISA, en el marco de sus planes de emergencia, podrán establecer los umbrales que consideren pertinentes para la activación de sus medidas de gestión interna.*

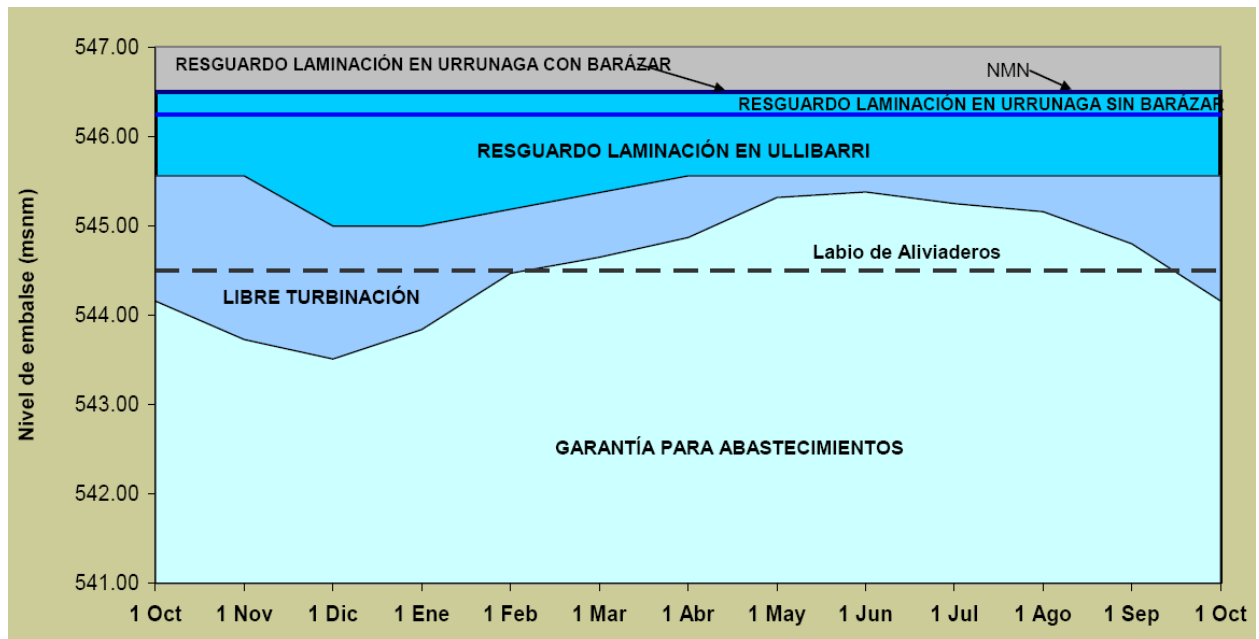
AMVISA entiende que los umbrales establecidos para los embalses de Ullibarri-Urrunaga son coherentes con sus propios criterios de explotación y garantía de servicio por lo que los suscribe plenamente a efectos de elaboración del presente Plan de Emergencia.

2.3 Acuerdo del 12 de marzo de 2008

Las curvas aprobadas por la Confederación Hidrográfica del Ebro fueron las siguientes:

	01-oct	01-nov	01-dic	01-ene	01-feb	01-mar	01-abr	01-may	01-jun	01-jul	01-ago	01-sep
NMN (m)	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5
Inicio vertido Ullibarri	545,56	545,56	545,00	545,00	545,19	545,37	545,56	545,56	545,56	545,56	545,56	545,56
Inicio vertido Urrunaga (*)	546,50	546,50	546,50	546,50	546,50	546,50	546,50	546,50	546,50	546,50	546,50	546,50
Curva de garantía (hm³)	140,0	131,5	127,0	133,6	146,5	150,3	155,0	165,0	166,5	163,5	161,5	153,5

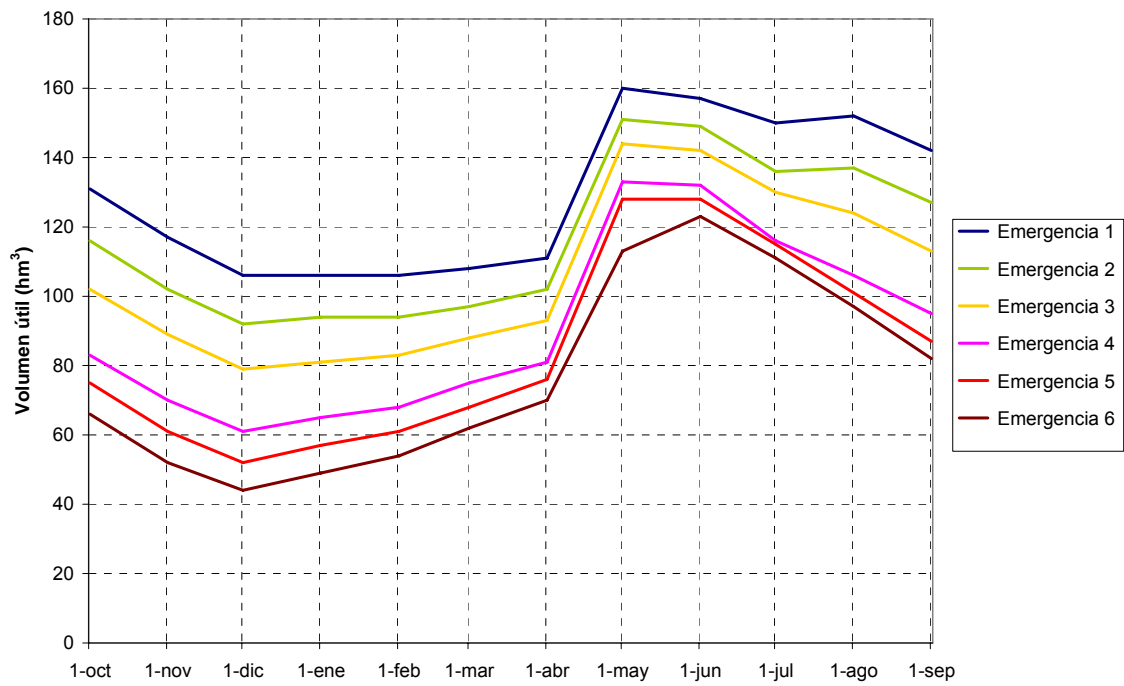
Supuesta turbinación operativa en Barazar (0 grupos 546,25 – 1 grupo 546,37)



2.4 Convenio del 23 de marzo de 1992

La activación de las obras de emergencia responde al convenio del 23 de marzo de 1992, suscrito por CHN, CHE, CABB y AMVISA, que establece las siguientes consignas:

- Emergencia 1: fundamentalmente se activarían las escorrentías Arratia y los bombeos del Kadagua en Balmaseda e Ibarra. Adicionalmente, se podrían emplear las captaciones del río Barbadún y Cotorrio en Muskiz, la de Pozo gerente en Abanto y Zierbena y reutilizar las aguas residuales de la EDAR de Galindo para usos compatibles con su calidad
- Emergencia 2: fundamentalmente se activaría el Sifón del Gorbea. Adicionalmente, se podrían emplear las captaciones en la cabecera del Arakil y Ega
- Emergencia 3: captación y bombeo del río la Torca en Nanclares de Oca
- Emergencia 4: captación y bombeo del río Bayas en Techa
- Emergencia 5: captación y bombeo del río Ega en Maestu
- Emergencia 6: bombeo de Arrigorriaga en el río Nervión



3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

3.1 Municipios abastecidos

El sistema de abastecimiento de AMVISA, suministra a los municipios de Vitoria, Zigoitia, Urrazua-Ubarrundia, y Legutiano, con los siguientes recursos asociados:

- Vitoria, con una población según censo de 2001 de casi 217.000 habitantes, se abastece de la captación del río Zadorra en Durana, de la captación del embalse de Ullibarri además de los excedentes del manantial del Gorbea, una vez satisfecha de la demanda de Zigoitia.
- Zigoitia, con una población según censo de 2001 de casi 1.300 habitantes, se abastece de los manantiales del Gorbea, sondeos propios y en caso necesario de la red de abastecimiento de Vitoria
- Urrazua-Ubarrundia, con una población según censo de 2001 de en torno a 700 habitantes, está integrado en la red en alta de abastecimiento a Vitoria
- Legutiano, con una población según censo de 2001 de en torno a 1.400 habitantes, está integrado en la red en alta de abastecimiento de Vitoria. Únicamente las demandas del Golf de Larrabea de satisfacen desde Albina.

3.2 Esquema general del suministro

Los principales puntos de producción de agua bruta son los siguientes:

- Captación del río Zadorra desde el bombeo de Durana que es impulsado a la planta de Araka. La capacidad de bombeo y aducción es de 300 l/s (500 mm de diámetro), si bien en la actualidad la concesión está limitada a 50 l/s, ya que los 250 l/s restantes se han trasladado a la toma del embalse de Ullibarri
- Embalse de Albina, de 3,8 hm³ de volumen útil para un nivel máximo de explotación (con compuertas abiertas) de 606 m, y 5,17 hm³ de volumen útil para un nivel máximo de explotación (con compuertas cerradas) de 608 m. Este embalse conecta con la ETAP de Araka mediante una conducción de 500 mm de diámetro y 13,4 km de longitud, que cuenta con una capacidad de 200 l/s con bombas aceleradoras y 120 l/s por gravedad. Actualmente sólo suministra al Golf de Larrabea y, de forma puntual, a parte del municipio de Legutiano, si bien se está desarrollando un proyecto para recuperar su capacidad operativa, de forma que se puedan derivar hasta 200 l/s a la ETAP de Araka.
- Canal del Alegría cuya derivación se regula en el embalse de Ullibarri, cuya capacidad se cifra en 9 m³/s

- Captación del embalse de Ullibarri que mediante bombeo se conduce a la planta depuradora de Araka a través de una conducción de 5,9 km de longitud y 1.250 mm de diámetro, y que cuenta con una capacidad de 1.200 l/s.
- Manantiales del Gorbea, que abastecen al municipio de Zigoitia y cuyos excedentes ya tratados en cabecera son conducidos a la red en alta de Vitoria.

Los caudales captados en Durana, Albina o Ullibarri se tratan en la ETAP de Araka, que dispone de una capacidad de 1.200 l/s.

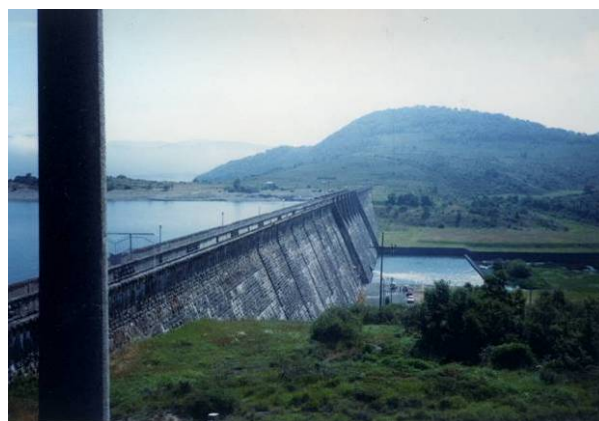


3.3 Interrelaciones con otros sistemas de abastecimiento

La principal fuente de suministro del sistema AMVISA esta constituida por el recurso regulado en los embalses de Ullibarri-Urrunaga que comparte con el Consorcio de Aguas de Bilbao-Bizkaia y con Iberdrola. En este sentido, forma parte del denominado Sistema Zadorra que se describe a continuación.

El sistema del Zadorra está compuesto por los embalses de Ullibarri y Urrunaga, conectados entre sí para que funcionen de forma conjunta, totalizando así un volumen útil de 192,8 hm³ para una cota de Nivel Máximo Normal de 546,5 m. La conexión se materializa mediante una galería de 2.500 mm de diámetro y 3.551 m de longitud y un sifón de igual diámetro y 250 m de longitud en el arroyo Baguetas. Soporta, además de las demandas de Bilbao y Vitoria, otros usos como el hidroeléctrico de las aguas trasvasadas hacia la cuenca Norte mediante el Salto de Barazar y la necesidad de mantener unos determinados caudales de servidumbre.

Las aportaciones a los embalses del Zadorra proceden de su cuenca propia y de la derivación del Alegría (ríos Alegría, Arborcón y Arganzubi) al embalse de Ullibarri, a excepción de los caudales regulados y detraídos en el embalse de Albina y de las necesidades hídricas asociadas a regadíos. La derivación del Alegría cuenta con una capacidad para 9 m³/s sin caudal de servidumbre aguas abajo



Se estima una capacidad máxima de turbinación en Barazar de 32 m³/s según datos de IBERDROLA. El salto está constituido por una galería forzada excavada en la roca de 12,5 km. de longitud y 4,25 m. de diámetro, que aprovecha una caída de algo más de 300 m. Las aguas trasvasadas y turbinadas desde el Zadorra se integran en el embalse de Undúrraga sobre el río Arratia (de 1,51 hm³ de volumen útil para un nivel de explotación de 210 m) que funciona, por tanto, como un depósito de cola. A pie de presa, existe otro aprovechamiento hidroeléctrico de los caudales turbinados y no demandados por el Consorcio. Esta turbinación se produce cuando los embalses del Zadorra se encuentran por encima de la curva de garantía. Para maximizar la producción hidroeléctrica se vierten 5,5 m³/s por el río y 4,5 m³/s por el canal de abastecimiento, si bien únicamente del orden de 3 m³/s son tratados en Venta Alta, devolviéndose el resto al río a la altura de Arrigorriaga. Por otro lado, las aguas de escorrentía de la cuenca propia no son empleadas en el abastecimiento (no existe concesión para ello) y son vertidas al río en concepto de caudal ecológico con una compensación invierno-verano.



El abastecimiento del área servida por el CABB se sustenta, además de en el Sistema Zadorra (embalses de Ullibarri y Urrunaga), en el Sistema Kadagua (embalses de Ordunte, Oiola, Artiba y Nocedal). Dos pequeños embalses en el Ibaizabal, Zollo y Lekubaso, más sistemas menores sin regulación, completan las distintas fuentes del suministro.

Las aguas del Zadorra, trasvasadas hasta el embalse de Undúrraga (Zeanuri) junto con las de Zollo, son tratadas en la estación de Venta Alta, las de Ordunte en la de Sollano (explotada por el

Ayuntamiento de Bilbao), las de Artiba, Nocedal y Oiola en la de Basatxu y las de Lekubaso en Lekue.

En lo que respecta a los pequeños embalses de la cuenca Norte, su capacidad de regulación es escasa, disponiendo de volúmenes útiles de 0,825 hm³ en Oiola, 0,41 hm³ en Nocedal, 0,61 hm³ en Artiba, 0,15 hm³ en Lekubaso y 0,32 hm³ en Zollo. Se trata de recursos complementarios que funcionan como una captación superficial y que, por tanto, pueden vaciarse completamente al quedar el suministro garantizado desde los embalses del Zadorra.

En el caso del municipio de Bilbao, parte de la demanda es servida por el CABB (aproximadamente 1/3) y el resto procede del sistema Ordunte, cuyo principal recurso es el embalse del mismo nombre. Este embalse, de 20 hm³ de volumen útil y 308 m de cota de NMN, es explotado por el Ayuntamiento de Bilbao y regula las aguas de escorrentía de su cuenca propia y las derivadas desde el río Cerneja ubicado en la cabecera del Sistema Nela. Al igual que en el caso anterior pudiera vaciarse completamente al quedar el suministro garantizado desde los embalses del Zadorra.

3.4 Obras de emergencia

El sistema de abastecimiento a Bilbao y Vitoria se completa con una serie de obras de emergencia ejecutadas a raíz de la sequía del 89-90 y que fundamentalmente son:

- Cuenca Norte:
 - Escorrentías del Arratia: se trata de varias captaciones directas en diversos arroyos de la cuenca del Arratia, con una capacidad conjunta actual de 890 l/s, caudal que es incorporado a la conducción Undúrraga-Venta Alta.
 - Bombeos del Kadagua en Balmaseda e Ibarra, con una concesión conjunta de 1 m³/s y una servidumbre de 500 l/s en cada punto de toma.
- Cuenca Ebro:
 - Sifón del Gorbea entre el embalse del Gorbea II y la cuenca vertiente a Urrunaga, con una capacidad de 500 l/s.



Estas obras son las que en la actualidad se encuentran operativas. Adicionalmente existen otras en la cuenca Ebro, ejecutadas a raíz de la sequía del 89-90, que cuentan con distintos grados de operatividad:

- Captación del nacedero Fuente Iturrioz en Araia
- Captación y bombeo de Fuente Turbaz en Opakua
- Captación del arroyo Uyar en Zaldueño
- Captación del arroyo Vicuña
- Captación y bombeo del río la Torca en Nanclares de Oca
- Captación y bombeo del río Bayas en Techa
- Captación y bombeo del río Ega en Maestu

Por otro lado, la infraestructura que presenta unas mayores posibilidades de empleo a futuro es el aprovechamiento de los recursos subterráneos de la Unidad Hidrogeológica de Subijana, mediante la conexión de los sondeos existentes a la conducción actual desde Techa a Araka. Los recursos disponibles se estiman en 740 l/s, para una capacidad de conducción que alcanza los 1.200 l/s.

4 DESCRIPCIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS QUE CONFORMAN EL SISTEMA

4.1 Infraestructura de operación normal

4.1.1 Captación del embalse de Ullibarri

La presa de Ullibarri, de contrafuertes con planta recta y estribos de gravedad, posee una longitud de coronación de 535,6 m, situada a cota 548 m, y alturas sobre el cauce y cimientos de 31,2 y 37 m respectivamente. El aliviadero de superficie está situado en el centro de la presa, entre los contrafuertes 12 al 19. Está formado por 7 vanos iguales de 13,5 m de luz y 2 m de altura, cerrados por compuertas basculantes, con umbral de vertido a la cota 544,5 m. La capacidad de vertido a cota del NMN (546,5 m) es de 481 m³/s.

El desagüe de fondo está compuesto por una tubería de 1 m de diámetro situada entre los contrafuertes 26 y 27 a cota 520,7 m. La capacidad de desagüe para el NMN es de 6,75 m³/s. Existe, además, un trasvase que conecta este embalse con el vecino de Urrunaga a través de una galería de 3549,5 m de longitud y 2,5 m de diámetro.



Vista aérea del embalse de Ullibarri



Vista del paramento aguas abajo (izq) y coronación desde aguas arriba (der)

La superficie de cuenca propia es de 274 km², con una aportación anual de 165 hm³, lo que corresponde a un caudal medio de 5 m³/s, para una precipitación media anual estimada de 850 mm. La superficie inundada del embalse, a cota del NMN (546,5 m) es de 1623 ha, correspondiendo a los municipios de Arrazua-Ubarrundia, Elburgo y Barrundia en Álava. El embalse tiene una capacidad de almacenamiento de 147,2 hm³, de los cuáles 127,9 se consideran útiles. La longitud de costa es de 55 km y la del embalse por su eje es de 8,5 km.

Por su parte, la presa de Urrunaga, que a efectos de abastecimiento puede considerarse solidaria con Ullibarri, posee una longitud de coronación de 464,2 m, situada a cota 548 m, y alturas sobre el cauce y cimientos de 25,6 y 31,1 m respectivamente. La tipología de estructura es similar a Ullibarri

El aliviadero de superficie está situado en el centro de la presa, entre los contrafuertes 3 al 7. Está formado por 5 vanos iguales de 13,5 m de luz y 2 m de altura, cerrados por compuertas basculantes, con umbral de vertido a la cota 544,5 m. La capacidad de vertido a cota del NMN (546,5 m) es de 342,25 m³/s.

El desagüe de fondo está compuesto por una tubería de 1 m de diámetro situada entre los contrafuertes 26 y 27 a cota 524,4 m. La capacidad de desagüe para el NMN es de 6,3 m³/s.

Para aislar el valle del río Santa Engracia del arroyo Baguetas, se dispone además de un dique de 595 m de longitud a lo largo del collado que los separa. Se trata de una estructura de contrafuertes de 13,5 m de altura sobre cimientos y cota de coronación en la 548,5 m.



Vista del paramento de aguas abajo. Aliviadero y rápida



Vista del embalse desde coronación (izq) y dique del collado (der)

La superficie de cuenca propia es de 131,5 km², con una aportación anual de 79 hm³, lo que corresponde a un caudal medio de 2,5 m³/s, para una precipitación media anual estimada de 950 mm. La superficie inundada del embalse, a cota del NMN (546,5 m) es de 869 ha, correspondiendo a los municipios de Legutiano, Zigoitia y Otxandiano en Álava. El embalse tiene una capacidad de almacenamiento de 72 hm³, de los cuáles 64,9 se consideran útiles. La longitud de costa es de 52 km y la del embalse por su eje es de 6,25 km.

Estos dos embalses componen el núcleo principal del denominado Sistema Zadorra que presenta un uso mixto para la producción hidroeléctrica, el abastecimiento a las Áreas Metropolitanas de Bilbao y Vitoria y la laminación de avenidas.

Por B.O.E. del 21-09-1976 se otorgó al Ayuntamiento de Vitoria la concesión de un caudal de hasta 1.000 l/s a captar en las proximidades del estribo derecho de la presa de Ullibarri. Dicho caudal se obtendría mediante el incremento de la regulación en el sistema Zadorra como consecuencia de:

- Aumento de las aportaciones con las aguas trasvasadas del río Alegría y sus afluentes Añúa y Arganzubi considerando la capacidad útil de los embalses hasta la 546,5.
- Utilización del incremento de regulación obtenida entre las cotas 546,0 u 546,5 para las aportaciones naturales de la cuenca propia o que fueran trasvasadas a ella.

Los caudales provisionales se vieron fijados provisionalmente en 600 l/s una vez realizadas las obras de captación y trasvase del río Alegría. Posteriormente AMVISA solicitó el traslado de la concesión de Durana (300 l/s) aguas abajo de Ullibarri a la presa de Ullibarri en la cantidad de 250 l/s, por lo que la concesión pasaría actual sería de 1.250 l/s y provisionalmente de 850 l/s.

En virtud de la concesión anterior, para la captación de agua de este embalse se dispone de una estación de bombeo en las proximidades de la presa y en margen derecha. El agua se impulsa en dos etapas, con un primer *bombeo de baja* y un segundo *bombeo de alta*.

El bombeo de baja consta de seis bombas sumergidas, una de ellas de repuesto que todavía no se encuentra conectada eléctricamente, que aspiran el agua desde 20 metros de profundidad a cota máxima. Las bombas son de 110 Kw, 975 m³/h y 22,7 metros de elevación. Disponen de un colector auxiliar en la impulsión que a su vez es la tubería de aspiración del bombeo en alta y en la que se sitúa un aliviadero de sobrepresiones al embalse..



Se dispone de otras cinco bombas, denominadas *bombeo de alta*, ubicadas en la propia estación, que envían a la ETAP el agua elevada por las primeras. Estas bombas son centrífugas horizontales de cámara partida de 250 kW, 1080 m³/h y 56 metros de elevación.



Se pueden utilizar diversas combinaciones entre las distintas bombas; unas están permitidas y otras no. Cuando está en marcha una bomba sumergida de baja y otra bomba de alta se denomina combinación 1+1, siendo la primera cifra la correspondiente al número de bombas de baja y la segunda al de alta. Así, si están en marcha tres bombas de baja y cuatro de alta la combinación es 3+4.

Las combinaciones usadas para bombear son: 1+1, 2+2, 2+3, 3+3 y 3+4. La de 2+3 casi no se usa pues tiene gran dependencia de la cota del embalse. Los caudales aproximados para cada combinación son:

- 1+1: 1300 m³/h
- 2+2: 2500 m³/h
- 2+3: 3000 m³/h
- 3+3: 3600 m³/h
- 3+4: 4200 m³/h

Con esta instalación se deduce que, para funcionamiento a pleno caudal de la ETAP de Araka (1.200 l/s) el bombeo de baja dispone de 2 bombas de reserva más una de repuesto, mientras que el bombeo de alta dispone de 1 bomba de reserva.

En los colectores de impulsión se dispone de una válvula automática motorizada que cierra cuando su bomba correspondiente está parada y abre lentamente una vez hayan arrancado las bombas.

En la sala de CCMs se ubica también un pupitre de control para el accionamiento manual en local de las bombas y válvulas del bombeo.



El arranque de las bombas se realiza mediante autotransformadores. Las bombas tienen en el CCM un display contador de horas y otro de arranques.

En un lateral de la estación de bombeo se encuentra el pórtico de acometida de Alta Tensión a 30Kv, con las correspondientes celdas de medida, interruptor automático y seccionador. Anexo a la estación de bombeo se encuentra también la sala de transformación donde se ubican los dos transformadores de 1.600 kVA, uno en reserva del otro, la batería de condensadores y el cuadro general de distribución.

El agua es impulsada por tubería de DN 1250 de 6 km de longitud y hormigón con camisa de chapa hasta la cámara de ozonización de la ETAP de Araka.

Al igual que en el bombeo de Durana, hay comunicación entre los PLC de la estación de bombeo y la ETAP de Araka mediante radio UHF. Desde Ullibarri se comunica el estado de los equipos y alarmas mientras que desde Araka se comunica la secuencia de funcionamiento de las bombas.

4.1.2 Bombeo de Durana

A la altura de la población de Durana y en el río Zadorra, aguas abajo de la presa de Ullibarri, AMVISA dispone de una captación superficial con concesión inicial para la detracción de 300 l/s y actual de 50 l/s, una vez trasladados 250 l/s al embalse. La infraestructura consiste en un azud transversal con una compuerta lateral adosada de 5 m de anchura, protegida por una reja izable. Esta compuerta da paso a un canal enterrado que conecta con un pozo de bombeo.



El bombeo consta de cuatro bombas, dos de 75 kW y 360 m³/h, y otras dos de 37 kW y 180 m³/h todas ellas a unos 70 m.c.a. Por lo tanto, la capacidad total de este bombeo es de 1.080 m³/h. En los colectores de impulsión se dispone de una válvula automática motorizada que cierra cuando su bomba correspondiente está parada a fin de evitar que se descebe el colector de impulsión.



Además de las alarmas típicas de funcionamiento de los equipos, se dispone de alarmas por nivel alto y bajo en depósito, detectadas mediante transmisor ultrasónico de nivel, así como de presión baja en la tubería de impulsión. Las bombas tienen en el CCM un display contador de horas y otro de arranques.

En el cuadro eléctrico se encuentra el selector local – remoto y los pulsadores para el accionamiento manual de válvulas y bombas.

En las inmediaciones del edificio se encuentra un poste fin de línea de Alta Tensión a 30 Kv con un transformador de 30/0,4 Kv y 500 kVA.



El agua es impulsada por tubería de diámetros 500-600, según los tramos, durante 2,7 km hasta un depósito de almacenamiento (depósito viejo), ubicado en Araka, con 10.000 m³ de capacidad, para ser posteriormente rebombada a la entrada de la ETAP.

Hay comunicación entre los PLC de la estación de bombeo de Durana y la ETAP de Araka mediante radio UHF. Desde Durana se comunica el estado de los equipos y alarmas mientras que desde Araka se comunica la secuencia de funcionamiento de las bombas.

4.1.3 Captación del embalse de Albina y depuración

Por O.M. de 21 de mayo de 1942 le fue otorgada al Ayuntamiento de Vitoria concesión administrativa para derivar del río Albina 200 l/s para abastecimiento a la ciudad de Vitoria. Por tal motivo, se ejecutó una presa de gravedad y planta recta a la altura del kilómetro 18 de la carretera A-2620 (Legutiano-Ibarra), en el término municipal de Legutiano (Villarreal de Álava, a unos 125 m aguas abajo de la antigua confluencia del arroyo Pagola con el Albina).

El embalse de Albina se extiende a lo largo de 4 km, aproximadamente, sobre el cauce del arroyo Albina y adopta una forma alargada y estrecha como consecuencia del propio encajonamiento del río. El espejo de lámina de agua que se produce a la cota de Nivel Máximo Normal (NMN = 608) alcanza las 77 Ha, el volumen total de agua almacenada a esta cota es de 5,475 hm³ y el volumen a la cota de Nivel de Avenida de Proyecto (NAP = 608,25 según el proyecto de la presa) es de 5,68 hm³. La anchura máxima del embalse es de unos 625 m.

El perfil tipo de la presa es triangular, con paramento de aguas arriba vertical y el de aguas abajo con talud de 0,79. En la parte central se establece, sobre la misma presa, el aliviadero de superficie, compuesto por dos vanos de 3 metros de alto por 4 de ancho, con una capacidad máxima de 23 m³/s a Nivel Máximo Normal (NMN), por vano y controlados por compuertas. El punto más bajo visible del cauce se sitúa en la cota 581 m, por lo que su altura desde este punto a la cota de coronación, situada en la 609,47 m y con un desarrollo de 123,67 m es de 28,67 m.

Al pie del aliviadero existe un cuenco amortiguador destinado a anular la energía de la lámina vertiente, cuya anchura es la misma que el aliviadero y cuya longitud es de 29,00 m. El desagüe de fondo está situado en la pila central del aliviadero, a la cota 586,30 en su eje, es decir, a 5,25 m, aproximadamente, del nivel del cauce, y está formado por un solo conducto de 0,60 m de diámetro.

El conjunto de las tomas de agua está formado por dos tuberías de 0,60 m de diámetro que permiten el paso de 130 l/s cada una. Una de ellas dispone de una embocadura amplia con rejilla y la otra está conectada con un tubo vertical que dispone de cinco tomas a distintos niveles, con una válvula mariposa en cada una de ellas para poder tomar agua a distintos niveles. Estas válvulas se operan mediante actuadores manuales desde una plataforma situada al nivel de la coronación de la presa.

A media altura del paramento de aguas abajo, entre la vertical del desagüe de fondo y la margen izquierda de la presa, se encuentra la caseta de válvulas, que consta, para cada una de las tuberías de una válvula de compuerta de 0,60 m de diámetro con accionamiento manual, una reducción de 0,60/0,50 m y una válvula de compuerta de 0,50 m de diámetro también con accionamiento manual.

Situada junto al estribo izquierdo se sitúa la caseta de cloración y por encima de ésta la antigua vivienda de la guardería de la presa.



Vista de la presa desde las proximidades del estribo izquierdo



Vista del embalse de Albina desde la coronación de la presa



Vista de la rápida desde la pasarela de acceso al desagüe de fondo



Vista del desagüe de fondo de la pasarela de acceso a la caseta



Conjunto de tomas



Caseta de cloración

Antes de ser sustituida por el bombeo de Ullibarri, el agua captada en este embalse, con un caudal 360 m³/h, se cloraba y conducía por gravedad al depósito viejo de Araka, donde posteriormente era tratada en planta. La conducción, de 13,4 km de longitud, 500 m de diámetro y fibrocemento/fundición, discurre en sentido Norte-Sur de forma paralela a la carretera N-240 con conexiones para abastecer a diversos núcleos urbanos. Sin embargo, el alto contenido en iones hierro y manganeso ha obligado a descartar provisionalmente este suministro para consumo directo sin tratar, por lo que se va a realizar una nueva conexión directa a la planta de Araka para su tratamiento. Sin embargo, actualmente, parte de la conducción, la que va desde el embalse hasta una válvula de aislamiento, se utiliza únicamente para abastecer con agua bruta al campo de golf de Legutiano, mientras que la otra parte se utiliza en sentido inverso para impulsar agua desde la ETAP de Araka hasta los municipios conectados a dicho colector. Dado que el agua del embalse sólo se utiliza para el campo de golf se ha eliminado la dosificación de cloro gas existente.

No obstante, se encuentra actualmente en fase de redacción un proyecto para la rehabilitación de esta captación, de forma que se pueda garantizar por gravedad la traída de 200 l/s desde el embalse a la ETAP de Araka para su tratamiento y empleo en la ciudad de Vitoria.

4.1.4 Captación de los manantiales del Gorbea y depuración

Con fecha 11 de Noviembre de 1883, el Ayuntamiento de Zigoitia realizó la cesión a la “Sociedad para la Traída de Aguas de Gorbea” de la concesión que disfrutaba sobre los manantiales del Gorbea. De esta forma, en 1884, se inicio el suministro a la capital alavesa empleando como recurso las aguas procedentes de este acuífero, una vez satisfechas las demandas de Zigoitia. Esta concesión pasó el 28 de Junio de 1894 de la citada Sociedad al Ayuntamiento de Vitoria.



A partir 1920 se vio, sin embargo, que el recurso disponible era insuficiente para garantizar la creciente demanda, planteándose como solución la ejecución de dos pequeños embalses en la cabecera del río Subialde (Gorbea I y II), que permitiesen una regulación del recurso y su disponibilidad en estiajes. Estos embalses entraron en funcionamiento en 1928 y sus características se detallan a continuación.

El aprovechamiento de Gorbea I se encuentra a unos 700 m aguas arriba de la presa de Gorbea II. El cuerpo de presa es de mampostería ordinaria, de gravedad y planta con ligera curvatura. La coronación de la presa, situada a la cota 689,54 m, tiene un desarrollo de 41,50 m y un ancho de 2,71 m. El paramento de aguas arriba es vertical y la presa no dispone de galería de inspección.

El punto más bajo visible del cauce se sitúa en la cota 677,80 m, por lo que la altura de la presa desde este punto hasta coronación (cota 689,54 m) es de 11,74 m. La presa se encuentra cimentada sobre micaesquistos y filitas. Próximo al estribo izquierdo de la presa se establece un aliviadero de superficie compuesto por 10 tubos de 0,5 m de diámetro, pudiendo funcionar en lámina libre o en presión según el nivel alcanzado por las aguas.

El nivel máximo normal es el correspondiente a la cota 689,08 m, coincidiendo con la generatriz superior de los tubos del aliviadero de superficie. Se establece este nivel debido a que el aliviadero de superficie constituye la única vía de paso del río Subialde a través de la presa (el desagüe de fondo no se encuentra operativo), por lo que en situación de explotación normal, y en ausencia de filtraciones, el nivel de agua en el embalse se sitúa sobre el umbral de los tubos del aliviadero. Para cota de nivel máximo normal, el volumen alojado en el embalse es de 0,14 Hm³.

El desagüe de fondo está constituido por una única tubería de 0,50 m de diámetro, dotada de dos válvulas de compuerta del mismo diámetro. La capacidad de evacuación de este desagüe de fondo, con el nivel de la presa a la mitad de su altura, es del orden de 1,14 m³/s, muy superior al caudal medio del río. Sin embargo, actualmente, las dos válvulas del desagüe de fondo están hormigonadas hasta la tapa y ambas están fuera de servicio y no han sido operadas en los últimos años.

La toma de agua está formada por un conducto de 0,40 m de diámetro, que dispone, aguas abajo de la presa, de una arqueta con una válvula de compuerta del mismo diámetro. Esta válvula se encuentra junto a la válvula del desagüe de fondo, más próxima al paramento de la presa, y no dispone de reductor de accionamiento. Su acceso es algo dificultoso. La válvula de la toma está fuera de servicio y no se ha operado con ella en los últimos años.



Vista de la presa desde las proximidades del estribo derecho



Aliviadero de superficie



Cola del embalse



Desagüe de fondo

En lo que respecta a Gorbea II, el cuerpo de presa es de también mampostería ordinaria, de gravedad y planta con ligera curvatura. La coronación de la presa, situada a la cota 666,97 m, tiene un desarrollo de 55,82 m y un ancho de 2,80 m. El paramento de aguas arriba es vertical y la presa no dispone de galería de inspección.

El punto más bajo visible del cauce se sitúa en la cota 654,00 m, por lo que la altura de la presa desde este punto hasta coronación es de 12,97 m. El aliviadero de superficie cuenta con 10 tubos de 0,5 m de diámetro, pudiendo funcionar en lámina libre o en presión según el nivel alcanzado por las aguas, y se sitúa junto al estribo derecho de la presa. El pie de presa cuenta, en su mitad izquierda, con una especie de cuenco de forma rectangular, de unos 16 m de ancho por 10 m de largo y 1 m de altura, aproximadamente.

El nivel máximo normal es el correspondiente a la cota 666,60 m, coincidiendo con la generatriz superior de los tubos del aliviadero de superficie. Se establece este nivel debido a que el aliviadero de superficie constituye la única vía de paso del río Subialde a través de la presa (el desagüe de fondo no se encuentra operativo), por lo que en situación de explotación normal, y en ausencia de filtraciones, el nivel de agua en el embalse se sitúa sobre el umbral de los tubos del aliviadero. Para cota de nivel máximo normal, el volumen alojado en el embalse es de 0,086 Hm³.

El desagüe de fondo está constituido por dos tuberías de 0,50 m de diámetro, con una válvula de compuerta manual del mismo diámetro, aguas abajo de la presa, en cada una de las tuberías. La capacidad de evacuación de este desagüe de fondo, con el nivel de la presa a la mitad de su altura, es del orden de 0,96 m³/s por cada tubo, muy superior al caudal medio del río. La toma de aguas está formada por un conducto de 0,40 m de diámetro, que dispone, aguas abajo de la presa, de una arqueta con una válvula de compuerta del mismo diámetro. Ambos órganos de desagüe se encuentran fuera de servicio.



Vista de la presa desde las proximidades del estribo derecho



Aliviadero y rápida



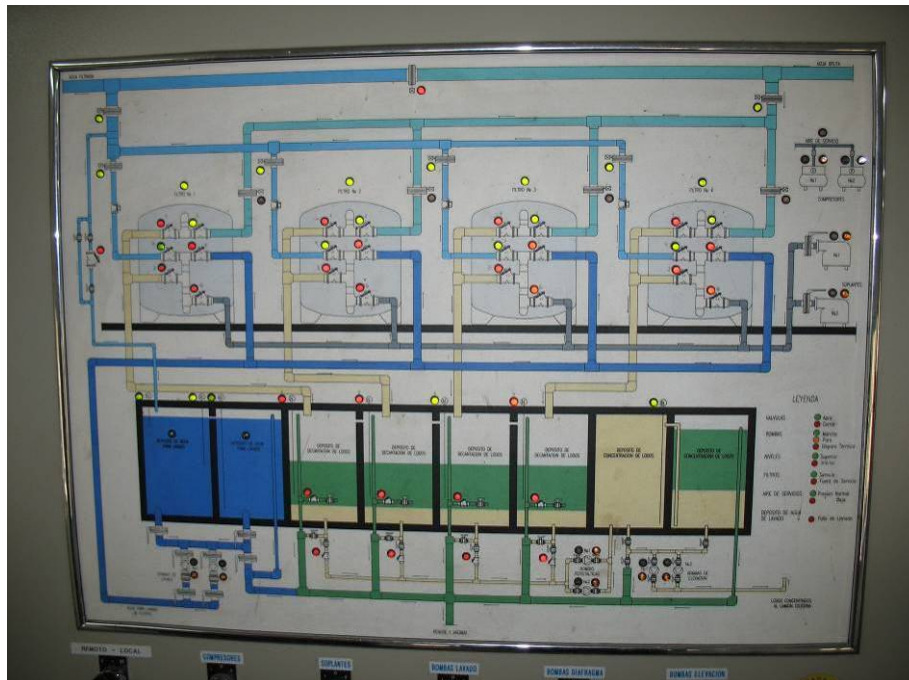
Vista del embalse



Desagües de fondo

En la actualidad, los embalses del Gorbea no suministran agua a Vitoria y únicamente constituyen un depósito de emergencia en sequía a explotar a través del sifón que se describirá mas adelante (el embalse de Gorbea I actúa como decantador del II) No obstante, los manantiales se siguen aprovechando para el suministro a Zigota y los excedentes son enviados a Vitoria. La conducción hasta el anillo de distribución de la capital alavesa es de aproximadamente 16 km y está materializado por tubería de fundición dúctil de 250 mm de diámetro.

En las inmediaciones de los manantiales se encuentra la ETAP del Gorbea cuyo tratamiento consiste en una coagulación, filtración en arena y desinfección, aprovechando parte de las instalaciones de la primigenia depuradora. Su capacidad de tratamiento es de 180 m³/h aunque actualmente sólo se trata una media de 94 m³/h en función de la capacidad de suministro del manantial.



La dosificación de coagulante se realiza en la conducción a los filtros. Como se aprecia en el esquema de la imagen, la filtración está compuesta de 4 filtros verticales cerrados a presión, con sus correspondientes válvulas neumáticas, 1+1 bombas de agua de lavado y 1+1 soplantes de lavado.

Bajo el piso de los filtros actuales se encuentran los antiguos, que han sido reutilizados como almacenamiento de agua filtrada para lavado, con capacidad para 2 lavados, y 4 depósitos de concentración de lodos procedentes del lavado de cada filtro. El lodo se deja reposar durante aproximadamente un mes para que decanten los sólidos. Antes del lavado del filtro se procede al vaciado del agua sobrenadante y la impulsión del fango decantado mediante bombas neumáticas a otro depósito de concentración de fangos anexo desde donde al cabo de un tiempo se impulsarán a un camión cisterna.

El llenado de agua del depósito para lavado se realiza automáticamente con un transmisor de nivel que cuando detecta que el depósito se ha vaciado manda orden de apertura a una válvula que permite su llenado desde el colector de agua tratada. Se realiza el lavado de un filtro por semana, es decir, un filtro se lava cada 4 semanas. El rebose y vaciado de estos almacenamientos se vierte al río.

Las bombas tienen en el CCM un display contador de horas y otro de arranques. El PLC del Gorbea comunica los datos del estado de la ETAP al PLC de Araka mediante radio UHF.



4.1.5 ETAP de Araka

La explotación de la ETAP de Araka comenzó en 1.982. Entonces se diseñó para tratar un caudal máximo de 1.200 l/s (103.680 m³/día), dejando todo dispuesto para una posible ampliación en el futuro hasta 1.800 l/s. En aquel momento el caudal demandado por Vitoria era de 70.000 m³/d y actualmente está en torno a 53.000 m³/d, por lo que la ampliación a 1.800 l/s no ha sido necesaria, aunque todos los equipos y conducciones estén diseñados para ello. Esto supone cierto inconveniente, ya que el funcionamiento de los equipos está en su rango más bajo, no en el óptimo. El día de máxima demanda anual el caudal es de 90.000 m³/d. La planta trabaja 24 h x 365 días.

En función de la tarifa eléctrica el operador introduce manualmente el número de bombas a accionar en la captación y a qué horas funcionarán. Este funcionamiento únicamente estará condicionado a dos consignas: por nivel bajo en los depósitos, que ordenará el arranque de las bombas para funcionamiento nominal de la ETAP (1200 l/s), y por nivel de rebose, que parará una

de las bombas en funcionamiento. Siguiendo este criterio, la ETAP trabaja de las 24 horas a las 8 horas a su caudal nominal.

El origen de las aguas a tratar es diverso. En la actualidad del orden del 92% del total proviene del pantano de Ullibarri y el 8% restante del río Zadorra a su paso por Durana.

Un 4% se tomaba históricamente del embalse de Albina hasta que la aparición de microalgas, hierro y manganeso aconsejó limitar su uso. En la actualidad se está a la espera de realizar una nueva conducción de agua bruta hasta Araka para su tratamiento en planta.

La ETAP en su conjunto puede ser bypaseada conduciendo el agua bruta directamente a los depósitos. Asimismo, la decantación dispone de un by-pass de 700 l/s y la filtración de un sifón by-pass. Todos los equipos principales disponen de su correspondiente reserva y rotan de acuerdo al número de horas de funcionamiento.

4.1.5.1 Depósito de agua bruta

El recurso captado en Durana o enviado desde Albina se almacena en el depósito viejo de Araka, de 10.000 m³ de capacidad, desde el que se bombea hasta la obra de llegada de la ETAP. Los caudales bombeados desde Ullibarri no pasan por este almacenamiento.

4.1.5.2 Tamizado

Se dispone de tamiz que elimina del agua los objetos de un tamaño superior a 6 mm antes de ser conducida a la cámara de ozonización. Su arranque se produce cada cierto tiempo o cuando se acciona una boya de seguridad situada aguas arriba. Los residuos retenidos por el tamiz son retirados a un contenedor situado debajo del mismo.



4.1.5.3 Cámara de preozonización

Ésta dispone de dos compartimentos, en el primero se dosifica ozono en cantidad suficiente para cubrir la demanda del mismo y el agua permanece en él durante 2 minutos 15 segundos a pleno caudal. En el segundo compartimento tiene una permanencia de 6 minutos para garantizar la completa eliminación de virus, esto se produce cuando se mantiene una concentración de 0,4 g/m³ durante, al menos, cuatro minutos.

Actualmente sólo se ozoniza en verano, que es la época en la que hay microalgas en el embalse. El resto del año el equipo de ozonización se encuentra parado hasta una semana antes de la dosificación programada, momento en el que se pone en marcha.

El ozono se genera a partir de oxígeno y nitrógeno almacenados en el exterior en sendos depósitos. El nitrógeno se utiliza durante el cebado del ozonizador al arranque y en un 5% de la mezcla oxígeno-nitrógeno para la generación de ozono. Disponen también de un destructor de ozono en el techo de la cámara.



4.1.5.4 Obra de llegada

En esta cámara se dosifica carbón activo, sosa (25%), cloro, coagulante (PAX). La dosificación es función del caudal de agua bruta. Aunque en su día se instaló el equipo de preparación de polielectrolito no se ha llegado a utilizar. En la tubería de Ullibarri se puede dosificar cloro o carbón activo, aunque en la práctica no se utiliza más que ocasionalmente para dosificar carbón activo en función de las características del agua.



4.1.5.5 Carbón activo

Al igual que el ozono, se dosifica sólo en verano. El resto del año se vacían todas las conducciones y depósitos, salvo el silo (79,5 m³). El silo tiene un rompebóvedas y un filtro de mangas. El nivel del silo se mide por ultrasonidos. Del silo cae a un husillo que lo dosifica a un depósito donde se mezcla con agua, adquiere forma de lechada y se dosifica en la obra de reparto, tras la ozonización. Se dispone de un medidor de caudal de carbón a cuba de mezcla que regula el variador de velocidad del husillo dosificador.



4.1.5.6 Cloración

Tienen 4 depósitos de Cl_2 licuado de reserva y otros 2 depósitos conectados a la línea de dosificación. Cada depósito es de 1.000 kg de cloro que supone unos 6 días de autonomía.

Se dispone de dos salas, una donde el cloro se encuentra a presión y se utiliza para su almacenaje y evaporación (2 equipos de evaporación 1+1R), y la otra donde el cloro ya despresurizado se conduce a los clorómetros: 1+1R para precloración y 1+1R para postcloración. El ajuste de la dosificación se realiza en el clorómetro. Ambas salas disponen de ventiladores para extracción del aire en caso de fugas y conducción a la torre de lavado con sosa para su neutralización.



4.1.5.7 Sosa (25%)

La sosa se dosifica en la obra de llegada para el ajuste de pH que optimice la coagulación y en el agua tratada para ajustar el índice de Langelier. Además se utiliza en la torre de lavado de aire con cloro para su neutralización.

4.1.5.8 Decantación primaria

Una vez homogeneizados dichos aditivos con el agua, ésta es repartida a cada uno de los tres decantadores tipo Pulsator. Para ello atraviesa una reja de tranquilizadores con el fin de crear un régimen laminar.

Los decantadores están constituidos por un depósito de fondo plano, provisto en su base de una serie de tubos perforados que permiten introducir el agua a tratar uniformemente por todo el fondo del decantador. Sus dimensiones interiores unitarias son 26,60 x 22,20 m con una superficie de decantación de 578,62 m². En su parte superior va provisto de unos canales para la recogida uniforme del agua decantada. La altura que alcanza el agua en él es de 4,5 m. y la velocidad ascensional a pleno caudal es de 2,49 m/h, siendo el tiempo de estancia en esas condiciones de 1h 50 min.



La depresión del pulsator se realiza con una bomba de 900 m³/h y una depresión de 900 mm.c.a. La purga de fangos se realiza de forma automática mediante 6 válvulas DN150 de accionamiento temporizado.

El by-pass de decantación es de 700 l/s. Se puede funcionar con dos de los tres decantadores para tratar 800 l/s.

4.1.5.9 Filtros de arena

El agua decantada se conduce a 6 filtros de arena Aquazur-V de 116,81 m²/ud. El medio filtrante está compuesto por arena silíceo con espesor de lecho 85 cm, talla efectiva 1 mm. La altura del agua sobre la arena durante el filtrado es de 1,11 m, y durante el lavado de 0,43.

Cuando se colmatan y se alcanza una determinada pérdida de carga se procede a su lavado. Éste consiste en el paso a contracorriente de un caudal adecuado de aire y agua con el fin de separar de los granos del lecho las partículas retenidas. Se realiza 1 lavado al día aproximadamente y en función de las características del agua a tratar (20 lavados del filtro de media por cada hm³ tratado por el filtro). La orden de lavado se realiza por pérdida de carga.

Las etapas de lavado son:

1. Vaciado parcial: 11 minutos.
2. Esponjamiento con aire (6425 m³/h): 4 minutos
3. Lavado con aire y agua (1752 m³/h) + agua barrido (584 m³/h): 5 minutos
4. Aclarado con agua + agua barrido: 5 minutos.

Se puede funcionar con 4 de los 6 filtros (para 800 l/s).

Las válvulas de los filtros se pueden accionar bien automáticamente o bien de forma manual desde la mesa de control en la sala de control y desde los cuadros neumáticos situados en la galería frente a los filtros.



4.1.5.10 Post-ozonización

Se encuentra debajo del hall de entrada. Permite la adición de ozono tras el tratamiento cuando éste lo requiere.

4.1.5.11 Fluoración

Por orden de Sanidad del Gobierno Vasco, se adiciona ácido hexafluorsilícico al agua para prevenir así las caries en la población infantil. Su dosis no debe exceder un determinado valor, por lo que se contemplan una serie de seguridades.

La cantidad a dosificar diaria se almacena en un depósito especial llamado de día, de forma que si todos los demás sistemas fallasen sólo se dosificaría dicha cantidad. El caudal máximo de las bombas es tal que, aunque funcionasen a pleno rendimiento, la dosificación en una hora no sería excesiva. La velocidad de la bomba es proporcional a la cantidad de agua a tratar. Un analizador de flúor en continuo indica la medida a un regulador, que, en función de un punto de consigna establecido de antemano, manda dosificar más o menos.

Existe una alarma crítica que para el proceso en el momento en el que se alcanza un valor prefijado con anterioridad.

4.1.5.12 Depósitos de agua tratada

Hay dos depósitos de almacenamiento junto a la ETAP de 30.000 m³ cada uno y un depósito regulador, en la parte Sur de la ciudad, en Gardélegui de 13.000 m³ (en la práctica, se emplean solo 10.000 m³)

Cuando se alcanza un nivel de llenado prefijado, se dispara una alarma de mínimo nivel y se activa el bombeo a máximo caudal, de forma automática (en la actualidad este umbral se sitúa en el 35%). En caso de rotura de la red hay una consigna para evitar que los depósitos se vacíen: si durante más de 30 min se demanda un caudal de 5.000-6.000 m³/h o superior, se da orden de arranque a las bombas de Ullibarri para funcionamiento a caudal nominal (1.200 l/s).



4.1.5.13 Electricidad

Existe una línea aérea de 30 Kv para la alimentación eléctrica de la ETAP que termina en un poste cerca de las instalaciones y donde pasa a subterránea hasta la sala de transformación. Dispone de 2 transformadores secos de 630 kVA, uno reserva del otro. Cerca se encuentra la sala de distribución y control de motores.

Para la mejora del factor de potencia, la instalación dispone de una batería de condensadores regulable con 6 escalones y una batería fija de 45 kVAr para cada uno de los dos transformadores.

Los consumos de potencia más relevantes en la instalación son:

- 2 Ud Bomba desde el depósito viejo de 55kW/Ud
- 1+1 Ud Bomba agua de lavado de 75 kW

- 1+1 Ud Soplante de lavado de 110 kW
- 2 Ud Ozonizador de 76 KVA/Ud. Consumo habitual: 2 Ud ozonizador 40 kW + 1 Ud destructor de ozono 30 kW.
- 3 Ud Pulsador 9,2 kW/Ud
- Consumo en edificios sobre todo de calefacción en invierno.

El consumo de potencia en diferentes meses del año es aproximadamente:

- Meses de invierno (con calefacción): 0,07 kWh/m³
- Mes de Junio: 0,03 kWh/m³
- Mes de Agosto (con ozonización): 0,045 kWh/m³

Como prevención frente al fallo del suministro en la alimentación eléctrica de 30 Kv, se ha instalado recientemente un grupo electrógeno de 200 KVA de potencia de la marca GUASCOR con capacidad para alimentar a los procesos que se han considerado críticos de la ETAP, asegurando así el tratamiento del agua para consumo de Vitoria.

4.1.5.14 Analíticas

A la entrada del agua bruta, se efectúan diariamente de lunes a viernes los siguientes controles:

- pH
- conductividad
- turbidez

Además, se realizan mediciones en continuo de:

- turbidez
- pH

Todos martes se analiza a su vez:

- Coliformes fecales
- E. Coli
- Aerobios a 22 °C
- Clostridium
- Fluoruros
- Nitritos
- Amonio

Mensualmente se analizan los parámetros especificados a controlar en el RD140.

En el Zadorra se muestrea los martes y en Gorbea cada 2 meses. En salida a depósitos de lunes a viernes se mide:

- Cloruros
- pH
- conductividad
- turbidez
- Fluoruros
- Nitritos
- Amonio
- Coliformes fecales
- E. Coli

En salida a depósitos los lunes, martes y miércoles se control asimismo::

- Aluminio
- Aerobios a 22 °C
- Clostridium

y 1 martes al mes se realiza una analítica completa.

4.1.5.15 Telemando y telecontrol

Hay 3 niveles, tanto para la ETAP como para instalaciones auxiliares:

- Automático Remoto: El PLC actúa los equipos con la lógica programada y las consignas
- Manual Remoto: El PLC actúa los equipos a voluntad del operador a través del Scada
- Manual Local: El operador actúa los equipos mediante botoneras in situ.

En el CCM se encuentran los selectores Local-Remoto. Cada unidad de proceso (no equipo) dispone de su selector (por ejemplo, bombeo de Ullibarri, ozonización, etc)

En local las órdenes no pasan a través del PLC sino a través de la lógica cableada de relés. Éstos atienden a la programación más básica de funcionamiento.

En el paso de remoto a local las órdenes en activo (marcha/paro, apertura cierre, ...) se mantienen. En el paso de local a remoto se mantienen las órdenes condicionadas a la lógica programada y a las consignas del autómata y PLC.

Si se dispara el interruptor del PLC el sistema pasa automáticamente a local. Los PLC disponen de una batería para 24 horas que permite intercambiar información pero no puede actuar ningún equipo. Asimismo, se dispone de una UPS que da una autonomía de 10 minutos al sistema de control ante caídas de tensión o microcortes aunque a los 5 minutos sin tensión se procede al apagado automático del ordenador de control.

La arquitectura de control es distribuida disponiéndose de un PLC en cada estación de bombeo, y 4 en la propia ETAP: uno para el edificio de ozonización, uno para el edificio de reactivos, uno para el resto de instalaciones (PLC Araka), y uno central de comunicaciones (Fron-Tend).

Los PLC de la ETAP están comunicados entre ellos mediante protocolo profibus y cada uno de ellos al servidor mediante modbus. A su vez se dispone de una red ethernet que comunica los servidores con las workstations que hay repartidas en los despachos y sala de control. El PLC de Araka controla el sinóptico mientras que el PLC Fron-Tend es quien comunica por radio UHF con los PLC de las estaciones de bombeo. Uno de los servidores además comunica vía telefónica con la Central de control de la calle Puerto Rico.

Los dos primeros días de mes se funciona en local para ejercitarse en la operación manual de la instalación.

4.1.6 Almacenamiento y distribución

El agua potabilizada en Araka se almacena en dos depósitos anexos de 30.000 m³ cada uno. Desde dichos depósitos, el agua llega hasta Vitoria por una tubería de hormigón con camisa de chapa de 1.250 mm de diámetro que baja hasta el anillo. De ahí arranca una tubería de 800 mm y hormigón con alma de chapa en forma de anillo, ejecutada en los años 80, que rodea toda la ciudad y desde la que parten todas las derivaciones de la red. Existe otro anillo interior, instalado a raíz de la traída de aguas de los años 40, de fundición dúctil y 400 mm de diámetro. Ambos anillos se encuentran interconectados entre si por varios puntos, de forma que las presiones de agua sean uniformes y se reduzcan las posibles afecciones en caso de avería. La red de distribución cuenta casi con 519 km de tuberías hasta las acometidas de las viviendas.

En el cruce de la tubería de 800 mm con la calle Comandante Izarduy parte una tubería de fibrocemento y 400 mm de diámetro que llega hasta el depósito de cola de Gardélegui, que cuenta con 13.000 m³ de capacidad (de los que 10.000 m³ son realmente útiles) y que sirve para mantener la presión en la zona Sur de la ciudad. En efecto, durante el día, cuando el consumo es más elevado, este depósito contribuye al suministro de esta zona, mientras que durante la noche el depósito de cola se llena con el agua procedente de Araka.

Del anillo principal parten los ramales que abastecen a los barrios de la ciudad y a algunos pueblos de alrededor: Amarita, Arroyabe, Mendivil, Durana, Camarra Mayor, Camarra Menor, Lubiano, Junguitu, Ilarraza, Cerio, Matauco, Estívaliz, Villafranca, Argandoña, Zurbano, Astarza, Otazu, Ullívarri-Viña, Gamiz, Bolívar, Arcaute, Arcaya, Ullívarri-Arazua, Elorriaga,

Monasterioguren, Mendiola, Castillo, Gardelegui, Berrosteguieta, Arechavaleta, Armentia, Zumelzu, Subijana de Alava, Ariñez, Gomecha, Zuazo, Margarita, Lermenda, Crispijana, Ali, Gobeo, Asteguieta, Mendoza, Estarrona, Martioda Lopidana, Yurre, Betaño, Antezana, Foronda, Mendiguren, Gojain, Urrunaga, Urbina, Luco, Ciriano, Miñano Mayor, Miñano Menor y Retana. Además se refuerza el suministro de las siguientes localidades enmarcadas en los Sistemas del Gorbea y Albina: Villareal, Olano, Zaitegui, Letona, San Pedro, Echagüen, Murua, Acosta, Larrinoa, Manurga, Cestafe, Gopegui, Ondategui, Eribe, Berricano y Buruaga

El pequeño aporte de los manantiales del Gorbea a Vitoria se hace directamente a la red de transporte mediante tubería de fundición gris y 250 mm de diámetro. El agua captada y no enviada a Vitoria es conducida por gravedad a los depósitos de Ondategui (150 m³), Eribe (100 m³), Olano (150 m³), Letona (30 m³), Echavarri-Vina (150 m³) y mediante bombeos a los depósitos de Echaguen (40 m³), San Pedro, Manurga (40 m³) y Acosta-Cestafe (100 m³). Desde el depósito de Eribe, se suministra a su vez a las poblaciones de Berricano y Buruaga mientras que desde el depósito de Echavarri-Vina parte un ramal hasta el núcleo vecino de Mendarozketa.

Por último, desde el embalse de Albina parte una conducción principal de fundición y 500 mm de diámetro hasta la depuradora de Araka. A su paso por Legutiano abastece a un depósito de 700 m³ que da servicio a la localidad. Además, este ramal permite la distribución de agua a los núcleos urbanos de Legutiano, Polígono industrial de Legutiano, Urbina, Polígono industrial de Gojain, Luco, Miñano Mayor, Miñano Menor, Ciriano y Retana siempre y cuando la calidad del agua así lo permite. No obstante, como ya se ha comentado anteriormente, los problemas de Fe-Mn de este embalse impiden en la actualidad su empleo como agua tratada, por lo que, salvo en el caso del riesgo del Golf de Larrabea, el suministro a este sistema se realiza en la actualidad desde Araka, utilizando en sentido inverso la conducción existente.

4.2 Infraestructura de emergencias

4.2.1 Cuenca Norte

Dentro del sistema de abastecimiento al Área Metropolitana de Bilbao pero con influencia sobre las reservas almacenadas en el Zadorra (al permitir una reducción del consumo dependiente), se dispone de una serie de obras de emergencia en la Cuenca Norte ejecutadas a raíz de la sequía del 89-90. Se trata de:

- Escorrentías del Arratia
- Bombeos del Kadagua
- Captación del río Barbadún en Muskiz
- Captación del río Cotorrio en Muskiz
- Captación del Pozo gerente en Abanto y Zierbena
- Bombeo de Arrigorriaga en el río Nervión

De ellas, actualmente solo las dos primeras se encuentran en operación. Sus características principales son las siguientes:

- Las escorrentías del Arratia consisten en una serie de pequeñas captaciones que derivan agua a la conducción Undurruga-Venta Alta, con una capacidad conjunta actual de 890 l/s. Según datos del CABB, se componen de los siguientes puntos de toma:

Arroyo	Superficie (km ²)	φ conducción (mm)
Artzuaga	1,623	300 (no existe)
Belén	0,803	300 (no existe)
Zulaibur	6,619	2 x 250 y 130
Uparan	4,609	2 x 315
Etxarreta	1,293	315
Gorozitu	1,637	315
Laureta	1,891	2 x 315
Errekaigerra	2,144	2 x 315
Lekubaso	1,115	315
Emandotroka	1,036	315

que se incorporan a la aducción en los distintos acueductos existentes.



- Los bombes del Kadagua están compuestos por 4 bombas de 250 l/s ubicadas en Ibarra y 2 bombas de 500 l/s situadas en Balmaceda, que conectan con el sifón del Kadagua dentro del canal de Ordunte. El caudal de servidumbre se cifra en 500 l/s en cada punto de toma. No obstante, su operación combinada con el embalse de Ordunte se encuentra limitada por la capacidad del canal de transporte a la ETAP de Sollano



4.2.2 Captación y bombeo del río Baia en Techa

Esta captación consta de un azud en el río Bayas a su paso por el desfiladero de Subijana, que eleva el nivel de agua en las cantaros de las tomas exteriores del edificio de bombeo, desde las que las tuberías de captación aspiran el agua hacia la conducción de impulsión con la energía que dan tres grupos de motobombas situados en paralelo, cada uno de las cuales posee una potencia de 800 CV y un caudal de elevación de 600 l/s a 1500 rpm. En el edificio de bombeo se alojan bombas, motores, mecanismos, centro de transformación y cuadro de mando eléctrico de control. Junto a las rejillas de toma se localiza un limnómetro para el aforo de caudales circulantes que se encuentra actualmente en desuso. El calderín antiarriete tiene una capacidad de 15 m³. Existe una conducción de vaciado de la instalación hacia el río.

La conducción hasta Araka se puede dividir en dos tramos: el primero hasta Nanclares, donde se incorporan en carga los caudales captados del río Torca, discurre paralelo a la autopista AP-68 hasta el enlace de Subijana, para girar posteriormente hacia el Este, ascendiendo inicialmente por la ladera del monte situado al Sur de Montevite y descendiendo después hasta su encuentro con la carretera A-2622 que bordea hasta llegar al núcleo urbano de Nanclares; y un segundo, desde el bombeo de Nanclares hasta la depuradora de Araka, que discurre inicialmente en sentido Sur-Norte para girar posteriormente al NE pasando al Norte de Trespuentes, Mendoza y Foronda y finalmente girar 90° al SE hasta llegar a la ETAP de Araka.

El primer tramo se divide a su vez en otros dos: el primero consiste en una impulsión desde cota +525,55 hasta cota +700,00 de 3,5 km de longitud y 700 mm de diámetro que termina en una arqueta de rotura de carga, y el segundo, por gravedad de 5,7 km de longitud e idéntico diámetro, que conduce hasta la unión con la obra de captación del arroyo de La Torca, situada aproximadamente a cota +480. Por su parte, el segundo tramo consta de un impulsión inicial de 3,2 km de longitud y 900 mm de diámetro, que alcanza la cota +671,5 en la que se sitúa una arqueta de rotura, más un tramo en gravedad de 17,5 km hasta la obra de llegada de la ETAP de Araka.

Las obras de esta captación finalizaron en octubre de 1990 y tuvieron un coste de 664 millones de pesetas. La única operación de las mismas tuvo lugar de octubre 1990 a abril de 1991, periodo en el que suministró un volumen total de 7,3 hm³.

Con motivo del episodio de sequía de finales de 2006 e inicios del 2007, se pusieron a punto todos los mecanismos y se comprobó que el funcionamiento era correcto. No obstante la conducción de emergencia presentó problemas de diseño en el núcleo urbano de Nanclares, al no ser capaz de resistir la presión necesaria, por lo que actualmente esta captación no se encuentra operativa. Para la operación de las bombas existe la posibilidad de accionamiento manual y automático pero no existe telemando.

Mensualmente se efectúa una inspección visual de la instalación para detectar defectos aparentes, si bien no se lleva a cabo ningún programa de mantenimiento preventivo, ni se realizan pruebas de operación. El mantenimiento correctivo se circunscribe a la necesidad perentoria de activación. La alimentación en alta tensión y el centro de transformación sí cumplen normativa (p.e. antiincendios, panel de instrucciones) y pasan las revisiones preceptivas cada 6 meses

El agua captada tiene una gran carga sólida (al menos durante el periodo de operación conocido) lo que provoca la colmatación de los tranquilizadores de la obra de llegada de Araka en menos de 1 día.

Caudal máximo	600 l/s	
ESTACIÓN DE BOMBEO	Dimensiones de la caseta de bombeo	19,10 x 7,60 x 8,10
	N.º de bombas y potencia	3 x 800 CV
	Altura de elevación	180 m
CONDUCCIÓN A PRESIÓN	Acero Φ 711 mm	645,40 m, hormigonada
	FD Φ 700 mm	2.872,10 m, enterrada
CONDUCCIÓN POR GRAVEDAD	Acero Φ 711 mm	317 m, enterrada
	FD Φ 700 mm	5.422,6 m, enterrada



Edificio de la sala de bombas



Azud. Río Bayas



Obra de toma. Rejillas de las cántaras



*Aspiraciones de las bombas. En primer término, tubería de
desagüe*



Sala de bombas (3x 800 CV)



*Brida ciega del colector de la impulsión y tubería de
conexión con el calderín*



Transformador



Alimentación eléctrica de los motores de las bombas



Cuadro de mandos



Dispositivo anti-indendios

4.2.3 Captación y bombeo del río Torca en Nanclares de la Oka

Esta infraestructura está formada por una obra de captación situada en margen izquierda del arroyo de La Torca (fundamentalmente aguas de manantial) aguas arriba de un azud que embalsa las aguas para su derivación a la cámara de aspiración. Existen tres grupos de motobombas instalados en paralelo con una potencia 800 CV cada uno y un caudal nominal de 200 l/s a una altura manométrica de 203 m a 1500 rpm. El edificio aloja en dos zonas separadas los equipos mecánicos (bombas, motores, mecanismos y puente grúa) y los equipos eléctricos (transformadores, celdas y cuadros eléctricos).

El azud existente posee tres compuertas verticales (en la actualidad una de ellas falta) y está separado de la cámara de bombeo por rejillas de desbaste. El caudal captado se une al bombeado desde el Bayas y se envía a Araka a través de la conducción descrita en el apartado anterior y que en la actualidad es empleada por los regantes. Esta conducción presenta una resistencia mecánica inferior a la necesaria para las presiones de trabajo, aspecto que se puso de manifiesto durante las pruebas de funcionamiento del año 2007. Para intentar solventar este problema se instaló una válvula reductora de presión en el interior de la caseta con el objetivo de que la conducción no llegase a romper, como efectivamente ocurrió.

A la llegada a la ETAP se localiza un caudalímetro para la medida de los volúmenes aportados conjuntos (Bayas+Nanclares). A la instalación general se ha adosado un bombeo más reducido para dar servicio a Montevite. Existe un pórtico exterior para la acometida eléctrica. El cuadro de accionamiento no dispone de tensión. Justo aguas arriba de la toma se localizan dos salidas de saneamiento y un aforo del río gestionado por el EVE. El mantenimiento es similar al caso del bombeo del río Bayas. Las obras de esta captación finalizaron en octubre de 1990 y tuvieron un coste de 3.042 millones de pesetas. La única operación de las mismas tuvo lugar de octubre 1990 a abril de 1991, periodo en el que suministraron un volumen total de 6,1 hm³.

Caudal máximo	600 l/s	
ESTACIÓN DE BOMBEO	Dimensiones de la sala de bombas	19,00 x 11,10 x 7,60
	N.º de bombas y potencia	3 x 800 CV
	Altura de elevación	192 m
CONDUCCIÓN A PRESIÓN	Acero Φ 700 mm	120,62 m, enterrada
	Acero Φ 900 mm	583,09 m, enterrada
	Acero Φ 900 mm	1.873,68 m, aérea
	FD Φ 900 mm	583,68 m, enterrada
CONDUCCIÓN POR GRAVEDAD	Acero Φ 900 mm	1.614,10 m, aérea
	Acero Φ 900 mm	446,20 m, enterrada
	FD Φ 900 mm	15.395,80 m, enterrada
ARQUETA DE ROTURA	Dimensiones	6,30 x 3,00 x 3,00
	Cota	671,46



Edificio de la sala de bombas



Azud de derivación. En margen izquierda, obra de toma.



Sala de bombas(3x 800 CV) y colector de la impulsión. En segundo término, calderín



Vertidos aguas arriba de la toma

*Grupo motobomba**Cuadro de accionamiento*

Finalmente conviene resaltar que en determinadas ocasiones la conducción es utilizada por otros usuarios. Uno de ellos, la C.R. Arrato, dispone de una concesión para el aprovechamiento de las aguas reutilizadas de Kispijana. El uso de la conducción para el transporte de agua regenerada la inhabilita para el transporte de agua con calidad prepotable, por lo que previamente debe ser esterilizada para la utilización por parte de AMVISA.

4.2.4 Captación y bombeo del río Ega en Maeztu

La obra consta de un azud sobre el río Ega que logra retener las aguas mediante el cierre de las compuertas que lo forman a cota aproximada +645. La toma (doble con rejilla de desbaste) y estación de bombeo (4 bombas en paralelo de 340 CV de potencia) se sitúa en margen izquierda. La conducción que parte de la estación de bombeo posee una longitud total de 5,8 km y un diámetro que oscila entre los 600 y los 660 mm. En su tramo inicial remonta el río Ega hasta la población de Maeztu, continuando posteriormente hacia el Norte paralela a la carretera A-3114 pasando junto a las poblaciones de Leorza y Cicujano. En este punto aprovecha el antiguo túnel del FFCC de Laminoria para salvar la divisoria entre las cuencas del Ega y Zadorra mediante el taponamiento de sus dos emboquilles, de forma que las aguas se vierten en la cuenca de aportación del embalse de Ullibarri en el término municipal de San Millán

En la actualidad la conducción está interrumpida por unas obras de urbanización y el túnel se encuentra parcialmente derruido. Además, la acometida eléctrica carece de transformador y la sala de bombas se encuentra sumergida debido a alguna fuga. No se realiza en consecuencia ninguna labor de mantenimiento.

Las obras de esta captación finalizaron en junio de 1990 y tuvieron un coste de 599 millones de pesetas. La única operación de las mismas tuvo lugar de abril 1990 a abril de 1991, periodo en el que suministraron un volumen total de 8,4 hm³.

Caudal máximo	500 l/s	
ESTACIÓN DE BOMBEO	Dimensiones de la caseta de bombas	12,60 x 5,60 x 6,35
	N.º de bombas y potencia	4 x 340 CV
	Altura de elevación	87 m
CONDUCCIÓN A PRESIÓN	Acero Φ 660 mm	2.760 m, sobre apoyos
	Acero Φ 660 mm	342 m, enterrada
	FD Φ 600 mm	2.741 m enterrada



Edificio de la sala de bombas



Azud de derivación. Río Ega.



Sala de bombas inundada (4x340CV?)



Rejilla de la obra de toma


Armarios eléctricos

Calderín

4.2.5 Captación y bombeo de la Fuente Turbaz en Opakua

La obra consiste en un azud (se recreció una estructura antigua en una altura de 1 m y en una longitud de 16 m) que embalsa las aguas procedentes de un arroyo y de la Fuente Turbaz. En margen izquierda se sitúan dos bombas sumergidas de 50 l/s y 56 Kw de potencia, que elevan el agua hasta cruzar la divisoria mediante sendas conducciones de polietileno con una longitud de 2,1 km y 250 mm de diámetro, de tal forma que los caudales así captados puedan verter en la cuenca de aportación del embalse de Ullibarri, en el término municipal de San Millán

En caseta anexa se encuentra un grupo electrógeno que alimenta las bombas, un armario de accionamiento y un pequeño calderín.

La Diputación Foral de Álava dispone en la misma caseta de un pequeño bombeo con su grupo electrógeno particular para elevar un pequeño caudal destinado al regadío en los meses de estiaje. La conducción se encuentra en un estado aceptable.

Las obras de esta captación finalizaron en junio de 1990 y tuvieron un coste de 116 millones de pesetas. La única operación de las mismas tuvo lugar de abril 1990 a abril de 1991, periodo en el que suministraron un volumen total de 0,7 hm³.

Caudal máximo	100 l/s	
ESTACIÓN DE BOMBEO	Dimensiones de la caseta de bombas	9,44 x 2,46 x 2,30
	N.º de bombas y potencia	2 x 56 CV
	Altura de elevación	33 m
CONDUCCIÓN A PRESIÓN	PE 2 Φ 250 mm	266 m, enterrada
	PE 2 Φ 250 mm	1.655 m, sobre terreno
	PE 1 Φ 250 mm	183 m, sobre terreno



Bombas sumergidas (2x 56 kw)



Azud de derivación



Manantial de Iturbaiz



Embalse



Conducciones de impulsión (2x250mm)



Depósito del grupo electrógeno

*Inicio de las conducciones**Grupo electrógeno*

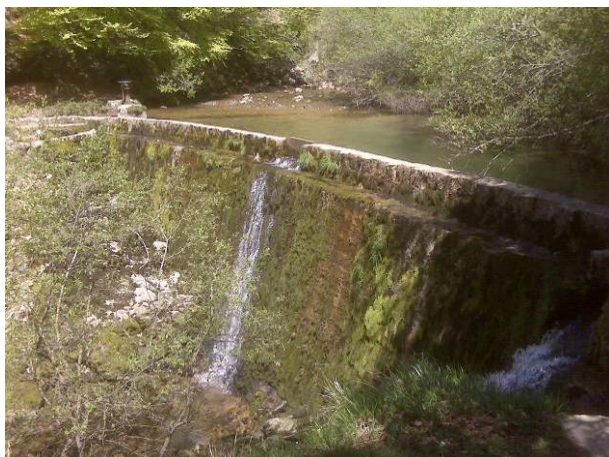
4.2.6 Captación del Nacedero Fuente Iturrioz en Araia

El azud existente recoge fundamentalmente la descarga de un acuífero kárstico denominado Fuente Iturrioz, que actualmente abastece a los municipios de Salvatierra y San Millán a través de una conducción enterrada y alimenta también un pequeño aprovechamiento hidroeléctrico a través de un canal en margen izquierda que se encuentra operativo.

En la margen derecha del azud se materializa una compuerta de tajadera de accionamiento manual de la que parte un canal a media ladera, que constituyó el antiguo abastecimiento a la fábrica de Ajuria en Araia y que es la actual aducción de emergencia. Presenta una conservación deficiente. Aproximadamente a un kilómetro de su inicio se sitúa una cámara de carga que da salida a una conducción enterrada de 500 mm de diámetro que discurre en dirección Este-Oeste al Norte de las poblaciones de Araia y Zaldueño y salvando la divisoria de cuencas, hasta enlazar con un canal en lámina libre en el término municipal de Asparrena, que conecta con el Arroyo Luzuriaga, situado en la cuenca del río Zadorra

Las obras de esta captación finalizaron en junio de 1990 y tuvieron un coste de 255 millones de pesetas. La única operación de las mismas tuvo lugar de abril 1990 a abril de 1991, periodo en el que suministraron un volumen total de 9 hm³.

Caudal	820 l/s (400 l/s concesión)	
Canal	Trapezoidal, 2,07 x 1,04	982,55 m.
Tubería	FD Φ 500 mm	6.153,92 m
Cauce	Trapezoidal 2,35 x 1,00	1278,00 m



Azud de derivación. Nacedero fuente Iturrioz



Obra de toma aprovechamiento hidroeléctrico



Toma obra de emergencia



Inicio del canal de la obra de emergencia

4.2.7 Captación del arroyo Uyar en Zaldundo

La obra consiste en un azud oblicuo con una compuerta en cada margen y una embocadura lateral protegida con reja y controlada por una compuerta vertical. La cota del labio de vertido es la +595,70. De este punto parte una conducción enterrada de 1 m de diámetro que cruza la cercana divisoria para verter las aguas del río Uyar (cabecera del río Burunda) en la cuenca de aportación del embalse de Ullibarri.

Las obras de esta captación finalizaron en junio de 1990 y tuvieron un coste de 71 millones de pesetas. La única operación de las mismas tuvo lugar de abril 1990 a abril de 1991, periodo en el que suministraron un volumen total de 6 hm³.

Caudal	1.500 l/s	
Tubería	DM Φ 1000 mm	476,78 m.
Canaleta	Hormigón 1,15 x 1,32	607,42 m
Cauce	Trapezoidal 2,00 x 1,50	530,00 m
Cauce	Trapezoidal 3,50 x 1,25	2.450,00 m



Azud de derivación. Río Uyar



Inicio de la conducción de emergencia

4.2.8 Sifón del Gorbea

Esta obra de emergencia consiste en una conducción, que partiendo de la presa del Gorbea en el río Subialde, discurre en sentido Norte-Sur bordeando el curso fluvial, para girar hacia el Este a la altura de la población de Etxaguen, cruzando la divisoria de cuenca y derivando las aguas hasta el embalse de Undurraga a través del arroyo Sampedraurre.

El trasvase se realiza mediante un sifón, cebado inicialmente mediante bomba de vacío y en la actualidad mediante la inyección de agua y su posterior aspiración. Una vez cebado el sifón, se vacía el embalse hasta su agotamiento. El accionamiento es manual y debe repetirse en cada ciclo de vaciado del embalse. Existe un caudalímetro en Etxaguen para la medida de los caudales aportados.

Inicialmente esta obra poseía a modo de complemento un bombeo en Larrinoa que ya ha sido desmontado. Las obras de esta captación finalizaron en abril de 1990 y tuvieron un coste de 231 millones de pesetas. La única operación de las mismas tuvo lugar de marzo 1990 a abril de 1991, periodo en el que suministraron un volumen total de 7,8 hm³.

Caudal máximo	500 l/s	
CONDUCCIÓN A PRESIÓN	Palastro Φ 508 mm ext	222 m aéreo
	FD Φ 500 mm int	1.823 m sobre terreno
	Palastro 660 Φ mm ext	219 m enterrada y 710 m sobre terreno

*Sifón del Gorbea**Conducción de emergencia**Ventosa en conducción**Vista des sifón y caseta desde aguas abajo*

4.2.9 Captación del arroyo Vicuña

La obra consiste en un azud de labio fijo a cota +721,5 y una embocadura lateral protegida con reja y controlada por compuerta vertical. De este punto parte una doble conducción enterrada de aproximadamente 900 m que cruza la divisoria, para verter las aguas del río Vicuña en la cuenca de aportación del embalse de Ullibarri.

Las obras de esta captación finalizaron en abril de 1990 y tuvieron un coste de 23 millones de pesetas. La única operación de las mismas tuvo lugar de abril 1990 a abril de 1991, periodo en el que suministraron un volumen total de 2,1 hm³.

5 DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS DISPONIBLES

5.1 Puntos de captación y concesiones

Los puntos de captación, cuya infraestructura se describe en el apartado anterior, son los siguientes:

- En situación normal:
 - Captación del embalse de Ullibarri
 - Captación del río Zadorra desde el bombeo de Durana
 - Embalse de Albina
 - Manantiales y embalses del Gorbea

- En situación de emergencia (existente):
 - Captación y bombeo del río Bayas en Techa
 - Captación y bombeo del río la Torca en Nanclares de Oca
 - Captación y bombeo del río Ega en Maeztu
 - Captación y bombeo de Fuente Turbaz en Opakua
 - Captación del nacedero Fuente Iturrioz en Araia
 - Captación del arroyo Uyar en Zaldueño
 - Sifón del Gorbea
 - Captación del arroyo Vicuña

- En situación de emergencia (posible):
 - Captación de los acuíferos de Nanclares-Subijana

5.2 Recursos superficiales

5.2.1 Metodología general

Como parte integrante de las tareas puestas en marcha para la elaboración del Plan Hidrológico de las Cuencas Internas del País Vasco y, en su caso, la revisión de los Planes Norte II, III y Ebro, la Dirección de Aguas del Gobierno Vasco finalizó en Diciembre de 2003 los trabajos encaminados al establecimiento de los recursos hídricos totales de la CAPV.

El objetivo de dicho estudio fue la obtención de las series diarias de aportaciones que cubrieran el período de 1951 a 2000. En total, resultaron así 50 años, que se consideran representativos del régimen hidrológico.

Para ello, se llevaron a cabo una serie de actividades, entre las que se puede destacar la recopilación de datos de carácter hidrometeorológico, su tratamiento, elaboración y depuración, en la medida de lo posible, y el establecimiento de un modelo de simulación de conversión del proceso de lluvia en escorrentía.

El ámbito territorial del citado estudio fue la CAPV sin considerar el propio eje del Ebro, aunque sí los barrancos singulares vertientes a él, y aquellas zonas de otras CCAA limítrofes que por continuidad hidrológica lo requirieron. El ámbito así definido se clasificó en función de las Unidades Hidrológicas del Mapa Hidrológico de la CAPV, entre las que se incluían la Unidad Hidrológica del Zadorra, del Bayas, del Ega y del Arakil.

La metodología general del citado estudio consistió en las siguientes fases:

- Recopilación de la información
- Análisis pluviométrico
- Análisis termométrico y de evapotranspiración de referencia
- Análisis foronómico y restitución al régimen natural
- Análisis morfológico y geológico
- Establecimiento del modelo de simulación
- Calibración general
- Simulación

A continuación, se detalla el método seguido en cada una de las fases

5.2.1.1 Recopilación de la información

Se empleó la información de diversas fuentes: topografía, mapas (de suelos, hidrológicos, hidrogeológicos, de vegetación, litológicos, de usos del suelo...), diversos estudios tomados como antecedente (los estudios base de elaboración del Plan Hidrológico del Ebro, el Estudio Básico de recursos hidráulicos de las cuencas del Norte de España de la CHN y el programa de recursos hídricos de la Diputación de Gipuzkoa), etc.

5.2.1.2 Análisis pluviométrico

Una vez recopilada la información termopluviométrica, se llevó a cabo su análisis mediante técnicas de dobles masas y correlaciones (a nivel diario, mensual y anual), además del filtrado de los datos de series ya rellenadas, comprobando sus diferencias estadísticas con las originales. También se estimó la representación espacial de cada estación mediante polígonos de Thiessen,

y se realizó un ajuste de regresión lineal que relacionara la cota con la precipitación para estudiar la posible influencia de la topografía en la variación de la precipitación.

Finalmente, como se suele contar con una densidad de puntos de medición (pluviógrafos) suficiente, se empleó el método de inverso de la distancia al cuadrado para la obtención de las precipitaciones de cálculo que se introducirían en el modelo. Además, en los casos necesarios se consideró la corrección de la precipitación con la altura mediante la aplicación del factor β como parámetro del modelo.

5.2.1.3 Análisis termométrico y de evapotranspiración de referencia

En cuanto a la evapotranspiración, dada la necesidad de disponer de datos diarios y la ausencia real de éstos, se utilizó una aproximación simplificada a la fórmula de Penman-Monteith que permitiera su obtención en base a los datos de temperatura máxima y mínima diaria.

En este sentido, en las estaciones que disponían de datos diarios de evaporación, temperaturas máximas y mínimas diarias, velocidades del viento, temperaturas húmedas y secas a varias horas del día y datos de insolación total, se estimó la evapotranspiración diaria de tres maneras: con todos los datos (salvo la evaporación), eliminando también los datos de humedad y únicamente con los datos de temperatura máxima y mínima, y se comparó con las mediciones de evaporación. Las diferencias que se obtuvieron entre las tres estimaciones fueron muy pequeñas, y todas ellas del orden de las medidas de la evaporación, aunque éstas tenían un mayor grado de dispersión. Así pues, el método que se siguió para la estimación de la evapotranspiración en el resto de estaciones fue el presentado por la FAO en su documento nº 56, únicamente basado en las temperaturas máxima y mínima, y que fue calibrado en las estaciones más completas.

5.2.1.4 Análisis foronómico y restitución al régimen natural

El análisis foronómico se encaminó a la obtención de un conjunto de series de aportaciones diarias restituidas al régimen natural, a partir de las cuales se pudiera calibrar el modelo de simulación.

Para ello, se tuvo en cuenta la serie de caudales aforados, los volúmenes regulados por los embalses situados aguas arriba, las tomas y retornos que se presentan en cada tramo, iniciando el proceso en la cabecera de los ríos y arrastrando el efecto hacia aguas abajo.

5.2.1.5 Análisis morfológico y geológico

A continuación, se caracterizó geomorfológicamente la zona de estudio, recopilando y homogeneizando la información para, por una parte, determinar los valores iniciales de los parámetros del modelo y, por otra, analizar su evolución espacial. Para ello, se partió de información edafológica, hidrológica, litológica, geológica, etc., con carácter puntual o a través de

mapas. A partir de esta información previa, se elaboró una distribución espacial de los distintos parámetros.

5.2.1.6 Establecimiento del modelo de simulación

Para la fase de simulación se seleccionó el modelo TETIS de la Universidad Politécnica de Valencia. El objetivo de dicho modelo es obtener de la mejor forma posible la respuesta hidrológica ocasionada por la precipitación de lluvia o de nieve, teniendo en cuenta los diferentes procesos físicos involucrados y empleando la modelación distribuida de tipo conceptual.

Las ventajas que presenta la modelación distribuida con respecto a la tradicional modelación agregada consiste fundamentalmente en la mejor representación de la variabilidad espacial de los fenómenos involucrados dentro de los procesos hidrológicos. Adicionalmente, la modelación distribuida ha surgido en los últimos años para lograr un mejor entendimiento de los procesos a nivel de cuenca y de parcela. Aunque en ocasiones requiere de información detallada de la zona de estudio, este tipo de información día a día se encuentra más a disposición del público gracias al desarrollo que en los últimos años han tenido los ordenadores, la cartografía digital, los sistemas de información geográfica y las mediciones con sensores remotos.

Para la generación de la información distribuida en el espacio de una variable X a partir de datos puntuales, tradicionalmente se han empleado metodologías como la interpolación lineal, los polígonos de Thiessen, la ponderación de acuerdo al inverso de la distancia y el kriging con sus distintas variaciones. Cuando la densidad de la red de instrumentación pluviométrica dentro de la cuenca es baja y dispersa, los distintos métodos entre sí arrojan resultados comparables. Por lo tanto, se justifica el empleo de métodos más simples como es el caso del inverso de la distancia al cuadrado, método utilizado por TETIS.

Este método consiste en la obtención de factores de ponderación w_{0j} como una función entre la distancia de un punto o celda (x_0, y_0) donde se quiere estimar el valor de la variable y las estaciones de medición (x_j, y_j) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$w_{0j} = \frac{1}{d_{0j}^2} \bigg/ \sum_{i=1}^n \frac{1}{d_{0i}^2}$$

donde n es el número de estaciones de medición empleadas, siendo:

$$d_{0j} = \sqrt{(x_0 - x_j)^2 + (y_0 - y_j)^2}, j=1, \dots, n$$

El valor de la variable X en el punto de interés es estimado como el sumatorio del producto del respectivo factor de ponderación por el valor puntual registrado en cada una de las estaciones de medición, según la expresión:

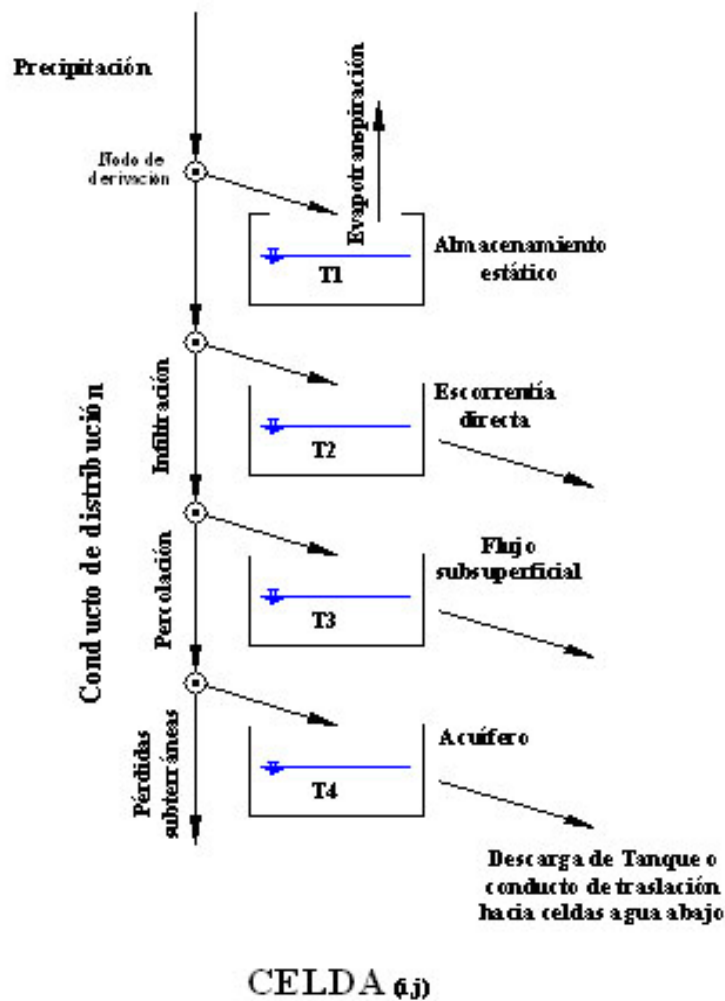
$$X_0 = \sum_{j=1}^n w_{0j} X_j$$

Las variables que en TETIS se interpolan espacialmente con la metodología descrita anteriormente son la precipitación, la altura equivalente de agua inicial, la temperatura y la ETP.

Por otro lado, la representación de la producción de escorrentía se hace mediante esquemas conceptuales simples adaptados a la escala de la celda (inferior al tamaño de las laderas) y al intervalo de tiempo que se considera en la modelación de eventos (entre 1 hora y 10 minutos). En cualquier otra escala espacio-temporal aparecerán inevitablemente efectos de escala en los valores de los parámetros. En el citado estudio se empleó una celda de simulación de 500 x 500 m.

La producción de la escorrentía se basa en la realización de un balance hídrico en cada celda, asumiendo que el agua se distribuye en cuatro niveles o tanques de almacenamiento conceptual y conectados entre sí, y que son:

- Fusión de nieve (no considerado en el citado estudio).
- Almacenamiento capilar en el suelo y pérdidas por evapotranspiración. Representa el agua que transita por la cuenca y que sólo sale de ella por evapotranspiración, por lo que no forma parte de la escorrentía.
- Almacenamiento del flujo superficial en la ladera. Representa el agua que se encuentra en superficie y puede moverse superficialmente por la ladera (escorrentía directa) o infiltrarse al nivel inferior.
- Almacenamiento de agua gravitacional en la capa superior del suelo. Representa el almacenamiento del agua mientras fluye lateralmente a través de la capa superior del suelo y hacia la red de drenaje. Parte de este volumen pasa al nivel inferior por percolación y otra parte produce el flujo subsuperficial.
- Almacenamiento subterráneo. Representa al acuífero. Las salidas corresponden a pérdidas subterráneas (para la cuenca en cuestión) o al flujo base de los cauces.



El flujo entre los tanques es función del agua almacenada en ellos, por lo que las variables de estado son los volúmenes almacenados en cada uno de los tanques. La función que relaciona el flujo con estas variables de estado se deriva del esquema conceptual adoptado, del tipo de tanque y de las características morfológicas de la celda e hidrológicas del suelo en la misma.

Para la traslación de la escorrentía TETIS presenta una formulación que incluye elementos de la geometría hidráulica. Con estos elementos se puede hacer un análisis hidráulico razonable de las transferencias entre las celdas, sin requerir grandes volúmenes de información (generalmente bastante costosa) y sin recurrir a simplificaciones exageradas a escala cuenca. Esta formulación aprovecha al máximo la información disponible, siendo al mismo tiempo un esquema bastante robusto.

La traslación de la escorrentía a lo largo de la cuenca se realiza considerando que el agua no abstraída circula sobre las laderas hasta alcanzar algún canal perteneciente a la red de drenaje natural de la cuenca, y a partir de allí circula por la red de drenaje en sí. Su estimación se puede hacer de acuerdo con las leyes de la Hidráulica de los cauces naturales o con simplificaciones conceptuales. En el caso de TETIS, el modelo empleado es de la "onda cinemática", que es una

simplificación de las ecuaciones de Saint Venant al despreciar en la ecuación de conservación de la energía los términos correspondientes a los efectos inerciales y de presión.

Por otra parte, las características hidráulicas de los cauces se obtienen a partir de parámetros propios de la cuenca (o regionales si no se dispone de los propios) que se extraen de la información geomorfológica de la cuenca. Por eso, esta nueva metodología se ha denominado de la Onda Cinemática Geomorfológica.

Los parámetros del modelo distribuido que controlan los procesos anteriores tienen que ser estimados previamente y, por lo tanto, pueden tratarse como información disponible. Básicamente se trata de los parámetros del suelo, de la cubierta vegetal, de los parámetros geomorfológicos con validez regional y de los parámetros de la fusión de nieve.

Con base en información de topología, usos de suelo, litología y geología se deben obtener cuatro mapas con las características del suelo, representadas por:

- Altura de agua útil (Hu). Incluye la capacidad de almacenamiento estático y la generación de excedente superficial.
- Permeabilidad superficial o conductividad hidráulica saturada del suelo (ks). Para involucrar la infiltración y el flujo subsuperficial.
- Capacidad de percolación o conductividad hidráulica saturada del estrato rocoso (kp). Pretende incluir el proceso de percolación, las pérdidas subterráneas y el flujo base.
- Tipo de cubierta vegetal y su factor de vegetación a lo largo del año (λv).

Estos mapas deben tener la misma resolución espacial que el modelo digital del terreno. En cuanto a la translación de la escorrentía, el modelo TETIS emplea nueve parámetros geomorfológicos según las siguientes relaciones geomorfológicas de tipo potencial entre:

- Área acumulada de la cuenca y caudal a sección llena: $\Lambda = \kappa \cdot Q_b^\varphi$
- Ancho de la sección transversal a sección llena y el caudal a sección llena: $w_b = a_1 \cdot Q_b^{\alpha 1}$
- Ancho de la sección transversal w y el caudal: $w = Q^{\alpha 2}$
- Diámetro del sedimento, la pendiente y la profundidad del flujo: $d = c_d \cdot (y s_o)^\theta$
- Coeficiente de rugosidad y el diámetro del sedimento: $n = c_n \cdot d^\xi$

donde κ , a_1 , c_d , y c_n son los coeficientes y φ , $\alpha 1$, $\alpha 2$, θ y ξ corresponden a los exponentes. Los coeficientes y los exponentes se pueden estimar mediante un estudio geomorfológico por regiones homogéneas de la evolución de las características hidráulicas a lo largo de la red de drenaje. Debido a la escala temporal de simulación (un día) y al objetivo perseguido (simulación de recursos hídricos superficiales), no parece necesario realizar una estimación detallada de estos

parámetros ya que su influencia en los resultados será escasa. Se utilizaron, por tanto, valores medios recomendados en la literatura, sobre todo, teniendo en cuenta que la calibración posterior del factor corrector de la velocidad del flujo ajusta los comportamientos promedio, ajuste que se considera suficiente a la escala temporal del estudio. Estos valores fueron:

- $\kappa = 0,6$
- $a1 = 3,26$
- $cd = 20$
- $cn = 0,047$
- $\varphi = 0,75$
- $\alpha1=0,5$
- $\alpha2 =0,2$
- $\theta = 1,25$
- $\xi =1/6$

Por último, el modelo de producción y el modelo de traslación presentados en TETIS incluyen unos factores correctores que afectan de forma global los diferentes parámetros, permitiendo una calibración (manual o automática) rápida y ágil de los diferentes procesos representados. Los factores correctores que afectan directamente la producción de escorrentía son:

- Almacenamiento estático, R1
- Evapotranspiración, R2
- Infiltración, R3
- Escorrentía directa, R4
- Percolación, R5
- Flujo subsuperficial, R6
- Pérdidas subterráneas, R7
- Flujo base, R8
- Velocidad de la onda cinemática, R9

5.2.1.7 Calibración general y validación

El proceso de calibración consta de dos fases independientes que evitan la sobreparametrización del modelo y, por tanto, garantizan su operatividad más allá del período y área de calibración. En una primera fase, se estiman inicialmente los parámetros básicos coherentes con la zona de estudio y, en la segunda fase, se obtienen los parámetros correctores mediante comparación de los valores simulados y medidos.

El modelo establece cuatro niveles: información básica, parámetros, factores de corrección y estado inicial de humedad:

- La información básica del modelo proviene del modelo digital del terreno, y se concreta en mapas de direcciones de drenaje, de pendientes y de zona cubierta con nieve, área de drenaje de cada celda y altura sobre el nivel del mar. Además, la información hidrometeorológica es también básica: series temporales de lluvia, nivel de embalses, caudales, evapotranspiración, altura de agua y temperatura.
- Los parámetros del modelo son: parámetros del suelo (altura de agua útil, permeabilidad superficial y capacidad de percolación) y parámetros geomorfológicos.
- Los factores correctores son: almacenamiento estático, evapotranspiración, infiltración, escorrentía directa, percolación, flujo subsuperficial, pérdidas subterráneas, flujo base y velocidad de la onda.
- El estado inicial de humedad se refiere al almacenamiento capilar, humedad del suelo y humedad del acuífero.

Para la estimación inicial de los parámetros en cada celda, se trató de extrapolar espacialmente una serie de informaciones puntuales (variables principales, que son las conductividades hidráulicas del suelo y del sustrato y la capacidad de almacenamiento hídrico del suelo), en función de unas variables ambientales que explican la variabilidad espacial de las anteriores. Las variables ambientales que se consideraron fueron: dominios hidrogeológicos, litología y litoestratigrafía regional, suelos, cubierta del suelo e información topográfica. Las variables principales fueron transformadas para conseguir una distribución más simétrica respecto del punto medio y, además, con su valor comprendido en una escala continua entre 0 y 1.

De forma similar se procedió para la estimación de los valores de abstracción inicial superficial (almacenamiento estático o capilar), función de la pendiente del terreno y la cubierta del suelo, del factor de vegetación, asociado a la cobertura del suelo y variable mensualmente, y de los parámetros geomorfológicos, que se calcularon según fórmulas recomendadas en la literatura especializada, y que luego fueron corregidos.

Una vez que los parámetros del modelo fueron estimados inicialmente, se abordó la calibración final del modelo con datos reales input-output y, después, la validación de los resultados obtenidos.

Los criterios de ajuste que se utilizaron en el estudio fueron los siguientes:

- Visualización conjunta de los hidrogramas observado y simulado.
- Balance general de agua. Se calcula el porcentaje de error volumétrico (volumen total observado menos volumen total simulado) respecto del volumen total observado.
- El coeficiente de eficiencia R^2 (o índice de eficiencia de Nash y Sutcliffe). Se estima según la expresión siguiente:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Q}_i - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_i)^2}$$

siendo \bar{Q}_i el valor medio de los caudales observados.

La calibración en TETIS puede realizarse de forma automática y manual empleando para ello funciones de evaluación del rendimiento del modelo típicas como RMSE, error en volumen y coeficiente de eficiencia, si bien, de forma independiente, es decir, no es posible una optimización global de todas ellas. El proceso de optimización automática se lleva a cabo mediante el método del SCE-UA, que es un algoritmo de tipo genético.

El criterio para aceptar una calibración es, en principio, subjetivo ya que en los criterios objetivos influyen la calidad de los datos que pueden enmascarar un comportamiento aceptable del modelo. En la literatura aparecen como aceptables calibraciones con un índice de Nash superior a 0,6 y se considera como excelente un valor superior a 0,8.

Una vez calibrado el modelo en una cuenca, es necesario comprobar su validez en escenarios distintos al de calibración, de tal forma que se pueda demostrar que se están simulando apropiadamente los procesos físicos dominantes. Estos escenarios pueden ser los siguientes:

- Validación temporal: en otro período de tiempo del mismo punto de calibración.
- Validación espacial: en otro punto de la cuenca y mismo período temporal de calibración.
- Validación espacio-temporal: en otro punto de la cuenca y período temporal distinto al de calibración.

Lógicamente, los criterios de ajuste en validación son menos exigentes que en calibración. Por ello, se considera en la literatura como aceptable un índice de Nash superior a 0,5, siendo excelentes las validaciones por encima de 0,7.

5.2.1.8 Simulación

Por último, una vez calibrado el modelo, se abordó la simulación correspondiente al intervalo de tiempo de 1951 a 2000 obteniendo las series de recursos naturales a escala diaria.

5.2.2 Unidad Hidrológica Zadorra

5.2.2.1 Estaciones de aforo

La Unidad Hidrológica Zadorra dispone de 19 estaciones de aforo, de las cuales 11 pertenecen a la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), 2 al Gobierno Vasco (GV), una al Ente Vasco de Energía (EVE) y las tres últimas a Iberdrola (IB).

En la siguiente tabla se recoge un resumen de las aportaciones en hm³, de las aportaciones específicas en mm, de la longitud de las series disponibles, de la superficie de las cuencas vertientes y de los valores promedio de las variables hidroclimatológicas:

SERIE	NOMBRE	APORTACIÓN (HM ³)	N años	APORTACIÓN ESPECÍFICA (mm)	SUPERFICIE OFICIAL(KM ²)	PRECIPITACIÓN PROMEDIO EN LA SUBCUENCA (mm)	TEMPERATURA PROMEDIO EN LA SUBCUENCA (°C)
E107	Ullibarri	60,66	44	222	273	929	12
E107N	Ullibarri	158,14	42	287	273	929	12
E108	Urrunaga	33,59	44	235	143	1315	12,1
E108N	Urrunaga	135,81	43	950	143	1315	12,1
E204	Matauko	33,84	8	583	58	808	11,6
E204N	Matauko	41,19	8	710	58	808	11,6
E222	Suibarri-Gopegi	3,43	14	572	6	1026	11,8
E223	Suibarri-Ondategi	294	13	367	8	1008	11,7
E074	Arce	366,12	32	270	1357	887	11,9
E074N	Arce	643,11	18	474	1357	887	11,9
E075	Berantevilla	107,96	43	352	307	807	11,9
E075N	Berantevilla	114,87	43	374	307	807	11,9
E221	Larrinoa	18,32	17	833	22	1091	11,9
E221N	Larrinoa	18,78	17	854	22	1091	11,9
H154	Ozaeta	54,11	26	637		1047	11,9
H154N	Ozaeta	54,61	26	642		1047	11,9
MIJA	Mijancas	3,61	3	123		700	11,9
PARI	Pariza	29,27	2	384		946	11,8
SA04	Manantial Nanclares	13,04	6	4574		736	12,2
SA13	Elgea	5,2	3	562		1095	11,9
TRES	Trespuentes	18,49	2	534		863	11,8
H153	Ochandiano	41,28	16	1251	33	1479	13,1
H152	Audikana	39,81	27	498	80	883	12,6
H152N	Audikana	41,82	27	523	80	883	12,6

De todas ellas, se seleccionó la que se encuentra localizada más aguas abajo para la calibración. Esta estación corresponde a la CHE074 Arce, con un área de 1357,25 km² según el modelo TETIS, y situada muy cerca de la confluencia del Zadorra con el río Ebro. Las demás estaciones se dejaron para la validación espacio-temporal del modelo.

Por otro lado, de alguna de ellas fue necesario efectuar una restitución al régimen natural para estimar el efecto de tomas y retornos, volúmenes regulados y evaporados en embalses y derivaciones de otras cuencas. El proceso se realizó por tramos entre estaciones de aforo partiendo de la cabecera hacia aguas abajo y se esquematiza a continuación:

a) Estaciones a restituir:

- 1.- Urrúnaga
- 2.-Ozaeta
- 3.-Audikana
- 4.-Ullibarri
- 5.-Pariza
- 6.-CHE75, Berantevilla
- 7.-Matauko,
- 8.-CHE221. Subialde en Larrinoa.
- 9.-Arce

b) Embalses existentes:

- 1.-Albina
- 2.-Urrúnaga
- 3.-Ullibarri

c) Tomas de abastecimiento:

- 1.-Toma en Albina que abastece el polígono industrial situado aguas abajo del Urrúnaga
- 2.-Barazar
- 3.-Canal de Alegría
- 4.-Toma de AMVISA
- 5.-Toma del Gorbea
- 6.-Conexión entre embalses del Zadorra (aunque no es de abastecimiento).

d) Tomas de regadío:

- 1.-Regadíos aguas arriba de Ozaeta
- 2.-Regadíos entre la estación de Ozaeta y la de Audikana
- 3.-Regadíos aguas arriba de Pariza
- 4.-Regadíos entre la estación de Pariza y Berantevilla
- 5.-Regadíos aguas arriba de Matauko
- 6.-Regadíos entre los embalses y el río Ayuda
- 7.- Regadíos aguas arriba de Arce

Función	Superficie (ha)	Dotación (m³/ha/año)	Vol aplicado (Hm³/año)
1	200	2520	0,504
2	800	2520	2,016
3	100	2520	0,252
4	2665	2520	6,716
5	3010	2520	7,58
6	3947	2520	9,94

La distribución mensual de esta demanda es:

F	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1	1	0	0	0	0	2	7	20	22	20	22	6
2	1	0	0	0	0	2	7	20	22	20	22	6
3	1	0	0	0	0	2	7	20	22	20	22	6
4	1	0	0	0	0	2	7	20	22	20	22	6
5	1	0	0	0	0	2	7	20	22	20	22	6
6	1	0	0	0	0	2	7	20	22	20	22	6

e) Restitución: La aportación natural (AN) en un tramo x será:

$(AN)_x = (A \text{ medida}) + (A \text{ detraída} - A \text{ vertida} \pm A \text{ regulada})_{\text{tramo } x-1 \text{ a } x} \pm (AN - A \text{ medida})_{x-1}$ Por lo tanto:

$$N1 = A1 + R1 + R2 + E2 + D1 + D2 \pm D6.$$

$$N2 = A2 + G1$$

$$N3 = A3 + G2 + N2 - A2$$

$$N4 = A4 + R3 + E3 - D3 + D4 \pm D6 + N3 - A3$$

$$N5 = A5 - G3$$

$$N6 = A6 + G4 + N5 - A5$$

$$N7 = A7 + G5$$

$$N8 = A8 + D5$$

$$N9 = A9 + N1 - A1 + N4 - A4 + N7 - A7 + N8 - A8 + N6 - A6 + G6 - 80\%D4.$$

5.2.2.2 Datos termopluviométricos

La precipitación media anual promedio de todas las estaciones es de 888 mm, pero se observan diferencias importantes entre unas estaciones y otras. El valor máximo es el registrado en la estación de Ceanuri con código 9076I (1847 mm), mientras que el mínimo se mide en la 9094U, ubicada en Armiñón (589 mm).

Si se analiza la precipitación media anual completada promedio de todas las estaciones, se observa que es de 894 mm, alcanzándose el valor máximo en la estación 9076I (1730 mm), y el mínimo en la estación 9094 U (597 mm). Las estaciones pluviométricas empleadas en la cuenca del Zadorra fueron las siguientes:

CÓDIGO ESTACIÓN	NOMBRE	ORIGINAL		COMPLETADA	
		P MEDIA	N AÑOS	P MEDIA	N AÑOS
9074	Salvatierra Iberduero	826	19	806	39

CÓDIGO ESTACIÓN	NOMBRE	ORIGINAL		COMPLETADA	
		P MEDIA	N AÑOS	P MEDIA	N AÑOS
9076	Ullívarri Gamboa (Presa)	938	35	953	39
9078	Albina (Embalse)	1156	29	1119	39
9080	Urrunaga (Presa)	980	43	965	56
9081	Retana (AMVISA)	837	20	838	39
9083	Gaceta	863	25	837	39
9084	Vitoria (Santuario Estíbaliz)	702	7		
9086	Arcaute	828	20	802	39
9087	Vitoria (Aeródromo)	864	29	889	39
9089	Cigoitia (Gopegui)	1004	19		
9090	Zaitegui	1069	12		
9091	Cigoitia (Letona)	712	3		
9092	Hueto de Arriba (Iberduero)	945	25	919	39
9093	Nanclares de Oca	694	20	696	39
9094	Ollavarre	850	4		
9096	Marquinez	998	9		
9098	Treviño (Iberduero)	687	10		
9073I	Opacua	860	27	848	39
9073Z	Salvatierra (ASZSA)	906	22		
9074A	Salvatierra (Colegio Claret)	807	19	806	39
9074B	Luzuriaga Iberduero	936	8	924	39
9074C	Arriola	1021	32	987	39
9074F	Alaiza (Iberduero)	826	15	816	39
9074O	Audicana-Iberduero	758	18	752	39
9074R	Ozaeta (Iberduero)	943	17	942	39
9076G	Durana (AMVISA)	780	18	766	39
9076I	Ceanuri (Zubizabal CF)	1847	5	1730	39
9077C	Ollerías	1147	2	1140	39
9077E	Ochandiano Iberduero	1449	27	1427	39
9078A	Villarreal de Álava (Iberduero)	1101	11		
9080C	Betolaza (Iberduero)	856	22	845	39
9082T	Gauna (La Ilarra)	843	11	819	39
9084I	Vitoria-Subestación Iberduero	840	2	712	39
9084U	Escalmendi	747	10	747	39
9085C	Araca (AMVISA)	804	19	796	39
9085I	Gámiz	760	27	751	39
9087A	Vitoria Instituto	877	35	774	39
9088E	Mendiguren (Iberduero)	668	4	706	39
9088H	Ali (CAPA)	784	20		
9088I	Ali Subestación (Iberduero)	753	16		
9088°	Krispijana (AMVISA)	869	7	886	39
9089C	Murua (AMVISA)	1053	18	1047	39
9091I	Foronda (Iberduero)	762	18		
9091O	Foronda (Aeropuerto)	772	20	799	39
9092C	Martioda	737	14	738	39
9092E	Mendoza (Iberduero)	646	4		
9094U	Zumelzu	589	26	597	39

CÓDIGO ESTACIÓN	NOMBRE	ORIGINAL		COMPLETADA	
		P MEDIA	N AÑOS	P MEDIA	N AÑOS
9095E	Armiñón	1100	18	1109	39
9096O	Arlucea	831	2		
9097O	Moraza (Iberduero)	761	7		

En cuanto a la corrección de la precipitación con la altura, efectuado el análisis de correlación se llegó a la conclusión de que el Zadorra poseía un comportamiento muy variable por zonas. Excepto en cabecera del Zadorra, donde la correlación no fue muy precisa, la relación fue clara. Así, en la margen derecha se alcanzan factores tan elevados como 380 mm a los 100 metros, factores que disminuyen a 100 en la margen izquierda.

Por otro lado, la temperatura media anual original promedio de todas las estaciones termométricas es de 11,8 ° C, registrándose el valor más alto en dos estaciones con 13,7 ° C (la 9074 y la 9094, ubicadas en Salvatierra y Ollavarre respectivamente), y el mínimo en la situada en Urrúnaga y con código 9080 (10,5 ° C).

En cuanto a la temperatura media anual completada promedio, se observa que alcanza un valor de 10,9 ° C, dándose el valor máximo en la estación situada en Salvatierra y con código 9074A (11,2 ° C), y el mínimo en la 9077C (ubicada en Ollerías) con 10,6 ° C.

De la evapotranspiración potencial, únicamente decir que la anual original media en las estaciones es del orden de 884 mm, y la anual completada media de las estaciones del orden de 904 mm. Las estaciones empleadas fueron las siguientes:

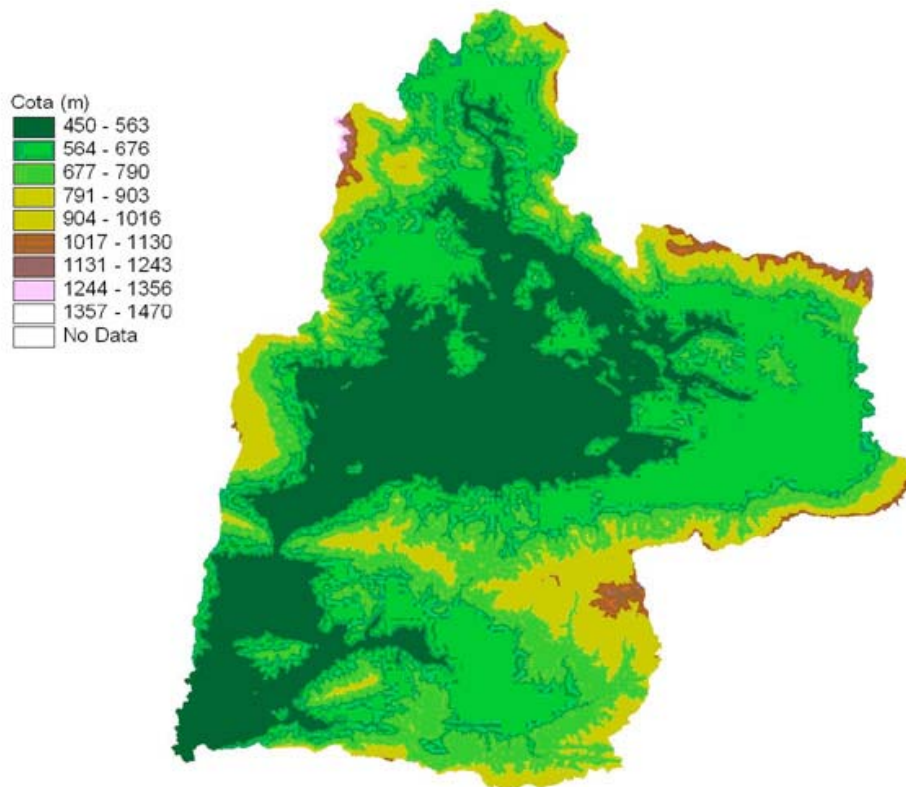
CÓDIGO ESTACIÓN	ORIGINAL		COMPLETADA		ETP ANUAL ORIGINAL (mm)	ETP ANUAL COMPLETADA (mm)
	T MED	N AÑOS	T MED	N AÑOS		
9074	13,7	10				
9076	10,8	17	10,8	39	712,0	871,9
9080	10,5	20	10,7	39	726,3	865,9
9086	11,2	8	11,1	39	921,3	917,2
9094	13,7	3			1025,6	
9074 ^a	11,6	18	11,2	39	884,5	897,0
9077C	11,2	3	10,6	39	927,1	944,6
9082T	11,5	6	10,7	39	945,6	926,9
9084U	11,3	1	11,0	39	881,7	961,2
9085C	11,9	7	11,0	39	863,4	884,1
9091O	11,5	21	11,0	39	921,9	922,0
9092Z	13,0	1	11,0	39	914,5	845,4

5.2.2.3 Estimación inicial de parámetros

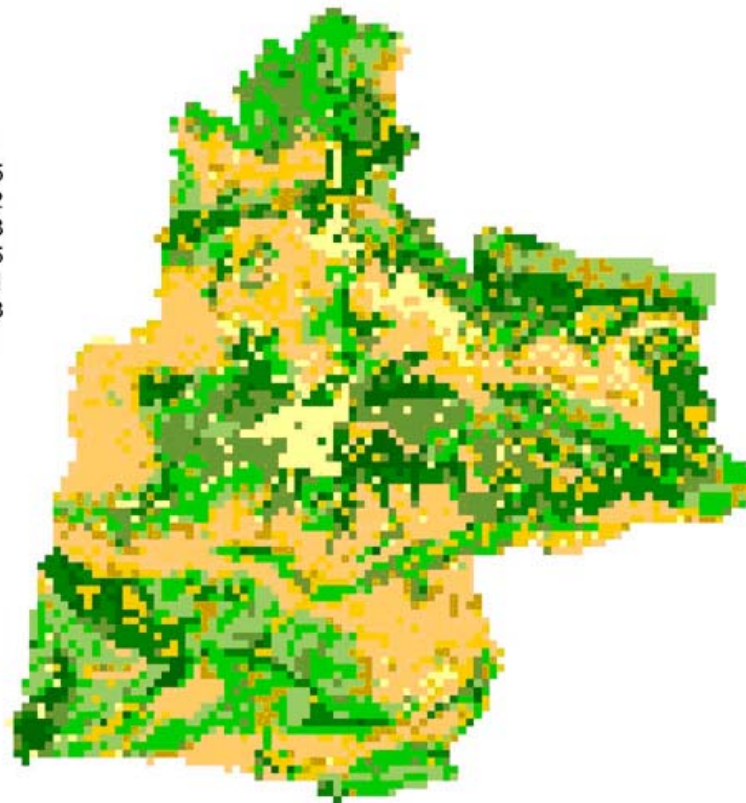
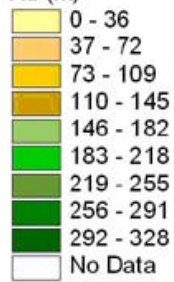
Los datos de partida para la elaboración del modelo TETIS distribuido empleado en el “Estudio de Evaluación de los Recursos Hídricos totales en el ámbito de la CAPV” fueron las siguientes distribuciones espaciales de la altitud (modelo de terreno), altura de agua útil o capacidad de

almacenamiento hídrico total del suelo (H_u), permeabilidad superficial o conductividad hidráulica saturada del suelo (K_s) y capacidad de percolación o conductividad hidráulica saturada del estrato rocoso (K_p).

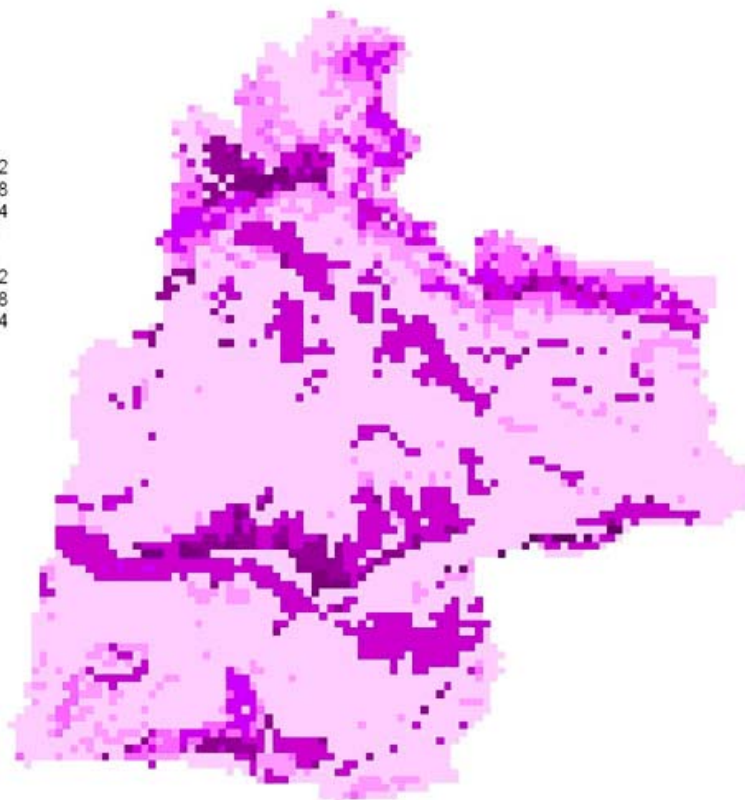
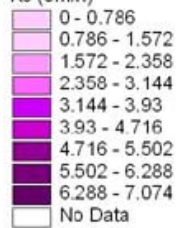
A partir del modelo de terreno, el programa confecciona el mapa con las direcciones de drenaje, el mapa de las áreas de drenaje acumuladas en cada celda y el mapa de pendientes. Otra información como distribución de la cobertura de nieve o localización de embalses no son de aplicación al tratarse de un modelo en régimen natural sin influencia nival destacable.

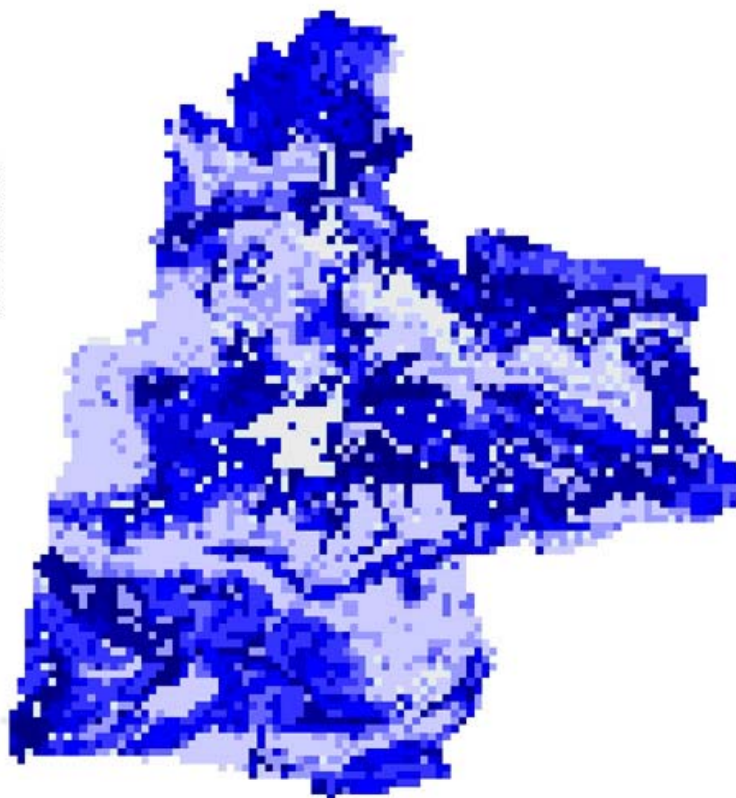
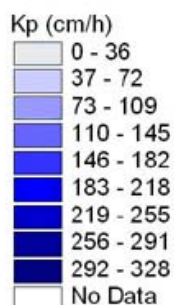


Hu (m)



Ks (cm/h)





Los valores promedio resultantes para esta unidad hidrológica fueron:

Parámetro	Media	Desviación típica
Hu (mm)	155,55	90,27
Ks(cm/h)	1,75	1,52
Kp(cm/h)	0,91	0,58

La información anterior relativa a parámetros del suelo se obtuvo mediante el desarrollo de una campaña de ensayos puntuales de caracterización de suelos y la posterior distribución espacial de estas variables principales a partir de ajustes de regresión lineal con variables ambientales distribuidas espacialmente como vegetación, litología, pendiente, etc.

En cuanto a las condiciones iniciales de humedad, se fijaron los siguientes valores para cada uno de los depósitos que conforman el modelo de producción:

- Humedad inicial del suelo (H1): 0%
- Estado inicial de la zona no saturada (H2): 0 mm
- Estado inicial de la zona saturada (H3): 0 mm
- Estado inicial del acuífero (H4): 1 mm
- Sección llena en el cauce (H5): 20%

5.2.2.4 Calibración

En primer lugar se desarrolló un proceso de calibración automática con la estación de aforos del Zadorra en Arce con todas las estaciones pluviométricas y empleando inicialmente un factor de interpolación de lluvia nulo. Bajo estas condiciones se observaba un déficit de agua en el sistema. Después de analizar varios resultados de calibración automática se decidió efectuar una calibración manual basándose en la experiencia de las calibraciones previas en este sistema y bajo el criterio del analista.

Básicamente se pretendía mejorar el ajuste en los caudales punta y representar adecuadamente la evapotranspiración y homogenizar el conjunto de factores correctores con respecto a los obtenidos en las cuencas vecinas. Además en este caso, durante una validación provisional de los factores correctores anteriores, se detectó un error por baja densidad de pluviógrafos en la subcuenca del río Ayuda, contradictorio con el incremento de la precipitación con la altura necesario en el resto de la cuenca del Zadorra. Para corregirlo, se decidió modificar artificialmente la posición y cota de las estaciones pluviométricas 9095E Arluce, 9095 Bajauri-Busturia y 9175 Lagrán-Villaverde

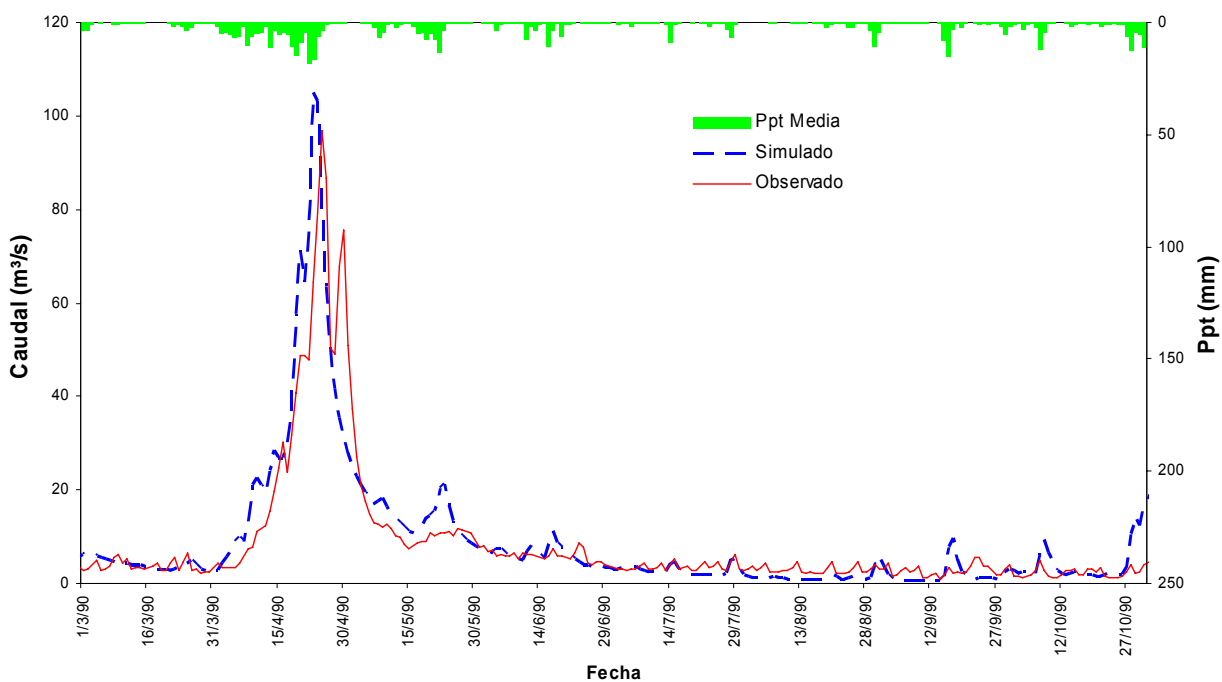
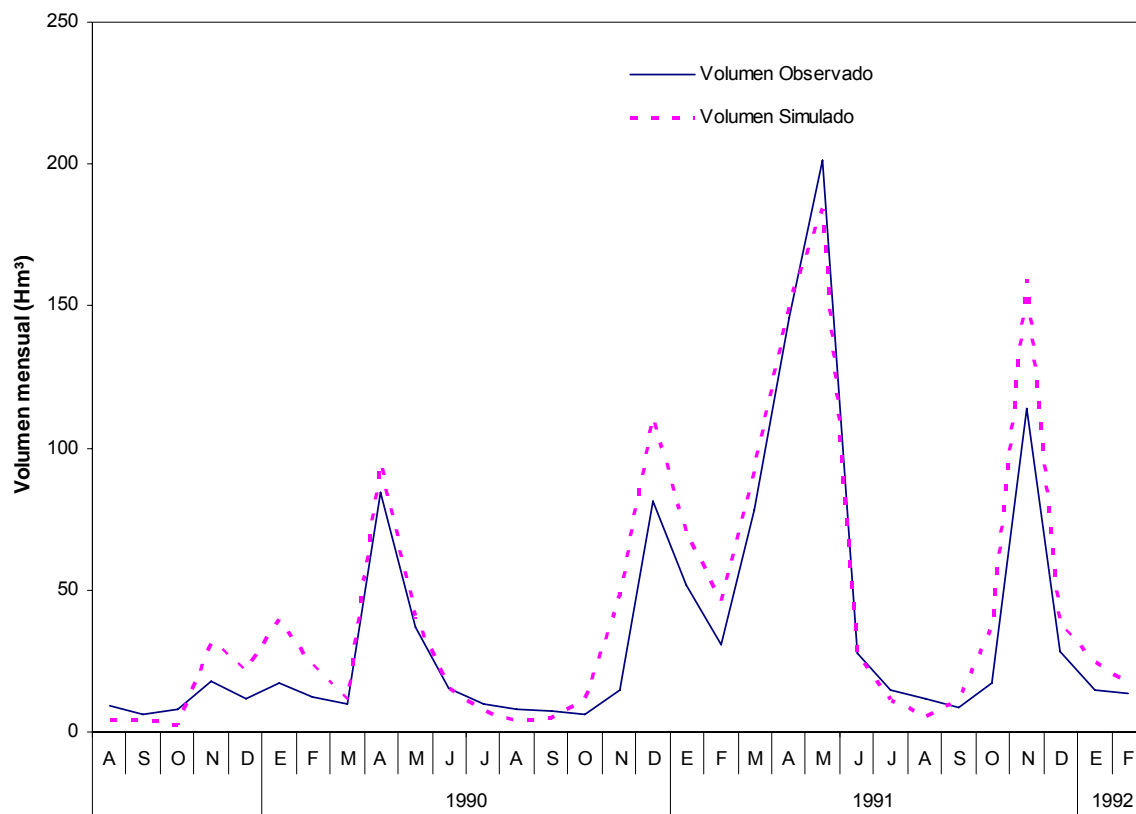
El resultado fue una disminución de la precipitación media en la subcuenca del Ayuda, manteniendo los factores correctores e incremento de la lluvia comunes para toda la cuenca del Zadorra.

Por otro lado, se detectó una minusvaloración de las aportaciones, por parte del modelo, en las cuencas de cabecera, lo que se interpretó en términos de una sobrestimación de la evapotranspiración.

Finalmente, a continuación se presentan los factores correctores ajustados manualmente adoptados para la cuenca del Zadorra, destacando que es posible mantener un factor corrector de las pérdidas subterráneas nulo, ya que el balance en la cuenca se cumple sin necesidad de generar dichas pérdidas.

FACTORES CORRECTORES FINALES	
Almacenamiento capilar	0,80
Evapotranspiración	1,05
Infiltración	0,150
Escorrentía	0,400
Percolación	0,030
Flujo subsuperficial	500,0
Pérdidas subterráneas	0,000
Flujo Base	95,0
Velocidad del flujo	1,40
Factor de interpolación de Ppt	0,0060

En los siguientes gráficos se presenta el resultado de la calibración en la estación de Arce para el período considerado, tanto a nivel mensual como diario:



La calidad del conjunto de factores correctores empleados viene dada por lo valores mostrados en la siguiente tabla:

Estación	Área (km ²)		Vol Obs. (Hm ³)	Vol Sim. (Hm ³)	% Err. Vol	R ² día	R ² mes
	GIS	TETIS					
CHE074 Arce	1356,18	1358,50	1114,2	1350,0	21,158	0,665	0,901

Los resultados son peores que los obtenidos en la calibración automática, con un índice de Nash y Sutcliffe a nivel mensual muy alto, aunque con un error entre el volumen observado y simulado elevado. Sin embargo, pueden seguir considerándose satisfactorios como queda demostrado en la validación del modelo.

5.2.2.5 Validación

La validación espacio-temporal se efectuó empleando todo el período de observación disponible en las diferentes estaciones de aforo. Se utilizan todas las estaciones pluviométricas, incluyendo las tres estaciones modificadas artificialmente.

Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Estación	Área (km ²)		Desde	Hasta	Vol Obs. (Hm ³)	Vol Sim. (Hm ³)	Err. Vol %	R ² día	R ² mes
	GIS	TETIS							
CHE74 Arce	1356,18	1358,50	01/10/66	26/10/99	19722,0	21512,0	9,077	0,653	0,823
H153 Ochandiano	35,35	34,75	01/10/83	31/12/00	716,6	468,0	-34,693	0,437	0,674
CHE75 Berantevilla	307,76	308,00	01/01/51	26/10/99	5079,9	5312,3	4,576	0,563	0,690
CHE221 Larrinoa	21,56	19,25	19/10/80	30/09/99	359,9	283,2	-21,313	0,687	0,733
H152 Audicana	84,65	89,50	01/11/72	26/10/99	1168,0	1117,4	-4,328	0,570	0,750
CHE107 Ullibarri	272,36	272,50	01/01/51	30/09/95	7174,7	7016,2	-2,208	0,590	0,870
H154 Ozaeta	88,74	86,00	01/12/72	31/12/00	1518,8	1688,4	11,171	0,656	0,749
CHE204 Matauko	93,61	98,00	01/10/72	30/09/80	329,5	324,4	-1,559	0,364	0,388
CHE108 Urrunaga	142,59	142,00	01/01/51	30/09/95	73471,7	57633,3	-21,557	0,396	0,791

Durante el período de validación se observó una subvaloración sistemática de los caudales pico, lo que deteriora algo los índices de ajuste. Sin embargo, si se analizan los datos registrados diarios con mayor detalle, la mayoría de los fallos de simulación se justifican debido a incoherencias que se presentan entre el hidrograma aforado y la lluvia registrada en la zona.

Por otra parte, los índices R² indican un buen ajuste tanto a nivel diario como a nivel mensual en las estaciones seleccionadas. Desafortunadamente, el error en el volumen en algún caso es alto, como en las cuencas pequeñas de Ochandiano y Larrinoa y en el embalse de Urrúnaga. En este último caso, el error se concentra fundamentalmente en los últimos cuatro años de observación.

5.2.3 Unidad Hidrológica Bayas

5.2.3.1 Estaciones de aforo

La Unidad Hidrológica Bayas tiene 6 estaciones de aforo, dos de las cuales pertenecen al Ente Vasco de Energía (EVE), una a la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), otra a la Diputación Foral de Álava (DFA) y las dos últimas al GEV (Grupo de Espeleología Vizcaína)

En la siguiente tabla se recoge un resumen de las aportaciones en Hm^3 , de las aportaciones específicas en mm, de la longitud de las series disponibles, de la superficie de las cuencas vertientes y de los valores promedio de las variables hidroclimatológicas:

SERIE	NOMBRE	APORTACIÓN (Hm^3)	N años	APORTACIÓN ESPECÍFICA (mm)	SUPERFICIE GIS (KM^2)	PRECIPITACIÓN PROMEDIO EN LA SUBCUENCA (mm)	TEMPERATURA PROMEDIO EN LA SUBCUENCA ($^{\circ}\text{C}$)
E165	Miranda	188,28	13	592	322,61	916	11,9
E165N	Miranda natural	189,42	13	596	322,61	916	11,9
APRI	Aprikano	114,78	10	558	205,76	1036	11,9
AZOL	Azoleta	-	0	-	2,91	1208	12,6
POBE	Pobes	150,79	7	625	241,1	999	11,9
SARR	Sarria	34,11	1	852	40,05	1120	12,0
UBEG	Ubegi	4,38	2	751	5,83	1191	12,6

De todas ellas, se seleccionó la que se encuentra localizada más aguas abajo para la calibración de la cuenca. Esta estación corresponde a la CHE165 Miranda-Bayas, con un área aproximada de 294 km^2 según el modelo TETIS y situada muy cerca de la desembocadura del Baia con el río Ebro. Las demás estaciones se dejaron para la validación espacio-temporal del modelo.

Para poder emplear los datos disponibles en la estación de Confederación, fue necesario efectuar una restitución al régimen natural para estimar el efecto de los regadíos existentes en la cuenca, constituidos por 328 Ha y un volumen de detracción anual de $1,148 \text{ Hm}^3/\text{año}$. La distribución mensual aplicada fue la siguiente:

F	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1	1.4	0	0	0	0	1.7	7.3	19.7	21.8	19.7	22.5	5.9

5.2.3.2 Datos termopluviométricos

La precipitación no es muy uniforme en esta Unidad Hidrológica, observándose una gran variabilidad de Norte a Sur con valores extremos para las estaciones 9072B (1311 mm) y la 9069A (572 mm). La precipitación media ronda los 950 mm , para datos originales y los 1050 mm para datos completados. Las estaciones pluviométricas empleadas en la cuenca del Bayas fueron las siguientes:

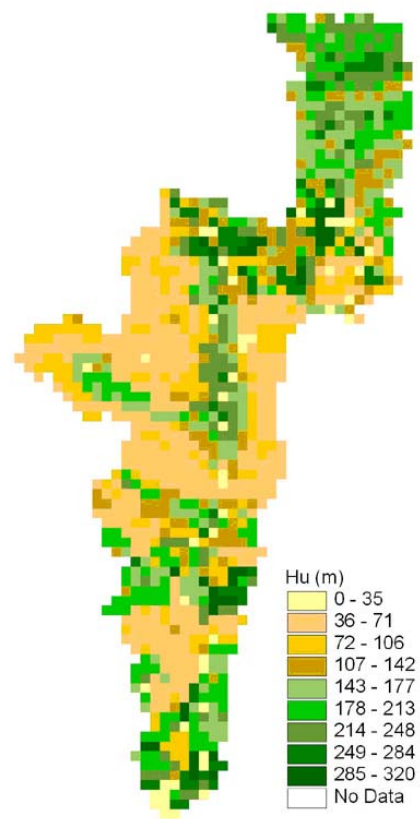
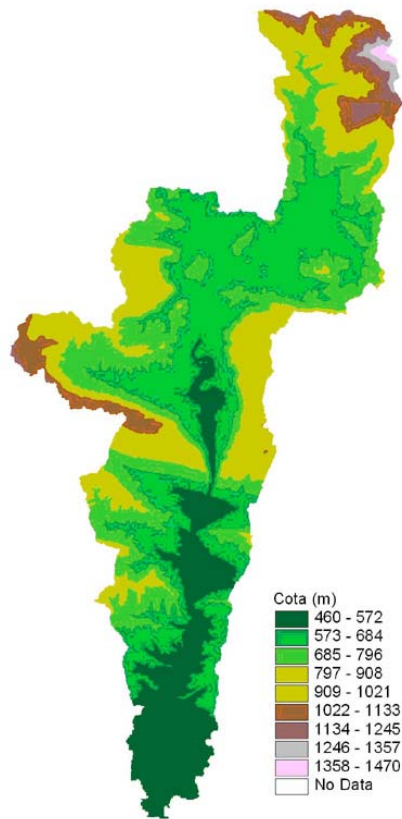
CÓDIGO ESTACIÓN	NOMBRE	ORIGINAL		COMPLETADA	
		P MEDIA	N AÑOS	P MEDIA	N AÑOS
9069	Miranda de Ebro	525	44		
9072	Murguía (Iberduero)	1153	25	1116	39
9069A	Miranda de Ebro	572	18		
9072B	Guillerna (Iberduero)	1311	9		
9072C	Izarra (Iberduero)	1122	16	1093	38
9072D	Domaiquía (Iberduero)	1075	17		
9072E	Anda (ASZSA)	1096	19		
9072F	Jugo (Iberduero)	966	5	1002	39
9072G	Izarra (DFA)	1167	14	1098	39
9072H	Anda (Iberduero)	999	26	985	39
9072I	Sendadiano	976	26	990	39
9072J	Archúa (Iberduero)	1082	28	1055	39
9072O	Subijana Morillas (Iberduero)	700	3		
9072X	Miranda de Ebro 'Mçontefibre'	525	5		
9069	Miranda de Ebro	525	44		
9072	Murguía (Iberduero)	1153	25	1116	39

En el Bayas, como en el resto de los ríos de la vertiente mediterránea, se observó una fuerte correlación entre la cota y la precipitación. El gradiente que se obtuvo fue muy elevado (314 mm por cada 100 metros).

Por otro lado, en lo que respecta a la temperatura, en esta Unidad Hidrológica sólo se dispone de una estación con datos de temperatura situada en Izarra, que ha registrado una temperatura media de 10° C a lo largo de un periodo de 39 años. Se ha obtenido una evapotranspiración potencial anual de 815 mm en su versión original y de 791 mm en el caso de datos completados.

5.2.3.3 Estimación inicial de parámetros

Los datos de partida para la elaboración del modelo TETIS distribuido empleado en el “Estudio de Evaluación de los Recursos Hídricos totales en el ámbito de la CAPV” fueron las siguientes distribuciones espaciales de la altitud (modelo de terreno), atura de agua útil o capacidad de almacenamiento hídrico total del suelo (H_u), permeabilidad superficial o conductividad hidráulica saturada del suelo (K_s) y capacidad de percolación o conductividad hidráulica saturada del estrato rocoso (K_p). A partir del modelo de terreno, el programa confecciona el mapa con las direcciones de drenaje, el mapa de las áreas de drenaje acumuladas en cada celda y el mapa de pendientes. Otra información como distribución de la cobertura de nieve o localización de embalses no son de aplicación al tratarse de un modelo en régimen natural sin influencia nival destacable.



Los valores promedio resultantes para esta unidad hidrológica fueron:

Parámetro	Media	Desviación típica
Hu (mm)	133,11	77,20
Ks(cm/h)	2,15	1,54
Kp(cm/h)	1,06	0,66

La información anterior relativa a parámetros del suelo se obtuvo mediante el desarrollo de una campaña de ensayos puntuales de caracterización de suelos y la posterior distribución espacial de estas variables principales a partir de ajustes de regresión lineal con variables ambientales distribuidas espacialmente como vegetación, litología, pendiente, etc.

En cuanto a las condiciones iniciales de humedad, se fijaron los siguientes valores para cada uno de los depósitos que conforman el modelo de producción:

- Humedad inicial del suelo (H1): 60%
- Estado inicial de la zona no saturada (H2): 0 mm
- Estado inicial de la zona saturada (H3): 5 mm
- Estado inicial del acuífero (H4): 20 mm
- Sección llena en el cauce (H5): 40%

5.2.3.4 Calibración

En primer lugar se llevó a cabo la calibración automática con la estación de aforos del Baia en Miranda con un conjunto seleccionado de estaciones pluviométricas y con un factor de pérdidas subterráneas nulo. Dado que la evapotranspiración resultó baja y que no se observaba la componente del interflujo se procedió a realizar otra calibración considerando un valor optimizado para el factor de interpolación de lluvia.

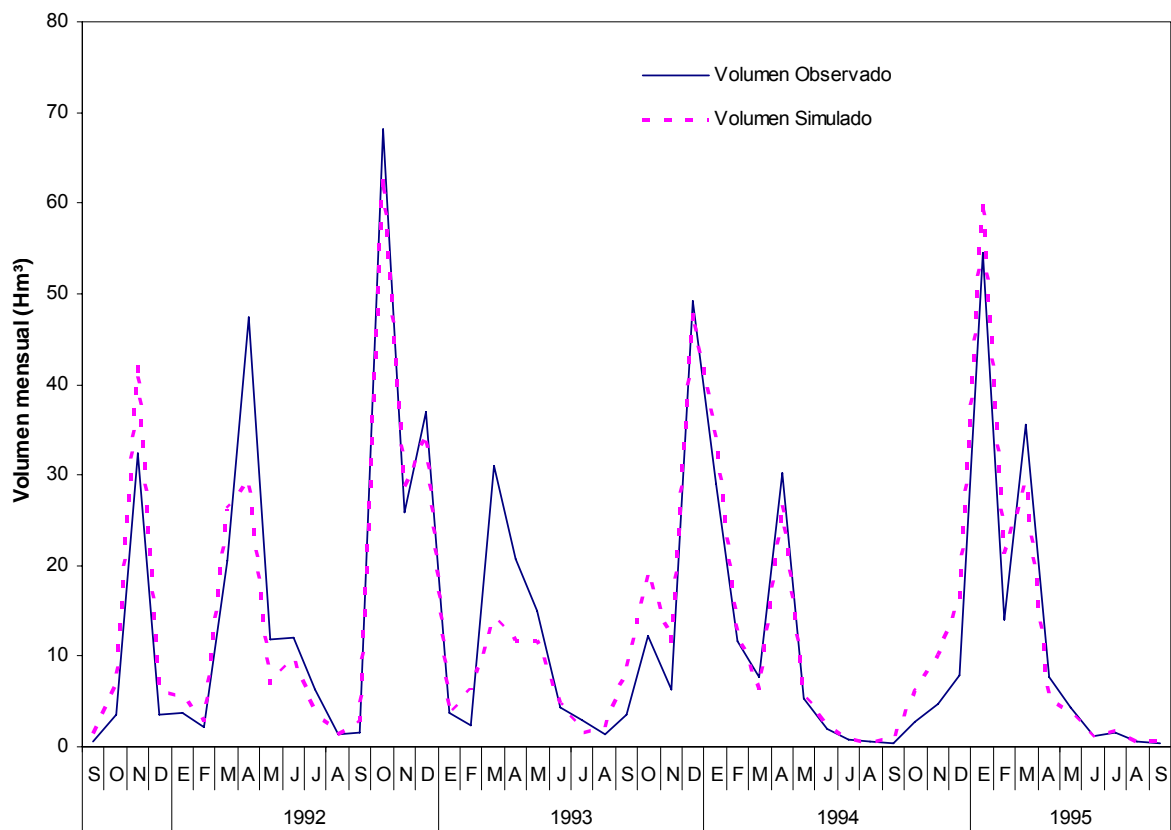
Posteriormente, se desarrolló una calibración manual para todas las estaciones pluviométricas con el objetivo de ajustar los valores de factores correctores para que fuesen similares a los encontrados en cuencas vecinas. La presencia de un factor de interpolación de lluvia fue necesaria para garantizar resultados razonables desde el punto de vista del balance.

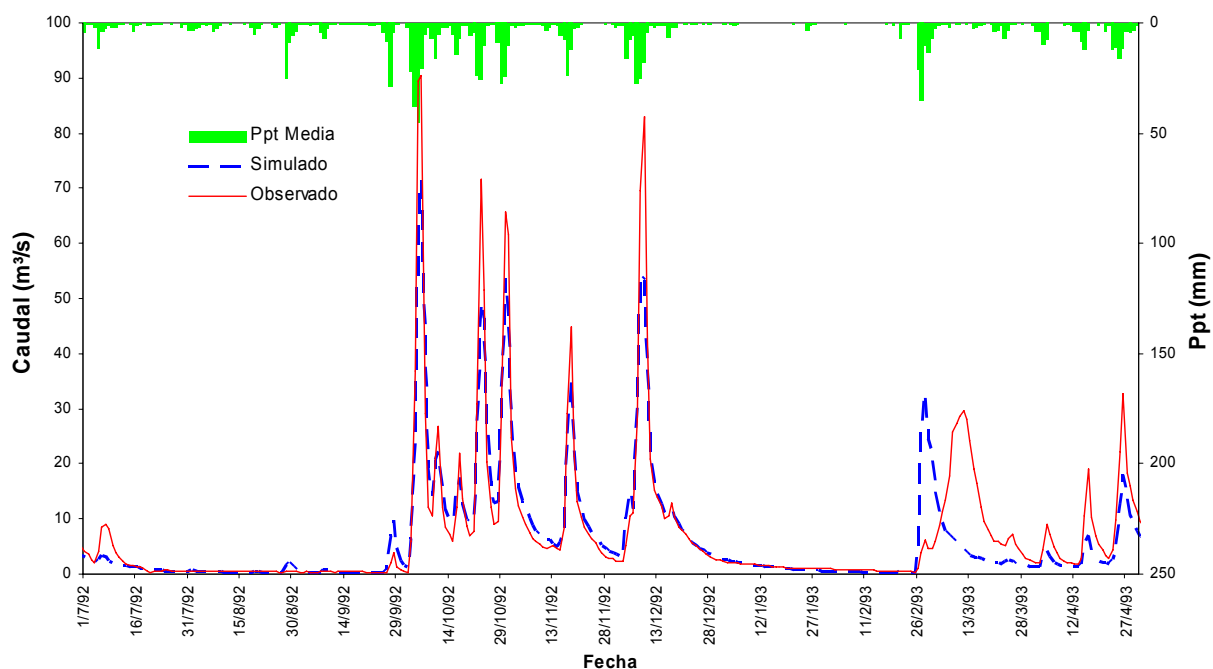
Finalmente, a continuación se presentan los factores correctores adoptados para al cuenca del Baia:

FACTORES CORRECTORES FINALES	
Almacenamiento capilar	0,90
Evapotranspiración	0,90
Infiltración	0,031
Escorrentía	0,263

FACTORES CORRECTORES FINALES	
Percolación	0,016
Flujo subsuperficial	138,1
Pérdidas subterráneas	0,00
Flujo Base	117,9
Velocidad del flujo	1,28
Factor de interpolación de Ppt	0,0040

En los siguientes gráficos se presenta el resultado de la calibración en la estación de Miranda para el período considerado, tanto a nivel mensual como diario:





La calidad del conjunto de factores correctores empleados viene dada por lo valores mostrados en la siguiente tabla:

Estación	Área (km ²)		Vol Obs. (Hm ³)	Vol Sim. (Hm ³)	% Err. Vol	R ² día	R ² mes
	GIS	TETIS					
CHE165 Miranda	322,61	306,75	653,8	570,9	-12,683	0,813	0,897

En general, los resultados son muy satisfactorios ya que los índices de Nash y Sutcliffe a nivel diario y mensual son bastante altos. También se aprecia que el ajuste del volumen es bueno durante el período de calibración.

5.2.3.5 Validación

La validación espacio-temporal se efectuó empleando todo el período de observación disponible en las diferentes estaciones de aforo. Se utilizan todas las estaciones pluviométricas. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Estación	Área (km ²)		Desde	Hasta	Vol Obs. (Hm ³)	Vol Sim. (Hm ³)	Err. Vol %	R ² día	R ² mes
	GIS	TETIS							
CHE165 Miranda	322,61	306,75	01/10/78	30/09/98	3512,8	3132,1	-10,837	0,494	0,599
POBE Pobes	241,10	229,00	01/06/85	31/12/96	1409,7	1500,7	6,451	0,598	0,842
APRI Aprikano	205,76	190,75	01/06/85	31/12/96	1323,9	1330,0	0,462	0,522	0,720

En la estación CHE165, empleada en la calibración, se localizaron algunos errores de observación, como la fuerte crecida de abril del 90, no registrada en las estaciones de aguas arriba ni en los registros de precipitación.

En la estación de Pobes, se detectaron las mismas diferencias en los volúmenes mensuales observadas en la estación CHE165 Miranda, a las que habría que añadir los períodos de abril de 1992, enero de 1994 y abril de 1995. Sin embargo, el ajuste observado fue considerado como bueno.

En conclusión, los factores correctores encontrados durante la calibración para la estación CHE165 Miranda-Bayas son adecuados para ser empleados en el sistema hidrológico del río Baia.

5.2.4 Unidad Hidrológica Ega

5.2.4.1 Estaciones de aforo

La Unidad Hidrológica Ega dispone de 9 estaciones de aforo en toda su superficie: 2 de ellas pertenecen a la Diputación Foral de Álava (DFA), una a la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), otra ha sido gestionada por la Universidad del País Vasco (UPV), 3 por el Gobierno de Navarra (GN) y las dos últimas por Gobierno Vasco y el RBCAS.

En la siguiente tabla se recoge un resumen de las aportaciones en Hm^3 , de las aportaciones específicas en mm, de la longitud de las series disponibles, de la superficie de las cuencas vertientes y de los valores promedio de las variables hidroclimatológicas:

SERIE	NOMBRE	APORTACIÓN (Hm^3)	N años	APORTACIÓN ESPECÍFICA (mm)	SUPERFICIE GIS (KM^2)	PRECIPITACIÓN PROMEDIO EN LA SUBCUENCA (mm)	TEMPERATURA PROMEDIO EN LA SUBCUENCA ($^{\circ}\text{C}$)
E006	Marañón	27,67	46	318	88,5	862	11,9
ANTO	Antoñana	63,2	4	467	135,5	901	11,9
IZKI	Izkiz-Bujanda	17,38	4	312	55,64	867	11,8
G311	Arquijas	79,36	2	192	414,2	876	11,9
G313	Ancín	130,35	11	273	477,35	875	11,9
G314	Murieta	180,27	10	332	553,06	879	11,9
SABA	Sabando	2,35	4	199	11,8		
SA02	El Soto	1,16	4	1262	3,3	945	12
ZARPIA	Zarpia	2,35	4	7837	0,3	863,2	11,9

Debido a un comportamiento muy diferente dentro de la cuenca del Ega, la calibración del modelo TETIS se realizó finalmente en tres estaciones: G313 Ancín, SA05 Zarpia y CHE6 Marañón. De ellas, es la de Ancín la que debe ser aplicada a la parte alavesa de la cuenca.

Para poder emplear los datos disponibles en esta estación del Gobierno de Navarra, fue necesario efectuar una restitución al régimen natural para estimar el efecto de los regadíos existentes aguas

arriba, constituidos por 1975 Ha distribuidas en tres zonas y un volumen de detracción anual de 13,7 Hm³/año. La distribución mensual aplicada fue la siguiente:

Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1,0	0	0	0	0	0	12,0	9,0	20,0	29,0	21,0	8,0

5.2.4.2 Datos termopluviométricos

La precipitación media anual original en las estaciones disponibles en la Unidad Hidrológica tiene un valor en torno a 901 mm, siendo el valor máximo el medido en la estación 9177H (1154 mm, ubicada en Iturrieta) y el valor mínimo el medido en la 9176O (749 mm, situada en Cabredo), aunque esta última sólo dispone de un año de datos. La estación 9178C de Santa Cruz de Campezo presenta también una precipitación baja (778 mm) y una longitud de serie de 20 años. Las estaciones pluviométricas empleadas en la cuenca del Ega fueron las siguientes:

CÓDIGO ESTACIÓN	NOMBRE	ORIGINAL		COMPLETADA	
		P MEDIA	N AÑOS	P MEDIA	N AÑOS
9095	Bajauri Busturia	984	40		
9175	Lagran-Villaverde	895	45	873	45
9176	Bernedo	873	30		
9178	Alda	1121	16		
9180	Estella	-	0		
9175E	Bernedo (Navarrete)	748	1		
9176O	Cabredo	771	1		
9176U	Genevilla	1154	13		
9177H	Iturrieta (CAPA)	861	11	663	39
9177U	Antoñana Central (Iberduero)	778	20	796	39
9178C	Santa Cruz de Campezo (DFA)	824	6		
9178H	Galbarra	984	40		
9276E	Mendigorría	895	45	873	45
9279	Alloz "Embalse"	873	30		

En el Ega, como en el resto de los ríos de la vertiente mediterránea se observó una fuerte correlación entre la cota y la precipitación. El gradiente que se obtuvo fue apreciable (124 mm por cada 100 metros).

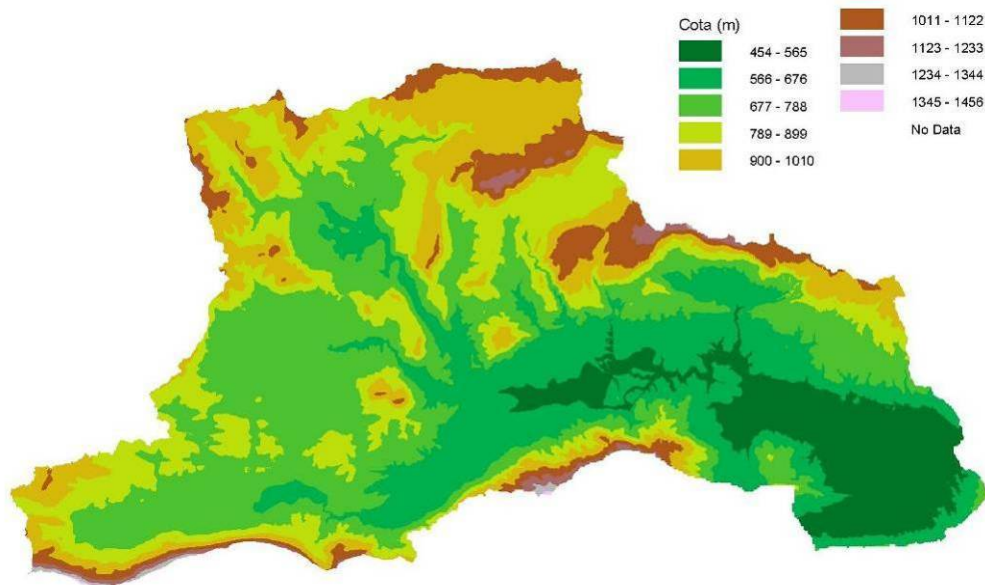
Por otro lado, en lo que respecta a la temperatura, en esta Unidad Hidrológica se dispuso de cinco estaciones con datos de temperatura, que han registrado un valor medio de 11,2 °C para las series originales y de 11,3 °C para los datos completados. La evapotranspiración potencial anual media en las estaciones es del orden de 952 mm para los datos originales y de 946 mm para los completados.

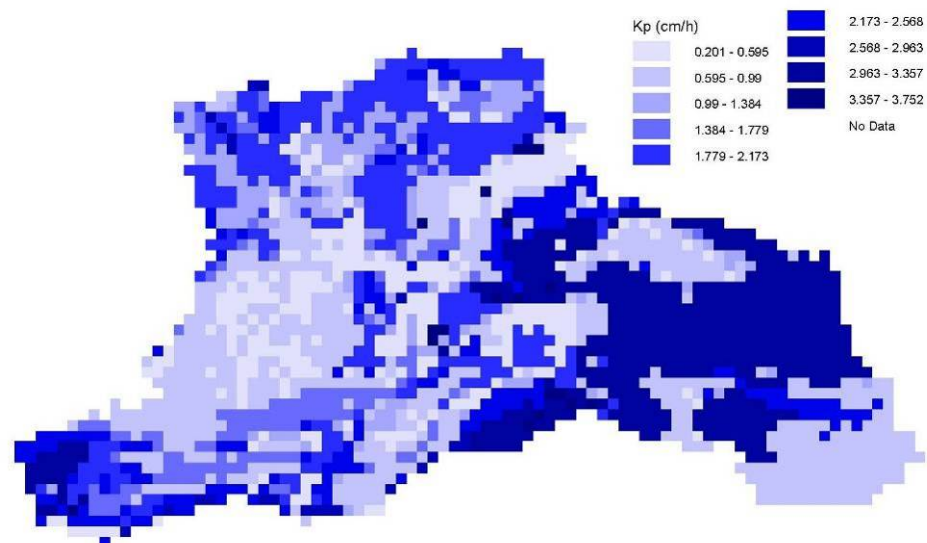
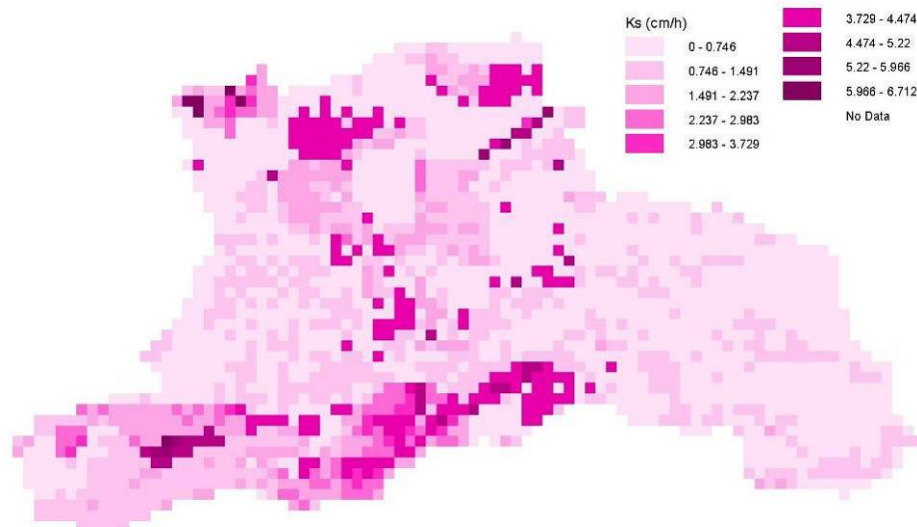
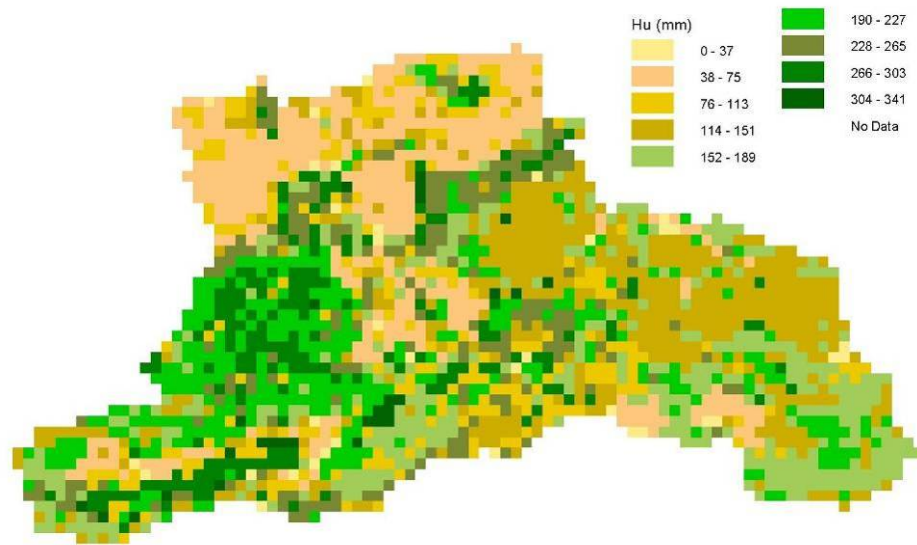
CÓDIGO ESTACIÓN	ORIGINAL		COMPLETADA		ETP ANUAL ORIGINAL (mm)	ETP ANUAL COMPLETADA (mm)
	T MED	N AÑOS	T MED	N AÑOS		
9178C	11,7	19	11,3	39	953,6	945,7

CÓDIGO ESTACIÓN	ORIGINAL		COMPLETADA		ETP ANUAL ORIGINAL (mm)	ETP ANUAL COMPLETADA (mm)
	T MED	N AÑOS	T MED	N AÑOS		
9180	11,3	22			953,2	
9276E	12,4	9			926,5	
9279	9,0	17			976,5	
9178H	11,7	1			926,0	

5.2.4.3 Estimación inicial de parámetros

Los datos de partida para la elaboración del modelo TETIS distribuido empleado en el “Estudio de Evaluación de los Recursos Hídricos totales en el ámbito de la CAPV” fueron las siguientes distribuciones espaciales de la altitud (modelo de terreno), altura de agua útil o capacidad de almacenamiento hídrico total del suelo (H_u), permeabilidad superficial o conductividad hidráulica saturada del suelo (K_s) y capacidad de percolación o conductividad hidráulica saturada del estrato rocoso (K_p). A partir del modelo de terreno, el programa confecciona el mapa con las direcciones de drenaje, el mapa de las áreas de drenaje acumuladas en cada celda y el mapa de pendientes. Otra información como distribución de la cobertura de nieve o localización de embalses no son de aplicación al tratarse de un modelo en régimen natural sin influencia nival destacable.





Los valores promedio resultantes para esta unidad hidrológica fueron:

Parámetro	Media	Desviación típica
Hu (mm)	156,19	73,66
Ks(cm/h)	1,19	1,16
Kp(cm/h)	1,62	0,96

La información anterior relativa a parámetros del suelo se obtuvo mediante el desarrollo de una campaña de ensayos puntuales de caracterización de suelos y la posterior distribución espacial de estas variables principales a partir de ajustes de regresión lineal con variables ambientales distribuidas espacialmente como vegetación, litología, pendiente, etc.

En cuanto a las condiciones iniciales de humedad, se fijaron los siguientes valores para cada uno de los depósitos que conforman el modelo de producción:

- Humedad inicial del suelo (H1): 97%
- Estado inicial de la zona no saturada (H2): 0 mm
- Estado inicial de la zona saturada (H3): 0 mm
- Estado inicial del acuífero (H4): 75 mm
- Sección llena en el cauce (H5): 36%

5.2.4.4 Calibración

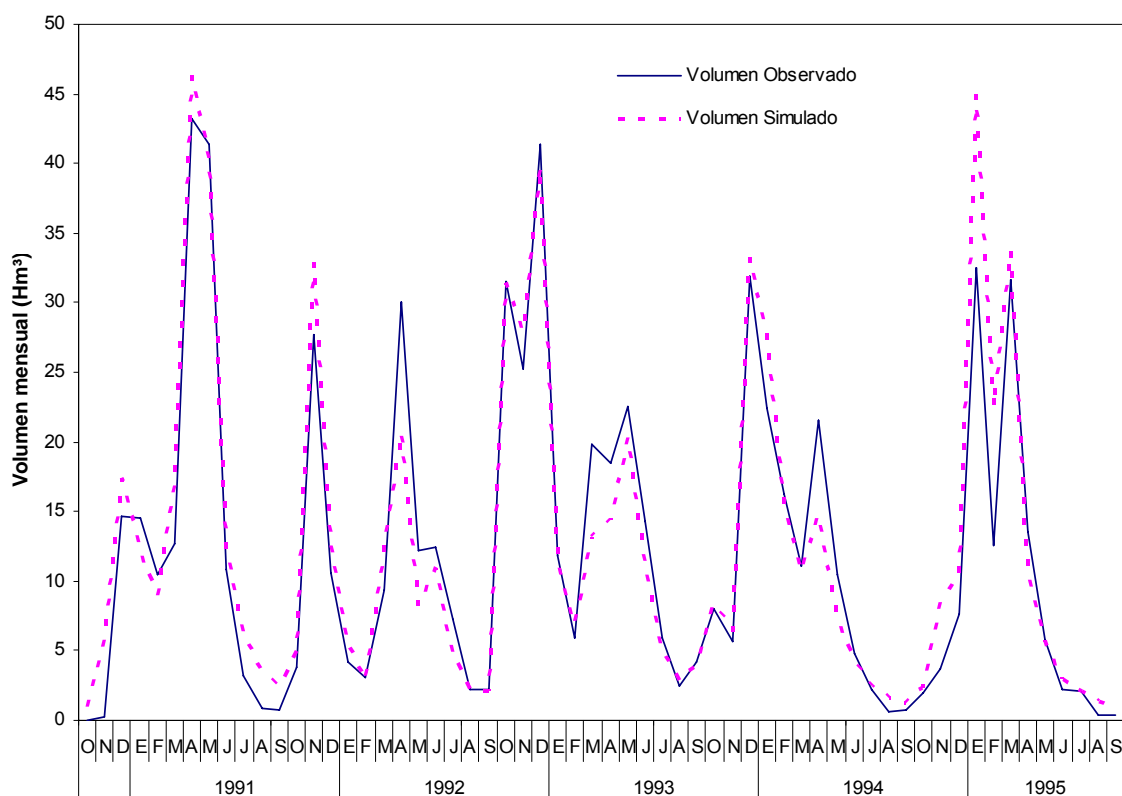
En primer lugar se llevó a cabo la calibración automática con la estación de aforos del Ega en Ancín con un conjunto seleccionado de estaciones pluviométricas y sin incluir el factor de interpolación de la lluvia. El factor asociado a la evapotranspiración resultante quedó algo bajo aunque dentro del rango esperable. Algo similar sucedió con el factor corrector de pérdidas subterráneas, que puede considerarse nulo, mientras que el factor asociado al flujo subsuperficial resultó algo alto. Los demás factores son similares a los obtenidos en el entorno.

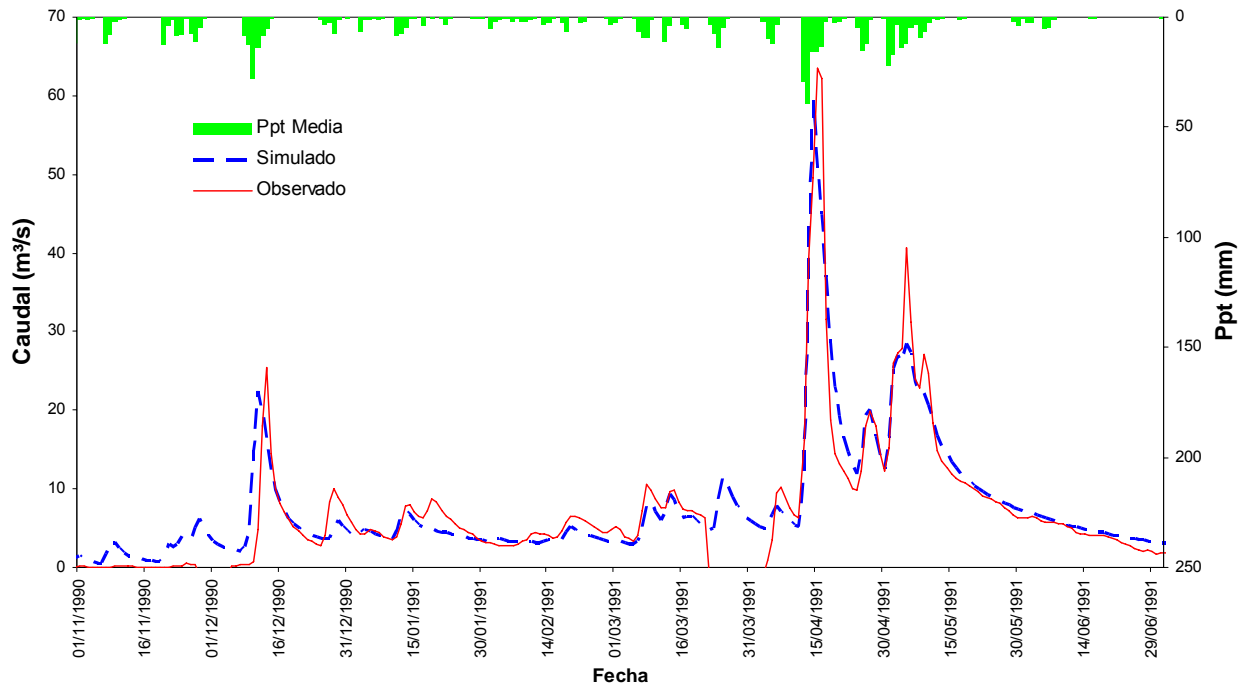
Posteriormente, se desarrolló una calibración manual para todas las estaciones pluviométricas con el objetivo de ajustar los valores de los factores correctores para que fuesen similares a los encontrados en cuencas vecinas. Finalmente, a continuación se presentan los factores correctores adoptados para la cuenca del Ega:

FACTORES CORRECTORES FINALES	
Almacenamiento capilar	1,20
Evapotranspiración	0,71
Infiltración	0,288
Escorrentía	0,196
Percolación	0,029
Flujo subsuperficial	905,2

FACTORES CORRECTORES FINALES	
Pérdidas subterráneas	0,006
Flujo Base	33,6
Velocidad del flujo	1,14
Factor de interpolación de Ppt	0,00000

En los siguientes gráficos se presenta el resultado de la calibración en la estación de Ancín para el período considerado, tanto a nivel mensual como diario:





La calidad del conjunto de factores correctores empleados viene dada por los valores mostrados en la siguiente tabla:

Estación	Área (km ²)		Vol Obs. (Hm ³)	Vol Sim. (Hm ³)	% Err. Vol	R ² día	R ² mes
	GIS	TETIS					
Ancín	477,35	472,50	731,8	750,8	2,591	0,821	0,910

Como conclusión, los resultados son muy satisfactorios ya que los índices de Nash y Sutcliffe a nivel diario y mensual son bastante altos. También se aprecia que el ajuste del volumen es bueno durante el período de calibración.

5.2.4.5 Validación

La validación espacio-temporal se efectuó empleando todo el período de observación disponible en las diferentes estaciones de aforo. Se utilizaron todas las estaciones pluviométricas. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Estación	Área (km ²)		Desde	Hasta	Vol Obs. (Hm ³)	Vol Sim. (Hm ³)	Err. Vol %	R ² día	R ² mes
	GIS	TETIS							
G313 Ancín	477,35	472,50	30/09/86	31/12/00	1777,8	1820,5	2,400	0,777	0,889
CHE6 Marañón	88,5	89,00	01/01/51	31/12/00	1348,4	1626,2	20,609	0,163	0,205
G314 Murieta	553,1	544,75	01/10/86	31/12/00	2268,6	2128,9	-6,161	0,733	0,850
SA05 Zarpia	10,98	11,00	01/01/93	31/12/93	8,4	4,6	-59,52	-0,226	-0,311

Se aprecia una buena representación del flujo simulado con respecto al observado en las estaciones G313 y G314, por lo que se considera que estos factores correctores pueden ser utilizados durante la simulación.

No obstante, los resultados de la validación espacio-temporal fueron malos en las estaciones CHE6 Marañón y SA05 Zarpia, lo que indicaba que los factores correctores encontrados para la estación G313 Ancín no eran adecuados para representar el comportamiento hidrológico en estas estaciones. Dada esta situación, se propuso encontrar conjuntos de factores correctores locales para la estaciones CHE6 Marañón y SA05 Zarpia (con un importante karst en su cuenca), que no afectan a este estudio.

5.2.5 Unidad Hidrológica Arakil

5.2.5.1 Estaciones de aforo

La Unidad Hidrológica Arakil dispone de 2 estaciones de aforo en toda su superficie: una de ellas pertenece al Ente Vasco de Energía (EVE) y la otra al Gobierno de Navarra (GN).

En la siguiente tabla se recoge un resumen de las aportaciones en Hm³, de las aportaciones específicas en mm, de la longitud de las series disponibles, de la superficie de las cuencas vertientes y de los valores promedio de las variables hidroclimatológicas:

SERIE	NOMBRE	APORTACIÓN (Hm ³)	N años	APORTACIÓN ESPECÍFICA (mm)	SUPERFICIE GIS (KM ²)	PRECIPITACIÓN PROMEDIO EN LA SUBCUENCA (mm)	TEMPERATURA PROMEDIO EN LA SUBCUENCA (°C)
ARAI	Araia	16,5	4	7640	2,16	1096	12,2
G433	Etxarren	297,55	9	746	407	1348	12,1

La estación ARAI mide un manantial en la cuenca del Burunda. Es una serie casi totalmente hidrogeológica con fuerte aportación de aguas subterráneas y, por tanto, no puede ser empleada en la simulación. En cambio, la estación del Gobierno de Navarra, aunque alejada del límite de la zona de estudio fue la adoptada en la calibración, ya que dispone de datos fiables y refleja bien la hidrología de la zona.

Para poder emplear los datos disponibles en esta estación, fue necesario efectuar una restitución al régimen natural para estimar el efecto de los regadíos existentes aguas arriba, constituidos por 76,4 Ha y un volumen de detracción anual de 0,29 Hm³/año. La distribución mensual aplicada fue la siguiente:

Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
3,5	0	0	0	0	0			24,7	25,6	30,0	16,2

5.2.5.2 Datos termopluviométricos

En esta unidad hidrológica sólo se dispone de tres estaciones meteorológicas, pertenecientes todas ellas al Instituto Nacional de Meteorología (INM) y exclusivamente con datos originales. Una de las estaciones no dispone ni de un año completo de datos, mientras que las otras dos abarcan periodos de años con datos muy dispares. La estación 9269 (ubicada en Altsasu), dispone de 57 años y una precipitación media de 1336 mm, mientras que la 9182, (situada en Yerri-Urbasa), dispone de 4 años y una precipitación media de 1298 mm

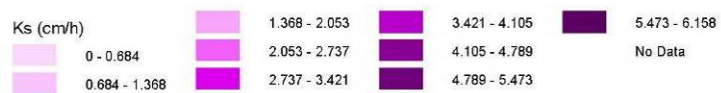
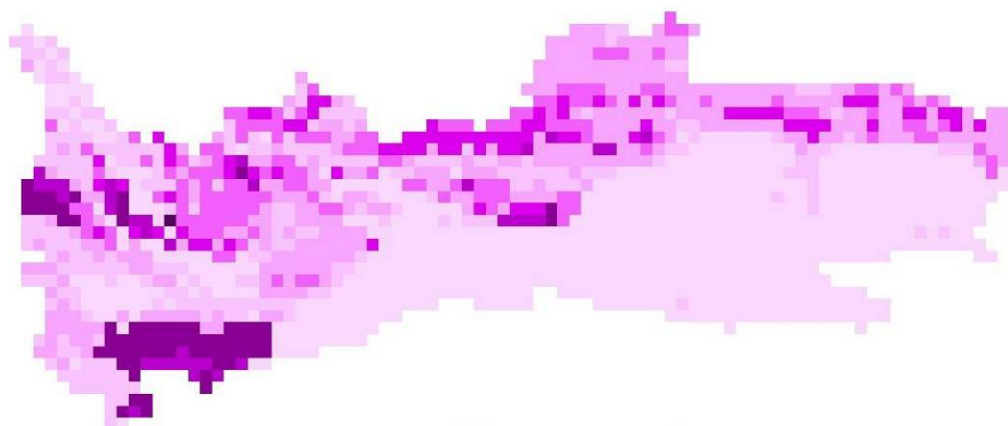
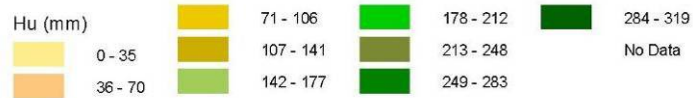
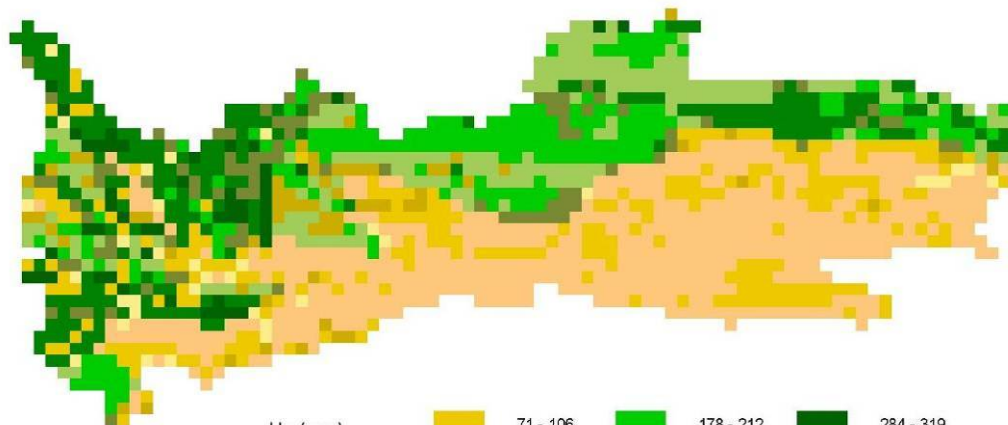
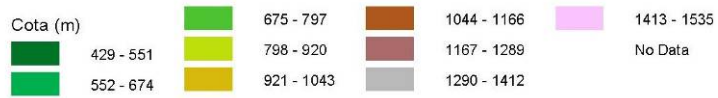
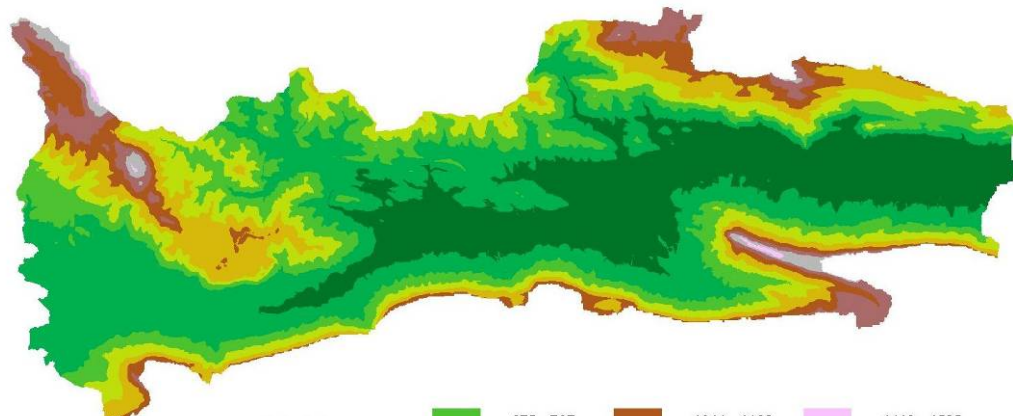
CÓDIGO ESTACIÓN	NOMBRE	ORIGINAL		COMPLETADA	
		P MEDIA	N AÑOS	P MEDIA	N AÑOS
9269	Altsasu	1336	57		
9269I	Arruazu		0		
9182	Yerri Urbasa	1298	4		

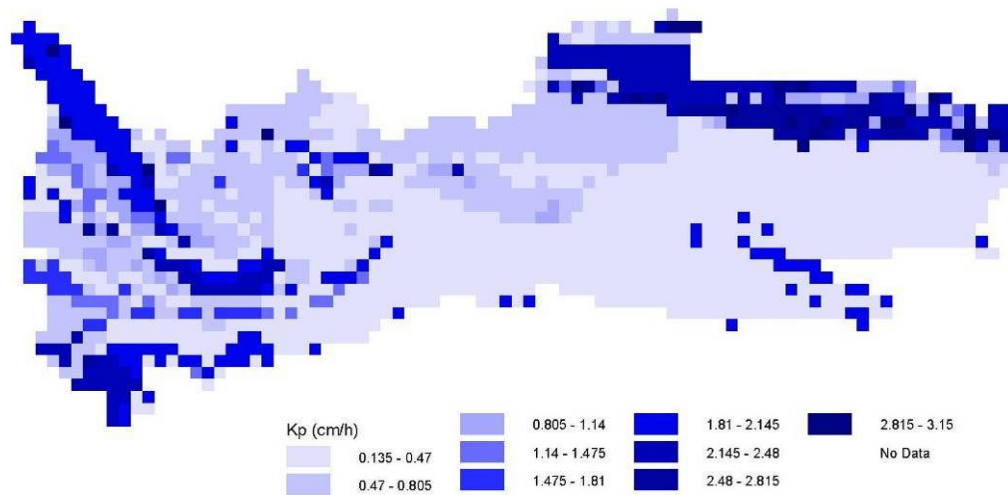
Con respecto a la variación de la precipitación con la altura, la escasez de datos coincidentes impidió un análisis adecuado. Teniendo en cuenta la reducida zona a simular en esta cuenca, se podría obviar el crecimiento de la precipitación con la cota. Caso de ser necesario algún coeficiente se podría utilizar el de la cabecera del Zadorra.

Por otro lado, en lo que respecta a la temperatura, en esta Unidad Hidrológica no se dispone de datos de estaciones, por lo que tuvo que extrapolarse la información de cuencas vecinas, resultando una temperatura media de 12,1 °C y una evapotranspiración potencial media de 812 mm.

5.2.5.3 Estimación inicial de parámetros

Los datos de partida para la elaboración del modelo TETIS distribuido empleado en el “Estudio de Evaluación de los Recursos Hídricos totales en el ámbito de la CAPV” fueron las siguientes distribuciones espaciales de la altitud (modelo de terreno), altura de agua útil o capacidad de almacenamiento hídrico total del suelo (H_u), permeabilidad superficial o conductividad hidráulica saturada del suelo (K_s) y capacidad de percolación o conductividad hidráulica saturada del estrato rocoso (K_p). A partir del modelo de terreno, el programa confecciona el mapa con las direcciones de drenaje, el mapa de las áreas de drenaje acumuladas en cada celda y el mapa de pendientes. Otra información como distribución de la cobertura de nieve o localización de embalses no son de aplicación al tratarse de un modelo en régimen natural sin influencia nival destacable.





Los valores promedio resultantes para esta unidad hidrológica fueron:

Parámetro	Media	Desviación típica
Hu (mm)	137,86	81,62
Ks(cm/h)	1,33	1,09
Kp(cm/h)	0,82	0,80

La información anterior relativa a parámetros del suelo se obtuvo mediante el desarrollo de una campaña de ensayos puntuales de caracterización de suelos y la posterior distribución espacial de estas variables principales a partir de ajustes de regresión lineal con variables ambientales distribuidas espacialmente como vegetación, litología, pendiente, etc.

En cuanto a las condiciones iniciales de humedad, se fijaron los siguientes valores para cada uno de los depósitos que conforman el modelo de producción:

- Humedad inicial del suelo (H1): 5%
- Estado inicial de la zona no saturada (H2): 0 mm
- Estado inicial de la zona saturada (H3): 1 mm
- Estado inicial del acuífero (H4): 1 mm
- Sección llena en el cauce (H5): 12%

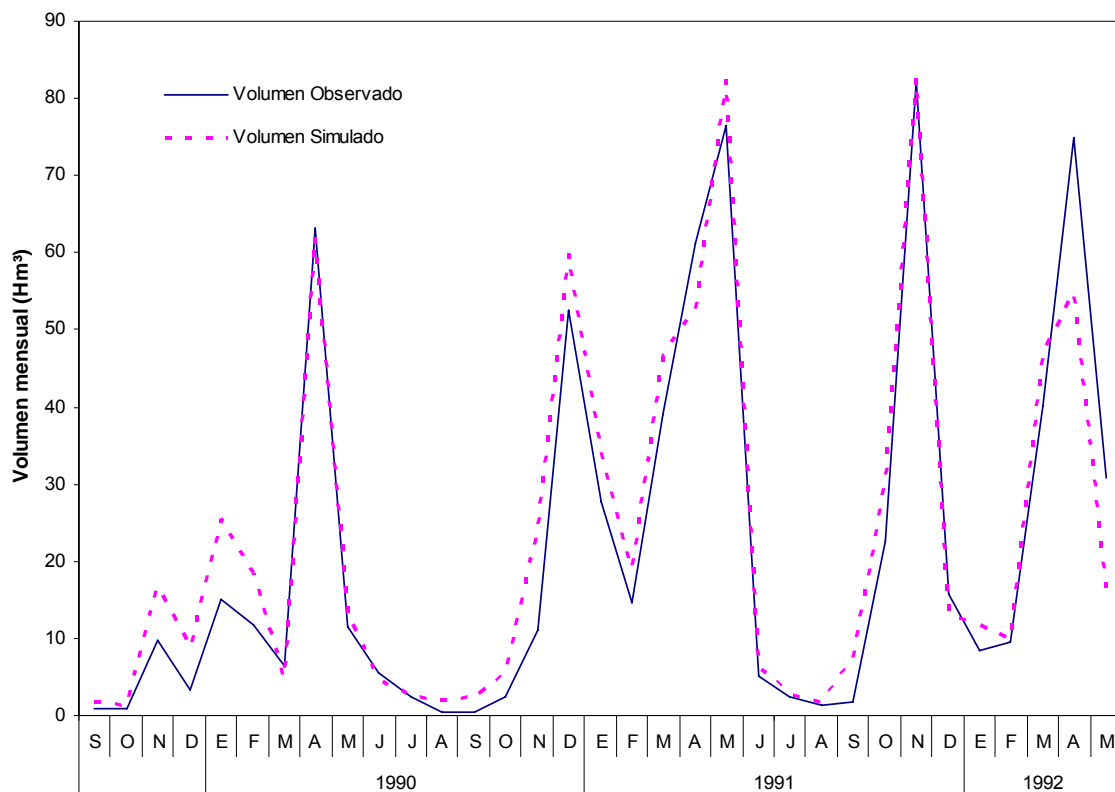
5.2.5.4 Calibración

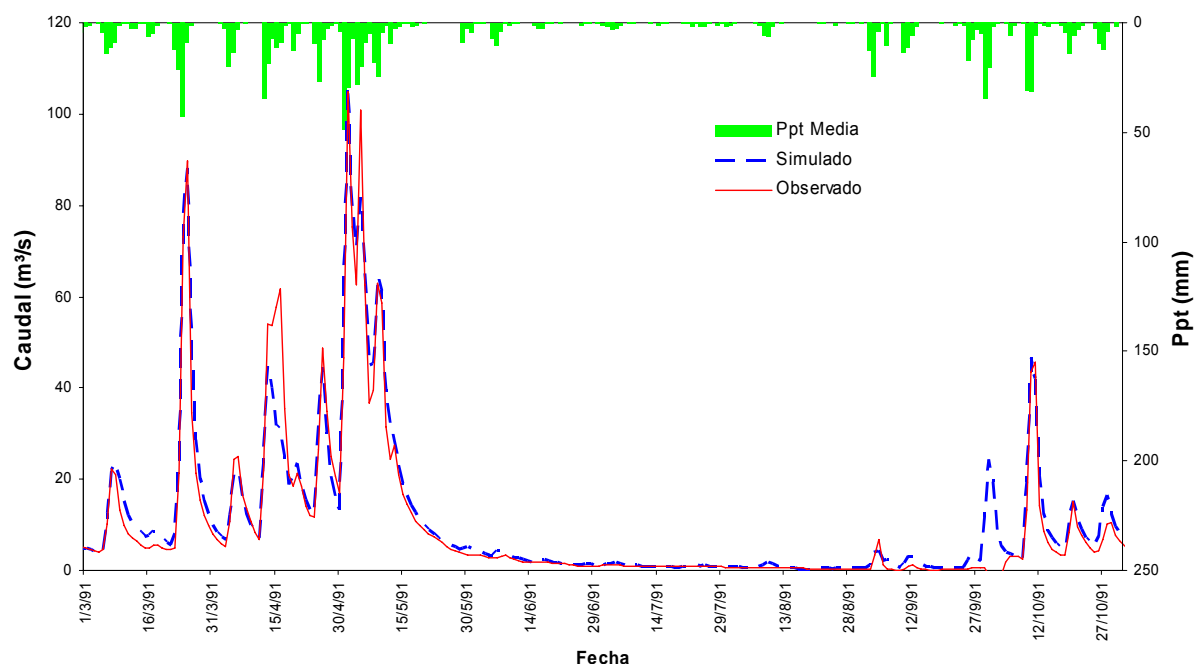
En primer lugar se llevó a cabo la calibración automática con la estación de aforos del Arakil en Etxarren con un conjunto seleccionado de estaciones pluviométricas y sin incluir el factor de interpolación de la lluvia. Los factores correctores obtenidos se situaron dentro de rangos razonables y las pérdidas resultantes fueron muy pequeñas.

Posteriormente, se desarrolló una calibración manual para todas las estaciones pluviométricas con el objetivo de ajustar los valores de factores correctores para que fuesen similares a los encontrados en cuencas vecinas. En esta fase, se eliminó alguna estación que, aun contando con buenos datos, no reflejaba exactamente la climatología de la cuenca vertiente. Finalmente, a continuación se presentan los factores correctores adoptados para la cuenca del Arakil:

FACTORES CORRECTORES FINALES	
Almacenamiento capilar	1,00
Evapotranspiración	0,99
Infiltración	0,096
Esorrentía	0,236
Percolación	0,020
Flujo subsuperficial	621,6
Pérdidas subterráneas	0,000
Flujo Base	126,8
Velocidad del flujo	1,33
Factor de interpolación de Ppt	0,0035

En los siguientes gráficos se presenta el resultado de la calibración en la estación de Etxarren para el período considerado, tanto a nivel mensual como diario:





La calidad del conjunto de factores correctores empleados viene dada por los valores mostrados en la siguiente tabla:

Estación	Área (km ²)		Vol Obs. (Hm ³)	Vol Sim. (Hm ³)	% Err. Vol	R ² día	R ² mes
	GIS	TETIS					
G433 Etxarren	407,00	401,50	711,0	767,0	7,873	0,836	0,926

Como conclusión, los resultados son buenos ya que los índices de Nash y Sutcliffe a nivel diario y mensual son bastante altos. También se aprecia que el ajuste del volumen se encuentra ligeramente por encima durante el período de calibración.

5.2.5.5 Validación

Dado que no se dispone de datos de más estaciones, la validación desarrollada solo pudo ser temporal y asociada a la estación de Etxarren. Se utilizaron para ello todas las estaciones pluviométricas. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Estación	Área (km ²)		Desde	Hasta	Vol Obs. (Hm ³)	Vol Sim. (Hm ³)	Err. Vol %	R ² día	R ² mes
	GIS	TETIS							
G433 Etxarren	407,0	401,50	11/05/89	31/12/00	3199,4	3110,8	-2,769	0,758	0,876

El ajuste observado es muy bueno lo que confirma la validez a nivel temporal de los factores seleccionados durante la calibración.

5.3 Recursos subterráneos

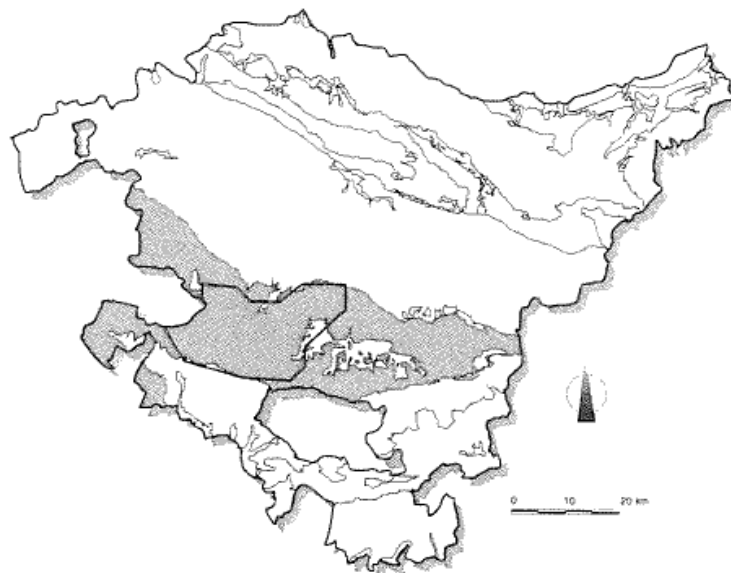
En lo que respecta a los recursos subterráneos, el sistema AMVISA dispone de infraestructura de captación de agua en emergencias desde la Unidad Hidrogeológica de Subijana (Manantial de la Torca en Nanclares), Itxina (manantiales del Gorbea) y Aizkorri (Nacedero de Araia). Además, como solución potencial al problema de la vulnerabilidad del suministro al Área Metropolitana de Vitoria, destaca la posibilidad de conectar los sondeos existentes en Subijana y Nanclares a la actual conducción de emergencia del río Bayas.

Para la estimación de los caudales esperables en esos puntos, se dispone de los estudios efectuados por el EVE para la confección del Mapa Hidrogeológico 1:100.000, cuyos principales resultados se resumen a continuación.

5.3.1 Unidad Hidrogeológica Subijana

5.3.1.1 Generalidades

Esta unidad dibuja una franja irregular, situada al Oeste de Vitoria-Gasteiz, que se prolonga por su parte occidental hasta el límite de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Este límite establecido para la unidad es, por tanto, administrativo puesto que los afloramientos carbonatados que constituyen el acuífero continúan por territorio burgalés. Queda incluida en su totalidad en el Dominio Hidrogeológico Plataforma Alavesa.



Desde el punto de vista geomorfológico, destacan las Sierras de Badaia, Arkamo y Gibijo, que ocupan la mayor parte del área. Se trata de elevaciones suaves de tipo "cuesta", que se caracterizan por escarpes pronunciados hacia el Norte y pendientes suaves hacia el Sur. En el sector central, y entre estas sierras, se encuentra la depresión del Valle de Cuartango.

Salvo el extremo Norte, cabecera del río Nervión, la zona pertenece a la cuenca hidrográfica del Ebro, subdividida en las cuencas de los afluentes Zubialde, Zadorra, Baias y Húmedo o Tunecillo.

5.3.1.2 Geología

La unidad, desde el punto de vista geológico, se ubica en la plataforma alavesa, correspondiendo el límite Sur a los afloramientos del Terciario. Por el Norte, el límite lo establecen los diapiros de Orduña y Murgia. Las litologías más importantes presentes en el área son:

- **Turoniense-Coniaciense inferior.** Margas de Zuazo. Situadas en el núcleo anticlinal de Zuazo, ocupan el valle de Cuartango. Se trata de un paquete de margas hojosas grises, de potencia variable entre 550 y 1.000 m. Localmente incluye términos margocalizos.
- **Coniaciense medio-superior.** Calizas de Subijana. Concordante sobre la formación anterior, se dispone un conjunto de facies carbonatadas de 200 a 400 m de potencia. Incluye calizas masivas de tonos cremas, calizas bioclásticas, con nódulos de sílex, dolomías, etc., con rápidos y frecuentes cambios de facies. La dolomitización, allí donde aparece, se concentra en torno a dos niveles situados a 100 y 200 m respectivamente del techo de las calizas. La dolomitización disminuye hacia el Este, llegando a estar ausente en las proximidades de Nanclares de la Oca. En varios sectores se produce un cambio de facies hacia materiales más impuros, con un contenido arcilloso mayor y tonalidad más grisácea.
- **Santoniense inferior.** Margas de Osma. Similares a las de Zuazo, incluyen margas y margocalizas, y margas, margocalizas y calizas.
- **Cuaternario.** Se trata de materiales aluviales localizados en el trazado del río Zadorra, formando una banda de poco espesor de gravas heterométricas de diversa naturaleza y anchura variable. En el sector oriental aparecen pequeños depósitos de abanicos aluviales y terrazas.

Desde el punto de vista tectónico los materiales cretácicos se encuentran afectados por una serie de pliegues de gran radio. La principal estructura de la zona es el anticlinal de Zuazo. Se trata de una amplia estructura con suaves buzamientos y direcciones SE-NO. Únicamente en el extremo noroccidental se ve interrumpido bruscamente por fracturas E-O, lo que produce un cambio en la dirección de su eje, pasando a ser N-S.

Hacia el NE aparece otra estructura paralela a la anterior denominada sinclinal de Huetos. En su núcleo se localizan las calizas de Subijana así como sus cambios laterales de facies. Este sinclinal llega a desaparecer en las proximidades de Vitoria-Gasteiz, dando lugar a una serie monoclinas con buzamiento general hacia el SO.

La fracturación, sobre todo en el nivel carbonatado coniaciense, es muy intensa tanto en el afloramiento como a escala de fotograma aéreo. El sistema de fracturación más desarrollado es aproximadamente N20°E correspondiendo a fracturas transversales asociadas al pliegue anticlinal. Otro sistema que alcanza bastante relevancia es el longitudinal a esta estructura con una dirección aproximada N100-110° E. Las fracturas son por lo general abiertas. La casi totalidad de ellas responden a fracturas originadas en una etapa distensiva, posterior a la compresión origen de los pliegues en el área.

La gran mayoría de las fracturas atravesadas en los sondeos que muestran síntomas de karstificación corresponden a fracturas verticales o con ángulo muy alto.

5.3.1.3 Hidrogeología

En lo referente a la asignación de permeabilidades, de los materiales aflorantes en la unidad, son los materiales carbonatados de Coniaciense medio-superior los que presentan una permeabilidad alta. El tránsito hacia materiales más arcillosos disminuye su permeabilidad a media.

La porosidad primaria del paquete carbonatado es escasa, configurando un acuífero de tipología kárstica con porosidad secundaria asociada a procesos de disolución del carbonato en fracturas (mayoritariamente subverticales). Los procesos de dolomitización y silicificación habidos en el paquete carbonatado han contribuido a aumentar la porosidad secundaria, hasta el punto de condicionar el modelo de funcionamiento, llegando a configurar un acuífero de tipología kárstica mixta.

Los materiales margosos a techo y muro de la formación carbonatada presentan una permeabilidad notablemente inferior, calificada como baja, suficiente para confinar el acuífero en determinadas áreas. No obstante, la fracturación que exhiben en otros puntos llega a originar pequeñas cuencas endorreicas.

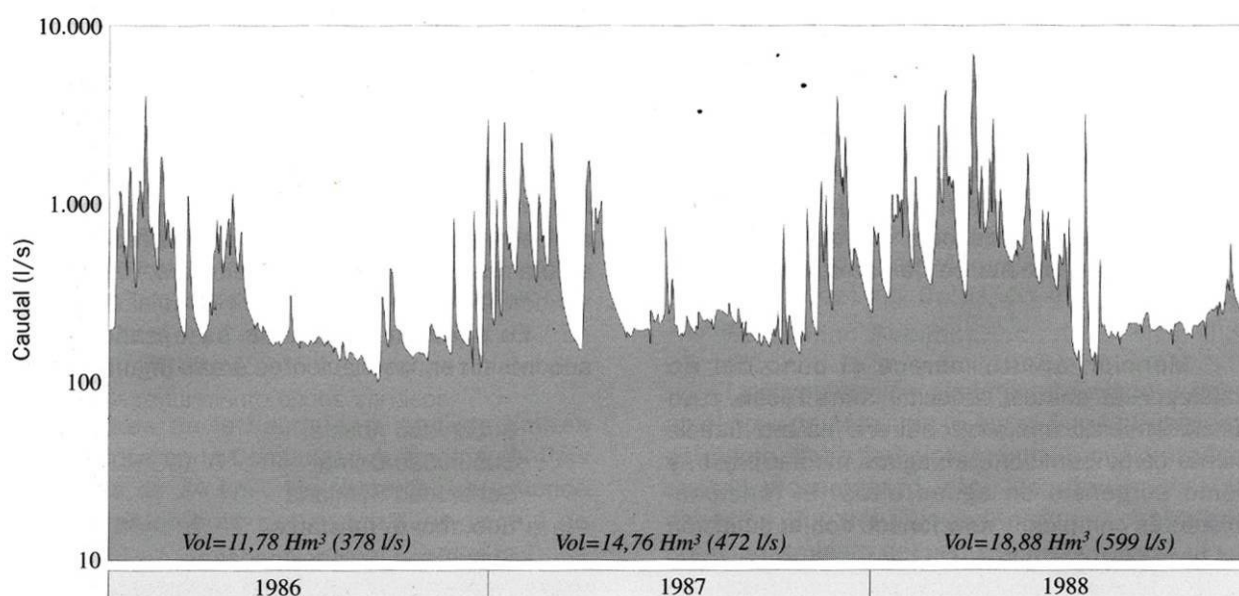
Respecto a las características geométricas, el suave buzamiento hacia el Sur del nivel carbonatado permite, a pesar de su discreto espesor, una gran superficie de afloramiento, mayor de 170 km² dentro de los límites impuestos a la unidad, en condiciones muy favorables a la infiltración.

Las condiciones de borde están impuestas por las facies margosas situadas a techo y muro del acuífero que, aunque no actúan como límites estrictos, llegan a confinarlo en buena parte de su extensión.

Entre las surgencias asociadas directa o indirectamente al acuífero carbonatado, se establece una división en relación con su funcionamiento: por un lado surgencias perennes, con aportación de caudal a lo largo de todo el año y, por otro, surgencias temporales. Dentro del primer grupo destacan por orden de caudal, los manantiales Nanclares, Osma, Abecia, Lendia, Foronda, Kas y Legarda.

El manantial de Nanclares, que puede ser aprovechado por AMVISA en emergencias, está constituido por un grupo de surgencias localizadas en el núcleo urbano de Nanclares de la Oca, en torno a la cota 490 m. Como han demostrado los sondeos de investigación perforados en la zona, la surgencia de sus aguas está fuertemente condicionada por la fracturación.

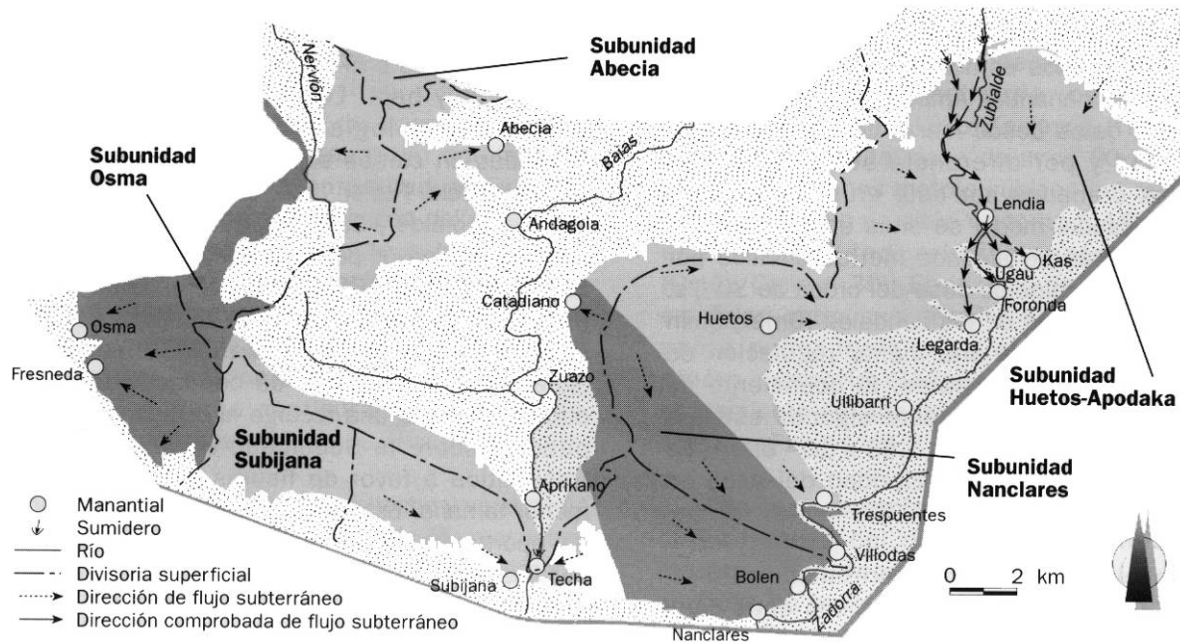
Sus aportaciones han sido controladas desde el año 1985 en la estación de aforos del mismo nombre localizada cerca de la confluencia con el río Zadorra. Presenta un caudal base de unos 90-100 l/s y puntas de algunos metros cúbicos por segundo. El caudal medio se sitúa en torno a 440 l/s con una variabilidad relativamente pequeña ($Q_{\text{máx}}/Q_{\text{mín}} = 30$). El análisis de las series de caudales obtenidas permite deducir un interesante poder inercial en el acuífero con un efecto memoria elevado. El coeficiente de agotamiento (α) medio obtenido es de $1,09 \times 10^{-2} \text{ días}^{-1}$.



Dada la cercanía de este grupo de surgencias al cauce del río Zadorra y teniendo en cuenta el componente estructural que las controla, no se descarta la posible existencia de otras surgencias dentro del propio cauce del río. La temperatura del agua se sitúa en torno a 14-15°C. Por último, es de destacar la transparencia de las aguas de este manantial tanto en periodos de estiaje como de crecidas importantes.

5.3.1.4 Funcionamiento hidráulico

De las 5 subunidades en las que se ha dividido la formación, únicamente se comentan las de Subijana y Nanclares, que son las de interés en el presente estudio



Subunidad Subijana

Localizada en el sector central de la unidad, presenta un área de recarga aproximada de 32 km² y muy probablemente en conexión hidráulica compleja con la Subunidad Nancláres.

La recarga al sistema se produce por infiltración directa sobre los afloramientos así como por infiltración del río Baias en el sumidero de Techa.

La investigación geotérmica llevada a cabo en el área de Antezana (6 km al Sur de Subijana), así como otros trabajos (ensayos con trazador, control piezométrico, etc.) apuntan hacia una dirección Sur del flujo subterráneo, controlada por el buzamiento del paquete carbonatado.

De acuerdo con la estructura geológica, el drenaje debe producirse a través de los materiales equivalentes en la Sierra de Cantabria en su cota más baja, es decir, en la intersección con el río Ebro.

En condiciones hidrológicas de aguas altas, se produce el rebose a través de las surgencias temporales de Subijana y del propio sumidero de Techa.

La circulación subterránea se realiza tanto a través de grandes fracturas como a favor de fracturas de menor entidad y de niveles dolomíticos. Los grandes conductos de desarrollo kárstico no son muy frecuentes y suelen aparecer en ocasiones asociados al techo de las calizas o incluso en los materiales margocarbonatados superiores.

El control piezométrico en algunos sondeos refleja fuertes variaciones a lo largo del ciclo hidrológico fluctuando entre las cotas 535 m en momentos de fuertes lluvias y 495 m, en periodos de estiaje prolongado.

Las transmisividades medidas son netamente inferiores a las de otras áreas, con valores máximos algo superiores a 120 m²/día. No obstante, los caudales específicos llegan a 2 l/s/m.

La estructura de la plataforma caliza en su prolongación hacia el Sur, bien conocida a través de la intensa investigación petrolera llevada a cabo en la zona, origina un acuífero confinado de grandes dimensiones e igualmente grandes reservas.

Subunidad Nanclares

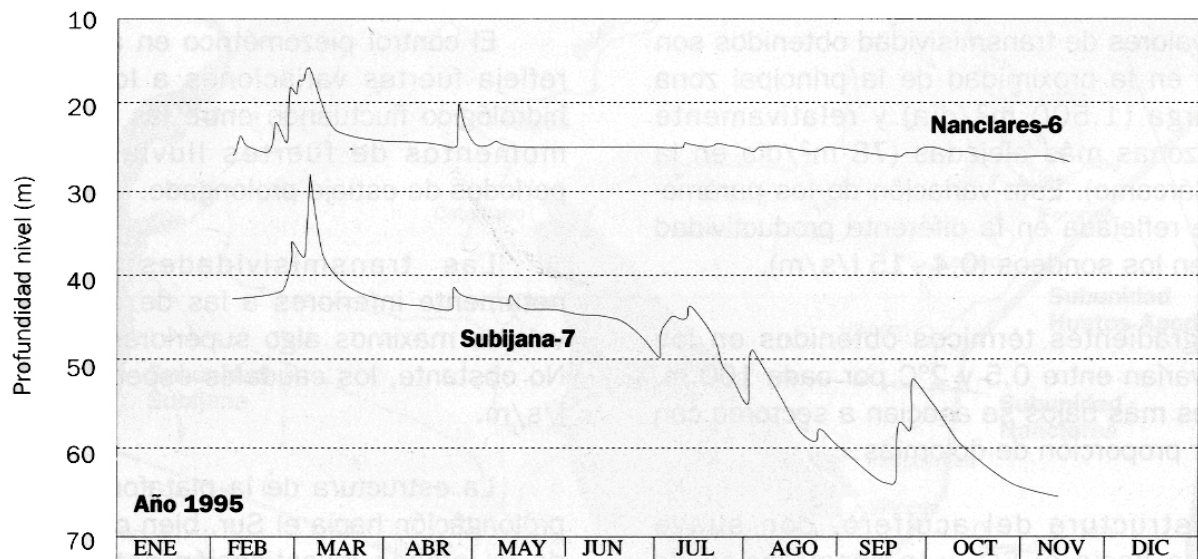
Con un área de recarga aproximada de 34 km² ocupa la mayor parte de la Sierra de Badaia. Muy probablemente presente conexiones hidráulicas complejas con las subunidades vecinas, Subijana y Huetos-Apodaka.

La recarga al sistema se produce por infiltración de la lluvia útil sobre los afloramientos permeables. La circulación es mayoritariamente en dirección Sur, hacia el manantial Nanclares, posiblemente hacia surgencias no visibles en el cauce del río Zadorra y hacia surgencias de menor entidad y carácter ligeramente termal, Villodas y Bolen (18 °C), temperaturas dentro del rango de las medidas en los sondeos de investigación, 15-19 °C.

La circulación se realiza preferentemente a favor de fracturas de pequeña entidad, con la salvedad de importantes conductos desarrollados hacia el techo de las calizas y, más frecuentemente, en las margocalizas suprayacentes. Donde sí ejercen un importante control en el flujo las grandes fracturas es en la surgencia principal de Nanclares. Se trata de fracturas subverticales, de dirección NE-SO, que permiten una descarga bastante regulada del acuífero, confinado en este punto.

Los sondeos perforados, surgentes en varios casos, indican valores de transmisividad en una gama más amplia que en las otras subunidades. Se alcanzan valores de hasta 2.600 m²/día con caudales específicos de 13 l/s/m.

La evolución del nivel piezométrico muestra también diferencias notables con la Subunidad Subijana. La máxima fluctuación medida va de 497 m en aguas altas a 485 en estiaje.



5.3.1.5 Balance hídrico

Siguiendo la metodología establecida por el EVE se presenta a continuación una estimación de los recursos renovables de las unidades de Nanclares y Subijana, por estar éstos directamente relacionados con las descargas por manantiales.

	Área (km ²)	Precipitación anual (mm)	Lluvia útil (mm)	Recursos medios hm ³ /año
Subijana	32	900	450	13,6
Nanclares	34	900	450	14,5

Los anteriores valores llevan implícito la hipótesis de asumir un 95% de la superficie como permeable, contabilizándose únicamente la entrada por infiltración directa de la precipitación sobre los afloramientos calizos. Así, en el caso de Subijana no se tiene en cuenta la recarga adicional desde el sumidero de Techa (que puede ser superior en caso de explotar los sondeos) ni la infiltración a partir de los materiales margo carbonatados. En el caso de Nanclares no se tiene en cuenta la recarga adicional proveniente de los materiales margo-carbonatados ni los recursos que pueden movilizarse desde subunidades adyacentes. Por lo tanto, esta forma de proceder valora los recursos conservadoramente.

5.3.1.6 Hidroquímica. Calidad

La información hidroquímica se basa en más de ciento cuarenta análisis químicos correspondientes tanto a manantiales muestreados únicamente para caracterización, como a controles periódicos llevados a cabo en algunas de las principales surgencias, Nanclares, Osma y Abecia, y en otros manantiales de menor entidad tomados como referencia, Zuazo y Aprikano. Los valores medios se recogen en la siguiente tabla:

Manantial	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	CO ₃ H ⁻	NO ₃ ⁻	SiO ₂	Cond
Abecia (12)	3,3	0,4	80,1	1,7	5,3	18,6	227,2	6,4	2,7	369
Coef. variación (%)	15,9	64,3	11,1	17,9	17,9	17,3	11,6	33,7	65,2	10,3
Aprikano (18)	3,4	0,3	77,9	1,9	6,0	15,3	225,9	3,3	2,0	401
Coef. variación (%)	21,2	57,2	14,9	27,3	24,9	28,0	13,6	43,5	16,8	15,7
Zuazo (18)	5,4	1,3	90,0	4,1	9,9	52,6	220,3	11,0	1,5	466
Coef. variación (%)	30,6	39,9	9,9	36,8	20,0	56,8	12,9	69,9	28,3	18,0
Osma (15)	3,6	0,7	72,0	3,1	8,1	20,0	201,0	13,7	2,0	379
Coef. variación (%)	26,1	75,2	28,8	56,9	26,4	25,1	27,3	47,8	61,0	25,1
Nanclares (18)	3,8	0,6	81,3	8,3	7,5	25,6	248,8	7,9	2,8	452
Coef. variación (%)	16,5	35,4	13,3	29,7	16,5	16,6	13,9	21,6	26,7	17,6

5.3.1.7 Aprovechamiento actual

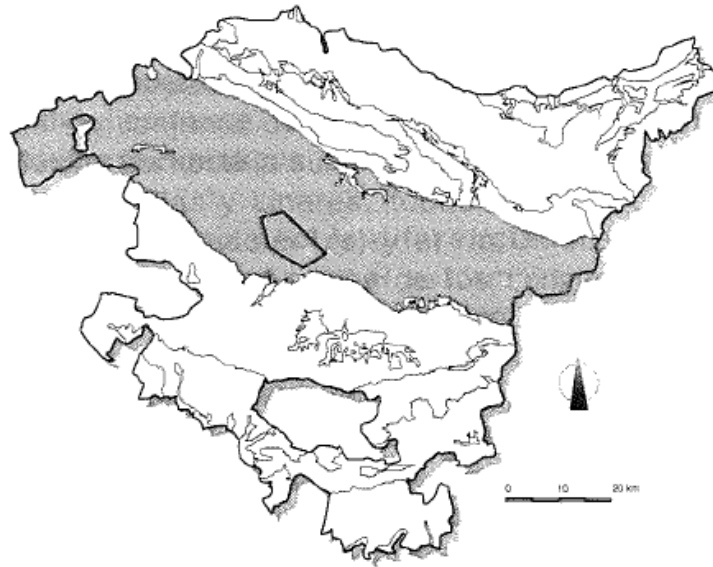
El recurso actualmente aprovechado es insignificante frente a los recursos disponibles en la unidad ya que puede evaluarse aproximadamente en 1,5 hm³/año.

Las captaciones más significativas son las del manantial de Nanclares, para abastecimiento del núcleo urbano del mismo nombre, y una serie de sondeos de pequeño caudal en los distintos asentamientos de la zona. Recientemente, uno de los sondeos de Nanclares ejecutado a raíz de la sequía del 89-90, se ha puesto en servicio para el abastecimiento a Nanclares si bien con un caudal reducido.

5.3.2 Unidad Hidrogeológica Itxina

5.3.2.1 Generalidades

Integrada en el Dominio Hidrogeológico Anticlinorio Sur, esta unidad se sitúa entre Bizkaia y Alava, con el monte Gorbea como límite entre ambos territorios. Se extiende desde el Macizo de Itxina, al Norte, hasta el pantano de Gorbea, al Sur. La unidad incluye varias divisorias importantes de cuencas superficiales. Por un lado, la línea divisoria entre la vertiente cantábrica y la mediterránea atraviesa la unidad por su parte central. Al Sur de esta línea las aguas tributan a los ríos Undebe, Zubialde y Bayas, afluentes del río Ebro. Aquí se ubican los embalses del Gorbea, que regulan las aguas de la cuenca alta del río Zubialde. Al Norte, el Macizo de Itxina sirve de límite entre las aguas que vierten al río Arnauri, afluente del río Nervión, y las que vierten al río Arratia, afluente del Ibaizabal.



La orografía muestra características diferentes en ambas vertientes. Mientras en la cantábrica es bastante abrupta y con notable desnivel, en la mediterránea es mucho más suave y con cotas que, por lo general, se mantienen por encima de los 700 m.

La pluviosidad media anual puede alcanzar los 2.000 mm en las partes más altas (Macizo de Itxina y Gorbea) bajando hasta los 1500-1300 mm en las zonas más bajas. En general las lluvias están bien repartidas a lo largo del año, con valores más elevados de octubre a abril. Las temperaturas medias oscilan entre 8 y 10 °C. Con todo, se puede decir que el clima es de tipo templado-oceánico, con precipitaciones continuas, elevada humedad relativa y temperaturas suaves. Existe, sin embargo, una evidente disimetría entre las vertientes cantábrica y mediterránea, generada por la influencia que los relieves existentes ejercen sobre los vientos dominantes procedentes del NO, de manera que en la vertiente Sur, tanto las precipitaciones como las temperaturas son inferiores.

5.3.2.2 Geología

Los materiales de esta unidad se ubican al Sur del Dominio Estructural Anticlinorio de Bilbao, en su enlace con la Plataforma Alavesa. Son materiales del Cretácico inferior que, en conjunto, se disponen según una secuencia monoclinial buzante suavemente hacia el SO, localmente trastocadas por fallas de pequeña entidad y por algunos pliegues muy suaves. Geológicamente los materiales aflorantes se pueden diferenciar en dos grandes complejos: Urganiano y Supraurgoniano.

El Urganiano es un complejo arrecifal y paraarrecifal (calizas de rudistas y corales). Su elemento más característico son las calizas arrecifales, bien representadas en los Macizos de Itxina (y su prolongación hacia el Sur) y de Arralde. Se presentan en forma de grandes bancos, con una

potencia que el Itxina alcanza los 400 m, con rápidos tránsitos laterales y verticales a facies terrígenas.

Frecuentemente, junto a estas calizas arrecifales se localizan facies de calizas impuras, que incluyen margas o calizas arcillo-arenosas, y también paquetes areniscosos y conglomeráticos como elemento de tránsito. A muro de esas formaciones carbonatas, o en paso lateral, se sitúan facies terrígenas (areniscas y/o limonitas calcáreas), que pueden alcanzar algunos cientos de metros de espesor. A modo de intercalación, se encuentran paquetes discontinuos de areniscas de grano más grueso, que alternan con lutitas. Estos materiales ocupan todo el sector oriental del área considerada.

El Supraurgoniano está representado por una potente formación terrígena con distintos términos aflorantes: basal, fundamentalmente lutítico, otro de areniscas y lutitas y otro con predominio de las granulometrías gruesas, areniscas y conglomerados. Todos estos materiales se localizan preferentemente en los sectores occidental y Sur del área considerada.

Por último, las formaciones cuaternarias están representadas sólo por los materiales coluviales, ligados a la dinámica de las laderas y constituidos por bloques calizos con abundante matriz arcillosa.

En cuanto a la estructura tectónica, los materiales descritos se presentan en una serie monoclinial buzante hacia el SO. En el Oeste son numerosas las fallas, de gran continuidad y dirección N110°E delimitando el conjunto de "horst" y "graben". Asociadas a ellas son frecuentes las zonas de brechificación. En el sector sureste, la fracturación dominante es de dirección N40°E, con fallas antiguas que afectan al zócalo.

5.3.2.3 Hidrogeología

En lo referente a la asignación de permeabilidades, a la vista del carácter litológico de las distintas formaciones aflorantes, se consideran de:

- Permeabilidad alta a las que presentan mayor componente carbonatado, calcarenítico y a los coluviales.
- Permeabilidad media a los materiales carbonatados con presencia de terrígenos y a los que tienen predominio de granulometrías gruesas
- Permeabilidad baja a los materiales con secuencias alternantes areniscas-lutitas y a las margas-calcarenitas
- Permeabilidad muy baja a las formaciones de carácter fundamentalmente lutítico

La única recarga recibida por las formaciones de interés acuífero es la precipitación sobre los propios afloramientos, eventualmente en forma de nieve. De esta generalización sólo se pueden excluir las pequeñas superficies (1,5 km² aprox) de las campas de Arraba y Egiriñao, en las que

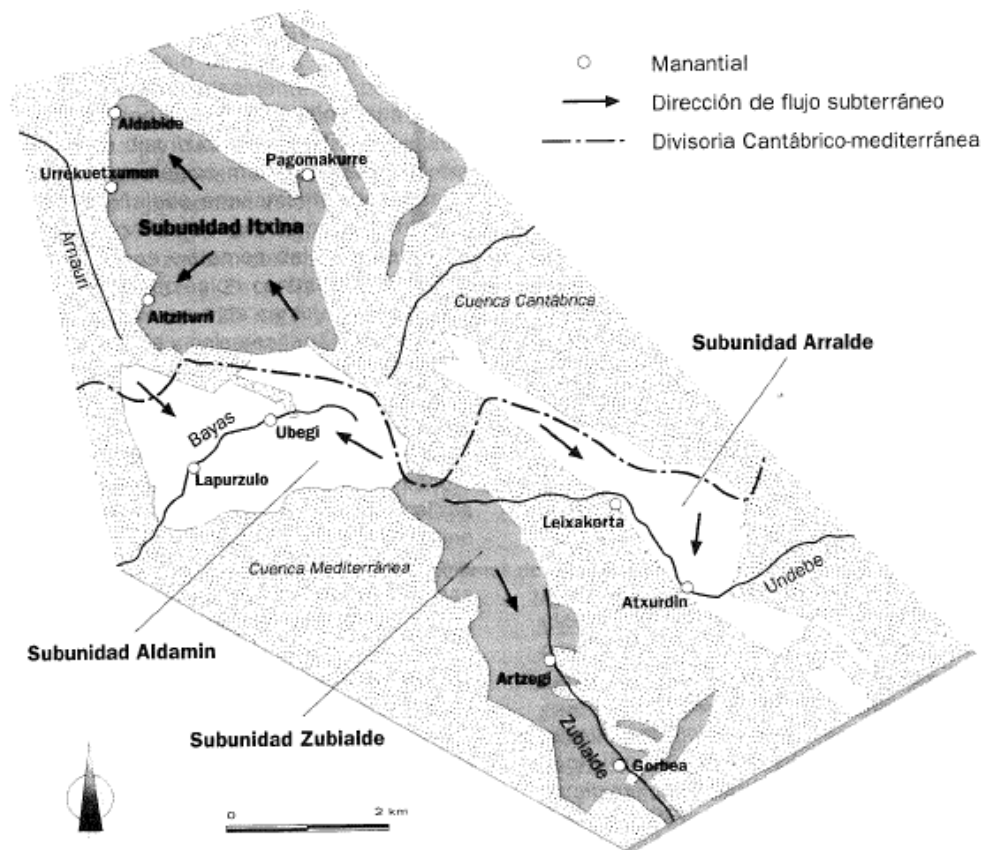
afloran materiales de baja permeabilidad que favorecen la formación de esporádicos cursos de agua que terminan sumiéndose en los bordes con las calizas arrecifales.

La descarga de los materiales acuíferos se produce fundamentalmente por surgencias, algunas de ellas de considerable caudal, pero también, en menor medida, directamente a los cursos de agua que configuran la red de drenaje del área. Las surgencias se localizan normalmente en los contactos de las calizas y en ocasiones asociadas a fallas. Las principales se localizan en las calizas arrecifales: Adabide, Urrekuetxumun, Aitziturri, Lapurzulo, Ubegi, Artzegui, Gorbea, Leixakorta y Atxurdin

De ellas, las de interés para AMVISA, dado su aprovechamiento actual, son las de Artzegui (cota 795 m) y Gorbea (cota 695 m) situadas en el contacto de la prolongación suroriental de las calizas hacia el pantano de Gorbea. Presentan un caudal medio superior a la decena de l/s y sus aguas vierten al río Zubialde.

A partir de la asignación de permeabilidades y del conocimiento de las zonas de descarga principales, la unidad se ha subdividido en 4: Itxina, Aldamin, Zubialde (la de interés en el presente trabajo) y Arralde, todas ellas constituidas predominantemente por calizas arrecifales. Al margen de estas subunidades, quedan pequeños bancos de calizas o calcarenitas que, a pesar de su permeabilidad, poseen un pequeño espesor y una reducida extensión de afloramiento, por lo que no son susceptibles de albergar acuíferos de interés.

En la subunidad Zubialde, de 3,2 km² de superficie, el buzamiento de las calizas es tal que éstas penetran por debajo de las formaciones suprayacentes, garantizando una cierta continuidad en profundidad con las subunidades Aldamin y Arralde, lo que aumentaría notablemente sus posibles reservas, si bien este aspecto no puede ser totalmente confirmado con la información disponible. El relieve es de tipo cuesta, con cotas entre los 700 y los 1300 m, por lo que el área de alimentación y los procesos de karstificación son menores que en el caso de Itxina. El suelo de la formación esta constituido por materiales de baja permeabilidad y el techo de media



5.3.2.4 Funcionamiento hidráulico

De las 4 subunidades en las que se ha dividido la formación, únicamente se comentan los aspectos más relevantes de la de Zubialde, que es la de interés en el presente estudio

En esta subunidad la dirección del flujo es única, hacia el SE, donde se encuentran los principales puntos de descarga en el borde de los afloramientos y asociados a fallas: las surgencias de Artzegi y Gorbea. Además de estos manantiales y algunos otros de exiguuo caudal, hay que destacar el drenaje directo al cauce del río Zubialde y la posibilidad (sin datos que la concreten) de que exista una relación hidráulica, de influencia o efluencia, ente las calizas y el afloramiento coluvial situado en la parte Norte del sector.

Algunos aforos realizados en el río Zubialde muestran valores de caudal específico en estiaje de 2 l/s/km². A pesar de no contar con series de caudales apreciables, se puede pensar que el funcionamiento hidráulico de esta subunidad es del tipo kárstico en sentido estricto, es decir, estaría caracterizado por una respuesta rápida y una escasa capacidad autorreguladora. A favor de esta hipótesis estaría la variabilidad de caudales observada en las surgencias más importantes, así como el notable desarrollo de cavidades

5.3.2.5 Balance hídrico

En el caso de la Subunidad Zubialde, según el EVE la precipitación anual media se situaría en torno a los 1700 mm, con lo que la lluvia útil alcanzaría un 60%, es decir, 1020 mm, de los cuáles se considera que se infiltrarían un 70%. Así, para un área de afloramiento de 3,2 km², resultarían unos recursos subterráneos anuales de 2,3 hm³, que pueden corresponderse con los volúmenes drenados por las surgencias de Gorbea y Artzegi, además de los aportados directamente al propio río Zubialde.

5.3.2.6 Hidroquímica. Calidad

Las aguas drenadas en los diferentes sectores calizos de la unidad presentan una clara facies bicarbonatada cálcica, con baja mineralización (inferior por lo general a los 250 mg/l) y conductividades menores de 300 µS/cm. La escasa mineralización, unida a los bajos contenidos en elementos de origen meteórico (cloruros sobre todo) es indicativa de tránsitos rápidos entre las zonas de recarga y descarga, lo que es coherente con el funcionamiento hidráulico descrito.

Por otra parte, hay poca variación espacial en el carácter físico-químico de las aguas drenadas, por lo que se pueden adoptar los valores asociados a la Subunidad Itxina como representativos de la de Zubialde y así:

- Cloruros: 5-10 mg/l
- Sulfatos: 7-12 mg/l
- Bicarbonatos: 110-140 mg/l
- Nitratos: 0-5 mg/l
- Sodio: 2-5 mg/l
- Magnesio: 0,5-3 mg/l
- Calcio: 35-50 mg/l
- Potasio: 0-1 mg/l
- Conductividad 120-200 µS/cm
- Temperatura: 7-10 °C

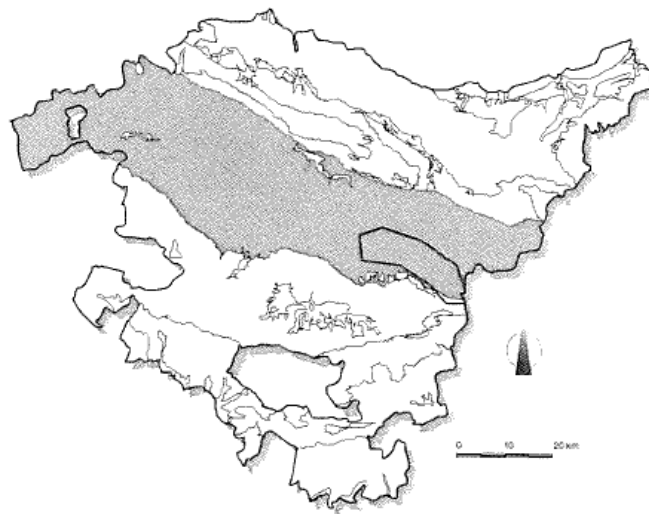
5.3.2.7 Aprovechamiento actual

En la Subunidad Zubialde, las descargas existentes son aprovechadas exclusivamente por AMVISA para el suministro a Vitoria, no existiendo otro tipo de uso asociado.

5.3.3 Unidad Hidrogeológica Aizkorri

5.3.3.1 Generalidades

Esta unidad se encuentra situada en la Sierra de Aizkorri y está compuesta por un macizo kárstico entre los Territorios Históricos de Gipuzkoa y Álava. Forma parte de la divisoria de aguas entre el Cantábrico y el Mediterráneo y comprende las cabeceras de los ríos Deba, Urola y Oria (vertiente cantábrica), Zadorra y Arakil o Amezaga (vertiente mediterránea). Se integra dentro de Dominio Hidrogeológico Anticlinorio Sur.



5.3.3.2 Geología

La estructura de los materiales que forman la unidad sigue la dirección general de la Cuenca Vasco-Cantábrica (NO-SE). Se disponen formando el anticlinal de Aizkorri, que está cortado hacia el Norte por la falla de Bilbao (NO-SE) y por la falla de Urkulu (E-O). Debido a ello, hacia el Oeste de la zona sólo aparece el flanco Sur del anticlinal. En el extremo NO de la zona, la dirección general de la estructura está modificada por el sinclinal de Araotz y las capas giran hasta disponerse con dirección N-S. En la parte SE de la zona se encuentra el cierre del anticlinal de Aizkorri, que se encuentra muy fracturado.

Los materiales que se localizan en la zona son de edad comprendida entre el Cretácico Inferior y el Cenomaniense, con excepción de las arcillas y yesos de Keuper, que se encuentran en un afloramiento ligado a la falla de Bilbao situado en la cabecera del arroyo de Ubao, y los materiales cuaternarios. Las distintas litologías que afloran en la zona se describen a continuación por orden de edad:

- **Facies Purbeck.** Lutitas negras con piritas intercaladas con bancos de areniscas y calizas. Afloran en el núcleo del anticlinal de Aizkorri y al Norte de la falla de Urkulu. Son materiales de muy baja permeabilidad

- **Urgoniano:**
 - Areniscas de grano fino y limonitas calcáreas que se disponen sobre la formación anterior y afloran en el núcleo del anticlinal de Aizkorri y al Sur de la falla de Urkulu. Son materiales de baja permeabilidad
 - Calizas arrecifales, alternancia de calizas y margas y brechas calcáreas con matriz carbonatada. Se disponen sobre la formación anterior. Son frecuentes los cambios de facies entre los mismos y afloran en 3 conjuntos: afloramiento continuo de gran extensión en el flanco Sur del anticlinal de Aizkorri, pequeños afloramientos situados en el flanco Norte del cierre del anticlinal y afloramiento de forma alargada situado al SE de la zona. Se trata de materiales de permeabilidad alta y media
 - Margas y margocalizas. Se disponen en cambios de facies con los materiales anteriores. Al Oeste de la zona, en Kurutzeberri, se localizan además areniscas y limonitas en cambios de facies con calizas. Las margas son de permeabilidad baja, mientras que a las areniscas se les asigna una permeabilidad media

- **Supraurgoniano.** Lutitas, areniscas+lutitas y areniscas+conglomerados+lutitas. Afloran en el flanco Sur, en las Sierras de Urkilla y Elguea, y al Norte de la falla de Bilbao. Entre estos materiales se encuentran intercalaciones de calizas y margas. Los conglomerados y areniscas son de permeabilidad media y las lutitas de muy baja. Sobre estos materiales se encuentran margas y lutitas de edad Cenomaniense Superior, que son de baja y muy baja permeabilidad.

- **Cuaternario.** Los materiales cuaternarios de la zona son de extensión relativamente importante. Principalmente se trata de coluviones y rellenos de depresiones kársticas. Los coluviones son calcáreos en el borde Norte de la Sierra de Aizkorri, al Oeste de Kurutzeberri y al SE de la zona, mientras que son areniscosos en el flanco Sur de las Sierras de Urkilla y Elguea. Son materiales de alta permeabilidad.

5.3.3.3 Hidrogeología

La superficie total de los materiales carbonatados que forman la unidad es de 54,6 km², de ellos 43,9 km³ son calizas y 10,7 km² alternancia de calizas y margas. El afloramiento está claramente dividido en 2 sectores importantes Aizkorri (51 km²) y Egino situado al SE (3,6 km²). Los materiales carbonatados están en contacto con materiales urgonianos, supraurgonianos o de facies Purbeck de permeabilidad baja o media. Las calizas reciben además las aportaciones laterales de cuencas de baja permeabilidad con una superficie total de 38,6 km². Es frecuente en la zona la presencia de dolinas y de cuencas kársticas cerradas, la mayor de ellas es la de Urbia-

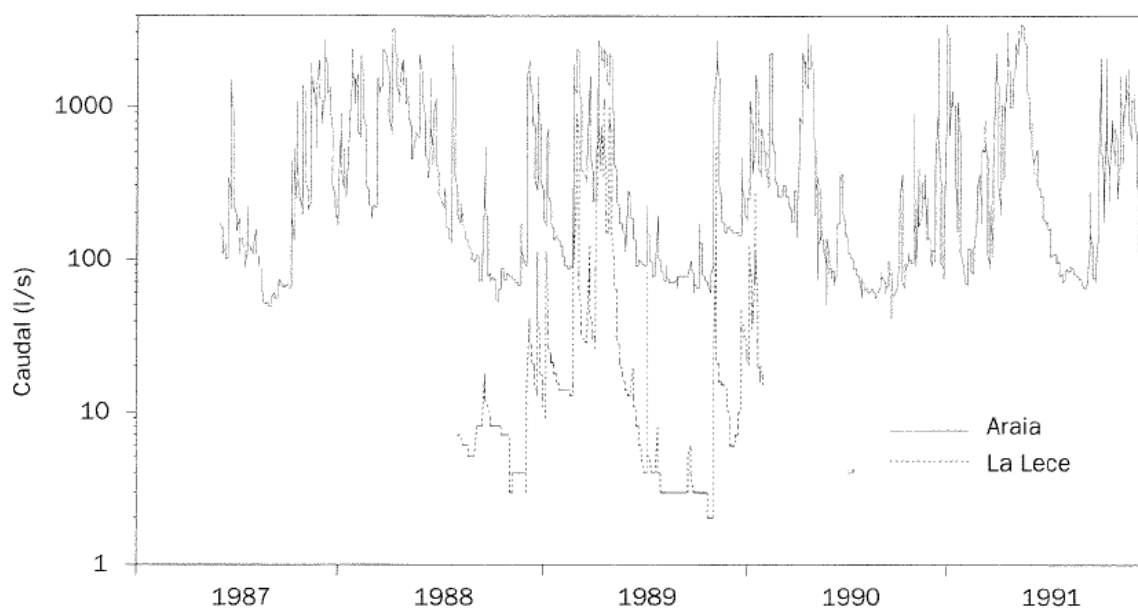
Oltza. El relieve es abrupto. La cota más alta es la cima de Aizkorri o Aitzgorri (1.528 m), y la más baja es el río Arantzazu aguas abajo de la presa de Jaturabe (280 m).

El espesor de las calizas es variable. Los mayores espesores se encuentran en la zona central (2.000 m), disminuyendo tanto hacia el NE como hacia el SO, en la zona de Araia el espesor es de unos 1.000 m. En Egin de unos 600 m. En los afloramientos dispersos del flanco Norte del anticlinal, el espesor de las calizas es menor de 100 m.

La zona de recarga de la unidad está formada por los afloramientos de calizas urgonianas y por las cuencas situadas sobre materiales de baja permeabilidad que vierten hacia ellas. Los manantiales más importantes en la parte de Aizkorri son Araia, Jaturabe, Iritegi, Saratxo y Ubao. Con caudales algo inferiores están Urbaltza, Anarri y Arantzazu. Existe, además, otro número significativo de pequeños manantiales dispersos a lo largo de la unidad. En la parte de Egin todos los manantiales están situados al Sur del acuífero, destacando el de La Lece

Durante los años 1986-87 se hicieron varios aforos directos en los manantiales principales de la zona entre los que se encontraba el de Araia. Con posterioridad, esta surgencia y otras de importancia fueron aforadas mediante limnigrafo y curva de gasto. El resumen de las campañas de aforos realizadas en el caso del Nacedero de Araia es:

	De ago-86 a may-87	De jun-87 a dic-91
Media	702	502
Mediana	347	190
Mínimo	90	52
Máximo	2.893	3495

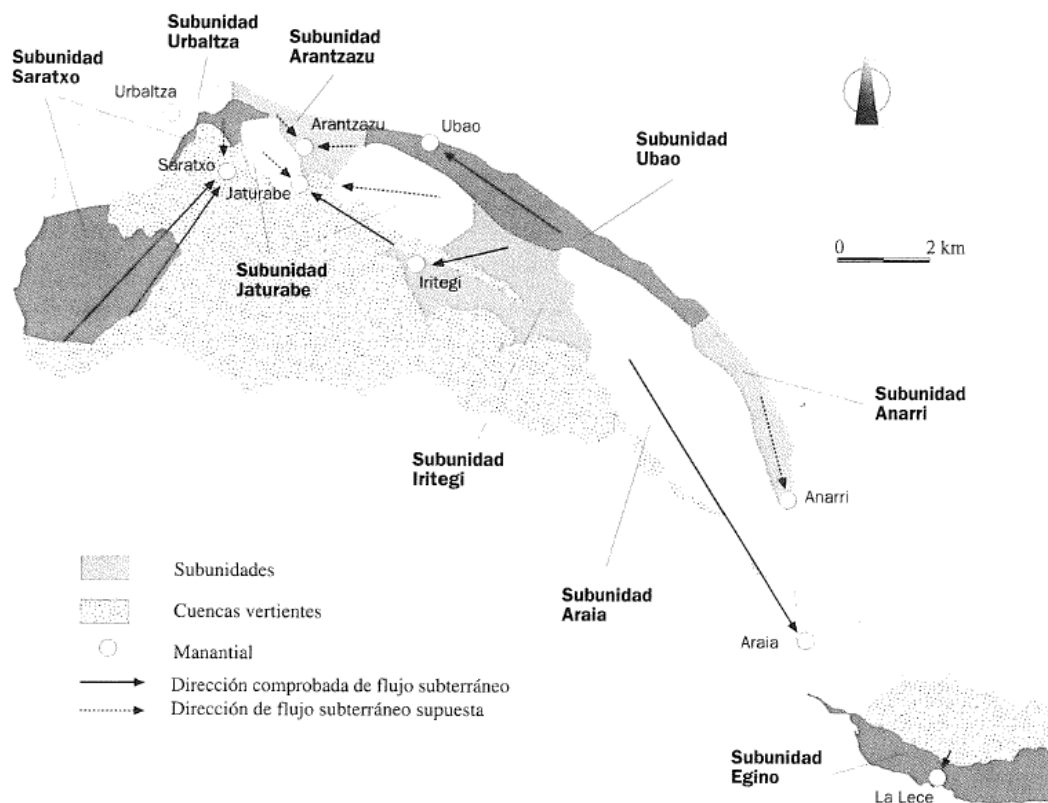


Como puede apreciarse, el caudal medio registrado es importante, si bien engloba no solo la componente subterránea sino también la superficial de una cuenca vertiente de 2,1 km²

Los puntos de descarga anteriores definen las subunidades de la unidad. Para la delimitación de las zonas de recarga de los manantiales se han utilizado criterios geológicos, datos de trazadores, datos de aportaciones y de aforos. Las subunidades de la parte de Aizkorri son ocho: Araia, Jaturabe, Iritegi, Saratxo, Ubao, Urbaltza, Anarri y Arantzazu. En la parte de Egino se considera que el conjunto del afloramiento forma una subunidad única. Cada subunidad está formada por calizas de permeabilidad media o alta y de cuencas de baja permeabilidad que drenan hacia las calizas. La extensión de éstas última en función del manantial hacia el que drenan es:

- 0,53 km² a las praderas de Urbia que descargan en el manantial Araia.
- 21,84 km² a la Subunidad Jaturabe, cuya descarga se produce por el manantial del mismo nombre.
- 1,24 km² a la cuenca N que alimenta el manantial Iritegi.
- 1,86 km² al sumidero de Alabita, que descarga en Saratxo.
- 3,20 km² de la Hoya de la Lece, que drenan al manantial del mismo nombre.
- 1,92 km² divididos en 2 cuencas, que drenan hacia la Subunidad Egino.

En la figura adjunta se ha esquematizado la disposición de las subunidades, además de otros datos de interés.



5.3.3.4 Funcionamiento hidráulico

Para establecer el modelo de funcionamiento de la unidad la información disponible por el EVE fue:

- Relación precipitaciones (recarga)-caudales (descarga)
- Datos de ensayos de bombeo
- Evolución de datos hidroquímicos
- Estructura geológica del acuífero
- Ensayos con trazadores
- Exploración espeleológica
- Estudios geofísicos

La recarga proviene de la infiltración de la lluvia, eventualmente en forma de nieve, y de la escorrentía superficial originada en cuencas de baja permeabilidad que vierten a los materiales carbonatados, infiltrándose en sumideros. La descarga se realiza a favor de manantiales.

La importante karstificación superficial y la existencia de cuencas endorreicas facilita una elevada infiltración. Sin embargo, dado lo abrupto del relieve, el componente de escorrentía superficial puede ser significativo. El agua de recarga accede al interior del macizo a través de la zona no saturada con predominio de la permeabilidad vertical. Al acceder a la zona saturada, en la que previsiblemente se producen grandes oscilaciones de nivel, el agua circula hacia los manantiales, predominando la componente horizontal de la permeabilidad. El régimen de los manantiales tiene grandes oscilaciones de caudal, con respuestas rápidas a las precipitaciones y con agotamientos que se inician poco tiempo después de finalizada la recarga.

Los manantiales están en el contacto del macizo carbonatado con materiales de baja permeabilidad, en las cotas topográficas más bajas de este contacto, salvo en los manantiales Saratxo y Anarri, en los que las surgencias están relacionadas con fallas. Los cambios de facies, sobre todo la alternancia de calizas y margas, y la tectónica establecen una irregularidad en la morfología y estructura interna del macizo, que es la causa de la existencia de varias zonas de descarga significativas, así como la existencia de pequeños manantiales a cotas más altas que los principales.

El acuífero es de tipo kárstico en sentido estricto. Consiste en una masa rocosa de permeabilidad relativamente baja, tal como indican los ensayos de bombeo y el estudio geofísico, atravesada por una red de conductos originados por fracturación y karstificación, que posiblemente está jerarquizada, y por la que el agua circula a alta velocidad hacia los manantiales, tal como indican los ensayos de trazadores. La red de conductos se alimenta tanto de la masa rocosa (circulación lenta) como de agua de infiltración rápida.

En general los acuíferos son libres con la excepción de la Subunidad Saratxo que se encuentra confinada por materiales margosos de baja permeabilidad.

Los datos hidroquímicos indican la influencia de las aportaciones de cuencas de baja permeabilidad en los manantiales Iritegi, Jaturabe y La Lece. También indican la conexión entre los manantiales Iritegi y Jaturabe. En cuanto al funcionamiento interno, se observa un vaciado de reservas por las primeras precipitaciones invernales (Noviembre-Febrero), teniendo las aguas de los manantiales, después de este periodo, características químicas distintas a las del estiaje.

5.3.3.5 Balance hídrico

Debido a la falta de un control temporal amplio de la mayoría de los manantiales, es difícil conocer con exactitud cuáles son los recursos de la unidad. Sin embargo, pueden estimarse teniendo en cuenta los datos de precipitación (1.600-2.000 mm/año), lluvia útil (750-1.300 mm/año), y las diversas áreas de recarga definidas para cada subunidad. En el caso de Araia, los datos publicados por el Ente Vasco de Energía a modo de orientación son:

- Superficie de calizas = 13,5 km²
- Superficie de calizas impuras = 2,1 km²
- Superficie de zonas con baja permeabilidad = 0,5 km²
- Infiltración en el acuífero = 16,3 hm³/año
- Infiltración desde cuencas de baja permeabilidad = 0,5 hm³
- Recursos medios = 16,8 hm³/año (532 l/s)

5.3.3.6 Hidroquímica. Calidad

La descripción hidroquímica del manantial de Araia, que es el de interés en el presente estudio, se realiza a partir muestras tomadas entre Agosto de 1986 y Mayo de 1987. A continuación se muestran los valores de las medianas de estos análisis químicos:

- Cloruros: 5 mg/l
- Sulfatos: 7 mg/l
- Bicarbonatos: 123 mg/l
- Nitratos: 4 mg/l
- Sodio: 2 mg/l
- Magnesio: 1 mg/l
- Calcio: 46 mg/l
- Conductividad 216 µS/cm
- Coliformes totales: 14/100 ml

Las aguas de la unidad son, salvo excepciones puntuales, bicarbonatadas cálcicas de escasa mineralización. Las pequeñas diferencias observadas pueden ser debidas a varios aspectos: diferencias litológicas, tiempos de permanencia, diferencias de altitud de las áreas de recarga, etc.

Además de las citadas, tiene gran relevancia la influencia de las aportaciones de las cuencas vertientes de baja permeabilidad.

Con respecto a las variaciones temporales, las conductividades más altas se registran en el periodo Octubre-Enero. Ello puede deberse a que las primeras lluvias importantes del invierno desalojan el agua más mineralizada del sistema, por efecto del aumento de carga hidráulica sobre la masa capacitiva, de modo que en lluvias posteriores predomina el agua reciente poco mineralizada. Durante el periodo estival el agua retenida en la masa capacitiva se mineraliza progresivamente.

Con respecto a la potabilidad de las aguas hay que señalar que, desde el punto de vista fisicoquímico, todas las aguas muestreadas son potables. En los análisis efectuados las concentraciones de los metales pesados Fe, Cu, Zn, Mn, Cr y Pb han estado por debajo del límite de detección (0,01 ppm). El contenido de NH_4^+ es inferior a 0,05 ppm y el de NO_2^- es inferior a 0,1 ppm. Sin embargo, la presencia de coliformes totales en todos los manantiales indica que hay contaminación bacteriológica, aunque su distribución no es uniforme.

Por lo que a la temperatura de las aguas se refiere, en el periodo 1986-87 se tomó un dato mensual en los manantiales principales. Los datos observados son consistentes con la delimitación de las zonas de recarga y diferencias de altitud entre ellas. En Araia la temperatura media se sitúa en 8,1 °C

5.3.3.7 Aprovechamiento actual. Regulación

En esta unidad han sido pocos los intentos de regulación de recursos mediante sondeos y en los efectuados hasta el momento (Urkilla y Araia) no se han obtenido caudales importantes. En la actualidad el manantial de Araia es aprovechado para el abastecimiento de las poblaciones de San Millán y Salvatierra y se ha recuperado a su vez un antiguo aprovechamiento hidroeléctrico con origen el mismo azud del que parte el canal de emergencia de AMVISA.

Según datos del estudio de "Caracterización y cuantificación de las demandas de agua en la CAPV y estudio de prospectivas" (Gobierno Vasco - 2004), la demanda prevista a futuro en el sistema Araia es de 3,55 hm³/año, de los que 2,09 hm³/año, es decir, 66 l/s correspondientes a los núcleos de Salvatierra, Ordoñana y Zuazo de San Millán, pueden asociarse directamente con el Nacedero de Araia

En lo que respecta a la central hidroeléctrica, la infraestructura existente posee un salto 152 metros y un caudal nominal de 725 l/s para una potencia máxima de 950 kW.

5.4 Evaluación de los recursos disponibles en situación normal

5.4.1 Aportaciones a los embalses de Ullibarri y Urrunaga

Las aportaciones a los embalses del Zadorra comprenden las escorrentías de sus respectivas cuencas propias, los caudales procedentes de la derivación del Alegría y sus afluentes así como los vertidos de la presa de Albina.

Mediante la aplicación del modelo TETIS particularizado y calibrado en la cuenca del Zadorra, se han obtenido las series diarias de aportaciones durante el periodo 1951-2000, cuyas principales características se detallan a continuación.

EMBALSE DE ULLIBARRI – Superficie = 272,5 Km²

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
50-51				8,55	18,03	21,98	11,11	21,80	10,13	3,03	2,49	1,35	
51-52	6,51	14,33	15,06	50,02	53,47	20,58	31,99	8,05	2,97	3,40	1,13	1,41	208,94
52-53	9,55	25,14	32,03	48,37	48,23	7,20	5,24	4,90	7,30	2,19	0,96	2,60	193,72
53-54	24,20	10,42	6,17	26,15	57,09	27,62	13,84	16,70	4,60	2,56	1,41	2,44	193,21
54-55	1,77	4,93	21,51	29,59	22,73	16,16	4,34	2,31	2,38	1,26	0,55	1,17	108,70
55-56	8,91	12,55	15,13	30,10	39,59	17,57	19,42	18,27	9,37	2,84	1,50	1,96	177,22
56-57	4,62	44,32	17,46	20,50	12,42	5,63	6,85	12,98	17,33	4,02	1,35	1,42	148,90
57-58	1,52	13,37	18,12	22,32	11,93	27,68	34,63	8,70	5,20	3,45	1,80	1,58	150,30
58-59	4,20	30,26	43,18	30,83	11,88	16,85	14,14	15,31	6,33	2,75	1,39	12,57	189,70
59-60	25,24	36,68	72,01	39,79	20,70	20,19	10,51	4,50	2,61	1,01	1,25	2,29	236,78
60-61	18,50	22,90	85,89	56,20	15,46	5,56	5,54	3,71	2,84	0,93	0,69	2,59	220,82
61-62	10,37	38,25	16,37	22,24	33,42	18,04	17,07	8,09	3,72	1,62	0,69	0,77	170,64
62-63	1,13	13,22	23,21	17,85	15,93	20,38	13,98	4,45	3,56	1,91	4,05	6,37	126,04
63-64	4,26	6,98	13,62	7,60	12,98	13,06	24,52	4,59	1,79	0,95	0,91	0,77	92,03
64-65	5,84	8,26	25,22	32,29	11,01	22,30	19,22	9,43	3,41	1,38	1,14	3,08	142,57
65-66	7,04	17,36	43,43	16,13	20,04	21,50	9,57	9,86	8,94	2,42	0,91	0,87	158,08
66-67	10,41	54,93	40,61	26,58	7,10	5,96	8,12	6,53	3,25	1,38	0,69	0,80	166,36
67-68	2,68	20,75	39,85	49,54	20,02	15,50	15,29	7,23	3,77	1,44	1,68	0,86	178,62
68-69	0,51	3,33	14,13	9,85	10,75	19,53	19,12	10,06	4,05	1,56	0,99	3,90	97,79
69-70	2,23	3,66	49,51	32,21	28,40	18,05	7,70	8,92	5,38	1,64	1,71	0,86	160,29
70-71	2,13	4,16	10,22	11,65	15,09	25,60	14,57	14,34	9,87	3,74	1,55	0,98	113,88
71-72	3,43	26,28	26,01	33,61	31,48	15,99	15,94	25,08	7,05	2,35	2,97	4,64	194,85
72-73	5,23	3,99	11,62	14,48	31,21	15,50	12,10	4,95	5,92	1,38	2,36	1,81	110,56
73-74	2,95	3,40	15,29	10,96	32,68	34,05	12,87	4,81	2,10	1,28	1,24	1,70	123,30
74-75	22,71	35,87	17,99	23,21	18,22	24,21	26,58	9,69	4,53	1,50	1,22	1,49	187,21
75-76	3,94	34,93	20,58	18,26	27,27	10,81	13,27	5,16	1,88	2,18	1,32	1,32	140,92
76-77	7,11	14,22	20,21	14,46	11,22	7,28	9,22	20,61	27,72	6,28	7,96	3,13	149,43
77-78	3,71	8,96	12,91	34,44	28,70	19,66	30,17	17,43	6,02	2,46	1,23	0,64	166,31
78-79	1,93	3,37	6,71	32,22	32,94	18,32	34,79	15,51	5,05	2,52	1,82	4,96	160,15
79-80	9,17	37,01	18,69	29,40	8,08	27,42	14,35	20,59	11,04	3,54	1,36	0,84	181,48
80-81	16,26	15,49	56,56	46,61	20,87	10,96	16,78	12,21	3,29	2,24	1,26	0,90	203,41
81-82	2,96	1,81	21,85	25,19	24,62	29,61	7,55	3,32	2,49	1,36	1,90	1,12	123,78
82-83	11,59	24,51	50,83	14,79	23,48	24,85	24,93	7,00	2,78	2,06	17,92	5,15	209,89
83-84	1,35	3,22	16,99	29,53	36,14	13,63	10,33	16,88	10,75	2,58	1,91	2,55	145,86
84-85	11,22	21,77	24,71	24,80	14,33	17,74	8,47	20,41	5,18	2,58	1,07	0,40	152,66
85-86	0,70	9,27	5,30	30,23	31,64	15,98	17,63	9,32	3,38	1,36	0,84	2,35	127,99
86-87	2,66	4,85	15,44	27,13	22,17	12,73	14,89	4,90	3,49	1,64	0,83	0,54	111,28
87-88	6,64	26,31	15,54	25,63	30,50	22,92	31,20	10,44	7,44	13,82	2,44	1,91	194,79
88-89	1,19	0,94	8,61	6,73	5,63	7,48	22,10	7,82	2,18	2,92	0,94	0,84	67,38
89-90	0,57	8,00	4,74	9,56	5,83	2,81	25,14	9,22	3,13	1,40	0,82	1,40	72,64

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
90-91	2,50	11,10	26,54	15,92	10,00	23,64	34,07	43,41	5,50	2,12	1,07	3,14	179,02
91-92	10,05	37,38	9,78	6,13	4,45	21,23	26,43	9,15	14,11	4,43	2,41	2,78	148,35
92-93	58,11	32,92	40,44	6,46	7,48	13,88	17,46	12,87	9,02	3,08	2,48	7,96	212,16
93-94	18,63	13,66	48,25	31,78	17,63	9,24	24,89	6,15	2,91	1,04	0,95	1,47	176,60
94-95	5,73	8,37	16,79	50,13	20,81	30,24	5,18	3,37	1,19	1,85	0,66	0,93	145,26
95-96	0,46	3,43	10,92	13,15	40,21	14,04	5,54	3,46	2,02	1,67	1,67	3,16	99,74
95-97	10,16	25,94	45,26	35,81	10,98	4,05	2,00	2,57	7,62	4,84	1,92	1,73	152,90
97-98	1,82	14,73	29,60	19,19	10,09	13,90	11,15	11,31	3,58	1,40	1,11	3,06	120,93
98-99	18,30	18,01	23,72	20,57	26,54	24,37	9,16	4,98	2,29	1,86	1,27	1,84	152,89
99-00	1,80	14,72	26,50	12,26	11,93	6,96	14,99	5,86	2,43	1,77	1,13	0,55	100,91
00-01	12,78	27,88	19,34										

MEDIA	8,15	17,56	25,41	25,02	21,67	17,21	16,12	10,58	5,70	2,50	1,90	2,30	154,02
MAX	58,11	54,93	85,89	56,20	57,09	34,05	34,79	43,41	27,72	13,82	17,92	12,57	236,78
MIN	0,46	0,94	4,74	6,13	4,45	2,81	2,00	2,31	1,19	0,93	0,55	0,40	67,38

EMBALSE DE URRÚNAGA SIN ALBINA – Superficie = 132,25 Km²

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
50-51				3,82	15,09	20,80	6,20	10,30	5,38	1,49	0,93	0,58	
51-52	2,95	7,81	12,16	30,72	25,78	9,73	16,28	4,05	1,61	1,22	0,54	0,66	113,51
52-53	4,25	17,74	22,40	30,40	38,57	4,22	2,85	2,27	6,04	1,30	0,59	1,37	132,00
53-54	10,17	7,38	3,21	40,25	35,27	14,98	10,19	15,22	2,83	1,66	0,92	0,93	143,01
54-55	0,76	1,68	10,51	18,44	12,10	10,19	2,78	1,51	1,06	0,73	0,23	0,58	60,57
55-56	2,59	3,86	5,77	21,11	28,56	7,05	12,93	10,01	3,22	1,12	0,64	0,80	97,66
56-57	1,77	21,32	9,56	14,81	5,74	2,33	2,36	3,34	5,15	1,24	0,47	0,64	68,71
57-58	0,43	3,92	7,67	18,04	6,27	21,69	19,51	3,94	2,12	1,17	0,67	0,49	85,91
58-59	0,70	12,19	20,98	13,62	4,48	7,14	6,16	5,00	2,09	1,00	0,54	1,28	75,19
59-60	9,43	15,06	30,85	21,64	7,62	8,65	4,94	2,03	1,14	0,44	0,50	0,95	103,24
60-61	7,60	10,19	47,36	36,59	10,50	3,33	4,90	3,87	2,31	0,71	0,48	1,27	129,12
61-62	8,76	28,14	10,36	14,40	23,30	9,78	15,00	7,16	2,28	1,00	0,46	0,37	121,01
62-63	0,77	14,80	22,56	11,12	13,03	16,33	12,16	2,88	1,82	1,06	3,89	11,39	111,81
63-64	5,56	5,75	8,95	6,71	10,34	9,78	19,61	2,88	1,21	0,59	0,50	0,43	72,31
64-65	5,52	5,78	29,04	24,25	6,56	16,33	20,02	7,27	2,34	0,98	0,75	2,09	120,94
65-66	5,22	12,71	32,14	10,23	11,94	15,57	5,39	8,49	8,51	1,76	0,68	0,57	113,23
66-67	7,75	33,89	29,55	17,88	3,94	3,55	7,19	5,53	2,38	1,04	0,51	0,54	113,74
67-68	0,89	10,52	28,51	35,05	11,18	10,49	10,14	4,27	3,47	1,02	0,96	0,56	117,06
68-69	0,28	1,89	12,82	7,94	9,54	13,12	14,27	6,38	2,67	1,03	0,67	1,87	72,48
69-70	0,63	1,73	43,57	15,09	20,29	16,02	7,26	7,19	2,16	1,04	1,17	0,50	116,66
70-71	1,34	2,59	6,92	6,43	10,81	23,75	8,50	10,09	8,70	2,63	1,06	0,56	83,38
71-72	0,97	21,83	17,22	28,01	21,47	10,17	13,49	17,93	5,03	1,63	1,74	1,76	141,25
72-73	1,73	1,47	5,06	10,26	28,45	11,04	13,05	2,87	3,26	0,81	1,05	0,75	79,80
73-74	1,44	1,62	14,52	7,54	27,17	19,20	7,91	3,33	1,35	0,79	0,64	0,76	86,27
74-75	26,66	30,71	13,82	12,24	8,27	23,52	21,15	6,84	5,18	1,19	0,82	0,90	151,31
75-76	1,89	25,38	12,59	13,59	19,40	9,97	15,93	3,85	1,29	0,99	0,69	0,67	106,25
76-77	2,03	7,65	12,57	7,63	6,48	3,80	7,30	18,99	18,56	3,95	5,00	1,82	95,79
77-78	1,08	5,19	9,30	28,88	24,81	18,61	23,83	15,01	4,17	1,82	0,90	0,53	134,13
78-79	2,83	4,42	7,67	34,36	22,80	13,86	30,90	9,64	2,91	1,46	1,13	3,08	135,07
79-80	4,64	26,17	13,56	18,76	4,32	19,63	10,54	14,60	4,27	1,88	0,80	0,54	119,74
80-81	13,65	11,66	43,21	41,57	15,46	7,91	15,31	8,11	2,15	1,49	0,73	0,48	161,72
81-82	2,46	0,92	19,42	18,86	16,72	22,14	4,59	2,11	1,32	0,77	0,64	0,49	90,45
82-83	9,66	15,91	41,48	10,37	18,58	19,63	14,41	3,68	1,60	1,29	10,24	2,28	149,13
83-84	0,62	0,84	5,98	19,83	25,22	9,78	9,72	11,79	5,99	1,60	1,15	1,85	94,38
84-85	7,64	10,10	16,06	22,31	7,39	15,74	5,14	13,40	2,89	1,40	0,69	0,24	103,00
85-86	0,42	9,27	4,41	29,10	24,31	12,17	16,98	7,27	2,71	1,12	0,57	1,42	109,74
86-87	1,05	2,82	16,28	21,90	15,41	10,91	11,38	2,89	2,01	0,96	0,50	0,40	86,52
87-88	2,40	20,69	7,14	16,66	18,14	17,47	23,28	6,40	4,60	2,81	1,05	0,89	121,52

88-89	0,57	0,41	5,14	3,89	4,29	6,79	19,84	6,14	1,72	1,04	0,46	0,38	50,67
89-90	0,34	3,50	1,86	5,58	5,27	1,82	24,77	5,57	1,95	0,91	0,45	0,53	52,54
90-91	1,58	7,87	20,53	10,28	6,49	15,65	20,17	33,11	3,38	1,41	0,70	1,26	122,43
91-92	3,34	23,53	4,23	4,08	2,30	15,21	16,19	5,06	3,43	1,74	1,14	1,07	81,31
92-93	38,76	21,95	25,86	3,27	3,89	10,26	13,20	4,66	2,19	0,96	0,98	2,59	128,57
93-94	8,51	6,15	34,18	18,11	10,80	5,53	22,16	4,25	1,99	0,76	0,67	1,02	114,14
94-95	2,83	4,29	10,76	32,24	10,36	18,52	3,22	2,06	0,77	0,94	0,36	0,58	86,93
95-96	0,30	1,96	5,71	7,09	28,35	8,59	3,81	2,92	1,36	0,96	0,84	1,67	63,57
95-97	7,79	18,05	29,98	22,48	5,77	2,36	1,19	1,82	4,93	3,67	0,97	0,53	99,54
97-98	0,59	5,43	19,56	12,43	5,89	9,36	10,80	10,63	2,31	1,00	0,59	2,21	80,81
98-99	20,71	15,31	16,18	14,54	20,39	15,26	5,94	4,61	1,83	1,21	0,63	0,67	117,27
99-00	0,56	8,44	16,88	7,93	8,38	6,04	12,41	3,09	1,31	0,97	0,61	0,29	66,91
00-01	5,72	16,02	10,07										

MEDIA	5,00	10,97	17,12	17,65	14,55	12,11	12,15	7,13	3,30	1,31	1,08	1,20	103,72
MAX	38,76	33,89	47,36	41,57	38,57	23,75	30,90	33,11	18,56	3,95	10,24	11,39	161,72
MIN	0,28	0,41	1,86	3,27	2,30	1,82	1,19	1,51	0,77	0,44	0,23	0,24	50,67

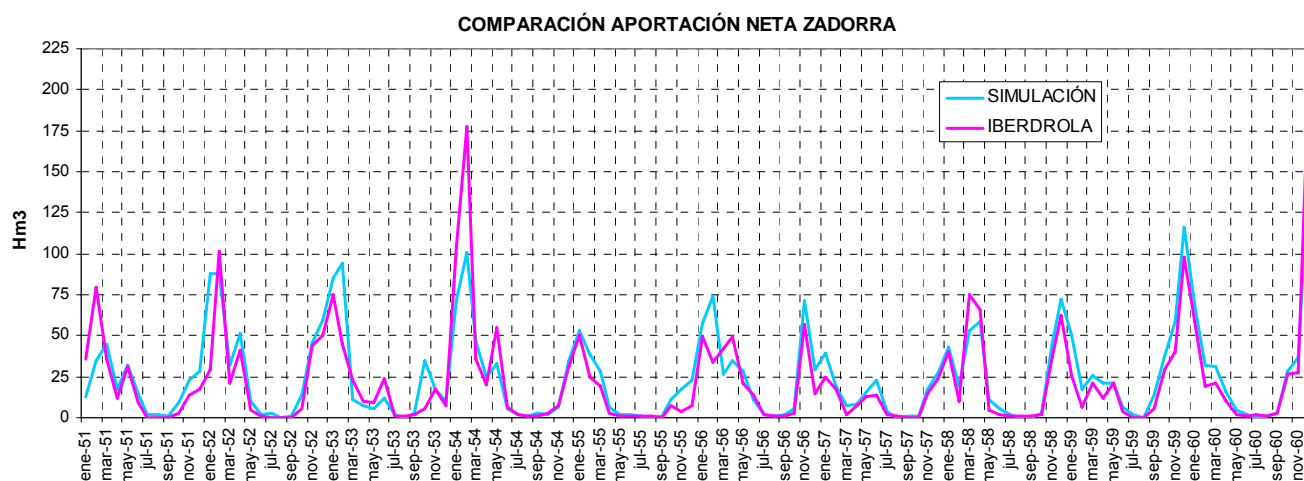
DERIVACIÓN DEL ALEGRÍA – Superficie = 57,86 Km²

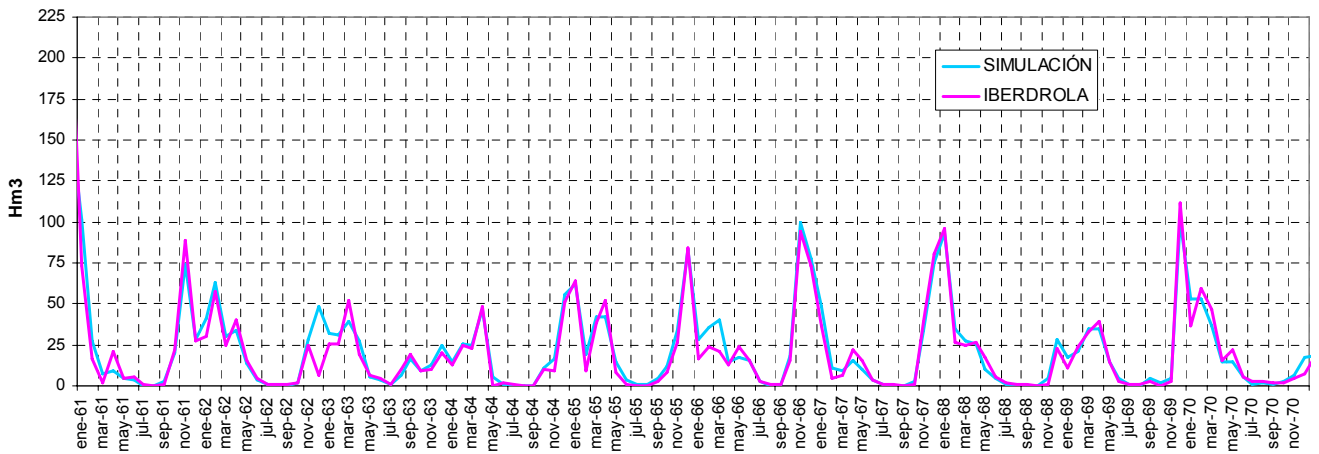
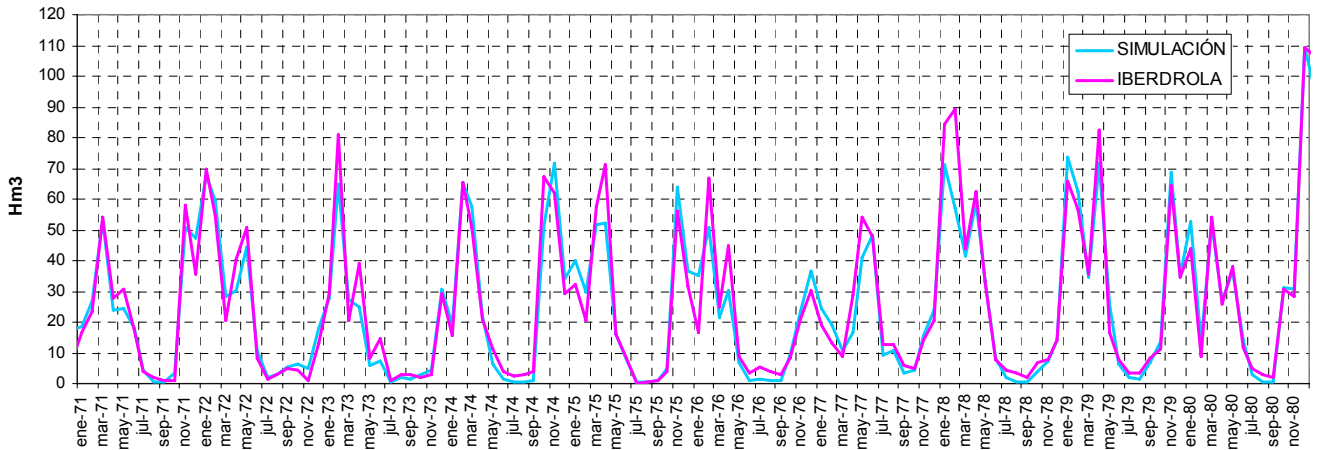
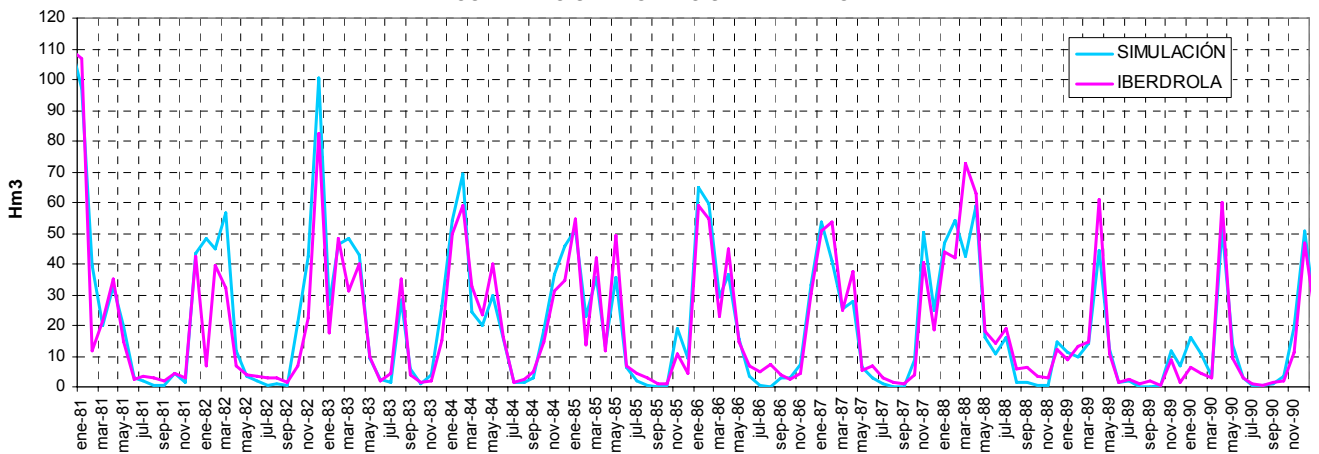
AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
50-51				0,83	2,08	2,51	1,05	1,96	1,63	0,50	0,26	0,15	
51-52	0,36	1,34	1,64	5,52	6,87	2,84	3,53	0,90	0,37	0,32	0,12	0,11	23,91
52-53	0,86	2,95	4,66	5,28	6,54	1,38	0,53	0,29	0,27	0,10	0,07	0,18	23,12
53-54	1,11	0,60	0,80	2,99	7,24	4,95	2,15	1,92	0,75	0,31	0,18	0,18	23,20
54-55	0,15	0,72	3,21	4,42	3,82	2,88	0,96	0,44	0,29	0,18	0,08	0,08	17,22
55-56	0,67	1,81	2,25	5,78	5,53	3,04	2,95	2,29	0,78	0,32	0,20	0,25	25,87
56-57	0,59	5,46	3,07	4,10	2,45	1,12	0,58	1,56	2,04	0,68	0,24	0,15	22,04
57-58	0,10	1,21	2,18	3,08	2,00	3,97	4,30	1,36	0,57	0,27	0,17	0,12	19,34
58-59	0,26	3,62	6,95	5,71	2,15	3,08	2,04	2,36	0,75	0,31	0,16	1,25	28,65
59-60	3,88	7,02	11,74	6,57	4,15	3,16	1,55	0,63	0,35	0,17	0,15	0,22	39,60
60-61	2,71	4,03	12,73	10,44	2,98	1,10	0,63	0,34	0,19	0,10	0,07	0,34	35,65
61-62	1,50	7,66	3,27	4,49	6,63	2,98	2,37	0,90	0,57	0,22	0,10	0,09	30,77
62-63	0,11	1,42	3,00	3,29	2,56	3,37	2,12	0,56	0,33	0,16	0,17	0,30	17,40
63-64	0,21	0,83	2,27	1,08	2,36	2,21	3,99	0,73	0,29	0,16	0,11	0,07	14,31
64-65	0,50	0,89	2,76	5,07	2,07	4,03	2,31	1,31	0,49	0,23	0,15	0,28	20,09
65-66	1,25	3,20	7,49	3,17	4,20	4,20	1,50	1,25	0,84	0,31	0,13	0,08	27,62
66-67	1,35	9,51	6,45	4,03	1,37	0,98	1,37	0,50	0,23	0,12	0,06	0,07	26,06
67-68	0,30	3,40	6,17	8,09	3,64	2,45	2,68	0,79	0,34	0,16	0,14	0,07	28,22
68-69	0,04	0,19	1,14	0,86	1,19	2,62	2,42	1,24	0,44	0,19	0,11	0,39	10,81
69-70	0,19	0,33	5,91	5,71	5,26	3,14	0,93	0,60	0,31	0,12	0,11	0,07	22,67
70-71	0,11	0,29	0,94	1,41	1,82	4,32	2,31	1,70	1,23	0,48	0,19	0,10	14,91
71-72	0,10	3,06	4,07	5,86	6,12	3,32	1,80	3,12	0,93	0,34	0,24	0,42	29,39
72-73	0,71	0,49	1,66	2,47	4,91	2,47	1,32	0,55	0,39	0,14	0,15	0,11	15,38
73-74	0,14	0,25	1,46	1,66	4,93	4,60	2,43	0,64	0,28	0,15	0,12	0,10	16,76
74-75	1,85	4,21	2,67	4,63	3,72	3,94	5,35	1,56	0,53	0,22	0,15	0,16	28,98
75-76	0,34	3,37	3,52	3,13	3,95	1,80	1,67	0,83	0,28	0,39	0,18	0,17	19,62
76-77	0,92	2,18	3,83	3,11	2,08	1,38	1,38	2,31	4,25	0,66	0,60	0,40	23,12
77-78	0,71	1,79	2,66	5,83	5,19	3,88	5,80	2,97	0,85	0,35	0,19	0,11	30,31
78-79	0,21	0,48	1,07	6,07	5,95	3,34	5,81	2,86	0,75	0,36	0,19	0,61	27,70
79-80	1,07	5,68	3,65	4,94	1,69	5,55	2,94	3,23	1,70	0,51	0,20	0,11	31,26
80-81	2,25	2,48	9,96	7,54	3,58	1,69	2,59	1,60	0,50	0,28	0,12	0,10	32,68
81-82	0,18	0,11	2,47	3,91	4,38	4,83	1,24	0,52	0,25	0,16	0,14	0,08	18,27
82-83	0,85	3,20	7,14	2,77	4,21	4,56	4,63	0,98	0,38	0,24	1,84	0,65	31,43
83-84	0,18	0,64	4,09	4,98	6,52	2,84	1,89	2,50	1,86	0,51	0,25	0,19	26,45
84-85	1,74	5,05	4,75	4,10	2,41	3,10	1,41	3,21	0,86	0,45	0,16	0,07	27,33
85-86	0,06	1,08	0,45	3,54	5,14	2,39	2,39	1,50	0,49	0,23	0,14	0,25	17,66
86-87	0,33	0,62	1,83	4,23	3,64	2,13	2,89	0,85	0,40	0,20	0,09	0,06	17,28

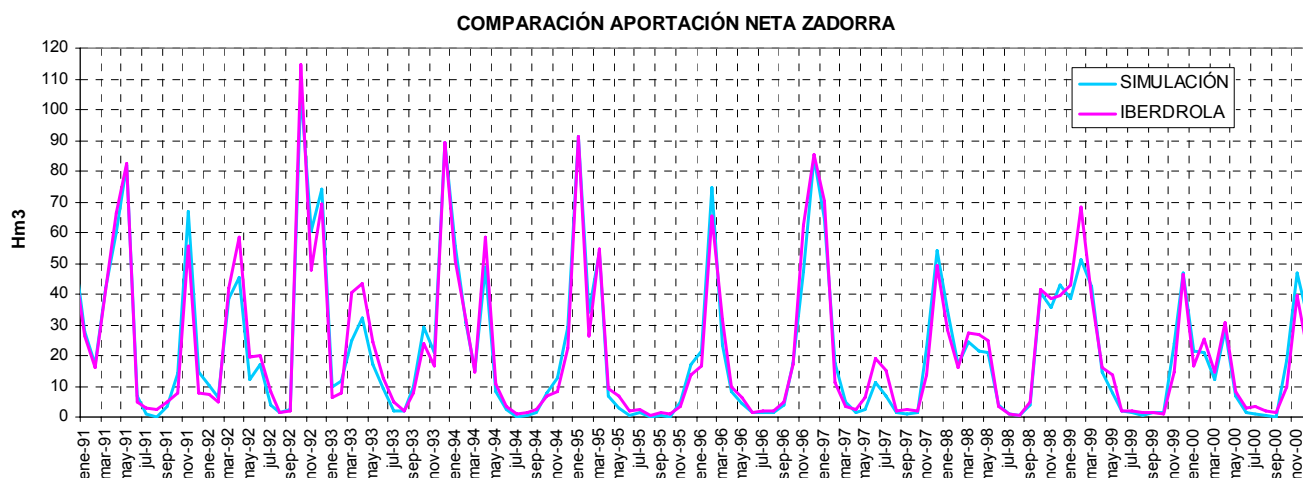
87-88	1,06	3,35	2,87	4,96	4,73	3,17	5,80	1,99	1,26	2,11	0,39	0,17	31,87
88-89	0,11	0,13	1,46	1,33	1,11	1,38	3,26	1,05	0,30	0,43	0,12	0,10	10,81
89-90	0,03	1,00	0,91	1,56	0,78	0,37	2,49	1,33	0,36	0,17	0,10	0,10	9,20
90-91	0,19	1,16	3,44	2,34	1,63	3,26	6,26	5,67	0,96	0,38	0,18	0,50	25,97
91-92	1,57	6,21	1,73	0,89	0,70	2,59	3,74	0,87	2,05	0,56	0,19	0,18	21,29
92-93	8,48	5,42	6,90	1,14	1,21	1,68	2,26	2,23	0,90	0,25	0,16	0,74	31,38
93-94	2,77	2,03	7,56	5,65	2,90	1,74	2,26	0,71	0,32	0,12	0,09	0,10	26,27
94-95	0,67	1,11	2,61	8,37	3,84	5,36	0,87	0,41	0,17	0,18	0,07	0,07	23,73
95-96	0,03	0,31	1,24	1,93	5,23	2,19	0,72	0,34	0,20	0,14	0,11	0,21	12,64
95-97	0,98	3,09	7,82	5,67	2,13	0,82	0,38	0,32	0,71	0,41	0,14	0,13	22,60
97-98	0,15	2,61	5,27	3,24	1,86	2,00	0,80	0,81	0,28	0,13	0,10	0,25	17,52
98-99	1,72	2,28	3,13	3,31	3,50	3,08	1,18	0,48	0,22	0,20	0,09	0,15	19,36
99-00	0,15	1,54	3,76	1,83	1,44	0,76	1,64	0,59	0,22	0,15	0,10	0,05	12,23
00-01	0,95	3,00	2,72										

MEDIA	0,94	2,49	3,91	4,06	3,53	2,81	2,39	1,39	0,71	0,32	0,19	0,22	23,06
MAX	8,48	9,51	12,73	10,44	7,24	5,55	6,26	5,67	4,25	2,11	1,84	1,25	39,60
MIN	0,03	0,11	0,45	0,83	0,70	0,37	0,38	0,29	0,17	0,10	0,06	0,05	9,20

La bondad de las series anteriores se ha verificado mediante la calibración del modelo AQUATOR que se recoge en el capítulo 7. Adicionalmente, se cuenta con la posibilidad de su contraste con las estimaciones de aportación entrante efectuadas por IBERDROLA mediante balance de masas. Así, según las series mensuales de IBERDROLA, la aportación neta a los embalses del Zadorra (incluyendo derivación del Alegría y descontando evaporación, pérdidas y regulación de Albina) durante el período 1951-2000 fue de 257,3 hm³/año. Para el mismo período, las series teóricas conducen a una aportación media de 266,9 hm³/año, por lo que la desviación existente se sitúa solo en torno al 3,7%. El coeficiente de eficiencia R² estimado a nivel mensual alcanza un valor de 0,775, lo que constituye un grado de adecuación excelente.



COMPARACIÓN APORTACIÓN NETA ZADORRA

COMPARACIÓN APORTACIÓN NETA ZADORRA

COMPARACIÓN APORTACIÓN NETA ZADORRA




Admitida la bondad de las series simuladas y tras la modelización del sistema de abastecimiento conjunto AMVISA-CABB mediante el software AQUATOR, tal y como se recoge en capítulo 7, se puede garantizar al 100% la captación de un caudal de hasta 836 l/s desde Ullibarri (Escenario 1 de demandas a futuro)

5.4.2 Captación del río Zadorra desde el bombeo de Durana

La captación se sitúa aguas abajo de la presa de Ullibarri. Por lo tanto, a las aportaciones de la cuenca propia habría que sumarle los vertidos de la presa de Ullibarri. Mediante la aplicación del modelo TETIS particularizado y calibrado en la cuenca del Zadorra, se han obtenido las series diarias de aportaciones durante el periodo 1951-2000 para dicha cuenca propia, cuyas principales características se detallan a continuación.

BOMBEO DE DURANA SIN ULLIBARRI – Superficie = 7,6 Km²

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
50-51				0,32	0,55	0,58	0,26	0,62	0,27	0,08	0,06	0,04	
51-52	0,18	0,37	0,41	1,59	1,39	0,56	0,81	0,19	0,09	0,10	0,04	0,04	5,76
52-53	0,25	0,67	0,87	1,28	1,23	0,18	0,14	0,11	0,17	0,05	0,03	0,11	5,09
53-54	0,70	0,24	0,13	1,11	1,52	0,73	0,46	0,45	0,13	0,08	0,05	0,07	5,67
54-55	0,04	0,10	0,47	0,79	0,57	0,41	0,12	0,08	0,08	0,04	0,02	0,03	2,75
55-56	0,23	0,28	0,32	0,71	1,00	0,37	0,54	0,41	0,19	0,08	0,04	0,06	4,23
56-57	0,14	1,11	0,40	0,56	0,28	0,13	0,14	0,23	0,30	0,07	0,03	0,04	3,43
57-58	0,03	0,30	0,43	0,57	0,28	0,69	0,84	0,19	0,13	0,08	0,05	0,04	3,63
58-59	0,08	0,65	1,09	0,69	0,23	0,39	0,30	0,29	0,14	0,07	0,04	0,30	4,28
59-60	0,59	0,77	1,67	1,01	0,45	0,38	0,21	0,10	0,08	0,03	0,04	0,06	5,38
60-61	0,47	0,54	2,21	1,46	0,37	0,16	0,15	0,10	0,07	0,03	0,02	0,08	5,67
61-62	0,30	1,03	0,38	0,59	0,96	0,61	0,40	0,20	0,11	0,05	0,02	0,03	4,68
62-63	0,03	0,43	0,67	0,49	0,40	0,55	0,35	0,11	0,10	0,06	0,12	0,21	3,53
63-64	0,11	0,18	0,36	0,20	0,38	0,34	0,64	0,12	0,06	0,03	0,03	0,02	2,47
64-65	0,24	0,25	0,70	0,84	0,26	0,61	0,53	0,24	0,11	0,05	0,04	0,09	3,95
65-66	0,22	0,45	1,06	0,37	0,49	0,59	0,20	0,20	0,26	0,06	0,03	0,03	3,96
66-67	0,30	1,38	0,96	0,63	0,17	0,14	0,18	0,15	0,07	0,04	0,02	0,02	4,06
67-68	0,06	0,52	1,13	1,20	0,49	0,38	0,37	0,18	0,09	0,04	0,05	0,03	4,56
68-69	0,01	0,08	0,39	0,21	0,28	0,43	0,43	0,22	0,09	0,04	0,03	0,09	2,32
69-70	0,04	0,08	1,27	0,71	0,76	0,49	0,19	0,19	0,12	0,05	0,06	0,03	3,99

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
70-71	0,06	0,10	0,28	0,27	0,47	0,71	0,30	0,35	0,23	0,10	0,04	0,03	2,94
71-72	0,17	1,00	0,68	1,02	0,80	0,38	0,41	0,65	0,20	0,07	0,09	0,11	5,59
72-73	0,14	0,08	0,27	0,38	0,88	0,35	0,41	0,13	0,14	0,04	0,08	0,05	2,96
73-74	0,07	0,07	0,42	0,25	0,87	1,28	0,29	0,12	0,06	0,04	0,04	0,04	3,54
74-75	0,65	0,87	0,42	0,48	0,36	0,75	0,77	0,23	0,12	0,04	0,04	0,04	4,79
75-76	0,09	0,90	0,48	0,51	0,68	0,28	0,40	0,13	0,06	0,06	0,04	0,04	3,67
76-77	0,13	0,30	0,41	0,30	0,23	0,16	0,19	0,54	0,68	0,16	0,16	0,07	3,34
77-78	0,08	0,17	0,36	1,07	0,76	0,49	0,75	0,40	0,16	0,07	0,04	0,02	4,38
78-79	0,08	0,15	0,16	0,89	0,90	0,47	0,92	0,38	0,13	0,08	0,06	0,13	4,34
79-80	0,22	1,00	0,50	0,73	0,17	0,69	0,33	0,48	0,21	0,08	0,04	0,02	4,48
80-81	0,51	0,44	1,55	1,24	0,57	0,27	0,42	0,27	0,08	0,07	0,04	0,03	5,48
81-82	0,07	0,04	0,63	0,61	0,63	0,68	0,17	0,09	0,07	0,04	0,05	0,03	3,12
82-83	0,31	0,61	1,45	0,33	0,64	0,66	0,60	0,17	0,07	0,10	0,65	0,11	5,70
83-84	0,03	0,07	0,50	0,72	1,00	0,35	0,24	0,47	0,26	0,07	0,06	0,07	3,84
84-85	0,38	0,53	0,61	0,65	0,30	0,48	0,20	0,55	0,14	0,07	0,03	0,01	3,96
85-86	0,03	0,32	0,11	0,85	0,80	0,39	0,41	0,21	0,09	0,04	0,03	0,08	3,37
86-87	0,07	0,09	0,42	0,74	0,58	0,31	0,33	0,12	0,10	0,05	0,02	0,02	2,85
87-88	0,17	0,68	0,30	0,61	0,82	0,65	0,85	0,26	0,16	0,26	0,06	0,05	4,88
88-89	0,03	0,02	0,18	0,19	0,13	0,17	0,55	0,18	0,06	0,08	0,03	0,02	1,65
89-90	0,02	0,21	0,12	0,21	0,10	0,06	0,60	0,20	0,08	0,04	0,03	0,04	1,71
90-91	0,06	0,36	0,72	0,38	0,28	0,81	1,06	1,22	0,15	0,07	0,04	0,08	5,23
91-92	0,23	0,93	0,19	0,13	0,09	0,57	0,65	0,21	0,35	0,11	0,08	0,10	3,64
92-93	1,61	0,71	0,94	0,14	0,16	0,35	0,46	0,26	0,17	0,07	0,11	0,23	5,19
93-94	0,43	0,32	1,29	0,69	0,37	0,20	0,58	0,15	0,08	0,03	0,03	0,04	4,21
94-95	0,12	0,18	0,33	1,22	0,50	0,70	0,13	0,09	0,03	0,06	0,02	0,03	3,42
95-96	0,01	0,08	0,31	0,28	1,00	0,32	0,14	0,09	0,06	0,05	0,07	0,07	2,49
95-97	0,27	0,64	1,18	0,87	0,24	0,10	0,06	0,09	0,25	0,13	0,06	0,04	3,93
97-98	0,04	0,34	0,80	0,43	0,22	0,32	0,22	0,25	0,08	0,04	0,03	0,09	2,87
98-99	0,49	0,45	0,56	0,51	0,70	0,57	0,21	0,12	0,06	0,06	0,03	0,06	3,82
99-00	0,04	0,41	0,68	0,28	0,22	0,15	0,32	0,12	0,06	0,05	0,03	0,02	2,38
00-01	0,31	0,67	0,38										

MEDIA	0,22	0,44	0,64	0,65	0,55	0,45	0,40	0,26	0,14	0,07	0,06	0,06	3,94
MAX	1,61	1,38	2,21	1,59	1,52	1,28	1,06	1,22	0,68	0,26	0,65	0,30	5,76
MIN	0,01	0,02	0,11	0,13	0,09	0,06	0,06	0,08	0,03	0,03	0,02	0,01	1,65

Los 50 l/s que actualmente AMVISA capta en Durana forman parte de las servidumbres obligatorias del embalse de Ullibarri y, por lo tanto, se encuentran garantizados al 100% al igual que la captación desde dicho embalse.

5.4.3 Embalse de Albina

Si bien en la actualidad el consumo con origen en Albina es prácticamente testimonial, AMVISA posee concesión administrativa para la captación en este punto de un caudal medio de 200 l/s. En este sentido, en la actualidad se está desarrollando un proyecto de rehabilitación de la traída, por lo que en el presente apartado se aborda la estimación de sus posibilidades de aprovechamiento.

Mediante la aplicación del modelo TETIS particularizado y calibrado en la cuenca del Zadorra, se han obtenido las series diarias de aportaciones durante el periodo 1951-2000 para la cuenca propia del embalse, cuyas principales características se detallan a continuación.

EMBALSE DE ALBINA – Superficie = 9,75 Km²

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
50-51				0,22	1,04	1,48	0,46	0,89	0,42	0,11	0,07	0,04	
51-52	0,13	0,37	0,77	2,36	2,00	0,75	1,14	0,25	0,10	0,07	0,03	0,04	8,01
52-53	0,17	1,06	1,53	2,25	2,71	0,29	0,18	0,13	0,35	0,08	0,04	0,09	8,88
53-54	0,58	0,48	0,20	2,89	2,48	1,14	0,75	1,02	0,20	0,09	0,06	0,05	9,94
54-55	0,04	0,08	0,45	1,28	0,90	0,77	0,20	0,11	0,07	0,05	0,01	0,05	4,00
55-56	0,14	0,25	0,37	1,35	2,17	0,55	0,94	0,66	0,22	0,09	0,04	0,05	6,82
56-57	0,10	1,44	0,73	1,15	0,46	0,17	0,15	0,25	0,48	0,12	0,04	0,05	5,14
57-58	0,03	0,18	0,45	1,02	0,47	1,57	1,53	0,30	0,14	0,07	0,05	0,04	5,85
58-59	0,04	0,70	1,65	0,89	0,33	0,47	0,37	0,31	0,14	0,07	0,04	0,09	5,08
59-60	0,61	1,10	2,43	1,68	0,59	0,55	0,35	0,15	0,08	0,03	0,03	0,07	7,66
60-61	0,51	0,67	3,59	2,23	0,63	0,22	0,19	0,09	0,06	0,03	0,02	0,07	8,30
61-62	0,23	1,54	0,53	0,85	1,31	0,56	0,76	0,29	0,11	0,05	0,02	0,03	6,26
62-63	0,04	0,45	1,13	0,65	0,68	0,89	0,60	0,15	0,09	0,04	0,09	0,15	4,96
63-64	0,12	0,21	0,43	0,31	0,50	0,49	1,11	0,18	0,07	0,03	0,03	0,02	3,52
64-65	0,12	0,24	1,27	1,43	0,40	0,89	1,00	0,40	0,13	0,05	0,05	0,09	6,07
65-66	0,13	0,47	1,64	0,58	0,58	0,89	0,23	0,34	0,43	0,10	0,04	0,03	5,46
66-67	0,24	1,77	1,74	1,23	0,24	0,14	0,23	0,19	0,08	0,04	0,02	0,03	5,96
67-68	0,03	0,28	1,52	2,23	0,72	0,59	0,46	0,19	0,08	0,03	0,05	0,02	6,21
68-69	0,01	0,07	0,30	0,35	0,52	0,66	0,69	0,26	0,10	0,04	0,04	0,07	3,10
69-70	0,01	0,05	1,80	0,87	1,29	0,81	0,27	0,18	0,08	0,04	0,05	0,02	5,47
70-71	0,05	0,06	0,17	0,24	0,38	1,36	0,40	0,46	0,49	0,14	0,05	0,03	3,82
71-72	0,04	1,02	1,07	1,87	1,34	0,60	0,75	1,02	0,25	0,08	0,08	0,06	8,18
72-73	0,06	0,03	0,18	0,45	1,67	0,57	0,75	0,15	0,09	0,03	0,04	0,04	4,07
73-74	0,03	0,06	0,44	0,31	1,51	1,12	0,45	0,14	0,06	0,04	0,03	0,03	4,22
74-75	1,30	1,94	0,87	0,70	0,51	1,54	1,18	0,32	0,16	0,05	0,05	0,04	8,66
75-76	0,06	1,12	0,73	0,92	1,16	0,62	0,75	0,20	0,07	0,05	0,04	0,03	5,76
76-77	0,07	0,27	0,64	0,39	0,35	0,15	0,20	0,92	1,09	0,16	0,09	0,02	4,35
77-78	0,04	0,10	0,20	2,03	1,56	1,05	1,24	0,74	0,19	0,07	0,04	0,03	7,27
78-79	0,11	0,20	0,28	2,29	1,44	0,95	2,09	0,60	0,16	0,09	0,06	0,10	8,36
79-80	0,10	1,26	0,73	1,03	0,26	1,28	0,54	0,74	0,18	0,08	0,03	0,03	6,26
80-81	0,51	0,74	2,74	2,79	0,90	0,51	0,67	0,34	0,10	0,07	0,03	0,03	9,43
81-82	0,08	0,03	0,74	1,15	0,95	1,22	0,26	0,11	0,06	0,04	0,03	0,02	4,69
82-83	0,12	0,47	2,66	0,57	1,16	1,38	0,85	0,20	0,07	0,06	0,27	0,05	7,86
83-84	0,02	0,02	0,17	0,96	1,57	0,61	0,53	0,72	0,30	0,09	0,06	0,09	5,16
84-85	0,28	0,51	1,02	1,37	0,42	0,84	0,30	0,87	0,18	0,08	0,04	0,01	5,92
85-86	0,02	0,30	0,21	1,78	1,19	0,73	0,99	0,42	0,15	0,06	0,03	0,09	5,96
86-87	0,03	0,10	0,88	1,39	0,69	0,73	0,67	0,17	0,09	0,05	0,03	0,02	4,85
87-88	0,11	1,28	0,41	0,97	0,97	0,90	1,42	0,34	0,16	0,07	0,04	0,04	6,70
88-89	0,02	0,01	0,17	0,18	0,17	0,27	0,84	0,35	0,07	0,05	0,02	0,02	2,16
89-90	0,01	0,11	0,05	0,16	0,14	0,06	1,12	0,32	0,10	0,05	0,02	0,03	2,17
90-91	0,06	0,22	1,18	0,60	0,37	1,02	1,36	2,26	0,23	0,09	0,04	0,07	7,49
91-92	0,10	1,03	0,21	0,16	0,10	0,97	0,95	0,25	0,12	0,06	0,05	0,03	4,03
92-93	2,22	1,50	1,58	0,20	0,22	0,50	0,77	0,22	0,10	0,05	0,05	0,10	7,52
93-94	0,25	0,27	2,15	1,06	0,67	0,29	1,17	0,23	0,11	0,04	0,04	0,05	6,33
94-95	0,08	0,08	0,38	1,81	0,56	0,94	0,16	0,09	0,03	0,05	0,02	0,04	4,24
95-96	0,01	0,08	0,31	0,40	1,77	0,51	0,19	0,11	0,06	0,05	0,04	0,05	3,59
95-97	0,23	1,23	2,12	1,61	0,34	0,14	0,07	0,09	0,16	0,10	0,04	0,02	6,16
97-98	0,03	0,17	0,95	0,74	0,29	0,67	0,50	0,66	0,12	0,06	0,03	0,13	4,36
98-99	1,16	1,03	1,00	1,00	1,46	0,88	0,32	0,25	0,10	0,07	0,03	0,04	7,35
99-00	0,01	0,26	0,87	0,40	0,50	0,29	0,71	0,16	0,07	0,06	0,04	0,02	3,39
00-01	0,22	0,92	0,58										

MEDIA	0,21	0,56	0,96	1,11	0,89	0,73	0,68	0,40	0,17	0,07	0,05	0,05	5,86
MAX	2,22	1,94	3,59	2,89	2,71	1,57	2,09	2,26	1,09	0,16	0,27	0,15	9,94
MIN	0,01	0,01	0,05	0,16	0,10	0,06	0,07	0,09	0,03	0,03	0,01	0,01	2,16

Como puede apreciarse, el caudal medio disponible asciende a 186 l/s, lo que a simple vista ya es indicativo de la escasa garantía de satisfacción de la demanda máxima admisible a pesar de la existencia de un volumen de regulación apreciable. En efecto, con ayuda del modelo AQUATOR se ha procedido a efectuar la simulación hidrológica del embalse en los siguientes supuestos:

- Volumen útil: según las Normas de Explotación existen dos alternativas: 5,171 hm³ con compuertas cerradas y 3,800 hm³ con compuertas abiertas. Si bien el Máximo Embalse Normal está definido legalmente a la cota 608 m, a la que coronan las compuertas, en la actualidad la presa se explota con compuertas abiertas, de forma la cota umbral de vertido se sitúa a la 606 m y se reduce la necesidad de una gestión compleja de los episodios de avenida.
- Curva cota-volumen-superficie: según Normas de Explotación:

Cota (m)	Sup (ha)	Vol (hm ³)
581	0,00	0
586	0,15	0,001
590	1,32	0,024
595	12,89	0,301
600	30,71	1,402
605	55,15	3,52
606	61,01	4,101
608	76,91	5,475

- Pérdidas por filtración: 10 l/s según Estudio de Alternativas de Abastecimiento a las Áreas Metropolitanas de Bilbao y Vitoria
- Evaporación desde el espejo de agua: serie diaria de evaporación obtenida mediante aplicación de la formulación de Penman a los registros de temperatura máxima y mínima con la siguiente evaluación estacional:

Mes	Evap media (mm/día)
oct	1,87
nov	1,32
dic	1,01
ene	1,05
feb	1,29
mar	1,61
abr	1,68
may	2,04
jun	2,18
jul	2,47
ago	2,55
sep	2,45

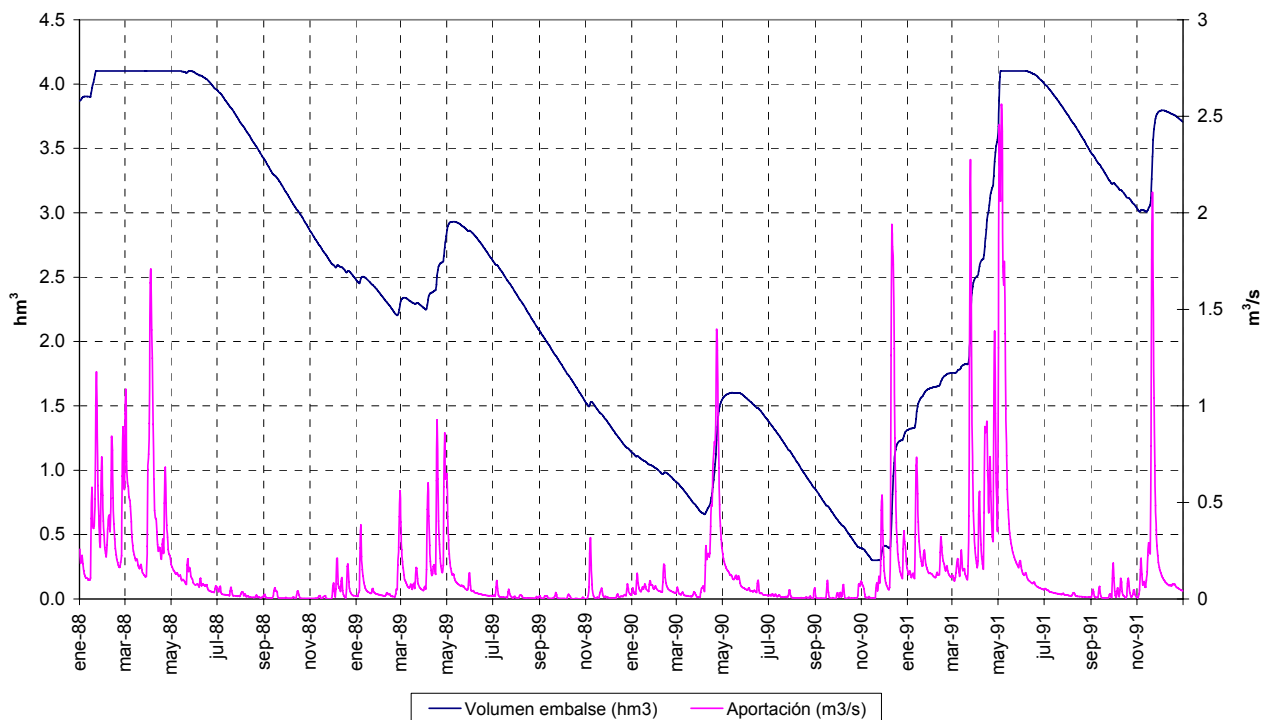
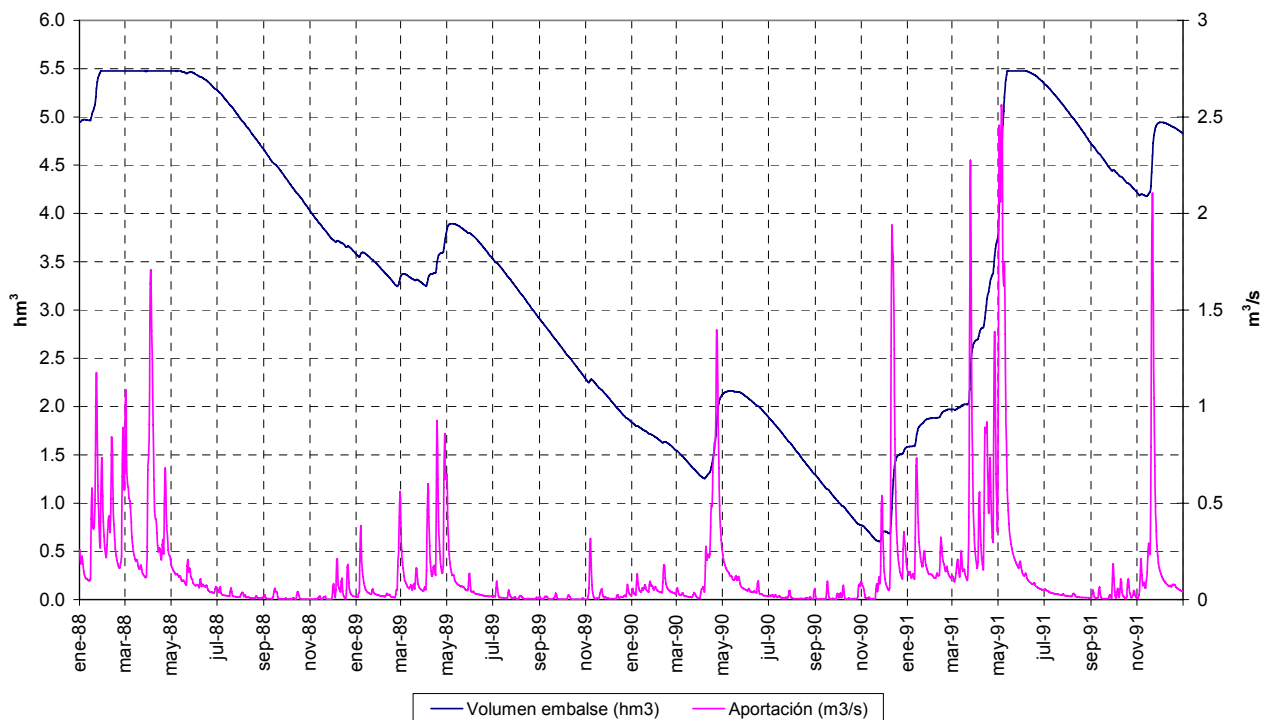
que se aplica a la superficie de embalse en cada instante.

- Caudal ecológico: 19 l/s constantes según Estudio de Alternativas

Obteniéndose las siguientes garantías volumétricas y temporales para demandas dependientes crecientes y las dos alternativas de explotación:

Caudal servido (l/s)	Compuertas abiertas		Compuertas cerradas	
	Garantía volumétrica (%)	Garantía temporal (%)	Garantía volumétrica (%)	Garantía temporal (%)
70	100	100	100	100
80	99,5	99,5	100	100
90	99,1	98,9	99,7	99,7
100	98,8	98,6	99,4	99,3
110	98,4	98,3	99,0	98,9
120	97,7	97,5	98,7	98,6
130	96,6	96,0	98,0	97,8
140	94,4	93,8	96,2	95,8
150	91,5	90,6	93,2	92,4
160	87,9	86,5	89,5	88,4
170	84,4	82,8	85,9	84,4
180	81,3	79,4	82,5	80,8
190	78,4	76,2	79,4	77,3
200	75,5	73,1	76,6	74,3

Como puede apreciarse, únicamente se puede garantizar al 100% un caudal de 70-80 l/s. En este sentido, operar con las compuertas bajadas no supone un aumento substancial en la fiabilidad del suministro. Para el caudal de concesión establecido, los déficits tanto volumétricos (% de demanda que no es satisfecha) como temporales (% del tiempo que no se consigue suministrar la demanda) se sitúan en torno al 25%.

Simulación Albina sequía del 89-90 (Demanda de 70 l/s - Compuertas abiertas)

Simulación Albina sequía del 89-90 (Demanda de 80 l/s - Compuertas cerradas)


Dada esta situación, caben varias alternativas de explotación a futuro:

- Alternativa 1: Suministro continuo de una demanda dependiente dentro del municipio de Legutiano y aporte de los recursos adicionales a Araka
- Alternativa 2: Operación como recurso complementario al Sistema Zadorra mediante el suministro de un caudal máximo de 200 l/s siempre que éste se encuentre disponible
- Alternativa 3: Empleo como obra excepcional en situaciones de escasez de forma que se pueda reducir en 200 l/s la captación de agua desde Ullibarri.

A continuación se evalúan las posibilidades de cada una de ellas.

Alternativa 1:

El aprovechamiento del recurso de la Presa de Albina corresponde a AMVISA y al abastecimiento de Vitoria. Asimismo, esta regulación ha sido empleada tradicionalmente en el suministro del municipio de Legutiano, de forma que, en teoría, desde ella se abastecería a los núcleos urbanos de Legutiano, Urbina, Gojain, Luco, Miñano Mayor y Menor, Ciriano y Retana, así como a los polígonos industriales de Legutiano y Gojain. Sin embargo, los actuales problemas de hierro y manganeso hacen que la mayor parte del municipio de Legutiano se suministre ahora desde Araka.

No obstante, no es descartable la implantación en cabecera de una potabilizadora con capacidad suficiente para el tratamiento de la demanda de Legutiano y que sea compatible con la calidad del agua afluyente, o incluso que sea capaz de tratar la totalidad del caudal concesional, recuperándose así el antiguo sistema de abastecimiento.

Según el estudio de “Caracterización y Cuantificación de las Demandas de agua en la CAPV y Estudio de prospectivas”, redactado por el Gobierno Vasco en Marzo 2004 y modificado posteriormente por la Agencia Vasca del Agua en el “Estudio de Alternativas de Abastecimiento a las Áreas Metropolitanas de Bilbao y Vitoria”, para el año horizonte de 2020 y en el Escenario 1 de mantenimiento del porcentaje de incontrolados actuales, la demanda esperable en el municipio de Legutiano asciende a:

CENTRO DE DEMANDA	LEGUTIANO	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	AMVISA	Población futura	1,801
				Dotación domestica (l/hab/día)	130,0
				Dotación comercial (l/hab/día)	7,8
				Dotación industrial (l/hab/día)	1.828,4
				Dotación municipal (l/hab/día)	8,5
				Dotación riego privado (l/hab/día)	35,8
				Dotación ganadera (l/hab/día)	35,8
				Dotación baja (l/hab/día)	2.046,3
				Porcentaje incontrolados	36,86%
				Dotación alta (l/hab/día)	3.240,6
				Consumo domestico (m³/año)	85.457
				Consumo comercial (m³/año)	5,139

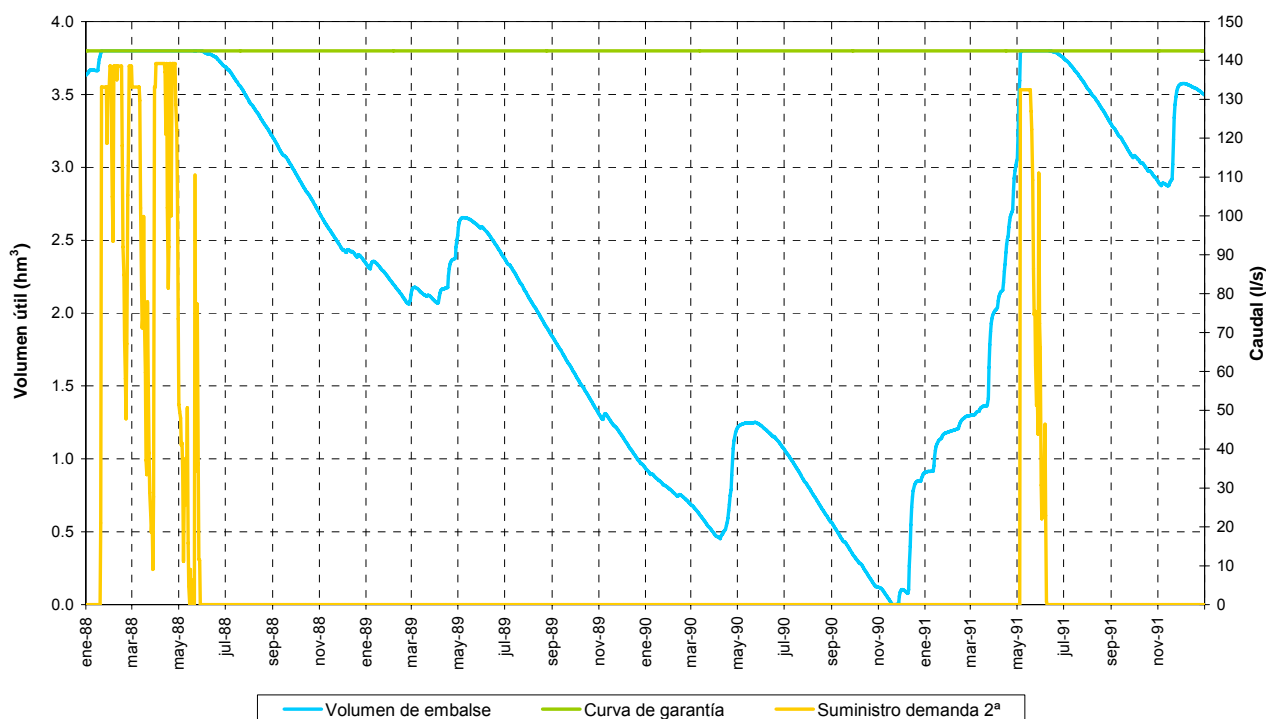
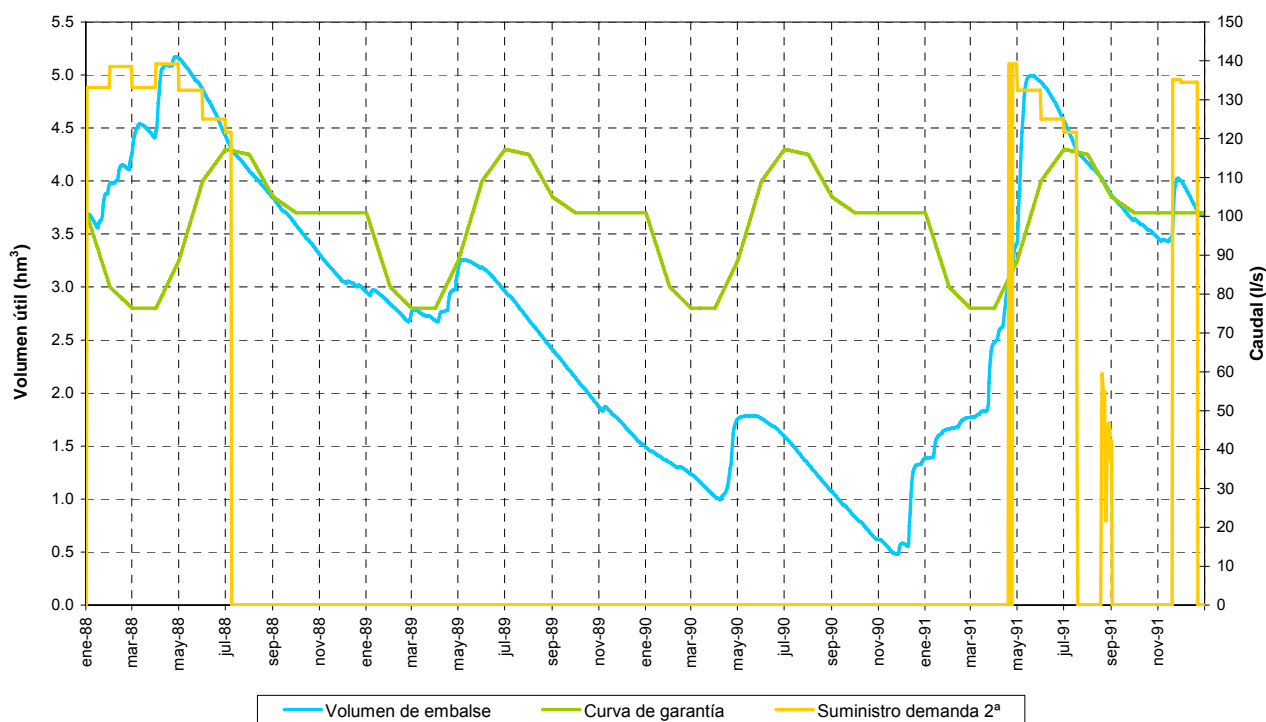
				Consumo industrial (m³/año)	1.201.907
				Consumo municipal (m³/año)	5.557
				Consumo riego privado (m³/año)	23.525
				Consumo ganadero (m³/año)	23.549
				Consumo baja (m³/año)	1.345.135
				Consumo alta (m³/año)	2.130.281
				Consumo alta (l/s)	67,6

Lo que supone un incremento demográfico de 551 habitantes (44% sobre población actual) y de una superficie industrial de 495 ha (150% sobre la actual). La variación estacional de esta demanda se supone similar a la registrada en el conjunto del Sistema AMVISA.

Como se ha visto anteriormente, esta demanda, que puede denominarse primaria, quedaría garantizada al 100% desde Albina tanto en el supuesto de compuertas abiertas como cerradas. Una vez satisfecha esta demanda, los excedentes existentes pueden enviarse a Araka para su distribución a Vitoria. Esto debe hacerse sin perjuicio del suministro a Legutiano, lo que en la práctica supone la definición de una curva de garantía en Albina por debajo de la cual solo puede detraerse del embalse la demanda primaria. Esta curva será variable mes a mes en función de la diferente disponibilidad estacional del recurso y para su obtención se ha efectuado un proceso iterativo mediante el software AQUATOR estableciendo como objetivo que no se produzca ningún déficit de dicha demanda y que además se disponga de un reserva estratégica de al menos 3 meses al 90% de este consumo. Finalmente resulta:

Vol útil (hm ³)	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Compuertas abiertas	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80
Compuertas cerradas	3,80	3,30	3,10	3,00	2,90	2,80	2,70	3,25	3,25	3,25	3,25	3,80

Como puede apreciarse en el caso de compuertas abiertas, la curva de garantía coincide con la curva de máximo llenado ya que en este caso no es posible disponer de la reserva estratégica requerida (que debería ubicarse, por tanto, en el Sistema Zadorra) y se explota a embalse vacío.

SIMULACIÓN ALBINA SEQUÍA 89-90 CON COMPUERTAS ABIERTAS Y DEMANDA 1ª DE 67,6 l/s

SIMULACIÓN ALBINA SEQUÍA 89-90 CON COMPUERTAS CERRADAS Y DEMANDA 1ª DE 67,6 l/s


Además de garantizar la demanda primaria, el suministro de una demanda secundaria hasta completar los 200 l/s de concesión asciende a un volumen medio anual de 0,766 hm³ para la

situación de compuertas abiertas y en 1,793 hm³ para el escenario de compuertas cerradas. Los caudales servidos a Vitoria mes a mes para diferentes probabilidades serían:

Mes	Compuertas abiertas					Compuertas cerradas				
	100%	90%	75%	50%	25%	100%	90%	75%	50%	25%
Enero	0,0	0,0	0,0	47,5	96,6	0,0	0,0	55,8	128,0	133,1
Febrero	0,0	0,0	0,5	68,7	118,1	0,0	7,6	138,6	138,6	138,6
Marzo	0,0	0,0	0,0	67,3	99,4	0,0	46,7	133,1	133,1	133,1
Abril	0,0	0,0	0,0	36,8	93,7	0,0	29,4	139,2	139,2	139,2
Mayo	0,0	0,0	0,0	0,9	38,1	0,0	0,0	68,4	132,5	132,5
Junio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	20,8	125,0
Julio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4
Agosto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
Septiembre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
Octubre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Noviembre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,5
Diciembre	0,0	0,0	0,0	0,0	53,4	0,0	0,0	0,0	0,0	104,1

Como puede apreciarse en este caso sí existe una mejora del suministro de la demanda secundaria mediante el incremento del nivel de explotación de la cota 606 a la 608 m, al disminuir en consecuencia los vertidos a cauce por el mayor volumen de regulación.

Alternativa 2:

En este caso, el embalse funciona como una captación de río con la ventaja añadida que supone el volumen de regulación. Así, siempre que sea posible, se envían a Araka 200 l/s y en su defecto, el máximo caudal aprovechable una vez descontadas las pérdidas y el caudal ecológico. Operando de esta forma, resultan los siguientes volúmenes mensuales detraíbles:

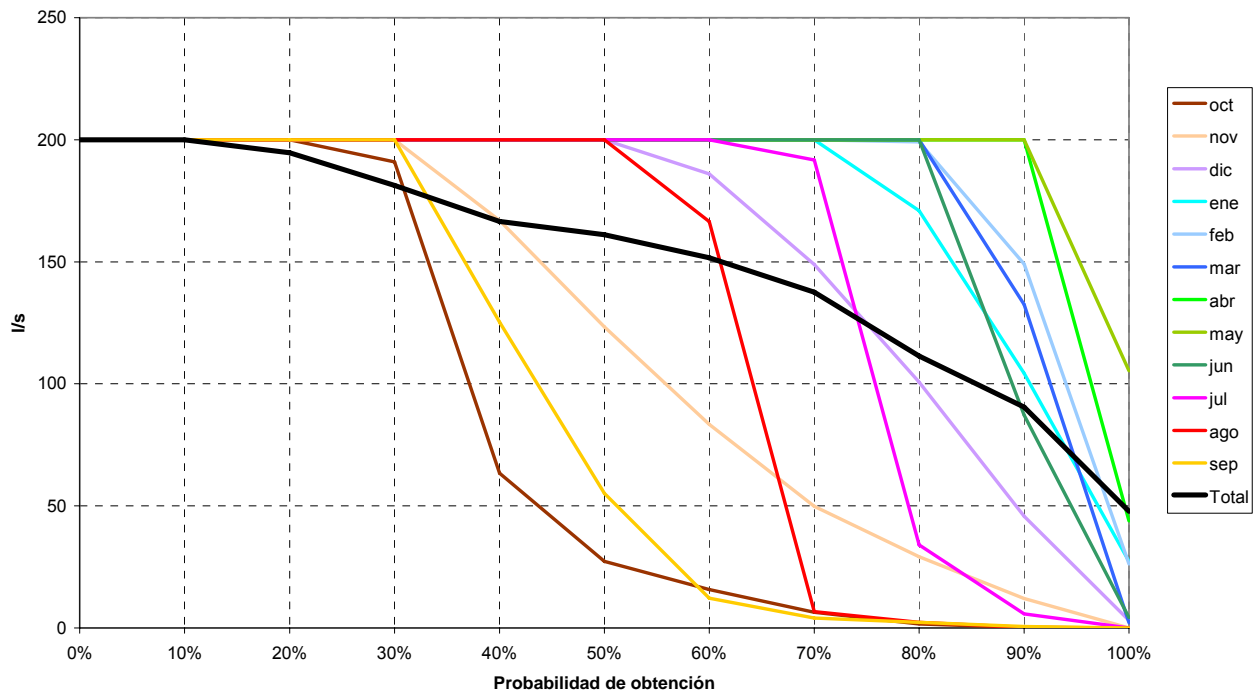
AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
50-51				0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,52	
51-52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,50	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,52	6,32
52-53	0,54	0,52	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,52	6,31
53-54	0,54	0,52	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,52	6,31
54-55	0,54	0,52	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,50	0,01	5,76
55-56	0,08	0,18	0,18	0,54	0,50	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,52	5,17
56-57	0,54	0,46	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,09	0,00	0,01	4,76
57-58	0,00	0,12	0,33	0,48	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,26	4,85
58-59	0,00	0,41	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,08	0,00	0,04	4,20
59-60	0,11	0,52	0,54	0,54	0,50	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,52	5,90
60-61	0,54	0,52	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,52	6,31
61-62	0,54	0,52	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,46	6,25
62-63	0,01	0,26	0,48	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,09	0,04	0,08	4,09
63-64	0,06	0,11	0,39	0,19	0,38	0,44	0,52	0,54	0,11	0,00	0,01	0,00	2,74
64-65	0,06	0,08	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,20	5,08
65-66	0,07	0,30	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,52	0,00	0,00	4,55
66-67	0,13	0,52	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,15	0,00	5,00
67-68	0,01	0,13	0,54	0,54	0,50	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,28	5,17
68-69	0,00	0,03	0,22	0,28	0,37	0,54	0,52	0,37	0,03	0,00	0,00	0,02	2,37
69-70	0,00	0,02	0,51	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,39	0,01	4,58

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
70-71	0,02	0,03	0,10	0,16	0,27	0,36	0,52	0,54	0,52	0,51	0,00	0,00	3,02
71-72	0,02	0,35	0,54	0,54	0,50	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,52	5,64
72-73	0,54	0,52	0,41	0,28	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,26	0,02	0,01	4,63
73-74	0,01	0,03	0,35	0,24	0,47	0,54	0,52	0,54	0,52	0,23	0,00	0,00	3,44
74-75	0,27	0,52	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,52	6,04
75-76	0,54	0,52	0,54	0,54	0,50	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,28	6,09
76-77	0,02	0,19	0,51	0,36	0,28	0,06	0,11	0,29	0,52	0,54	0,54	0,02	3,43
77-78	0,00	0,05	0,12	0,36	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,52	4,72
78-79	0,54	0,52	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,52	6,31
79-80	0,54	0,52	0,54	0,54	0,50	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,52	6,32
80-81	0,54	0,52	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,52	6,31
81-82	0,54	0,52	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,08	5,87
82-83	0,07	0,33	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,52	5,65
83-84	0,54	0,41	0,11	0,48	0,50	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,49	0,04	5,21
84-85	0,20	0,37	0,47	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,26	0,00	4,97
85-86	0,00	0,23	0,12	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,39	4,94
86-87	0,00	0,05	0,28	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,01	0,00	4,02
87-88	0,05	0,31	0,54	0,54	0,50	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,49	5,59
88-89	0,00	0,00	0,10	0,10	0,07	0,23	0,47	0,54	0,02	0,01	0,00	0,00	1,53
89-90	0,00	0,06	0,01	0,07	0,06	0,01	0,40	0,54	0,34	0,00	0,00	0,01	1,51
90-91	0,02	0,12	0,49	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,52	5,34
91-92	0,54	0,52	0,54	0,54	0,08	0,14	0,52	0,54	0,52	0,23	0,01	0,01	4,17
92-93	0,50	0,52	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,52	6,27
93-94	0,22	0,18	0,40	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,26	5,26
94-95	0,03	0,03	0,22	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,51	0,02	0,00	0,01	3,43
95-96	0,00	0,05	0,20	0,35	0,47	0,54	0,52	0,54	0,16	0,02	0,02	0,02	2,88
95-97	0,15	0,25	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,49	0,00	5,08
97-98	0,01	0,08	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,23	0,01	0,00	0,08	3,56
98-99	0,50	0,52	0,54	0,54	0,48	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,46	6,21
99-00	0,00	0,20	0,38	0,54	0,47	0,33	0,42	0,28	0,01	0,02	0,01	0,00	2,65
00-01	0,15	0,50	0,54										

MEDIA	0,22	0,30	0,43	0,47	0,45	0,49	0,50	0,52	0,46	0,41	0,34	0,24	4,81
MAX	0,54	0,52	0,54	0,54	0,50	0,54	0,52	0,54	0,52	0,54	0,54	0,52	6,32
MIN	0,00	0,00	0,01	0,07	0,06	0,01	0,11	0,28	0,01	0,00	0,00	0,00	1,51

Admitida la simulación efectuada, se puede calcular la probabilidad de obtener un determinado caudal medio en cada mes del año y en el propio año hidrológico.

I/s	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Total
Q ₁₀₀	0	0	3	27	26	2	44	105	4	0	0	0	48
Q ₉₀	0	12	46	104	149	133	200	200	87	6	0	1	90
Q ₈₀	2	29	101	171	199	200	200	200	200	34	2	2	111
Q ₇₀	6	50	149	200	200	200	200	200	200	192	7	4	138
Q ₆₀	16	83	186	200	200	200	200	200	200	200	166	12	152
Q ₅₀	27	123	200	200	200	200	200	200	200	200	200	55	161
Q ₄₀	63	167	200	200	200	200	200	200	200	200	200	125	167
Q ₃₀	191	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	181
Q ₂₀	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	195
Q ₁₀	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Q ₀	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Aprovechamiento del embalse Albina


Como puede apreciarse, en términos anuales, se garantiza como mínimo la captación de un caudal medio de 48 l/s, si bien los valores esperables en año medio se sitúan en el entorno de 150 l/s. A nivel mensual, lógicamente en los meses húmedos se puede razonablemente esperar la detracción del caudal concesional mientras que en verano, el recurso disponible disminuye.

Alternativa 3:

En el caso de que no plantee un aprovechamiento continuado del embalse de Albina, las aportaciones de su cuenca vertiente serán vertidas al embalse de Urrunaga y, por tanto, englobadas dentro del Sistema Zadorra, distribuyéndose a su vez entre turbinación por Barazar y abastecimiento al CABB y AMVISA. En este escenario, el embalse de Albina se encuentra lleno la mayor parte del tiempo. En concreto, se ha efectuado la simulación del periodo 1951-2000 para una demanda dependiente futura de tan solo 8 l/s (algo superior a la actual), considerando además las pérdidas por filtración y evaporación y el caudal ecológico. Operando de esta forma, resultan las siguientes probabilidades temporales de llenado referidas al volumen útil:

Probabilidad de llenado	Compuertas abiertas	Compuertas cerradas
100%	3,04	4,32
90%	3,43	4,75
80%	3,54	4,87
70%	3,63	4,97
60%	3,73	5,08
50%	3,79	5,16
40%	3,80	5,17

Probabilidad de llenado	Compuertas abiertas	Compuertas cerradas
30%	3,80	5,17
20%	3,80	5,17
10%	3,80	5,17
0%	3,80	5,17

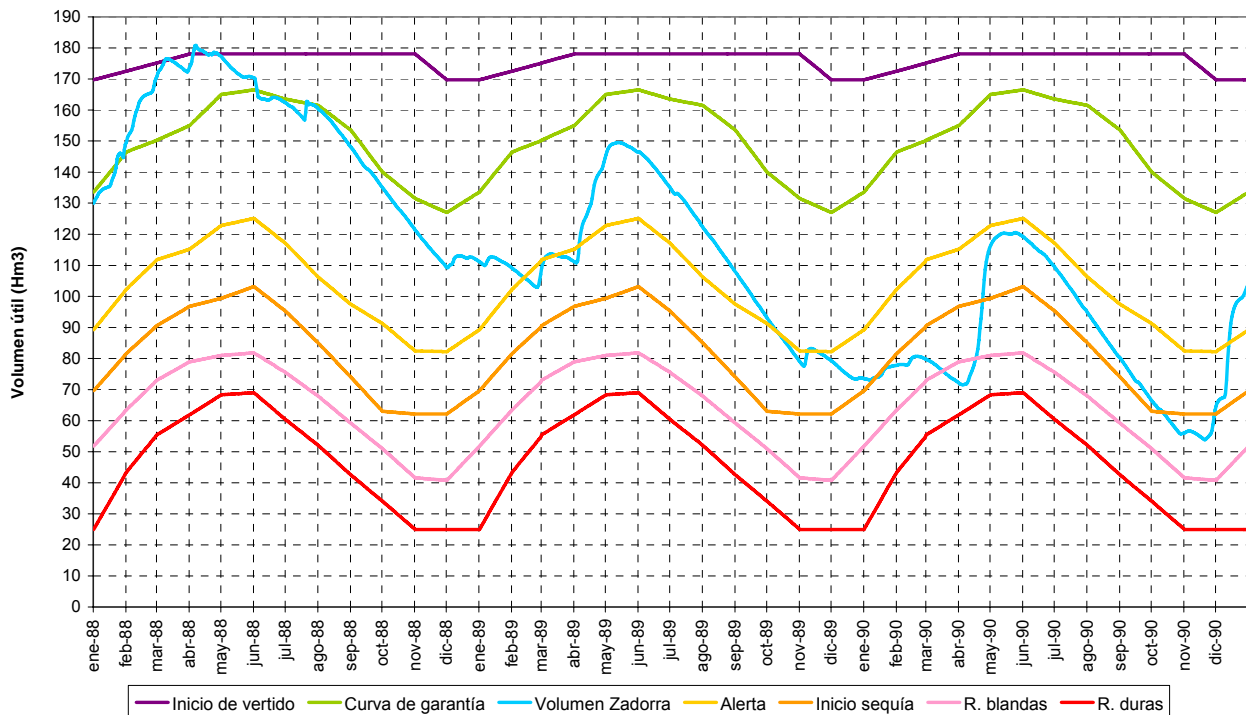
Como puede observarse, prácticamente la mitad del tiempo el embalse se encuentra completamente lleno, descendiendo como mínimo a aproximadamente el 80% de su capacidad. Sin llegar a constituir una obra de emergencia, en este escenario se puede establecer una activación del recurso de Albina cuando se registre en los embalses del Zadorra una situación de escasez. De esta forma se reduciría en 200 l/s el caudal captado desde Ullibarri mitigando el impacto de la sequía.

Se ha evaluado este extremo mediante el software AQUATOR descrito el capítulo 7, empleando a modo ejemplo como consigna de activación de Albina la curva asociada al umbral de Alerta, y estableciendo como alternativas el empleo o no de los dos metros finales de embalse (compuertas abiertas o cerradas). De esta forma, simulando el periodo 1951-2000 nivel diario, se ha obtenido lo siguiente:

– Conexión Albina (Comp. abiertas):

- Volumen útil mínimo en Zadorra: 53,83 hm³
- Volumen medio aportado al sistema: 0,198 hm³/año
- Periodo de activación: 574 días (11 años)

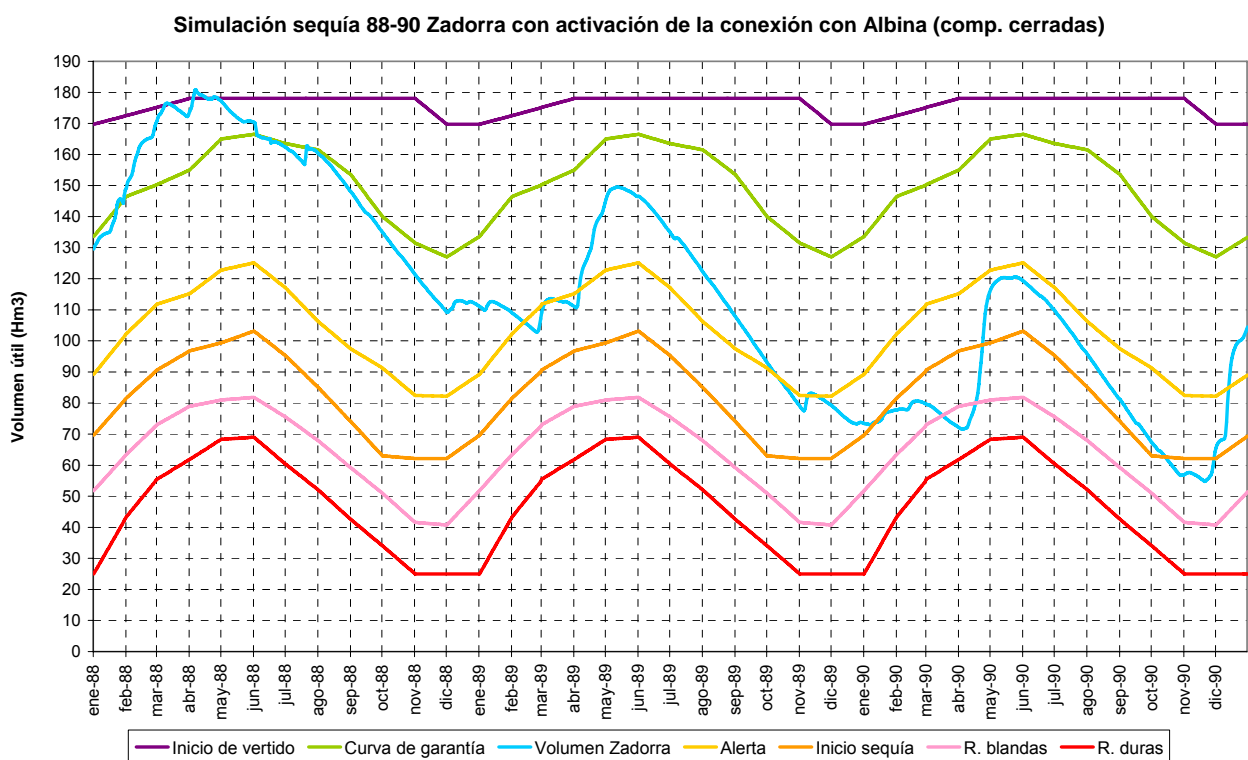
Simulación sequía 88-90 Zadorra con activación de la conexión con Albina (comp. abiertas)



El incremento de volumen mínimo respecto de la situación de no activación de esta captación asciende a 2,95 hm³, aproximadamente equivalente al volumen almacenado disponible.

– Conexión Albina (Comp. cerradas):

- Volumen útil mínimo en Zadorra: 54,76 hm³
- Volumen medio aportado al sistema: 0,218 hm³/año
- Periodo de activación: 631 días (11 años)



El incremento de volumen mínimo respecto de la situación de no activación de esta captación asciende a 3,88 hm³, aproximadamente equivalente al volumen almacenado disponible.

Como puede apreciarse, el incremento de volumen mínimo no es demasiado elevado pero sí significativo y supone un beneficio claro de cara a la gestión de una sequía.

5.4.4 Manantiales del Gorbea

AMVISA viene tradicionalmente explotando el acuífero del Gorbea para el abastecimiento a Vitoria. De hecho, este recurso constituyó el primer sistema de suministro de la ciudad a principios

del siglo pasado. En la actualidad se emplea exclusivamente como complemento a la captación de Ullibarri y Durana, así como para el abastecimiento al municipio de Zigoitia.

En este sentido se dispone de registros mensuales de los volúmenes captados en los manantiales y que se presentan a continuación:

CAPTACIÓN MANANTIALES DEL GORBEA

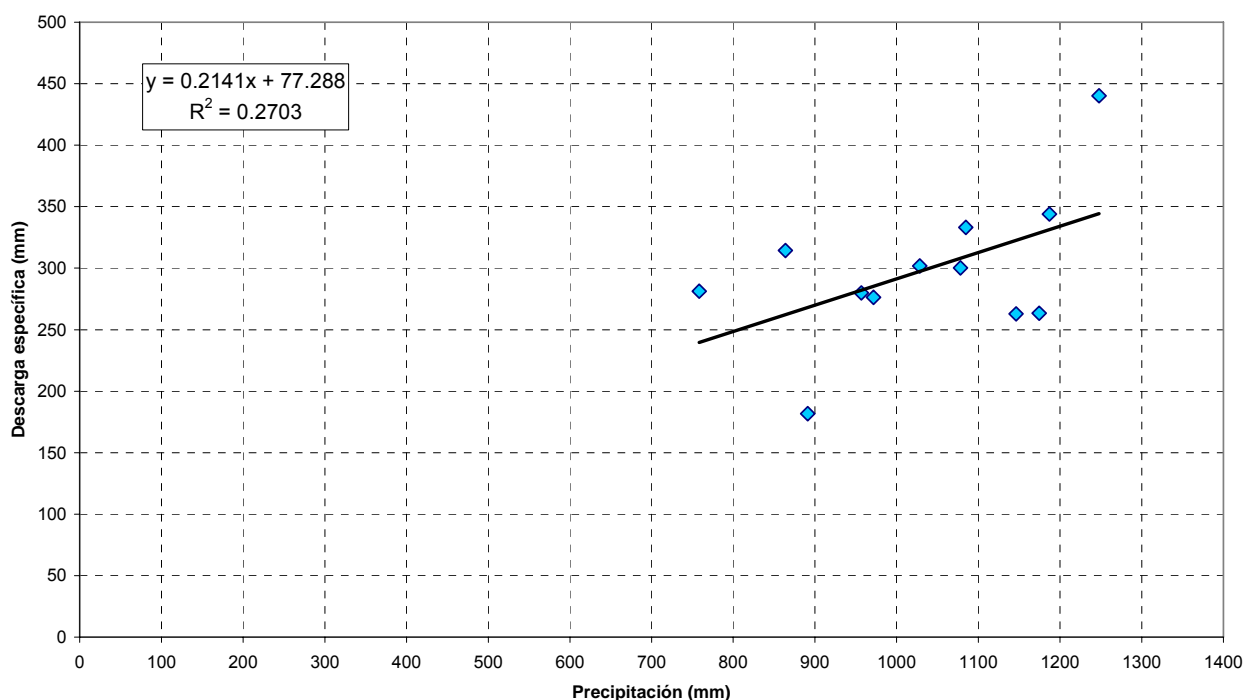
AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
91-92					0,10	0,12				0,12	0,08	0,07	
92-93	0,11	0,10	0,12	0,12	0,10	0,15	0,13	0,15	0,12	0,12	0,10	0,13	1,46
93-94	0,15	0,14	0,14	0,16	0,14	0,15	0,11	0,14	0,12	0,13	0,10	0,07	1,56
94-95	0,07	0,04	0,09	0,08	0,08	0,10	0,09	0,09	0,07	0,07	0,05	0,05	0,88
95-96	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,58
95-97	0,04	0,04	0,06	0,06	0,08	0,10	0,09	0,10	0,10	0,11	0,10	0,08	0,96
97-98	0,07	0,08	0,09	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,97
98-99	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,10	0,09	0,07	0,06	0,06	1,07
99-00	0,06	0,08	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	0,05	1,01
00-01	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,08	0,07	0,06	0,04	0,03	0,90
01-02	0,05	0,07	0,08	0,09	0,08	0,09	0,09	0,09	0,08	0,06	0,06	0,06	0,90
02-03	0,06	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08	0,08	0,07	0,05	0,05	0,08	0,08	0,84
03-04	0,09	0,09	0,11	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,08	0,07	0,07	0,07	1,10
04-05	0,05	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,84
05-06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,08	0,09	0,08	0,09	0,07	0,07	0,07	0,05	0,91
06-07	0,07	0,07	0,09										

MEDIA	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	1,00
MAX	0,15	0,14	0,14	0,16	0,14	0,15	0,13	0,15	0,12	0,13	0,10	0,13	1,56
MIN	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04	0,03	0,58

Como puede apreciarse, el caudal medio aprovechable se sitúa en torno a los 32 l/s, si bien en estiaje y en años secos, la cuantía del recurso desciende considerablemente, pudiendo descender hasta los 10 l/s

Desafortunadamente no se dispone de datos relativos a la sequía del 89-90, que definirían la fiabilidad de esta fuente de suministro. Para tratar de solventar este problema y dado que la información hidrogeológica disponible sugiere una relación directa con la precipitación, se ha obtenido la correlación a nivel anual entre el volumen aprovechado medido y la precipitación asociada a la zona de estudio, representada en este caso por la estación 9089C "Murua" de AEMET. Así se obtiene lo siguiente:

Correlación lluvia descarga en los manantiales del Gorbea



Como puede apreciarse, la correlación no es excesivamente buena, lo que puede ser indicativo de que el funcionamiento hidráulico del acuífero es más complejo que lo inicialmente pensado o que la capacidad de captación limita considerablemente el recurso aprovechable frente al realmente disponible. En cualquier caso, del análisis anterior sí se desprende una reducción del caudal captable con la precipitación que puede extrapolarse para el año más seco registrado, el 89-90, en el que la precipitación fue de 673,7 mm. En tal caso y con la relación anterior, se obtendría un caudal medio anual de 24 l/s, si bien el mínimo histórico del que se tiene constancia ocurrió en el año 95-96 con 18 l/s, que podría adoptarse como mínimo esperable en situación pésima.

5.4.5 Embalses del Gorbea

A pesar de constituir uno de los abastecimientos históricos de la ciudad de Vitoria, los embalses del Gorbea no se explotan actualmente en situación normal y únicamente operan en emergencia por sequía a través del sifón que los comunica con Undúrraga. No obstante, AMVISA posee concesión administrativa para la captación en este punto, que puede ser activada si las condiciones del servicio así lo aconsejan, por lo que en el presente apartado se aborda la estimación de sus posibilidades de aprovechamiento.

Mediante la aplicación del modelo TETIS particularizado y calibrado en la cuenca del Zadorra, se han obtenido las series diarias de aportaciones durante el periodo 1951-2000 para la cuenca propia del embalse, cuyas principales características se detallan a continuación.

EMBALSES DEL GORBEA – Superficie = 10,0 Km²

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
50-51				0,53	1,38	1,42	0,62	0,80	0,48	0,13	0,05	0,03	
51-52	0,50	1,06	1,25	2,53	2,08	0,97	1,50	0,47	0,14	0,09	0,03	0,05	10,67
52-53	0,85	1,64	2,13	2,36	2,36	0,40	0,29	0,28	0,51	0,15	0,04	0,09	11,10
53-54	1,25	0,61	0,41	2,93	2,76	1,43	1,02	1,14	0,29	0,20	0,07	0,06	12,17
54-55	0,10	0,31	1,30	1,63	1,16	0,92	0,21	0,08	0,05	0,04	0,02	0,02	5,85
55-56	0,20	0,46	0,63	2,03	1,75	0,61	1,16	0,80	0,21	0,06	0,03	0,04	7,98
56-57	0,13	1,88	0,76	1,04	0,57	0,28	0,29	0,42	0,32	0,10	0,03	0,02	5,84
57-58	0,01	0,61	0,83	1,83	0,67	1,36	1,28	0,32	0,16	0,12	0,04	0,02	7,25
58-59	0,05	1,35	1,51	1,35	0,47	0,77	0,66	0,61	0,21	0,06	0,03	0,07	7,14
59-60	1,07	1,37	2,28	1,48	0,83	0,91	0,40	0,13	0,05	0,02	0,02	0,04	8,60
60-61	0,74	1,02	3,81	2,57	0,81	0,23	0,32	0,28	0,17	0,05	0,02	0,05	10,07
61-62	0,78	2,12	0,94	1,30	2,00	0,96	1,09	0,56	0,17	0,05	0,02	0,02	10,02
62-63	0,05	1,55	1,68	1,21	1,09	1,57	0,99	0,25	0,16	0,13	0,43	0,89	9,98
63-64	0,48	0,64	1,02	0,65	0,80	1,03	1,58	0,27	0,08	0,03	0,02	0,02	6,62
64-65	0,86	0,89	2,29	2,09	0,71	1,29	1,33	0,56	0,16	0,05	0,03	0,24	10,51
65-66	0,65	1,25	2,67	1,05	1,05	1,26	0,52	0,75	0,58	0,14	0,05	0,02	9,98
66-67	1,05	2,68	2,20	1,50	0,37	0,37	0,55	0,53	0,19	0,06	0,03	0,02	9,53
67-68	0,09	1,31	2,31	2,70	1,05	1,05	0,75	0,32	0,19	0,06	0,04	0,03	9,91
68-69	0,02	0,36	1,29	0,87	0,93	1,13	1,09	0,60	0,24	0,08	0,04	0,24	6,88
69-70	0,12	0,32	3,38	1,56	1,66	1,24	0,60	0,55	0,18	0,06	0,07	0,02	9,77
70-71	0,16	0,51	0,82	0,77	0,99	1,78	0,93	0,93	0,89	0,22	0,07	0,04	8,11
71-72	0,14	2,12	1,61	2,25	1,88	1,10	1,18	1,64	0,53	0,13	0,25	0,36	13,19
72-73	0,33	0,39	0,96	1,18	2,09	1,06	1,04	0,32	0,35	0,09	0,13	0,12	8,08
73-74	0,34	0,44	1,39	0,90	2,11	1,71	0,74	0,37	0,12	0,06	0,06	0,12	8,35
74-75	2,28	2,29	1,34	1,07	0,82	1,94	1,87	0,67	0,48	0,09	0,05	0,08	12,99
75-76	0,37	2,20	1,27	1,16	1,70	0,98	1,26	0,37	0,09	0,07	0,04	0,08	9,60
76-77	0,49	1,17	1,39	0,98	0,77	0,48	0,75	1,41	1,76	0,51	0,48	0,15	10,34
77-78	0,14	0,68	1,10	2,75	2,30	1,47	1,83	1,17	0,41	0,17	0,06	0,03	12,11
78-79	0,44	0,69	0,89	2,81	1,98	1,40	2,34	0,84	0,33	0,10	0,12	0,66	12,62
79-80	0,80	2,22	1,40	1,70	0,55	1,67	0,90	1,26	0,56	0,21	0,07	0,04	11,37
80-81	1,66	1,20	2,82	2,79	1,31	0,91	1,19	0,71	0,18	0,12	0,10	0,05	13,05
81-82	0,60	0,28	2,36	1,81	1,47	1,69	0,50	0,19	0,17	0,06	0,06	0,07	9,25
82-83	1,52	1,76	3,44	1,07	1,49	1,63	1,25	0,39	0,14	0,08	1,37	0,28	14,43
83-84	0,09	0,21	1,04	1,91	2,03	0,86	0,80	1,06	0,62	0,12	0,06	0,31	9,10
84-85	1,16	1,21	1,48	2,33	0,88	1,23	0,51	1,31	0,28	0,11	0,04	0,01	10,56
85-86	0,02	1,58	0,78	2,67	1,78	1,05	1,22	0,62	0,19	0,06	0,03	0,11	10,11
86-87	0,20	0,51	1,43	1,83	1,33	1,06	0,92	0,24	0,15	0,07	0,04	0,02	7,80
87-88	0,36	1,78	0,84	1,48	1,44	1,21	1,50	0,72	0,57	0,24	0,08	0,09	10,31
88-89	0,08	0,07	0,96	0,75	0,58	0,66	1,63	0,55	0,15	0,05	0,02	0,02	5,54
89-90	0,03	0,65	0,52	0,79	0,56	0,23	1,84	0,58	0,17	0,06	0,03	0,03	5,48
90-91	0,28	1,21	1,76	1,11	0,71	1,38	1,78	2,45	0,25	0,07	0,03	0,10	11,14
91-92	0,67	2,27	0,63	0,57	0,37	1,25	1,43	0,46	0,41	0,23	0,07	0,17	8,53
92-93	3,40	1,65	2,19	0,38	0,44	0,76	1,07	0,60	0,34	0,11	0,09	0,44	11,46
93-94	1,14	0,74	2,94	1,59	0,89	0,51	1,53	0,41	0,15	0,05	0,04	0,07	10,06
94-95	0,45	0,61	1,17	2,79	1,17	1,55	0,30	0,21	0,07	0,09	0,03	0,03	8,48
95-96	0,04	0,38	1,02	1,01	2,46	0,89	0,37	0,34	0,11	0,06	0,05	0,27	7,00
95-97	1,04	2,12	2,72	1,92	0,65	0,19	0,06	0,24	0,78	0,45	0,09	0,05	10,31
97-98	0,06	1,07	1,97	1,26	0,75	0,97	1,13	0,90	0,23	0,07	0,03	0,19	8,63
98-99	1,73	1,35	1,56	1,31	1,69	1,36	0,58	0,47	0,15	0,06	0,05	0,04	10,35
99-00	0,09	1,33	1,49	0,84	0,80	0,62	1,09	0,34	0,12	0,05	0,04	0,02	6,83
00-01	0,78	1,53	1,12										

MEDIA	0,60	1,15	1,58	1,58	1,25	1,06	1,00	0,63	0,31	0,11	0,09	0,12	9,49
MAX	3,40	2,68	3,81	2,93	2,76	1,94	2,34	2,45	1,76	0,51	1,37	0,89	14,43
MIN	0,01	0,07	0,41	0,38	0,37	0,19	0,06	0,08	0,05	0,02	0,02	0,01	5,48

Como puede apreciarse, el caudal medio disponible asciende a 301 l/s lo que supone una aportación apreciable. Sin embargo el volumen de regulación disponible es escaso, lo que hace que prácticamente no se disponga de modulación del recurso y que la captación se comporte casi como una toma directa de río, con la fluctuación estacional que esto implica. En efecto, con ayuda del modelo AQUATOR se ha procedido a efectuar la simulación hidrológica de los embalses en los siguientes supuestos:

- Volumen útil: 194.000 m³ en conjunto (121.000 m³ en Gorbea I y 73.000 m³ en Gorbea II según datos de las respectivas Normas de explotación)
- Pérdidas por filtración y evaporación: 10 l/s según las Normas de explotación
- Caudal ecológico: 30 l/s constantes según el Estudio de Alternativas de Abastecimiento a las Áreas Metropolitanas de Bilbao y Vitoria

Obteniéndose las siguientes garantías volumétricas y temporales para demandas dependientes crecientes:

Caudal servido (l/s)	Garantía volumétrica (%)	Garantía temporal (%)
10	93,1	93,6
20	89,6	89,2
30	86,2	85,8
40	83,3	82,7
50	80,8	80,1
60	78,6	77,8
70	76,8	75,8
80	75,2	74,0
90	73,1	72,4
100	72,3	71,7
110	70,9	69,3
120	69,7	67,8
130	68,5	66,4
140	67,7	65,1
150	66,3	63,9
160	65,4	62,7
170	64,5	61,6
180	63,7	60,6
190	62,8	59,4
200	62,0	58,3

Como puede apreciarse, no es posible garantizar de forma continua ningún caudal de abastecimiento, lo que confirma la escasa fiabilidad de este recurso como fuente de suministro primaria. Además, se observa como prácticamente los déficits obtenidos responden a una modulación natural del caudal circulante, sin efecto aparente de la regulación. En este escenario, resulta más práctico emplear este aprovechamiento como recurso complementario que aporte

agua al sistema en aguas altas, posibilitando una reducción de las detracciones desde el Sistema Zadorra y, por tanto, la consecución de mayores reservas en estos embalses.

Así, teniendo en cuenta que la tubería de toma existente es de 500 mm de diámetro (actualmente no operativa), se estima una capacidad máxima de captación de 300 l/s (para una velocidad de circulación en la tubería 1,5 m/s) y, en tal caso, las volúmenes mensuales y anuales extraíbles serían:

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
MEDIA	0,30	0,57	0,75	0,76	0,67	0,69	0,63	0,49	0,21	0,04	0,03	0,06	5,19
MAX	0,80	0,78	0,80	0,80	0,75	0,80	0,78	0,80	0,78	0,35	0,54	0,58	6,89
MIN	0,00	0,00	0,23	0,27	0,13	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,49

En el apartado 5.5.8 se incluye un análisis adicional de este aprovechamiento como obra de emergencia en sequía.

5.5 Evaluación de los recursos disponibles en situación de emergencia

5.5.1 Cuenca Norte

Además de las obras de emergencia ejecutadas en la Cuenca Ebro como consecuencia de la situación de sequía acontecida en el 89-90, cuya fiabilidad se cuantifica más adelante, en la Cuenca Norte también se desarrollaron diversas actuaciones que, dado su grado de operatividad actual, pueden reducirse a efectos de este estudio a dos: las escorrentías del Arratia y los bombeos del Kadagua.

Su importancia en el Plan de Emergencia de AMVISA reside en el hecho de que su posible activación podría reducir la demanda del CABB con origen en el Zadorra, permitiendo así aumentar las reservas estratégicas del sistema. Por consiguiente en el presente apartado se aborda la evaluación de los recursos asociados esperables.

En primer lugar, mediante el modelo TETIS particularizado y calibrado en la cuenca del río Ibaizabal dentro del estudio de "Evaluación de los Recursos Hídricos Totales en el ámbito de la CAPV" se han obtenido las serie de aportaciones diarias circulantes en los diferentes puntos de toma de las escorrentías del Arratia durante el periodo 1951-2000 cuya caudal conjunto asciende como media a 536 l/s.

Punto	Área Tetis (km ²)	Ppt Mm/año	ETP mm/año	ETr mm/año	Apo mm/año	Apo Hm ³ /año	PS mm/año	ED % Qsim	IT % Qsim	FB % Qsim
Arroyo Belén	0,5	1546	956	847	697	0,3	0	21,1	60,3	18,6
Arroyo Artzuaga	1,5	1710	980	914	794	1,2	0	18,6	60,3	21,1
Arroyo Zulaibar	6,25	1751	980	921	829	5,2	0	21,3	48,1	30,6
Arroyo Uparan	4,25	1692	985	913	778	3,3	0	19,9	54,7	25,3
Arroyo Errekaigerra	3,0	1693	989	930	762	2,3	0	16,4	60,7	22,9
Arroyo Laureta	1,0	1634	1000	909	724	0,7	0	20,7	57,2	22,1

Punto	Área Tetis (km ²)	Ppt Mm/año	ETP mm/año	ETr mm/año	Apo mm/año	Apo Hm ³ /año	PS mm/año	ED % Qsim	IT % Qsim	FB % Qsim
Arroyo Etxarreta	1,0	1497	994	914	582	0,6	0	20,7	62,3	17,0
Arroyo Gorozitu	1,0	1497	994	914	582	0,6	0	20,7	62,3	17,0
Arroyo Lekubaso	1,25	1533	979	925	607	0,8	0	20,9	61,5	17,7
Arroyo Emandotroka	0,75	1531	966	905	625	0,5	0	12,4	68,1	19,5

Aplicando la capacidad de cada toma y sin considerar caudales ecológicos resulta que, en conjunto, el caudal medio aprovechable es de 268 l/s (8,45 hm³/año). Operando de igual forma, se han obtenido un volumen mínimo anual para el año más seco de 4,63 hm³

ESCORRENTÍAS DEL ARRATIA (TOTAL CAPTABLE) – Superficie = 22,77 Km²

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
50-51				1,25	1,77	1,31	0,90	1,00	0,61	0,30	0,23	0,17	
51-52	0,22	1,07	0,93	2,06	1,67	0,78	1,22	0,41	0,28	0,21	0,17	0,13	9,16
52-53	0,23	1,64	1,46	1,50	1,16	0,42	0,32	0,33	0,95	0,25	0,17	0,13	8,56
53-54	0,96	0,83	0,25	1,84	2,05	1,26	0,92	1,14	0,32	0,27	0,20	0,29	10,32
54-55	0,25	0,61	1,61	1,37	1,40	1,16	0,38	0,29	0,21	0,17	0,14	0,10	7,70
55-56	0,09	0,12	0,16	1,19	1,94	0,46	0,74	0,72	0,32	0,20	0,15	0,11	6,20
56-57	0,09	1,07	0,69	1,09	0,43	0,20	0,15	0,23	0,72	0,19	0,12	0,09	5,08
57-58	0,07	0,11	0,58	1,19	0,51	1,54	1,28	0,36	0,25	0,20	0,15	0,11	6,34
58-59	0,09	0,47	1,14	1,33	0,31	0,45	0,53	0,38	0,20	0,13	0,10	0,07	5,20
59-60	0,31	1,35	1,94	1,24	0,74	0,79	0,52	0,26	0,18	0,14	0,11	0,09	7,68
60-61	0,30	0,87	2,11	1,96	0,87	0,43	0,41	0,36	0,32	0,19	0,15	0,11	8,07
61-62	0,34	1,22	0,88	1,51	1,44	1,06	1,42	0,79	0,35	0,27	0,20	0,15	9,64
62-63	0,13	0,65	1,30	1,00	1,46	0,96	1,10	0,40	0,30	0,23	0,36	1,12	9,00
63-64	0,62	0,53	1,13	0,61	1,01	1,14	1,20	0,36	0,25	0,20	0,15	0,12	7,30
64-65	0,15	0,33	1,76	1,76	0,67	1,41	1,71	0,68	0,37	0,29	0,22	0,17	9,52
65-66	0,24	1,03	1,96	1,02	1,06	1,16	0,60	0,91	0,88	0,30	0,22	0,17	9,56
66-67	0,29	1,98	1,90	1,35	0,43	0,41	0,87	0,70	0,32	0,22	0,16	0,13	8,75
67-68	0,10	0,49	1,91	1,73	1,14	1,24	1,00	0,44	0,38	0,25	0,19	0,14	9,01
68-69	0,12	0,13	0,75	0,67	1,08	1,32	1,43	0,74	0,41	0,29	0,22	0,20	7,36
69-70	0,15	0,19	1,96	1,21	1,46	1,62	0,97	1,08	0,42	0,32	0,24	0,19	9,80
70-71	0,18	0,16	0,43	0,52	0,90	1,19	0,80	1,21	0,82	0,31	0,22	0,16	6,92
71-72	0,13	0,90	1,00	1,66	1,64	1,01	1,32	1,46	0,60	0,37	0,28	0,24	10,61
72-73	0,24	0,22	0,53	1,07	1,81	0,91	1,08	0,36	0,33	0,20	0,16	0,13	7,03
73-74	0,14	0,20	1,24	1,31	1,62	1,53	0,80	0,45	0,28	0,22	0,16	0,14	8,09
74-75	1,01	1,52	1,19	1,18	0,83	1,46	1,84	0,72	0,68	0,33	0,25	0,19	11,19
75-76	0,15	0,94	1,22	0,77	1,46	0,81	1,38	0,46	0,26	0,20	0,15	0,12	7,92
76-77	0,10	0,49	1,09	0,96	0,81	0,51	1,14	1,23	1,16	0,45	0,63	0,25	8,83
77-78	0,18	0,34	0,91	1,68	1,58	1,20	1,62	1,32	0,60	0,43	0,32	0,23	10,40
78-79	0,19	0,24	0,51	1,61	1,63	1,24	1,73	0,89	0,43	0,32	0,25	0,26	9,29
79-80	0,36	1,44	0,94	1,39	0,50	1,20	0,96	1,03	0,39	0,28	0,21	0,15	8,85
80-81	0,65	0,72	2,05	1,76	1,36	1,02	1,31	0,90	0,40	0,30	0,23	0,18	10,88
81-82	0,17	0,12	1,07	0,98	0,99	1,81	0,44	0,30	0,22	0,17	0,14	0,10	6,51
82-83	0,39	1,03	2,07	0,87	1,16	1,17	1,09	0,46	0,32	0,24	0,51	0,30	9,62
83-84	0,15	0,12	0,35	1,64	1,68	0,86	0,92	0,90	0,65	0,29	0,22	0,16	7,93
84-85	0,46	1,11	1,30	1,80	0,73	1,53	0,64	1,39	0,44	0,33	0,25	0,19	10,16
85-86	0,15	0,32	0,49	2,08	1,60	1,13	1,67	0,80	0,48	0,36	0,27	0,21	9,56
86-87	0,18	0,25	0,99	1,60	1,50	0,83	1,13	0,40	0,31	0,23	0,17	0,13	7,71
87-88	0,14	0,80	0,60	1,54	1,51	1,33	1,68	0,77	0,71	0,75	0,34	0,29	10,46
88-89	0,21	0,16	0,76	0,66	0,44	0,94	1,51	0,65	0,28	0,20	0,16	0,11	6,08
89-90	0,09	0,15	0,17	0,59	0,69	0,22	1,61	0,47	0,24	0,18	0,13	0,10	4,63
90-91	0,09	0,56	1,39	1,21	0,83	1,00	1,58	1,52	0,46	0,35	0,26	0,20	9,44

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
91-92	0,35	1,46	0,39	0,63	0,39	0,72	1,51	0,54	0,51	0,65	0,21	0,18	7,54
92-93	1,92	1,34	1,38	0,43	0,32	0,88	0,96	0,63	0,31	0,27	0,23	0,42	9,10
93-94	1,21	0,88	1,50	1,64	1,06	0,79	1,73	0,64	0,40	0,31	0,24	0,31	10,73
94-95	0,71	0,93	0,87	1,86	1,02	1,25	0,49	0,42	0,27	0,21	0,16	0,13	8,33
95-96	0,11	0,21	0,56	0,84	1,81	0,82	0,54	0,58	0,26	0,24	0,18	0,25	6,41
95-97	0,79	1,20	1,78	1,78	0,67	0,45	0,31	0,27	0,42	0,65	0,21	0,18	8,71
97-98	0,13	0,74	1,60	1,12	0,72	0,88	1,16	1,04	0,34	0,26	0,19	0,17	8,35
98-99	1,26	1,21	1,49	1,36	1,68	1,50	0,79	0,79	0,41	0,31	0,24	0,18	11,23
99-00	0,16	0,56	1,34	0,86	1,06	0,76	1,17	0,48	0,28	0,22	0,18	0,13	7,21
00-01	0,56	1,57	1,06										

MEDIA	0,35	0,73	1,13	1,29	1,13	1,00	1,05	0,69	0,43	0,29	0,22	0,19	8,45
MAX	1,92	1,98	2,11	2,08	2,05	1,81	1,84	1,52	1,16	0,75	0,63	1,12	11,23
MIN	0,07	0,11	0,16	0,43	0,31	0,20	0,15	0,23	0,18	0,13	0,10	0,07	4,63

Este valor es coherente con las estimaciones del Consorcio, que reflejan una media en años buenos de 300-400 l/s mientras que en el año 2002 y según datos recogidos en la memoria anual se captó un total de 8,736 hm³. Por otro lado, se pueden comparar los volúmenes simulados captables durante la sequía del 89-90 (considerando una capacidad máxima de 890 l/s) con los volúmenes aprovechados para el suministro a Bilbao tal y como se reflejan las memorias de 1990 y 1991 del CABB.

Mes	Volumen captable simulado (hm ³)	Volumen captado (hm ³)
Febrero 1990	0,687	0,048
Marzo 1990	0,223	0,402
Abril 1990	1,609	7,369
Mayo 1990	0,468	0,670
Junio 1990	0,243	1,042
Julio 1990	0,181	0,340
Agosto 1990	0,127	0,126
Septiembre 1990	0,095	0,246
Octubre 1990	0,090	1,058
Noviembre 1990	0,557	2,636
Diciembre 1990	1,390	5,014
Enero 1991	1,206	2,386
Febrero 1991	0,827	3,317
Marzo 1991	0,997	3,656

Como puede apreciarse, los volúmenes simulados son conservadores e inferiores a las detracciones acontecidas, por lo que el análisis en este caso quedaría de lado de la seguridad, aspecto deseable dada la dificultad que entraña la medición del caudal aportado.

En segundo lugar, para la estimación del volumen extraíble en los bombeos del Kadagua se ha empleado el modelo TETIS (en este caso la recalibración desarrollada dentro del "Estudio de Alternativas de Abastecimiento a las Áreas Metropolitanas de Bilbao y Vitoria), para obtener la serie diaria de caudales circulantes de 1951 a 2000 en los puntos de toma.

Punto	Área Tesis (km ²)	Ppt Mm/año	ETP mm/año	ETr mm/año	Apo mm/año	Apo Hm ³ /año	PS mm/año	ED % Qsim	IT % Qsim	FB % Qsim
Bombes del Kadagua en Balmaseda	215,0	1437	696	437	1000	215,0	0	22,9	34,3	42,7
Bombes del Kadagua en Ibarra	243,75	1423	694	455	968	235,9	0	21,9	35,5	42,6

A las que se ha aplicado el caudal de servidumbre establecido y la capacidad de bombeo dispuesta, así como la propia regulación del embalse de Ordunte. Operando de esta forma mediante el modelo AQUATOR, suponiendo un funcionamiento en continuo, el volumen medio anual bombeable resulta de 28,92 hm³, es decir, 917 l/s, con un mínimo en el año más seco de 23,88 hm³.

BOMBES DEL KADAGUA (TOTAL CAPTABLE) – Superficie = 226,56 Km²

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
50-51				1,25	1,77	1,31	0,90	1,00	0,61	0,30	0,23	0,17	
51-52	0,22	1,07	0,93	2,06	1,67	0,78	1,22	0,41	0,28	0,21	0,17	0,13	9,16
52-53	0,23	1,64	1,46	1,50	1,16	0,42	0,32	0,33	0,95	0,25	0,17	0,13	8,56
53-54	0,96	0,83	0,25	1,84	2,05	1,26	0,92	1,14	0,32	0,27	0,20	0,29	10,32
54-55	0,25	0,61	1,61	1,37	1,40	1,16	0,38	0,29	0,21	0,17	0,14	0,10	7,70
55-56	0,09	0,12	0,16	1,19	1,94	0,46	0,74	0,72	0,32	0,20	0,15	0,11	6,20
56-57	0,09	1,07	0,69	1,09	0,43	0,20	0,15	0,23	0,72	0,19	0,12	0,09	5,08
57-58	0,07	0,11	0,58	1,19	0,51	1,54	1,28	0,36	0,25	0,20	0,15	0,11	6,34
58-59	0,09	0,47	1,14	1,33	0,31	0,45	0,53	0,38	0,20	0,13	0,10	0,07	5,20
59-60	0,31	1,35	1,94	1,24	0,74	0,79	0,52	0,26	0,18	0,14	0,11	0,09	7,68
60-61	0,30	0,87	2,11	1,96	0,87	0,43	0,41	0,36	0,32	0,19	0,15	0,11	8,07
61-62	0,34	1,22	0,88	1,51	1,44	1,06	1,42	0,79	0,35	0,27	0,20	0,15	9,64
62-63	0,13	0,65	1,30	1,00	1,46	0,96	1,10	0,40	0,30	0,23	0,36	1,12	9,00
63-64	0,62	0,53	1,13	0,61	1,01	1,14	1,20	0,36	0,25	0,20	0,15	0,12	7,30
64-65	0,15	0,33	1,76	1,76	0,67	1,41	1,71	0,68	0,37	0,29	0,22	0,17	9,52
65-66	0,24	1,03	1,96	1,02	1,06	1,16	0,60	0,91	0,88	0,30	0,22	0,17	9,56
66-67	0,29	1,98	1,90	1,35	0,43	0,41	0,87	0,70	0,32	0,22	0,16	0,13	8,75
67-68	0,10	0,49	1,91	1,73	1,14	1,24	1,00	0,44	0,38	0,25	0,19	0,14	9,01
68-69	0,12	0,13	0,75	0,67	1,08	1,32	1,43	0,74	0,41	0,29	0,22	0,20	7,36
69-70	0,15	0,19	1,96	1,21	1,46	1,62	0,97	1,08	0,42	0,32	0,24	0,19	9,80
70-71	0,18	0,16	0,43	0,52	0,90	1,19	0,80	1,21	0,82	0,31	0,22	0,16	6,92
71-72	0,13	0,90	1,00	1,66	1,64	1,01	1,32	1,46	0,60	0,37	0,28	0,24	10,61
72-73	0,24	0,22	0,53	1,07	1,81	0,91	1,08	0,36	0,33	0,20	0,16	0,13	7,03
73-74	0,14	0,20	1,24	1,31	1,62	1,53	0,80	0,45	0,28	0,22	0,16	0,14	8,09
74-75	1,01	1,52	1,19	1,18	0,83	1,46	1,84	0,72	0,68	0,33	0,25	0,19	11,19
75-76	0,15	0,94	1,22	0,77	1,46	0,81	1,38	0,46	0,26	0,20	0,15	0,12	7,92
76-77	0,10	0,49	1,09	0,96	0,81	0,51	1,14	1,23	1,16	0,45	0,63	0,25	8,83
77-78	0,18	0,34	0,91	1,68	1,58	1,20	1,62	1,32	0,60	0,43	0,32	0,23	10,40
78-79	0,19	0,24	0,51	1,61	1,63	1,24	1,73	0,89	0,43	0,32	0,25	0,26	9,29
79-80	0,36	1,44	0,94	1,39	0,50	1,20	0,96	1,03	0,39	0,28	0,21	0,15	8,85
80-81	0,65	0,72	2,05	1,76	1,36	1,02	1,31	0,90	0,40	0,30	0,23	0,18	10,88
81-82	0,17	0,12	1,07	0,98	0,99	1,81	0,44	0,30	0,22	0,17	0,14	0,10	6,51
82-83	0,39	1,03	2,07	0,87	1,16	1,17	1,09	0,46	0,32	0,24	0,51	0,30	9,62
83-84	0,15	0,12	0,35	1,64	1,68	0,86	0,92	0,90	0,65	0,29	0,22	0,16	7,93
84-85	0,46	1,11	1,30	1,80	0,73	1,53	0,64	1,39	0,44	0,33	0,25	0,19	10,16
85-86	0,15	0,32	0,49	2,08	1,60	1,13	1,67	0,80	0,48	0,36	0,27	0,21	9,56
86-87	0,18	0,25	0,99	1,60	1,50	0,83	1,13	0,40	0,31	0,23	0,17	0,13	7,71
87-88	0,14	0,80	0,60	1,54	1,51	1,33	1,68	0,77	0,71	0,75	0,34	0,29	10,46
88-89	0,21	0,16	0,76	0,66	0,44	0,94	1,51	0,65	0,28	0,20	0,16	0,11	6,08

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
89-90	0,09	0,15	0,17	0,59	0,69	0,22	1,61	0,47	0,24	0,18	0,13	0,10	4,63
90-91	0,09	0,56	1,39	1,21	0,83	1,00	1,58	1,52	0,46	0,35	0,26	0,20	9,44
91-92	0,35	1,46	0,39	0,63	0,39	0,72	1,51	0,54	0,51	0,65	0,21	0,18	7,54
92-93	1,92	1,34	1,38	0,43	0,32	0,88	0,96	0,63	0,31	0,27	0,23	0,42	9,10
93-94	1,21	0,88	1,50	1,64	1,06	0,79	1,73	0,64	0,40	0,31	0,24	0,31	10,73
94-95	0,71	0,93	0,87	1,86	1,02	1,25	0,49	0,42	0,27	0,21	0,16	0,13	8,33
95-96	0,11	0,21	0,56	0,84	1,81	0,82	0,54	0,58	0,26	0,24	0,18	0,25	6,41
95-97	0,79	1,20	1,78	1,78	0,67	0,45	0,31	0,27	0,42	0,65	0,21	0,18	8,71
97-98	0,13	0,74	1,60	1,12	0,72	0,88	1,16	1,04	0,34	0,26	0,19	0,17	8,35
98-99	1,26	1,21	1,49	1,36	1,68	1,50	0,79	0,79	0,41	0,31	0,24	0,18	11,23
99-00	0,16	0,56	1,34	0,86	1,06	0,76	1,17	0,48	0,28	0,22	0,18	0,13	7,21
00-01	0,56	1,57	1,06										

MEDIA	0,35	0,73	1,13	1,29	1,13	1,00	1,05	0,69	0,43	0,29	0,22	0,19	8,45
MAX	1,92	1,98	2,11	2,08	2,05	1,81	1,84	1,52	1,16	0,75	0,63	1,12	11,23
MIN	0,07	0,11	0,16	0,43	0,31	0,20	0,15	0,23	0,18	0,13	0,10	0,07	4,63

Como contraste de estos resultados, se pueden comparar los volúmenes simulados captables durante la sequía del 89-90 (considerando una capacidad máxima de 1000 l/s) con los volúmenes aprovechados para el suministro a Bilbao tal y como se reflejan las memorias de 1990 y 1991 del CABB.

Mes	Volumen captable simulado (hm ³)	Volumen captado (hm ³)
Febrero 1990	2,419	0,484
Marzo 1990	2,657	0,763
Abril 1990	2,592	1,608
Mayo 1990	2,678	1,093
Junio 1990	2,592	0,991
Julio 1990	2,293	0,892
Agosto 1990	1,030	0,822
Septiembre 1990	0,725	0,846
Octubre 1990	1,979	0,811
Noviembre 1990	2,592	0,923
Diciembre 1990	2,678	1,205
Enero 1991	2,678	0,966

Como puede apreciarse, los volúmenes simulados resultan claramente superiores a las detracciones realmente registradas. No obstante, en esta comparación no se ha considerado que durante la sequía el embalse de Ordunte siguió proporcionando caudal, con mínimos del orden de 800 l/s, lo que, teniendo en cuenta la capacidad de transporte del canal de abastecimiento, implicaría máximos captables del orden de 400 l/s, es decir, de 1 hm³/mes, valores coherentes con lo indicado en las memorias del CABB.

5.5.2 Captación y bombeo del río Bayas en Techa

Para la estimación de los recursos superficiales en el este punto se puede emplear el modelo TETIS calibrado para la cuenca del río Bayas. El punto de cálculo asociado sería el X = 509.000 /

Y = 4.742.000, al que corresponde una superficie vertiente en el modelo de 203,5 km², si bien la cuenca real obtenida a partir de la cartografía oficial 1:5000 de la DFA es de 211,3 km², por lo que se efectuará una escalación. De esta forma, se obtiene:

- Superficie de cuenca adoptada: 211,3 km²
- Precipitación media anual: 1207 mm
- Evapotranspiración potencial media anual: 739 mm
- Evapotranspiración real media anual: 590 mm
- Aportación media anual: 617 mm
- Pérdidas subterráneas: 0 mm
- Escorrentía superficial: 28,2% del caudal simulado
- Interflujo o flujo subsuperficial: 36,5% del caudal simulado
- Flujo base: 35,3% del caudal simulado

CAPTACIÓN DE TECHA – Superficie = 211,3 Km²

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
50-51				16,73	22,86	18,62	6,59	12,01	5,64	1,16	0,49	0,36	
51-52	0,87	8,70	10,13	39,02	30,51	13,37	19,06	3,03	0,91	1,09	0,26	0,30	127,24
52-53	2,58	17,23	29,63	42,72	24,61	3,45	1,29	1,22	5,91	0,67	0,21	0,58	130,11
53-54	14,21	5,45	1,95	38,83	46,19	18,65	13,67	17,18	5,13	0,83	0,43	0,45	162,99
54-55	0,41	1,16	6,72	15,59	20,16	9,75	1,53	0,72	0,74	0,37	0,18	0,32	57,65
55-56	1,36	3,19	5,59	21,02	17,83	5,15	11,92	8,89	5,19	1,35	0,38	0,44	82,31
56-57	0,63	26,67	15,14	16,11	4,43	1,62	0,92	1,81	2,70	0,56	0,14	0,21	70,94
57-58	0,20	5,98	6,72	19,73	11,18	17,53	15,80	5,29	1,73	0,92	0,40	0,27	85,75
58-59	0,33	6,88	18,01	22,54	9,41	4,28	5,27	9,01	4,09	0,80	0,56	0,67	81,84
59-60	6,34	17,96	50,09	31,65	16,54	14,39	2,86	1,01	0,61	0,21	0,47	0,28	142,43
60-61	4,87	14,23	50,13	44,66	12,35	2,76	3,91	2,78	2,04	0,52	0,29	0,77	139,31
61-62	10,61	39,19	16,08	21,12	30,58	14,69	16,01	7,16	2,02	0,64	0,25	0,26	158,61
62-63	0,69	15,74	25,81	16,36	15,35	18,71	11,98	2,86	1,47	1,06	3,24	13,26	126,53
63-64	6,17	8,26	16,41	6,82	10,85	12,67	24,49	2,98	0,90	0,44	0,41	0,30	90,70
64-65	5,45	9,72	30,37	32,71	9,32	20,74	20,29	7,09	1,65	0,59	0,49	2,45	140,86
65-66	11,18	19,54	41,63	14,20	17,84	20,72	8,73	13,92	14,56	1,80	0,53	0,34	165,01
66-67	12,20	54,66	40,46	21,41	4,26	4,31	9,83	11,76	2,95	0,85	0,40	0,37	163,46
67-68	1,25	23,41	45,25	45,10	19,21	16,54	15,80	5,69	3,33	1,01	0,90	0,31	177,81
68-69	0,17	1,98	16,96	9,20	13,46	16,38	17,92	8,09	3,30	0,85	0,48	3,18	91,98
69-70	1,04	3,81	52,67	26,58	29,12	20,06	7,12	10,61	2,31	0,69	1,45	0,65	156,11
70-71	2,99	5,14	11,79	12,38	11,67	26,14	13,84	21,90	12,89	2,58	0,85	0,53	122,71
71-72	1,00	34,32	24,80	33,85	32,18	13,22	17,66	25,04	8,45	1,46	2,68	7,82	202,48
72-73	5,60	3,26	8,51	18,57	37,40	14,26	13,04	3,10	4,17	0,69	1,67	1,03	111,30
73-74	3,02	3,72	14,94	9,32	29,88	26,41	9,61	2,83	0,93	0,54	0,54	0,68	102,42
74-75	27,24	27,33	16,47	15,46	9,61	24,01	32,74	10,67	9,35	1,23	0,60	0,69	175,39
75-76	2,92	30,89	18,10	15,78	21,22	8,74	19,23	4,50	1,14	0,81	0,84	1,17	125,36
76-77	3,97	9,29	11,08	8,31	7,45	6,15	14,73	25,12	24,88	6,60	3,61	0,65	121,84
77-78	0,94	3,71	13,31	34,22	22,02	19,58	26,71	14,91	4,25	1,28	0,57	0,26	141,78
78-79	3,49	8,13	9,79	34,14	29,49	17,90	28,94	10,43	2,97	1,16	1,23	7,01	154,70
79-80	13,28	40,70	18,53	23,34	6,47	16,80	12,97	24,00	11,84	3,08	0,90	0,49	172,40
80-81	12,61	17,61	53,10	43,89	18,05	12,06	25,31	12,23	2,53	2,36	1,23	0,63	201,61
81-82	6,24	3,52	26,74	23,87	21,23	23,93	5,62	2,86	3,60	0,73	0,70	0,67	119,70
82-83	12,50	27,25	51,17	14,23	18,97	20,53	23,64	6,00	1,65	1,39	12,76	4,22	194,32
83-84	1,39	1,61	14,70	27,46	31,51	13,08	7,87	17,56	11,05	1,52	0,74	2,48	130,96
84-85	11,61	16,01	18,50	27,34	9,73	15,92	6,27	14,49	3,28	1,43	0,41	0,14	125,14

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
85-86	0,27	10,76	5,47	34,55	29,35	12,26	17,33	8,30	1,78	0,59	0,31	0,85	121,80
86-87	0,59	2,16	15,97	33,95	25,12	13,32	10,79	2,01	1,68	0,73	0,29	0,20	106,82
87-88	4,50	31,27	11,38	23,24	29,18	26,32	40,76	10,84	8,09	11,04	1,61	1,23	199,46
88-89	0,63	0,49	6,75	4,98	5,64	7,17	25,33	7,54	1,82	0,59	0,39	0,39	61,73
89-90	0,25	7,14	5,08	9,45	3,60	1,44	30,81	8,05	1,74	0,57	0,24	0,31	68,66
90-91	1,20	10,56	26,06	15,74	11,84	26,99	31,53	48,52	3,31	0,88	0,38	0,97	177,98
91-92	6,00	35,58	5,24	4,97	2,45	23,32	25,17	6,14	6,95	3,16	0,84	1,91	121,73
92-93	54,46	24,71	28,26	2,79	5,12	11,13	10,42	8,85	3,41	1,29	1,77	6,19	158,42
93-94	15,60	9,64	42,02	27,85	11,02	5,66	26,30	5,24	1,79	0,68	0,48	0,68	146,96
94-95	4,89	7,60	14,34	50,61	18,08	22,84	4,41	3,42	0,85	1,05	0,35	0,51	128,96
95-96	0,39	3,20	9,82	11,92	35,18	11,41	3,74	2,54	0,94	0,64	0,65	1,78	82,19
95-97	9,36	21,11	38,95	28,67	7,12	1,91	0,74	1,82	6,04	6,42	1,01	0,78	123,93
97-98	0,81	11,80	26,58	15,74	6,77	12,03	12,50	11,41	1,76	0,59	0,41	1,78	102,18
98-99	22,17	17,27	20,42	20,02	27,46	18,23	6,01	4,83	1,44	0,74	0,35	0,47	139,39
99-00	0,77	16,60	23,88	10,82	10,60	6,82	15,86	3,56	1,08	0,66	0,48	0,22	91,36
00-01	8,72	21,22	14,27										

MEDIA	6,40	14,95	21,72	22,79	18,03	14,28	14,70	9,24	4,26	1,46	1,02	1,45	130,31
MAX	54,46	54,66	53,10	50,61	46,19	26,99	40,76	48,52	24,88	11,04	12,76	13,26	202,48
MIN	0,17	0,49	1,95	2,79	2,45	1,44	0,74	0,72	0,61	0,21	0,14	0,14	57,65

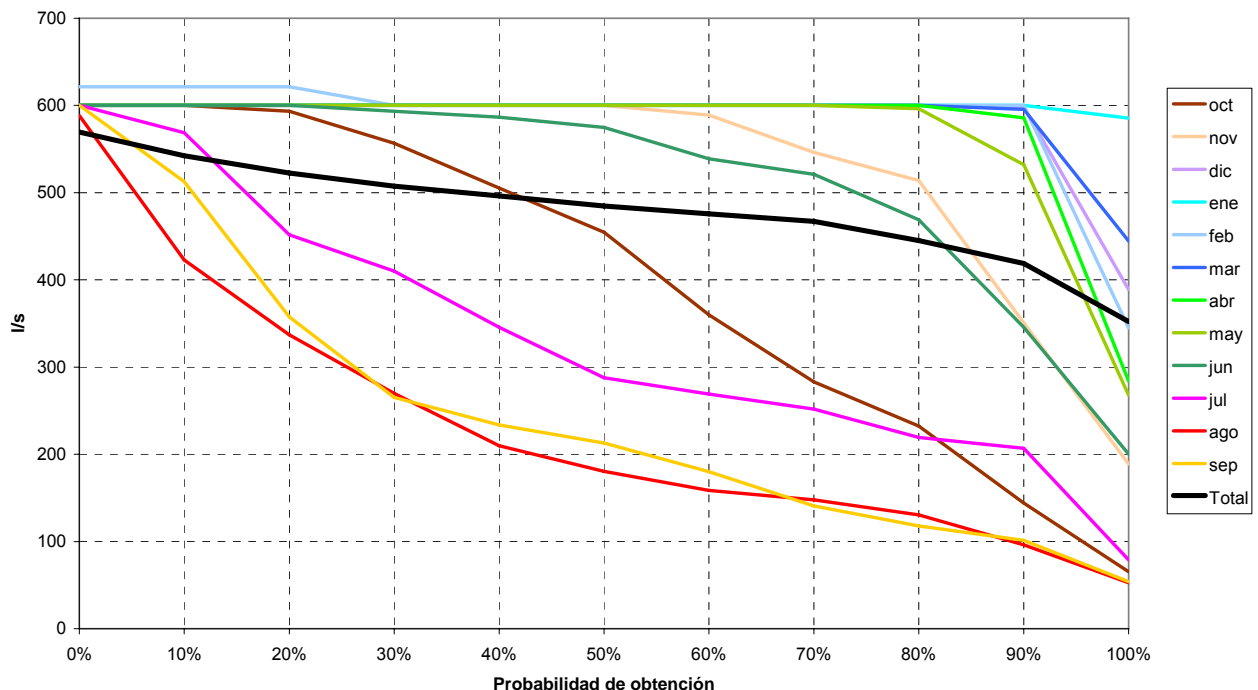
Como contraste de estos resultados, se pueden comparar los volúmenes simulados captables durante la sequía del 89-90 (considerando una capacidad máxima de 600 l/s) con los volúmenes aprovechados para el suministro a Vitoria tal y como se reflejan las memorias de 1990 y 1991 del CABB.

Mes	Volumen captable simulado (hm ³)	Volumen captado (hm ³)
Octubre 1990	0,693	0,107
Noviembre 1990	1,552	1,058
Diciembre 1990	1,607	0,988
Enero 1991	1,607	1,670
Febrero 1991	1,452	1,549
Marzo 1991	1,607	1,329
Abril 1991	1,555	0,582

Como puede apreciarse, los volúmenes simulados son compatibles con las detracciones acontecidas salvo en los meses inicial y final, que no fueron de operación completa. Admitida la simulación efectuada, se puede calcular la probabilidad de obtener un determinado caudal medio en cada mes del año y en el propio año hidrológico. Para ello, se ha tenido en cuenta que la capacidad máxima de la infraestructura es de 600 l/s y se ha obviado la posible necesidad de mantener caudales ambientales en el tramo aguas abajo, dado el carácter de emergencia de la obra. Así, se tienen los siguientes caudales mínimos captables asociados a distintas probabilidades:

l/s	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Total
Q₁₀₀	65	189	389	585	345	445	284	268	200	79	53	54	352
Q₉₀	144	351	598	600	600	595	586	532	346	207	96	101	419
Q₈₀	232	514	600	600	600	600	600	596	469	219	131	118	445
Q₇₀	283	546	600	600	600	600	600	600	521	252	148	141	467

I/s	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Total
Q ₆₀	360	589	600	600	600	600	600	600	539	269	158	180	476
Q ₅₀	455	600	600	600	600	600	600	600	575	288	180	213	485
Q ₄₀	505	600	600	600	600	600	600	600	587	346	210	234	496
Q ₃₀	557	600	600	600	600	600	600	600	593	410	270	265	507
Q ₂₀	593	600	600	600	621	600	600	600	600	452	337	357	523
Q ₁₀	600	600	600	600	621	600	600	600	600	569	423	513	542
Q ₀	600	600	600	600	621	600	600	600	600	600	588	600	569

Aprovechamiento de la captación del río Bayas en Techa


Como puede apreciarse, en términos anuales, se garantiza como mínimo la captación de un caudal medio de 352 l/s, si bien los valores esperables en año medio se sitúan en el entorno de 400-500 l/s. A nivel mensual, lógicamente son los meses húmedos los que mayor caudal potencial podrían aportar, con una probabilidad muy elevada de alcanzar los 600 l/s de media. En los meses de verano, en cambio, no son esperables captaciones mayores de 100-200 l/s.

5.5.3 Captación y bombeo del río la Torca en Nanclares de Oca

El acuífero de Subijana posee unas características hidrogeológicas y una potencia tal que le hacen idóneo para su aprovechamiento, bien por captación de sus surgencias naturales o por bombeo de sus reservas subterráneas. En el primer caso, la infraestructura de captación disponible, recoge las aguas del arroyo La Torca en Nanclares (tanto las surgencias subterráneas de la subunidad Nanclares como las superficiales de una cuenca vertiente de aproximadamente 5,63 km²) y las bombea a Araka. La capacidad de bombeo se cifra en 600 l/s.

Es precisamente en este punto de toma en el que el EVE dispone de una estación de aforos que ha venido operando a intervalos desde 1985. Los datos disponibles son los siguientes:

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
84-85									0,63	0,56	0,40	0,27	
85-86	0,23	0,96	0,65	2,14	2,49	0,88	1,43	0,79	0,48	0,47	0,40	0,50	11,42
86-87	0,44	0,58	1,18	2,15	2,15	0,94	1,81	0,54	0,71	0,59	0,65	0,48	12,24
87-88	0,76	2,28	1,69	2,11	1,56	3,11	4,79	1,92	1,33	0,97	0,55	0,58	21,65
88-89	0,55	0,63	0,78	0,62	0,55	0,75	2,55	1,09	1,09	0,61	0,32	0,30	9,83
89-90	0,26			1,73	0,50	0,55	1,39	0,59	0,54	0,50	0,44	0,34	
94-95	0,93	1,26	1,39	3,99	0,80	1,76	0,72	0,63	0,54	0,61	0,47	0,47	13,56
95-96	0,55	0,56	1,14	1,06	1,53	1,35	0,71	0,76	0,64	0,50	0,44	0,49	9,73
96-97	1,04	1,43	2,54						0,85	0,40	0,42	0,55	
98-99	1,37		1,01	1,85	2,33	0,92	0,54	0,81	0,51	0,58	0,55	0,27	
99-00	0,36	1,93	2,01	0,55	0,84	0,45	1,21	1,06	0,53				
00-01				1,97	1,11	1,52	0,92	0,64	0,39	0,38	0,25	0,18	
01-02	0,33	1,55	0,64										

Media	0,62	1,24	1,30	1,82	1,39	1,22	1,61	0,88	0,69	0,56	0,44	0,40	13,07
MAX	1,37	2,28	2,54	3,99	2,49	3,11	4,79	1,92	1,33	0,97	0,65	0,58	21,65
MIN	0,23	0,56	0,64	0,55	0,50	0,45	0,54	0,54	0,39	0,38	0,25	0,18	9,73

En principio, los datos anteriores apuntan a un caudal medio disponible de 414 l/s, coherente con las estimaciones de recursos renovables anteriores. Sin embargo, no se dispone de información relativa a la sequía del 89-90, precisamente cuando la utilidad de esta captación cobra sentido. Para solventar este problema, se propone ajustar un modelo sencillo de transformación lluvia-escorrentía.

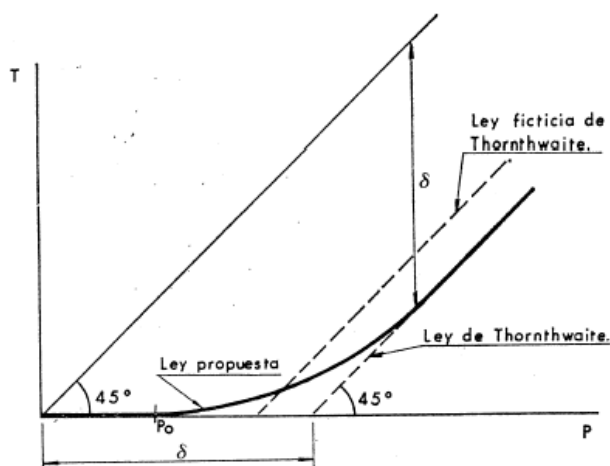
En lo que respecta a la componente superficial vertiente al punto de toma, se puede emplear el modelo TETIS calibrado para la cuenca del Zadorra. El punto de cálculo sería el $X = 515.000 / Y = 4.740.500$, al que corresponde una superficie vertiente en el modelo de $3,75 \text{ km}^2$, si bien la cuenca real obtenida a partir de la cartografía oficial 1:5000 de la DFA es de $5,63 \text{ km}^2$, por lo que se efectuará una escalación. De esta forma, se obtiene:

- Superficie de cuenca adoptada: $5,63 \text{ km}^2$
- Precipitación media anual: 1141 mm
- Evapotranspiración potencial media anual: 917 mm
- Evapotranspiración real media anual: 593 mm
- Aportación media anual: 547 mm
- Pérdidas subterráneas: 0 mm
- Escorrentía superficial: 21,7% del caudal simulado
- Interflujo o flujo subsuperficial: 2,9% del caudal simulado
- Flujo base: 78% del caudal simulado

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
MEDIA	0,20	0,42	0,53	0,54	0,41	0,31	0,28	0,18	0,11	0,04	0,03	0,04	3,07
MAX	0,95	1,72	1,47	1,20	1,03	0,69	0,86	0,79	0,61	0,17	0,35	0,17	5,20
MIN	0,00	0,01	0,13	0,11	0,08	0,03	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	1,28

En esta breve exposición se han mencionado cuatro repartos de aguas, que pueden cuantificarse como sigue:

- El aspecto de la variación del excedente total T con la precipitación en el mismo período viene dado por la siguiente gráfica:



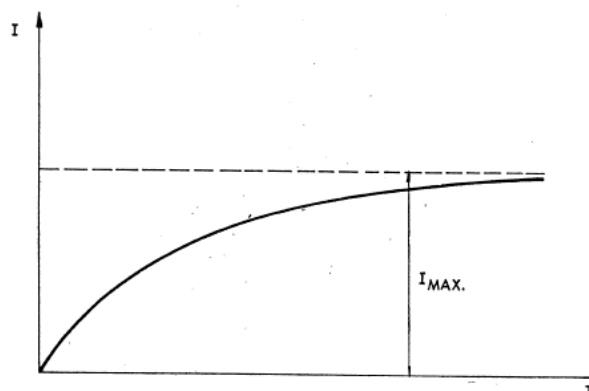
donde se observa cómo a partir de un valor P_0 de la precipitación, comienza a existir excedente, a la vez que aumenta la componente destinada a la humedad del suelo. Para valores muy grandes de P , esta última componente tiende asintóticamente a un valor δ , puesto que la capacidad de almacenamiento en la zona saturada del suelo como las posibilidades de evaporación desde la cuenca tienen unos límites superiores H_{\max} y ETP respectivamente. Empíricamente se ha visto que la ley anterior se adapta bien a la siguiente expresión:

$$T = \frac{(P - P_0)^2}{P + \delta - 2 \cdot P_0} \text{ siendo } P_0 = C \cdot (H_{\max} - H_{i-1}) \text{ y } \delta = H_{\max} - H_{i-1} + ETP$$

donde C es un parámetro y H_{i-1} designa la humedad del suelo al principio del intervalo.

- Una vez conocida la cifra de excedente total T se debe descomponer en escorrentía superficial e infiltración. No tiene interés práctico diferenciar la existencia de una componente adicional de interflujo hipodérmico.

El aspecto de la variación de la infiltración I con el excedente T se refleja en el gráfico adjunto, donde se observa como la infiltración crece con el excedente tendiendo a un valor límite.



Empíricamente se comprobó que la fórmula:

$$I = I_{\max} \cdot \frac{T}{T + I_{\max}}$$

representaba satisfactoriamente esa ley de variación. El valor de máximo I_{\max} que en un intervalo es capaz de filtrarse hacia la capa freática, no depende solamente de las características físicas del terreno, sino también de la mayor o menor concentración temporal con que se produzcan las precipitaciones.

- Se admite, como es habitual, que el desagüe de la capa freática, en ausencia de entradas I debidas a los excedentes de lluvia, es del tipo exponencial:

$$f = f_0 \cdot e^{-\alpha \cdot t}$$

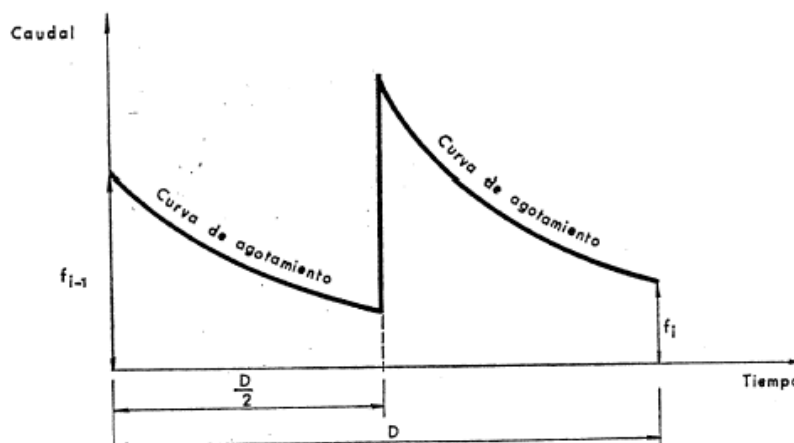
con t = tiempo contado desde el origen

f = caudal subterráneo en el tiempo t

f_0 = caudal subterráneo en el origen de tiempos

α = coeficiente característico de la cuenca

Si en este punto, se hace la hipótesis simplificada de que toda la infiltración I en el intervalo se incorpora a las reservas a la mitad del mismo, a cuya duración se le denominará D , el hidrograma subterráneo del intervalo i considerado a efectos de cálculo es el representado en el siguiente gráfico:



Entonces, la aportación freática desaguada al cauce durante ese tiempo será igual a la suma de las reservas iniciales más la infiltración del período menos las reservas finales, es decir:

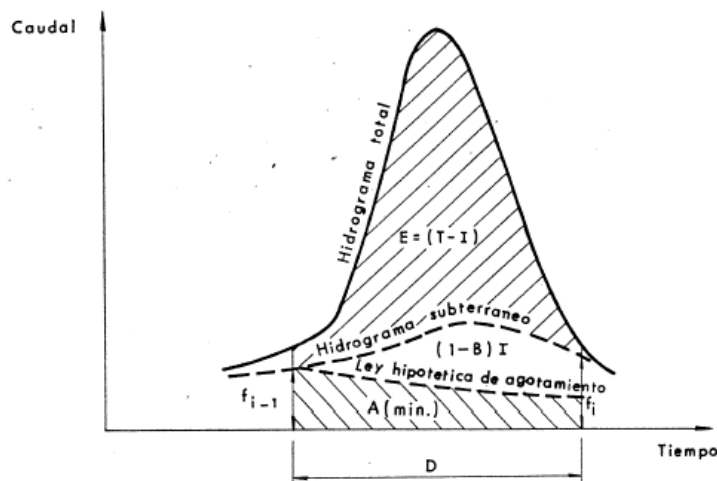
$$A_F = \frac{f_{i-1}}{\alpha} \cdot (1 - e^{-\alpha \cdot D}) + I \cdot (1 - e^{-\alpha \cdot D/2})$$

El primer sumando representa el desagüe que habría durante el intervalo si no se alterara la curva de agotamiento inicial, es decir, si la infiltración I fuera nula. Es la denominada aportación mínima que puede esperarse en el río aún en el caso de que no haya precipitación alguna (A_{\min}). El término $e^{-\alpha D/2}$, una vez fijada la longitud de los intervalos de cálculo D , es función de α y, por tanto, es una característica de la cuenca (parámetro β). Así resulta:

$$A_F = A_{\min} + (1 - \beta) \cdot I$$

- La aportación total que desagua el río durante el intervalo de cálculo será la suma de la escorrentía superficial, $E = T - I$, más la aportación freática, es decir:

$$A_i = A_{\min} + T - \beta \cdot I$$



- Finalmente es necesario establecer el balance de la humedad del suelo para poder determinar la humedad H_i remanente al final del intervalo, puesto que dicha variable interviene en los cálculos del intervalo siguiente.

El total X de agua disponible durante ese tiempo en la zona no saturada del suelo es igual a la suma de la humedad H_{i-1} remanente del período anterior más la procedente de las precipitaciones del propio intervalo, que vale $(P-T)$. Es decir:

$$X = H_{i-1} + P - T$$

Una parte de X se evaporará en ese período y el resto será el remanente H_i de humedad para el intervalo siguiente. Para realizar el reparto se atenderá a la evapotranspiración potencial y así: si hay agua suficiente, se evaporará todo lo que la atmósfera pide, con lo que $H_i = X - ETP$, mientras que si no la hay, se evaporará todo el agua disponible, o sea, $H_i = 0$

El proceso de cálculo para llegar al valor de la aportación en cada intervalo se desprende de la exposición anterior, desarrollándose el mismo paso a paso partiendo de unos valores iniciales del caudal subterráneo f_0 y de la humedad del suelo H_0 .

Como datos de partida del modelo, además de los valores iniciales anteriores, se requieren los siguientes:

- La superficie de la cuenca S
- Los valores de los cuatro parámetros involucrados en el cálculo: β , H_{max} , I_{max} y C
- El valor de la precipitación y de la evapotranspiración potencial en cada intervalo de cálculo

En cuanto a los 4 parámetros anteriores, sus valores pueden ser estimados teóricamente en base a las características físicas de la cuenca o a partir de cuencas vecinas. Sin embargo, resulta mucho más eficaz obtener su cuantía mediante un proceso de calibración convencional. Para ello, debe disponerse de una serie temporal suficientemente extensa de valores aforados de escorrentía superficial y aplicar un algoritmo de optimización que obtenga la combinación de valores de los 4 parámetros que consigue ajustar una determinada función objetivo. Entre dichas funciones objetivo pueden destacarse las siguientes:

- Error en el volumen: Se obtiene de la siguiente forma:

$$\%errVol = \frac{V_o - \hat{V}_p}{V_o} \times 100\%$$

Siendo \hat{V}_p el volumen total simulado y V_o el volumen total observado. Valores positivos indican subestimación y valores negativos sobrestimación, siendo cero el valor deseado.

- Error cuadrático medio, RMSE: Es un medidor de eficiencia ampliamente usado:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n ((Q_i - \hat{Q}_i)^2)}{n}}$$

Donde \hat{Q}_i el caudal simulado, Q_i el caudal observado y n es el número de observaciones. Este es el criterio más empleado durante el proceso de calibración, el cual busca el valor mínimo posible del RMSE.

- El coeficiente de eficiencia R^2 : Se estima según la siguiente expresión:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Q}_i - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_i)^2}$$

Siendo \bar{Q}_i el valor medio de los caudales observados. También es conocido como el índice de eficiencia de Nash y Sutcliffe. Este criterio es usado comúnmente para la evaluación de modelos dado que involucra la estandarización de la varianza residual y su valor esperado no cambia con la longitud del registro o la magnitud de la escorrentía. Un perfecto ajuste sugiere un valor igual a uno, cuando el valor es cero indica que el modelo no es mejor si se compara con un modelo de una sola variable (por ejemplo un valor medio) y valores negativos indican que el modelo se comporta peor. Generalmente se admiten como aceptables valores del R^2 mayores que 0,6 y se consideran excelentes los ajustes que alcanzan un valor de 0,8

En el caso de la simulación de la descarga de Nancrales, la calibración de sus parámetros se ha efectuado por comparación con el periodo de julio de 1985 a octubre de 1989 empleando el algoritmo de optimización de Mealdar & Nead y estableciendo como función objetivo el índice R^2 , si bien se ha buscado también un error en volumen bajo. El rango de variación de los parámetros adoptado ha sido:

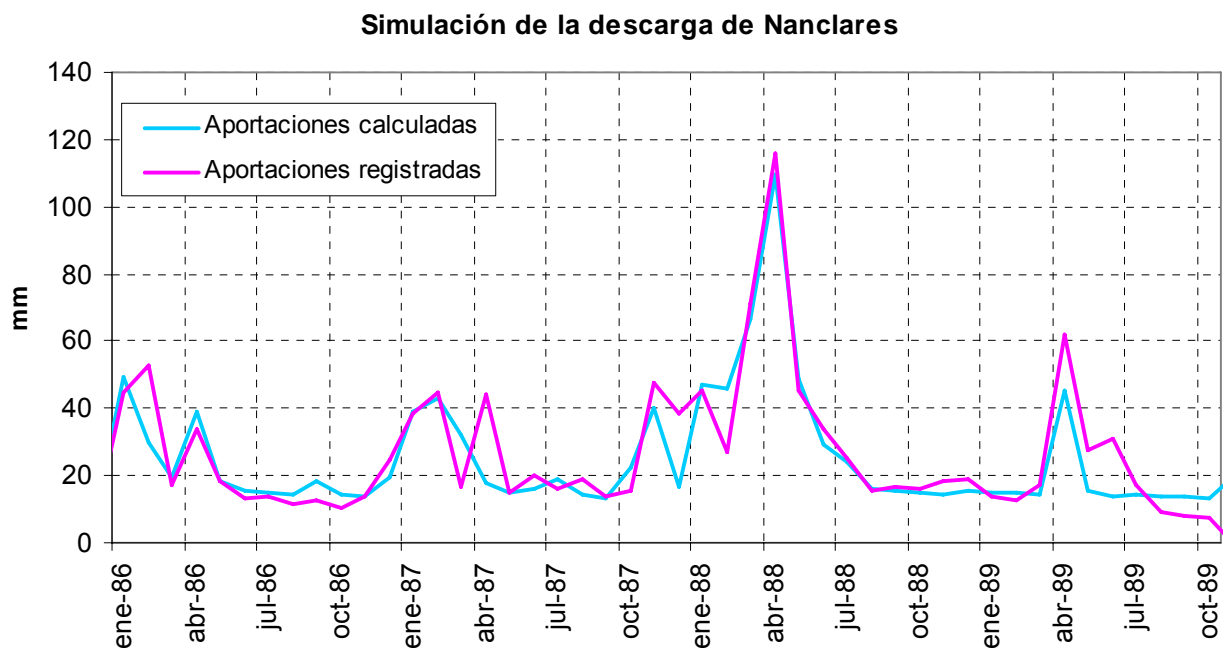
- Capacidad máxima de humedad del suelo (H_{max}): de 200 a 400 mm correspondiente a zonas con vegetación de media a espesa
- Infiltración máxima (I_{max}): de 50 a 500 mm correspondiente a terrenos con permeabilidad de baja a alta

- Factor de agotamiento del flujo subterráneo (β): de 0,8 a 0,99 para una descarga lenta como la observada
- Factor de excedente (C): de 0,05 a 0,5 (valores típicos)

Operando de esta forma resulta un mejor ajuste para:

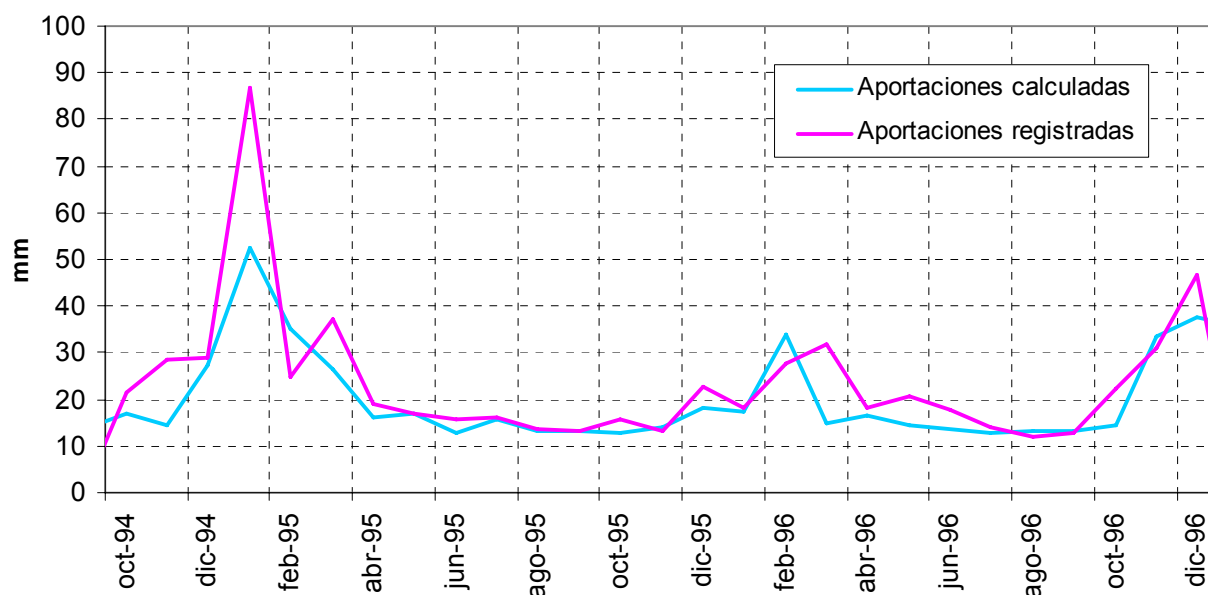
- $H_{\max} = 368,5$
- $I_{\max} = 50$
- $\beta = 0,99$
- $C = 0,05$

Obteniéndose un índice de eficiencia R^2 de 0,81 y un error en volumen de 2,58%, lo que da idea de la bondad de la simulación efectuada.



Se ha efectuado también una validación temporal del modelo para el periodo de octubre de 1994 a diciembre de 1996, obteniéndose un R^2 de 0,63 y un error en volumen del 16,5%

Simulación de la descarga de Nanclares



Con todo puede concluirse que la simulación desarrollada representa de forma adecuada el comportamiento de esta descarga subterránea. Sumando mes a mes la componente superficial y subterránea en el punto de captación de La Torca, resulta la siguiente serie de aportaciones esperables.

CAPTACIÓN DE LA TORCA (NANCLARES)

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
50-51				1,25	2,25	1,78	0,84	1,77	0,82	0,41	0,40	0,37	
51-52	0,58	0,82	0,77	4,33	3,51	1,47	2,52	0,74	0,56	0,79	0,47	0,46	17,01
52-53	0,92	1,92	2,51	3,59	2,62	0,57	0,98	0,79	1,36	0,50	0,47	0,57	16,79
53-54	1,43	0,66	0,71	4,52	3,27	2,07	0,96	1,25	0,80	0,53	0,50	0,49	17,18
54-55	0,51	0,58	0,74	1,31	1,44	0,79	0,50	0,49	0,54	0,47	0,44	0,42	8,23
55-56	0,95	0,70	0,95	1,52	1,77	0,86	0,62	0,79	0,53	0,46	0,44	0,47	10,07
56-57	0,66	1,87	0,91	1,20	0,59	0,51	0,59	0,61	0,91	0,45	0,42	0,44	9,16
57-58	0,41	1,14	1,62	1,36	0,61	1,34	1,52	0,74	1,03	0,49	0,48	0,44	11,17
58-59	0,47	1,12	2,34	0,80	0,49	0,80	0,56	0,76	0,52	0,54	0,46	0,73	9,59
59-60	1,72	1,61	5,73	3,37	1,93	1,47	0,61	0,54	0,59	0,47	0,52	0,50	19,06
60-61	1,17	1,34	4,59	3,31	0,82	0,52	1,11	0,71	0,53	0,49	0,47	0,63	15,67
61-62	2,85	7,26	1,17	1,73	2,94	2,12	1,75	1,39	0,66	0,54	0,51	0,51	23,44
62-63	0,56	1,23	1,39	1,12	1,01	1,58	0,84	0,58	0,74	0,53	0,64	0,82	11,04
63-64	0,60	0,90	1,15	0,65	0,93	1,17	1,45	0,57	0,48	0,48	0,48	0,45	9,29
64-65	0,79	0,87	1,50	1,92	0,91	1,61	1,80	0,66	0,50	0,47	0,47	0,71	12,22
65-66	0,93	1,40	2,16	1,05	1,57	1,36	1,23	1,71	1,69	0,57	0,50	0,48	14,65
66-67	1,82	4,41	2,24	1,22	0,59	0,94	0,98	1,58	0,62	0,57	0,51	0,51	15,98
67-68	0,65	2,33	2,88	2,56	1,47	1,61	1,29	1,28	0,66	0,54	0,57	0,51	16,34
68-69	0,51	0,64	1,12	0,73	0,80	1,31	1,73	1,44	0,64	0,52	0,50	0,78	10,70
69-70	0,52	0,61	2,47	1,85	2,47	1,23	0,70	0,89	0,59	0,50	0,59	0,49	12,91
70-71	0,55	0,61	0,91	0,93	0,78	1,86	1,62	2,06	1,19	0,67	0,50	0,47	12,17
71-72	0,49	1,74	1,22	2,33	2,67	1,01	1,06	1,99	1,33	0,56	0,57	0,65	15,61
72-73	0,59	0,55	0,74	1,09	1,84	0,86	1,01	0,69	0,64	0,49	0,76	0,50	9,75
73-74	0,56	0,56	0,73	0,78	1,53	1,44	1,03	0,53	0,50	0,47	0,47	0,45	9,07

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
74-75	2,36	1,94	0,95	1,17	0,79	2,97	3,10	1,96	0,88	0,51	0,53	0,58	17,73
75-76	0,58	2,00	1,14	1,05	0,91	0,77	1,88	0,64	0,49	0,60	0,61	0,66	11,33
76-77	0,79	0,97	1,09	0,81	0,62	0,59	1,04	1,85	2,02	0,79	0,56	0,45	11,58
77-78	0,51	0,54	1,00	2,78	1,54	1,50	2,86	1,22	1,11	0,52	0,49	0,46	14,54
78-79	0,74	0,97	0,98	3,57	3,17	2,20	2,23	0,98	0,62	0,55	0,53	0,83	17,38
79-80	0,95	2,18	0,96	1,17	0,64	1,22	1,18	1,83	1,04	0,68	0,58	0,50	12,93
80-81	1,08	1,54	3,13	2,67	1,36	1,32	2,11	1,06	0,59	0,64	0,55	0,52	16,56
81-82	0,72	0,57	1,57	1,18	1,03	1,15	0,60	0,61	0,54	0,61	0,52	0,51	9,60
82-83	1,11	2,55	4,30	0,90	0,76	2,62	1,97	1,05	0,57	0,86	2,19	0,62	19,51
83-84	0,52	0,54	1,33	1,85	1,34	0,95	0,85	3,11	1,08	0,56	0,55	0,61	13,31
84-85	1,45	1,41	1,27	1,80	0,79	1,62	1,12	1,77	0,71	0,72	0,53	0,49	13,69
85-86	0,51	1,35	0,73	2,29	1,71	0,96	1,61	0,79	0,55	0,50	0,50	0,70	12,20
86-87	0,57	0,60	1,00	2,15	2,09	1,48	0,91	0,56	0,58	0,68	0,49	0,46	11,58
87-88	0,99	2,02	0,95	2,17	2,21	2,96	4,58	2,05	1,19	0,93	0,57	0,54	21,16
88-89	0,53	0,50	0,66	0,66	0,61	0,67	1,97	0,69	0,49	0,51	0,47	0,49	8,25
89-90	0,46	0,92	0,73	0,84	0,53	0,47	1,68	0,80	0,52	0,45	0,43	0,42	8,25
90-91	0,56	0,97	1,23	1,01	0,75	1,58	2,66	3,12	0,53	0,46	0,44	0,57	13,89
91-92	0,75	1,89	0,66	0,58	0,47	1,35	1,17	0,66	1,50	0,54	0,54	0,49	10,60
92-93	3,84	1,06	1,72	0,56	0,58	0,69	1,28	1,09	0,62	0,47	0,53	0,73	13,18
93-94	1,00	0,70	2,18	1,49	0,87	0,62	1,42	0,84	0,62	0,47	0,47	0,48	11,15
94-95	0,77	0,80	1,33	2,82	1,63	1,40	0,62	0,62	0,45	0,59	0,46	0,47	11,95
95-96	0,45	0,60	0,98	1,04	1,74	0,78	0,64	0,55	0,49	0,45	0,48	0,50	8,69
95-97	0,76	1,53	2,24	1,84	0,59	0,45	0,42	0,91	0,68	0,85	0,53	0,43	11,21
97-98	0,45	1,21	1,60	0,90	0,57	0,71	1,05	0,81	0,50	0,43	0,44	0,60	9,25
98-99	1,09	0,92	0,90	1,02	1,56	1,09	0,73	0,69	0,44	0,61	0,43	0,52	10,03
99-00	0,54	1,19	1,37	0,68	0,59	0,57	1,08	0,58	0,43	0,44	0,42	0,39	8,27
00-01	0,93	1,65	0,95										
MEDIA	0,90	1,36	1,55	1,67	1,36	1,26	1,36	1,11	0,75	0,56	0,54	0,54	12,96
MAX	3,84	7,26	5,73	4,52	3,51	2,97	4,58	3,12	2,02	0,93	2,19	0,83	23,44
MIN	0,41	0,50	0,66	0,56	0,47	0,45	0,42	0,49	0,43	0,41	0,40	0,37	8,23

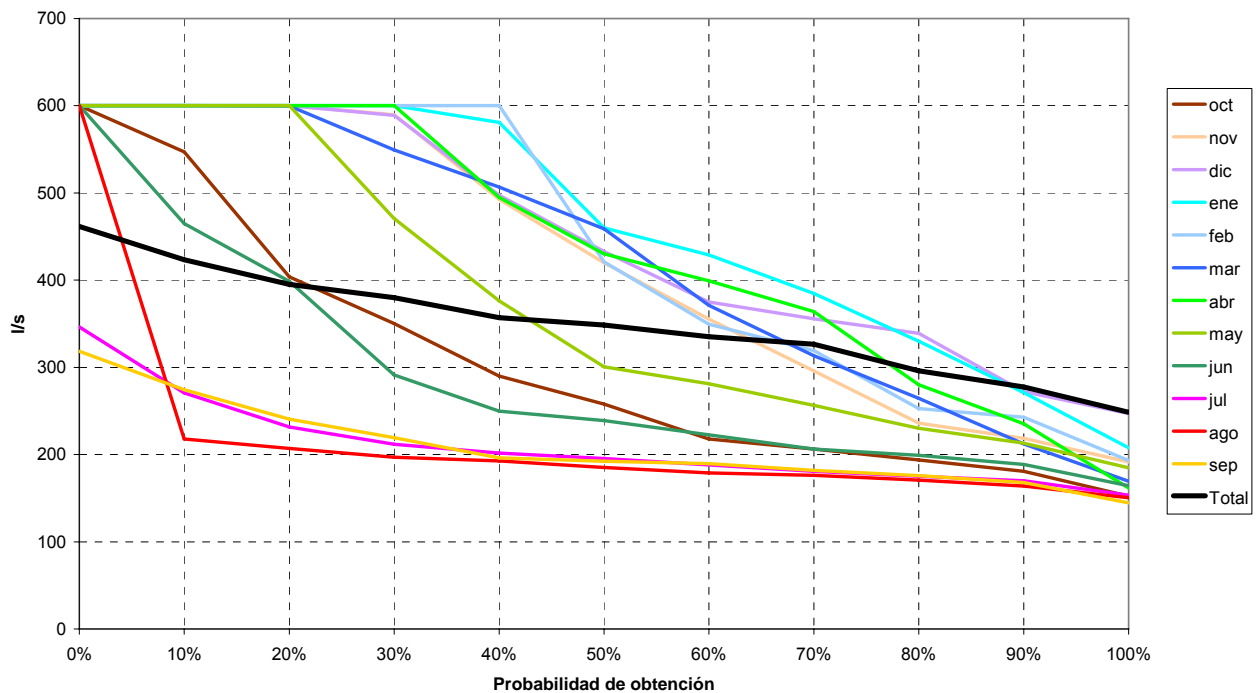
Como puede apreciarse, el caudal medio circulante en el punto de toma asciende a 411 l/s, lo que coincide con las estimaciones del EVE. A destacar que como mínimo en el mes más seco circularían 145 l/s y en el año más seco 260 l/s. Como contraste de estos resultados, se pueden comparar las aportaciones simuladas durante la sequía del 89-90 con los volúmenes captados para el suministro a Vitoria tal y como se reflejan las memorias de 1990 y 1991 del CABB.

Mes	Recurso disponible simulado (hm ³)	Volumen captado (hm ³)
Octubre 1990	0,563	0,067
Noviembre 1990	0,969	0,739
Diciembre 1990	1,227	1,221
Enero 1991	1,011	1,315
Febrero 1991	0,746	1,108
Marzo 1991	1,582	1,040
Abril 1991	2,664	0,580

Como puede apreciarse, los volúmenes simulados son compatibles con las detracciones acontecidas, e incluso algo conservadores, lo que otorga fiabilidad al análisis.

Admitida la simulación efectuada, se puede calcular la probabilidad de obtener un determinado caudal medio en cada mes del año y en el propio año hidrológico. Para ello, se ha tenido en cuenta que la capacidad máxima de captación de la infraestructura es de 600 l/s y que, dada la situación de emergencia, no se respeta ningún caudal ecológico aguas abajo. Así, se tienen los siguientes caudales mínimos captables asociados a distintas probabilidades:

I/s	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Total
Q ₁₀₀	152	191	247	208	193	169	162	185	164	153	150	145	248
Q ₉₀	181	219	272	271	243	212	235	213	189	170	164	168	278
Q ₈₀	194	236	339	330	253	264	280	230	199	175	171	176	296
Q ₇₀	206	296	355	385	319	313	364	256	206	181	176	182	327
Q ₆₀	218	355	375	429	350	371	399	281	223	188	179	189	335
Q ₅₀	258	420	433	460	421	459	430	301	239	196	185	192	349
Q ₄₀	290	493	497	581	600	507	495	376	250	202	193	196	357
Q ₃₀	350	590	589	600	600	549	600	471	291	212	197	219	380
Q ₂₀	404	600	600	600	600	600	600	600	399	232	207	241	395
Q ₁₀	547	600	600	600	600	600	600	600	465	271	218	275	423
Q ₀	600	600	600	600	600	600	600	600	600	346	600	318	462

Aprovechamiento del manantial de La Torca


Como puede apreciarse, en términos anuales, se garantiza como mínimo la captación de un caudal medio de 248 l/s, si bien los valores esperables en años medios se sitúan en el entorno de 300-400 l/s. A nivel mensual, lógicamente son los meses de diciembre a abril los que mayor caudal potencial podrían aportar, con una probabilidad elevada de superar los 400 l/s de media. En los meses de verano, en cambio, no son esperables captaciones mayores de 200 l/s, aunque

la escasa variabilidad anual de esta captación hace de ella un recurso importante en meses de estiaje.

5.5.4 Captación y bombeo del río Ega en Maestu

Para la estimación de los recursos superficiales en el este punto se puede emplear el modelo TETIS calibrado para la cuenca del río Ega. El punto de cálculo asociado sería el $X = 546.000 / Y = 4.732.000$, al que corresponde una superficie vertiente en el modelo de 92 km^2 , si bien la cuenca real obtenida a partir de la cartografía oficial 1:5000 de la DFA es de $87,01 \text{ km}^2$, por lo que se efectuará una escalación. De esta forma, se obtiene:

- Superficie de cuenca adoptada: $87,01 \text{ km}^2$
- Precipitación media anual: 942 mm
- Evapotranspiración potencial media anual: 641 mm
- Evapotranspiración real media anual: 448 mm
- Aportación media anual: 477 mm
- Pérdidas subterráneas: 17 mm
- Escorrentía superficial: 2% del caudal simulado
- Interflujo o flujo subsuperficial: 25,3% del caudal simulado
- Flujo base: 72,7% del caudal simulado

BOMBEO DE MAESTU – Superficie = $87,01 \text{ Km}^2$

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
50-51				4,88	6,64	6,48	4,47	3,98	3,41	1,66	0,88	0,48	
51-52	0,82	2,45	2,79	5,62	5,46	4,45	6,81	2,93	1,39	0,81	0,45	0,39	34,35
52-53	1,78	5,72	6,23	9,23	6,52	3,71	2,87	2,38	2,41	1,60	0,76	0,42	43,64
53-54	7,27	2,66	4,15	7,00	8,44	7,23	4,56	5,97	3,22	1,54	0,80	0,83	53,67
54-55	0,60	1,23	5,76	6,72	5,47	4,18	2,14	1,09	0,64	0,39	0,24	0,17	28,64
55-56	1,60	4,91	3,70	8,14	5,52	5,31	4,12	5,90	2,74	1,13	0,59	0,85	44,50
56-57	0,66	6,19	4,46	3,78	3,09	2,31	1,70	4,23	6,02	2,60	1,19	0,59	36,83
57-58	0,38	2,83	2,65	3,43	3,03	4,32	6,65	3,77	2,24	1,60	0,84	0,74	32,48
58-59	1,05	5,89	9,78	9,47	5,46	5,61	4,64	6,35	3,59	1,87	0,96	3,12	57,80
59-60	6,89	12,78	19,63	11,89	8,30	7,66	4,83	2,47	1,25	0,72	0,44	0,33	77,17
60-61	7,66	6,88	14,69	14,54	6,26	3,28	1,90	1,31	1,01	0,55	0,33	0,76	59,16
61-62	4,99	13,13	8,43	7,83	11,89	6,53	5,93	3,11	1,98	1,03	0,57	0,34	65,75
62-63	0,33	3,11	5,13	6,31	4,66	5,84	4,69	2,43	1,36	0,76	0,50	0,58	35,71
63-64	0,62	0,90	2,97	2,20	3,32	4,09	6,72	2,45	1,15	0,62	0,37	0,22	25,65
64-65	1,34	2,56	5,51	6,91	4,65	6,88	5,34	3,71	1,74	0,93	0,52	0,44	40,53
65-66	3,28	6,08	10,23	6,32	6,31	7,85	4,69	5,03	3,91	1,72	0,87	0,46	56,76
66-67	2,71	15,94	10,68	7,48	3,58	2,27	3,12	1,97	1,59	0,77	0,41	0,24	50,78
67-68	0,38	7,44	8,90	12,78	6,96	4,57	5,20	3,22	1,90	0,99	0,58	0,33	53,26
68-69	0,21	0,46	2,49	2,69	2,24	5,07	6,56	4,84	2,66	1,37	0,70	0,98	30,29
69-70	0,87	0,80	9,75	9,13	8,75	6,47	2,97	2,72	1,52	0,81	0,45	0,27	44,49
70-71	0,21	0,38	1,62	2,21	2,47	5,51	4,50	4,44	3,97	2,25	1,09	0,56	29,21
71-72	0,38	3,42	5,57	7,06	9,06	7,19	4,98	6,43	2,87	1,47	1,00	1,38	50,82
72-73	2,26	1,37	2,81	3,37	6,44	4,74	3,42	2,15	2,39	1,08	0,59	0,35	30,97
73-74	0,31	0,44	1,60	2,34	6,67	6,69	5,11	2,24	1,07	0,59	0,34	0,23	27,63
74-75	2,77	6,46	5,12	7,37	6,91	6,25	8,85	4,55	2,20	1,12	0,60	0,43	52,64
75-76	0,80	7,10	5,96	4,38	5,29	3,75	3,93	2,57	1,17	0,79	0,44	0,36	36,54

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
76-77	1,63	3,48	5,45	4,35	3,22	2,40	2,72	5,00	7,13	2,00	1,39	0,68	39,44
77-78	0,61	0,98	2,42	7,66	7,06	7,05	10,94	6,88	2,96	1,52	0,80	0,44	49,32
78-79	0,45	1,36	2,03	9,32	8,57	6,22	10,32	6,45	2,92	1,51	0,78	1,58	51,49
79-80	1,97	7,37	6,05	7,37	3,35	9,72	6,59	7,12	5,21	1,99	0,96	0,50	58,20
80-81	4,60	4,25	14,21	11,85	6,64	4,04	5,67	4,27	2,05	1,11	0,58	0,33	59,59
81-82	0,30	0,32	4,61	6,81	6,62	7,60	3,51	1,74	0,89	0,51	0,34	0,20	33,44
82-83	1,40	6,14	10,60	5,69	6,00	8,14	7,13	3,18	1,57	0,87	3,85	1,78	56,36
83-84	0,73	0,70	4,43	5,59	8,48	5,15	3,82	5,04	4,45	1,99	0,99	0,54	41,91
84-85	3,65	7,04	6,28	6,14	3,72	4,75	2,96	5,42	2,42	1,34	0,65	0,35	44,74
85-86	0,22	2,12	1,21	5,15	6,70	4,70	4,27	3,34	1,53	0,82	0,45	0,31	30,82
86-87	0,29	1,02	2,61	5,43	4,66	4,20	5,23	2,51	1,22	0,67	0,37	0,21	28,42
87-88	1,58	5,21	5,31	7,09	7,64	6,01	10,51	5,14	4,30	5,80	1,73	0,86	61,17
88-89	0,63	0,42	0,90	0,84	1,02	1,51	4,87	2,71	1,17	0,71	0,36	0,21	15,35
89-90	0,13	2,15	1,51	2,55	1,46	0,84	3,79	3,03	1,43	0,73	0,38	0,24	18,24
90-91	0,26	1,53	5,54	3,05	2,15	4,27	9,01	8,64	3,00	1,46	0,73	0,51	40,15
91-92	2,45	9,42	3,82	1,71	0,92	3,00	4,50	2,40	4,42	1,43	0,60	0,75	35,40
92-93	11,61	7,58	9,41	2,97	1,61	2,01	4,65	4,83	2,72	1,29	0,66	1,42	50,77
93-94	2,97	2,49	10,95	7,33	4,39	3,28	3,70	2,01	1,04	0,57	0,32	0,20	39,25
94-95	0,66	2,71	3,31	10,71	5,52	7,09	2,42	1,24	0,62	0,39	0,21	0,14	35,03
95-96	0,10	0,20	1,94	4,12	6,92	4,18	1,99	1,07	0,57	0,36	0,24	0,31	22,00
95-97	1,89	4,15	11,14	9,90	4,56	2,36	1,14	0,74	2,44	1,61	0,78	0,62	41,34
97-98	0,42	2,83	7,33	4,87	3,32	3,39	1,96	1,99	1,21	0,63	0,35	0,37	28,67
98-99	2,49	2,70	4,07	4,35	4,35	4,60	2,67	1,51	0,79	0,49	0,30	0,24	28,57
99-00	0,33	2,27	5,49	3,24	2,03	1,34	3,02	2,00	0,97	0,54	0,33	0,18	21,74
00-01	1,85	4,72	4,51										

MEDIA	1,87	4,09	5,92	6,22	5,29	4,92	4,76	3,61	2,33	1,22	0,69	0,58	41,44
MAX	11,61	15,94	19,63	14,54	11,89	9,72	10,94	8,64	7,13	5,80	3,85	3,12	77,17
MIN	0,10	0,20	0,90	0,84	0,92	0,84	1,14	0,74	0,57	0,36	0,21	0,14	15,35

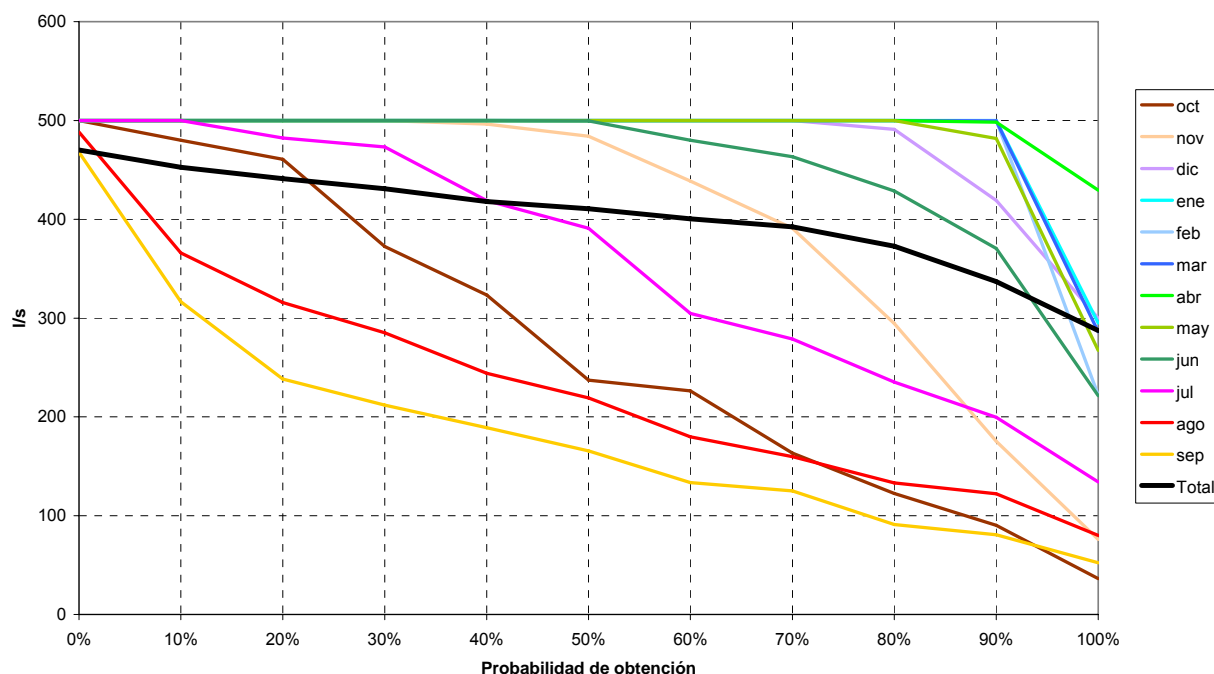
Como contraste de estos resultados, se pueden comparar los volúmenes simulados captables durante la sequía del 89-90 (considerando una capacidad máxima de 500 l/s) con los volúmenes aprovechados para el suministro a Vitoria tal y como se reflejan las memorias de 1990 y 1991 del CABB.

Mes	Volumen captable simulado (hm ³)	Volumen captado (hm ³)
Abril 1990	1,163	1,13
Mayo 1990	1,339	1,339
Junio 1990	1,230	0,363
Julio 1990	0,726	-
Agosto 1990	0,382	-
Septiembre 1990	0,235	-
Octubre 1990	0,244	-
Noviembre 1990	0,828	0,42
Diciembre 1990	1,339	1,015
Enero 1991	1,339	1,297
Febrero 1991	1,210	1,179
Marzo 1991	1,339	1,118
Abril 1991	1,296	0,546

Como puede apreciarse, los volúmenes simulados son compatibles con las detracciones acontecidas (en el estiaje del año 1990 no se operó esta captación). Admitida la simulación efectuada, se puede calcular la probabilidad de obtener un determinado caudal medio en cada mes del año y en el propio año hidrológico. Para ello, se ha tenido en cuenta que la capacidad máxima de la infraestructura es de 500 l/s y se ha obviado la posible necesidad de mantener caudales ambientales en el tramo aguas abajo, dado el carácter de emergencia de la obra. Así, se tienen los siguientes caudales mínimos captables asociados a distintas probabilidades:

I/s	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Total
Q ₁₀₀	36	76	300	295	222	286	430	267	222	134	80	52	287
Q ₉₀	90	175	419	500	500	500	498	482	370	200	122	81	337
Q ₈₀	123	294	491	500	500	500	500	500	429	235	133	91	373
Q ₇₀	163	391	500	500	500	500	500	500	463	279	160	125	392
Q ₆₀	226	439	500	500	500	500	500	500	480	305	180	134	401
Q ₅₀	237	484	500	500	500	500	500	500	500	391	219	166	411
Q ₄₀	323	496	500	500	500	500	500	500	500	419	244	189	418
Q ₃₀	372	500	500	500	500	500	500	500	500	473	285	212	431
Q ₂₀	461	500	500	500	500	500	500	500	500	482	316	238	441
Q ₁₀	480	500	500	500	500	500	500	500	500	500	366	316	453
Q ₀	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	488	468	470

Aprovechamiento del bombeo del río Ega en Maestu



Como puede apreciarse, el término anual, se garantiza como mínimo la captación de un caudal medio de 287 l/s, si bien los valores esperables en año medio se sitúan en el entorno de 400 l/s. A nivel mensual, lógicamente son los meses húmedos los que mayor caudal potencial podrían aportar, con una probabilidad elevada de alcanzar los 500 l/s de media. En los meses de verano, en cambio, no son esperables captaciones mayores de 100-200 l/s.

5.5.5 Captación y bombeo de Fuente Turbaz en Opakua

Según el EVE en esta zona se localiza un depósito cuaternario coluvial (derivado de la dinámica de las laderas) con un espesor que puede superar los 5 m, pero que, sin embargo, tiene escaso interés hidrogeológico, con surgencias con muy bajo caudal (<1 l/s) y que suelen secarse en estiaje como la Fuente Turbaz. Por consiguiente, la obtención de los recursos asociados a este punto se va efectuar exclusivamente a partir de la componente superficial.

Para ello se puede emplear el modelo TETIS calibrado para la cuenca del río Arakil. El punto de cálculo asociado sería el $X = 557.000 / Y = 4.741.000$, al que corresponde una superficie vertiente en el modelo de $1,5 \text{ km}^2$, si bien la cuenca real obtenida a partir de la cartografía oficial 1:5000 de la DFA es de $1,72 \text{ km}^2$, por lo que se efectuará una escalación. De esta forma, se obtiene:

- Superficie de cuenca adoptada: $1,72 \text{ km}^2$
- Precipitación media anual: 1187 mm
- Evapotranspiración potencial media anual: 761 mm
- Evapotranspiración real media anual: 682 mm
- Aportación media anual: 501 mm
- Pérdidas subterráneas: 0 mm
- Escorrentía superficial: 2% del caudal simulado
- Interflujo o flujo subsuperficial: 17,9% del caudal simulado
- Flujo base: 80,1% del caudal simulado

CAPTACIÓN DE OPACUA – Superficie = $1,72 \text{ Km}^2$

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
50-51				0,01	0,03	0,09	0,04	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	
51-52	0,00	0,01	0,02	0,10	0,19	0,07	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48
52-53	0,00	0,03	0,08	0,22	0,17	0,02	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56
53-54	0,02	0,02	0,02	0,04	0,10	0,07	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
54-55	0,00	0,00	0,03	0,11	0,10	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30
55-56	0,00	0,01	0,02	0,11	0,09	0,03	0,05	0,10	0,02	0,00	0,00	0,00	0,42
56-57	0,00	0,09	0,08	0,08	0,08	0,02	0,02	0,05	0,07	0,01	0,00	0,00	0,50
57-58	0,00	0,01	0,03	0,10	0,06	0,13	0,11	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48
58-59	0,00	0,02	0,13	0,18	0,08	0,06	0,01	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,57
59-60	0,01	0,13	0,39	0,15	0,10	0,07	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88
60-61	0,02	0,07	0,34	0,32	0,10	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,88
61-62	0,03	0,29	0,30	0,22	0,22	0,16	0,13	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	1,42
62-63	0,00	0,03	0,12	0,16	0,17	0,14	0,13	0,04	0,03	0,00	0,00	0,02	0,86
63-64	0,05	0,06	0,19	0,07	0,10	0,12	0,22	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83
64-65	0,00	0,05	0,15	0,23	0,17	0,18	0,17	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99
65-66	0,03	0,16	0,36	0,20	0,15	0,17	0,09	0,11	0,07	0,00	0,00	0,00	1,35
66-67	0,02	0,41	0,36	0,23	0,05	0,03	0,08	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	1,25
67-68	0,00	0,10	0,27	0,37	0,18	0,12	0,11	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	1,23
68-69	0,00	0,00	0,04	0,11	0,12	0,18	0,19	0,10	0,03	0,01	0,00	0,00	0,78
69-70	0,00	0,01	0,36	0,31	0,19	0,15	0,04	0,09	0,02	0,00	0,00	0,00	1,18
70-71	0,00	0,00	0,02	0,06	0,10	0,17	0,16	0,13	0,10	0,02	0,00	0,00	0,77
71-72	0,00	0,03	0,12	0,19	0,26	0,18	0,12	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00	1,04
72-73	0,04	0,05	0,11	0,11	0,19	0,10	0,08	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,76

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
73-74	0,00	0,00	0,05	0,10	0,27	0,18	0,10	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71
74-75	0,05	0,25	0,17	0,22	0,17	0,12	0,18	0,09	0,03	0,00	0,00	0,00	1,29
75-76	0,00	0,14	0,18	0,14	0,14	0,04	0,10	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76
76-77	0,01	0,08	0,14	0,12	0,11	0,04	0,09	0,10	0,17	0,01	0,03	0,02	0,94
77-78	0,00	0,04	0,11	0,25	0,20	0,12	0,19	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
78-79	0,00	0,00	0,02	0,13	0,18	0,11	0,21	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73
79-80	0,01	0,23	0,11	0,20	0,04	0,21	0,10	0,10	0,08	0,01	0,00	0,00	1,08
80-81	0,04	0,06	0,33	0,34	0,11	0,08	0,12	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	1,17
81-82	0,00	0,00	0,10	0,17	0,20	0,23	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72
82-83	0,03	0,13	0,38	0,09	0,15	0,14	0,16	0,03	0,01	0,00	0,06	0,03	1,21
83-84	0,00	0,00	0,09	0,23	0,22	0,08	0,08	0,09	0,07	0,00	0,00	0,00	0,87
84-85	0,01	0,12	0,17	0,17	0,07	0,12	0,04	0,12	0,02	0,00	0,00	0,00	0,84
85-86	0,00	0,02	0,04	0,17	0,22	0,10	0,15	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76
86-87	0,00	0,01	0,08	0,15	0,18	0,08	0,11	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61
87-88	0,01	0,13	0,12	0,19	0,20	0,14	0,23	0,10	0,09	0,14	0,00	0,00	1,36
88-89	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,06	0,20	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39
89-90	0,00	0,01	0,03	0,07	0,06	0,01	0,23	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46
90-91	0,00	0,04	0,15	0,15	0,09	0,15	0,19	0,27	0,01	0,00	0,00	0,00	1,06
91-92	0,04	0,20	0,06	0,04	0,04	0,16	0,22	0,04	0,09	0,02	0,00	0,00	0,90
92-93	0,31	0,25	0,27	0,02	0,04	0,10	0,10	0,16	0,07	0,01	0,00	0,00	1,33
93-94	0,14	0,09	0,30	0,23	0,15	0,06	0,17	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	1,16
94-95	0,01	0,05	0,16	0,34	0,15	0,20	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94
95-96	0,00	0,00	0,08	0,13	0,28	0,08	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62
95-97	0,05	0,26	0,33	0,23	0,06	0,01	0,00	0,00	0,03	0,07	0,01	0,00	1,04
97-98	0,00	0,09	0,25	0,14	0,06	0,10	0,09	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,83
98-99	0,09	0,13	0,18	0,14	0,17	0,16	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96
99-00	0,00	0,14	0,21	0,09	0,09	0,03	0,15	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76
00-01	0,04	0,24	0,17										

MEDIA	0,02	0,09	0,16	0,16	0,13	0,10	0,11	0,06	0,03	0,01	0,00	0,00	0,86
MAX	0,31	0,41	0,39	0,37	0,28	0,23	0,23	0,27	0,17	0,14	0,06	0,03	1,42
MIN	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30

Como contraste de estos resultados, se pueden comparar los volúmenes simulados captables durante la sequía del 89-90 (considerando una capacidad máxima de 100 l/s) con los volúmenes aprovechados para el suministro a Vitoria tal y como se reflejan las memorias de 1990 y 1991 del CABB.

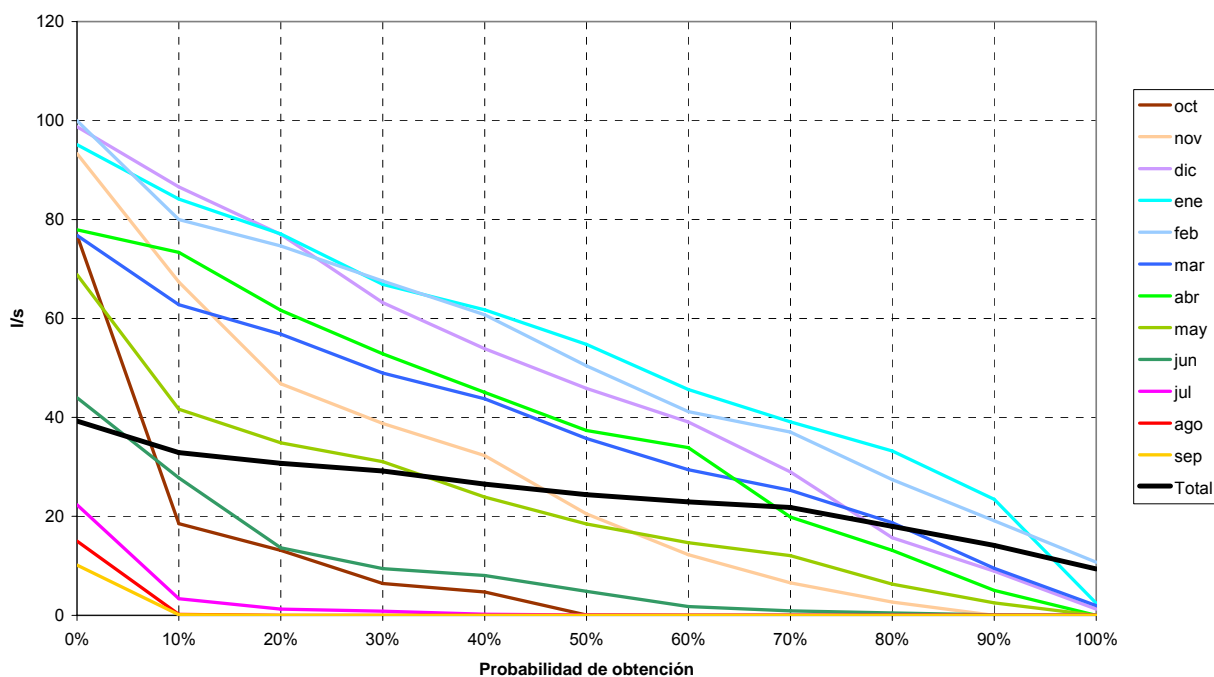
Mes	Volumen captable simulado (hm ³)	Volumen captado (hm ³)
Abril 1990	0,193	0,104
Mayo 1990	0,053	0,17
Junio 1990	0,002	0,026
Julio 1990	0,000	0,005
Agosto 1990	0,000	-
Septiembre 1990	0,000	-
Octubre 1990	0,000	0,08
Noviembre 1990	0,036	0,044
Diciembre 1990	0,144	0,019
Enero 1991	0,151	0,175
Febrero 1991	0,090	0,059
Marzo 1991	0,136	0,141

Mes	Volumen captable simulado (hm ³)	Volumen captado (hm ³)
Abril 1991	0,182	0,038

Como puede apreciarse, los volúmenes simulados son compatibles con las detracciones acontecidas (en el estiaje del año 1990 no se operó esta captación) e incluso algo conservadores. Admitida la simulación efectuada, se puede calcular la probabilidad de obtener un determinado caudal medio en cada mes del año y en el propio año hidrológico. Para ello, se ha tenido en cuenta que la capacidad máxima de la infraestructura es de 100 l/s y se ha obviado la posible necesidad de mantener caudales ambientales en el tramo aguas abajo dado el carácter de emergencia de la obra. Así, se tienen los siguientes caudales mínimos captables asociados a distintas probabilidades:

l/s	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Total
Q ₁₀₀	0	0	1	2	11	2	0	0	0	0	0	0	9
Q ₉₀	0	0	9	23	19	9	5	3	0	0	0	0	14
Q ₈₀	0	3	16	33	27	19	13	6	0	0	0	0	18
Q ₇₀	0	7	29	39	37	25	20	12	1	0	0	0	22
Q ₆₀	0	12	39	46	41	29	34	15	2	0	0	0	23
Q ₅₀	0	21	46	55	50	36	37	18	5	0	0	0	24
Q ₄₀	5	32	54	62	61	44	45	24	8	0	0	0	27
Q ₃₀	6	39	63	67	68	49	53	31	9	1	0	0	29
Q ₂₀	13	47	77	77	75	57	62	35	14	1	0	0	31
Q ₁₀	19	67	87	84	80	63	73	42	28	3	0	0	33
Q ₀	77	93	99	95	100	77	78	69	44	22	15	10	39

Aprovechamiento de la captación de Opakua



Como puede apreciarse, en términos anuales, se garantiza como mínimo la captación de un caudal medio de 9 l/s, si bien los valores esperables en año medio se sitúan en el entorno de 20-30 l/s. A nivel mensual, lógicamente son los meses húmedos los que mayor caudal potencial podrían aportar, con un rango de valores que oscilaría entre 10 y 80 l/s. En los meses de verano, en cambio, no son esperables captaciones de interés.

5.5.6 Captación del Nacedero Fuente Iturrioz en Araia

En la actualidad, AMVISA posee en el Nacedero de Araia infraestructura para la captación en emergencias, compuesta por un azud a la salida del manantial (que comparte con el abastecimiento a Salvatierra y San Millán y con la producción hidroeléctrica) en el que se ha dispuesto de una compuerta de regulación que conecta con un canal que permite el trasvase de recursos de la cuenca del río Arakil a la del Zadorra. La capacidad máxima de esta obra se cifra en 820 l/s, si bien la concesión otorgada es de solo 400 l/s.

Para la evaluación de los recursos realmente disponibles, se poseen datos de caudal circulante por el río Cirauza a su entrada a la población de Araia, aproximadamente 1,5 km aguas abajo del Nacedero, obtenidos por el EVE de 1986 a 1991. Dicha información se presenta a continuación.

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
86-87									0,78	0,34	0,20	0,16	
87-88	1,13	2,60	2,63	2,31	1,98	3,48	4,47	2,14	1,49	1,33	0,39	0,35	24,31
88-89	0,20	0,23	2,23	0,59	0,63	2,14	4,28	1,37	0,51	0,31	0,20	0,21	12,90
89-90	0,22	1,69	0,51	1,54	1,47	0,66	3,95	0,47	0,44	0,24	0,17	0,18	11,53
91-91	0,35	0,64	2,01	1,99	0,36	1,64	2,96	5,63	0,78	0,27	0,22	0,43	17,27
91-92	1,85	2,59	0,73										

Media	0,75	1,55	1,62	1,61	1,11	1,98	3,92	2,40	0,80	0,50	0,24	0,26	16,50
MAX	1,85	2,60	2,63	2,31	1,98	3,48	4,47	5,63	1,49	1,33	0,39	0,43	24,31
MIN	0,20	0,23	0,51	0,59	0,36	0,66	2,96	0,47	0,44	0,24	0,17	0,16	11,53

Los datos anteriores son relevantes porque abarcan la sequía del 89-90 y, en principio, deberían marcar el mínimo esperable. Así se aseguraría al menos un caudal medio anual de 366 l/s y mensual de 62 l/s. No obstante, abarcan un periodo temporal reducido como para dotar de fiabilidad a los resultados. Además, el punto de aforo está situado aguas abajo del Nacedero, englobando una superficie de drenaje de 2,11 km². Para solventar este problema, se propone ajustar un modelo sencillo de transformación lluvia-escorrentía similar al aplicado al manantial de La Torca.

Así, para la estimación de la componente superficial, se puede emplear el modelo TETIS calibrado para la cuenca del Arakil. El punto de cálculo sería el X = 556.500 / Y = 4.750.000, al que corresponde una superficie vertiente en el modelo de 2,5 km², si bien la cuenca real obtenida a partir de la cartografía oficial 1:5000 de la DFA es de 2,11 km², por lo que se efectuará una escalación. De esta forma, se obtiene:

- Superficie de cuenca adoptada: 2,11 km²

- Precipitación media anual: 1238 mm
- Evapotranspiración potencial media anual: 754 mm
- Evapotranspiración real media anual: 549 mm
- Aportación media anual: 686 mm
- Pérdidas subterráneas: 0 mm
- Escorrentía superficial: 15,4% del caudal simulado
- Interflujo o flujo subsuperficial: 18,9% del caudal simulado
- Flujo base: 65,8% del caudal simulado

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
MEDIA	0,09	0,16	0,22	0,21	0,18	0,15	0,16	0,11	0,06	0,03	0,03	0,03	1,45
MAX	0,53	0,46	0,61	0,41	0,43	0,29	0,31	0,40	0,26	0,20	0,18	0,09	2,05
MIN	0,00	0,01	0,05	0,04	0,04	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,78

Esta componente, que equivale a aproximadamente 46 l/s debe ser restada de los registros de aforos para obtener la aportación subterránea, que será la empleada para la calibración del modelo de Témez de 4 parámetros.

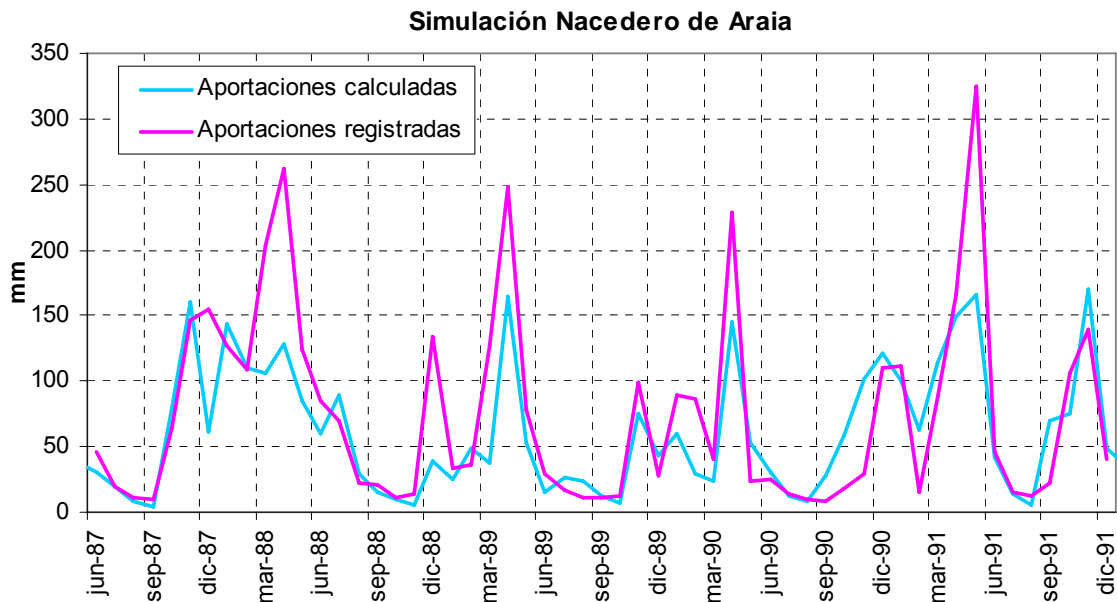
El rango de variación de los parámetros adoptado ha sido:

- Capacidad máxima de humedad del suelo (H_{max}): de 25 a 100 mm correspondiente a zonas con vegetación de escasa a media
- Infiltración máxima (I_{max}): de 50 a 500 mm correspondiente a terrenos con permeabilidad de baja a alta
- Factor de agotamiento del flujo subterráneo (β): de 0,1 a 0,5 para una descarga rápida como la observada
- Factor de excedente (C): de 0,05 a 0,5 (valores típicos)

Operando de esta forma resulta un mejor ajuste para:

- $H_{max} = 77$
- $I_{max} = 169,8$
- $\beta = 0,39$
- $C = 0,17$

Obteniéndose un índice de eficiencia R^2 de 0,60 y un error en volumen de 17,9%. El ajuste no es excesivamente bueno pero resulta conservador desde el punto de vista del volumen por lo que ha sido aceptado (el caudal medio resultante para la serie completa de 1951 a 2000 es un 7% inferior al medio aforado en los años con dato)



A esta descarga subterránea habría que sumar la componente superficial asociada a la pequeña cuenca vertiente al punto de captación. El punto de cálculo asociado en el modelo TETIS sería el $X = 557.000 / Y = 4.751.500$, al que corresponde una superficie vertiente en el modelo de $0,25 \text{ km}^2$, si bien la cuenca real obtenida partir de la cartografía oficial 1:5000 de la DFA es de $0,30 \text{ km}^2$, por lo que se efectuará una escalación. De esta forma, se obtiene:

- Superficie de cuenca adoptada: $0,30 \text{ km}^2$
- Precipitación media anual: 1427 mm
- Evapotranspiración potencial media anual: 753 mm
- Evapotranspiración real media anual: 151 mm
- Aportación media anual: 1275 mm
- Pérdidas subterráneas: 0 mm
- Escorrentía superficial: 20,7% del caudal simulado
- Interflujo o flujo subsuperficial: 2,4% del caudal simulado
- Flujo base: 76,8% del caudal simulado

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
MEDIA	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,38
MAX	0,11	0,09	0,11	0,07	0,07	0,05	0,06	0,07	0,06	0,05	0,07	0,05	0,48
MIN	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,26

Esta componente, que equivale a aproximadamente 12 l/s debe ser sumada mes a mes a la simulación de la descarga del manantial obtener finalmente la serie de aportaciones esperables en el punto de toma, que es:

NACEDERO DE ARAIA

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
50-51				1,97	1,38	1,78	1,09	2,11	0,78	0,33	0,67	0,38	
51-52	0,90	1,26	1,43	2,79	2,65	1,80	2,15	0,81	0,32	0,62	0,40	0,47	15,62
52-53	1,18	1,89	2,55	2,56	2,59	0,70	1,01	0,67	0,94	0,37	0,14	0,48	15,09
53-54	1,81	0,58	0,75	1,28	3,27	1,50	0,63	1,03	0,46	0,25	0,27	0,56	12,40
54-55	0,30	0,59	1,57	2,07	1,62	0,87	0,29	0,22	0,46	0,34	0,11	0,29	8,72
55-56	1,26	0,49	1,21	1,51	2,67	0,74	1,12	0,92	0,56	0,30	0,37	0,38	11,51
56-57	0,78	3,19	0,80	0,82	0,88	0,72	0,84	1,26	1,03	0,39	0,14	0,31	11,16
57-58	0,39	1,21	1,76	2,01	1,21	2,24	2,36	1,11	0,91	0,46	0,34	0,21	14,21
58-59	0,50	2,07	3,31	1,96	0,78	1,47	1,31	1,23	0,70	0,32	0,24	1,24	15,13
59-60	2,20	2,51	3,88	1,80	1,44	1,64	0,81	0,38	0,31	0,21	0,29	0,52	15,99
60-61	1,84	1,69	5,62	3,05	0,77	0,24	1,09	0,74	0,49	0,31	0,20	0,80	16,84
61-62	1,37	2,89	1,30	1,77	2,27	1,68	1,55	1,18	0,56	0,29	0,11	0,22	15,18
62-63	0,54	1,44	2,03	1,54	1,53	2,05	1,13	0,76	0,86	0,47	0,95	0,93	14,22
63-64	0,52	0,95	1,25	0,68	1,23	1,52	1,62	0,65	0,29	0,13	0,22	0,27	9,32
64-65	0,99	1,21	1,90	2,34	1,13	1,44	2,12	0,76	0,26	0,12	0,22	0,83	13,31
65-66	0,80	2,12	3,41	1,51	2,11	1,25	1,15	1,29	1,11	0,56	0,21	0,12	15,62
66-67	1,62	4,01	3,01	1,91	0,65	0,78	0,83	0,96	0,46	0,23	0,12	0,30	14,87
67-68	0,79	2,51	3,31	2,77	1,74	1,68	1,24	1,64	0,59	0,29	0,57	0,37	17,51
68-69	0,17	0,54	1,76	1,04	1,41	2,20	2,17	1,45	0,73	0,27	0,17	1,09	13,01
69-70	0,40	0,55	3,90	2,84	2,16	1,33	1,06	1,31	1,28	0,38	0,26	0,13	15,59
70-71	0,33	0,79	1,23	1,41	1,63	2,38	1,87	2,05	1,09	0,58	0,33	0,19	13,88
71-72	0,29	3,00	1,54	2,79	2,35	1,29	1,74	1,82	0,84	0,30	0,48	0,66	17,10
72-73	0,67	0,74	1,13	1,72	2,35	1,17	1,09	0,79	0,63	0,34	0,28	0,59	11,48
73-74	0,38	0,36	1,50	1,01	2,37	2,05	1,21	0,72	0,43	0,28	0,31	0,46	11,09
74-75	3,01	2,26	1,09	1,98	1,19	2,57	1,89	1,58	0,52	0,15	0,26	0,58	17,07
75-76	0,62	3,13	1,39	1,61	1,41	0,90	1,58	0,62	0,25	0,43	0,41	0,44	12,80
76-77	1,26	1,36	1,89	1,29	1,17	0,87	0,84	2,00	1,76	1,05	0,90	0,25	14,65
77-78	0,51	0,87	0,97	3,12	1,64	1,92	2,23	1,36	0,81	0,28	0,08	0,14	13,92
78-79	0,36	0,56	0,99	2,37	2,23	2,26	2,52	1,06	0,50	0,31	0,31	0,82	14,27
79-80	1,35	2,52	2,00	1,51	0,86	2,11	1,23	1,93	1,07	0,44	0,16	0,11	15,31
80-81	2,00	1,59	3,38	3,06	1,61	1,34	1,64	1,10	0,35	0,34	0,22	0,24	16,87
81-82	0,73	0,32	2,41	2,00	1,96	1,81	0,63	0,47	0,37	0,28	0,48	0,40	11,86
82-83	1,51	2,05	3,60	0,85	1,76	1,98	1,46	1,01	0,32	0,44	2,35	0,50	17,83
83-84	0,18	0,31	1,02	2,82	2,06	1,08	0,74	1,90	0,69	0,20	0,36	0,67	12,04
84-85	0,95	1,93	1,81	2,09	0,93	1,65	0,87	1,52	0,71	0,36	0,13	0,02	12,97
85-86	0,08	1,39	1,00	3,21	2,11	1,34	2,06	0,75	0,36	0,13	0,09	0,56	13,09
86-87	0,53	0,55	1,52	1,88	2,09	1,28	1,00	0,62	0,51	0,32	0,14	0,08	10,51
87-88	1,33	2,64	1,03	2,37	1,82	1,74	2,11	1,40	1,00	1,49	0,49	0,26	17,68
88-89	0,16	0,09	0,65	0,43	0,81	0,62	2,71	0,89	0,27	0,44	0,39	0,21	7,66
89-90	0,12	1,25	0,71	1,00	0,50	0,40	2,39	0,87	0,50	0,22	0,14	0,48	8,58
90-91	0,96	1,68	2,00	1,64	1,03	1,88	2,45	2,73	0,69	0,24	0,09	1,17	16,58
91-92	1,27	2,80	0,81	0,59	0,42	2,07	1,85	1,21	1,49	0,56	0,38	0,45	13,90
92-93	4,91	1,82	2,75	0,61	0,80	0,66	1,92	1,60	1,29	0,44	0,52	1,15	18,45
93-94	1,59	0,86	3,14	2,18	1,57	0,84	1,82	0,99	0,58	0,27	0,19	0,55	14,59
94-95	1,06	0,82	2,19	2,94	2,11	1,63	0,87	0,73	0,24	0,23	0,19	0,48	13,48
95-96	0,25	0,76	1,88	1,54	3,06	1,16	0,90	0,52	0,38	0,40	0,56	0,69	12,10
95-97	0,91	3,30	2,45	2,68	0,67	0,22	0,15	1,02	1,03	0,91	0,52	0,28	14,14
97-98	0,37	1,68	2,38	1,48	0,85	1,09	1,71	1,19	0,60	0,29	0,38	0,89	12,92
98-99	1,61	2,11	1,48	1,52	2,19	1,76	1,13	0,81	0,39	0,70	0,30	0,71	14,71
99-00	0,44	1,58	2,29	0,88	1,01	0,82	1,59	1,00	0,45	0,38	0,31	0,24	10,99
00-01	2,03	2,82	1,81										
MEDIA	1,00	1,59	1,98	1,86	1,60	1,41	1,44	1,13	0,66	0,39	0,36	0,48	13,83
MAX	4,91	4,01	5,62	3,21	3,27	2,57	2,71	2,73	1,76	1,49	2,35	1,24	18,45
MIN	0,08	0,09	0,65	0,43	0,42	0,22	0,15	0,22	0,24	0,12	0,08	0,02	7,66

Como puede apreciarse, el caudal medio existente en el punto de toma asciende a 439 l/s, lo que resulta algo inferior a las estimaciones del EVE. A destacar que como mínimo en el mes más seco circularían 8 l/s y en el año más seco 243 l/s. Como contraste de estos resultados, se pueden comparar las aportaciones simuladas durante la sequía del 89-90 con los volúmenes aprovechados para el suministro a Vitoria tal y como se reflejan las memorias de 1990 y 1991 del CABB.

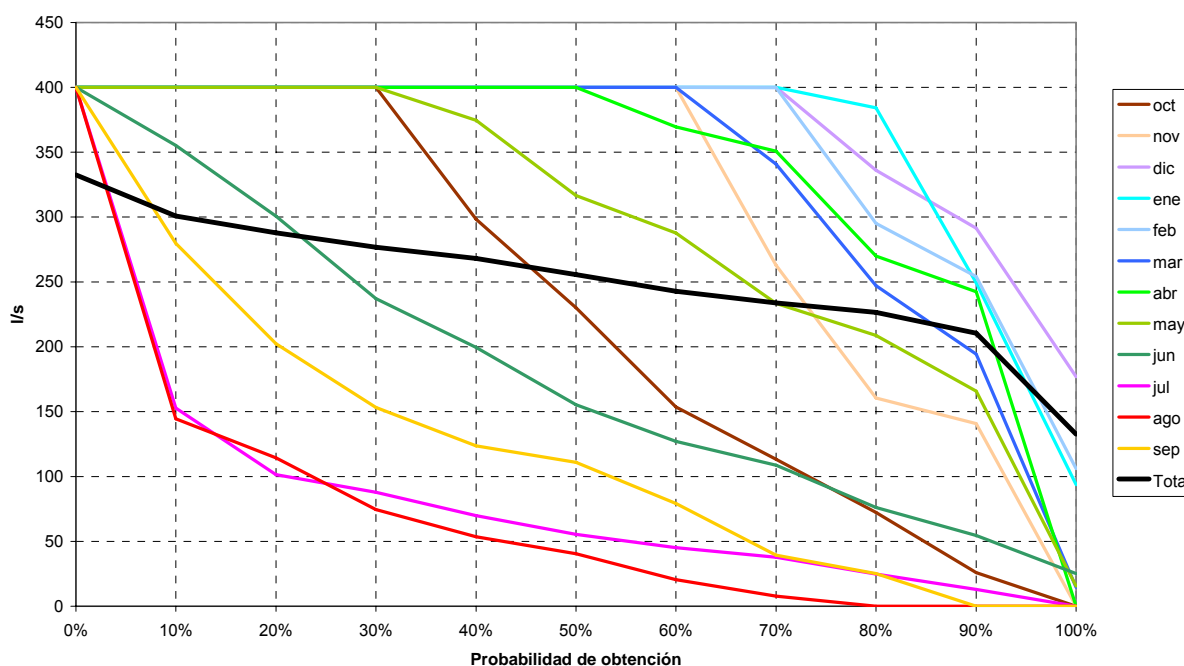
Mes	Recurso disponible simulado (hm ³)	Volumen captado (hm ³)
Abril 1991	2,386	1,483
Mayo 1990	0,869	0,669
Junio 1990	0,503	0,083
Julio 1990	0,223	-
Agosto 199	0,143	-
Septiembre 1990	0,484	-
Octubre 1990	0,965	0,107
Noviembre 1990	1,684	0,752
Diciembre 1990	2,004	1,136
Enero 1991	1,643	1,434
Febrero 1991	1,027	0,788
Marzo 1991	1,885	1,455
Abril 1991	2,448	1,063

Como puede apreciarse, los volúmenes simulados son compatibles con las detracciones acontecidas (en el estiaje del año 1990 no se operó esta captación) sobre todo teniendo en cuenta la limitación que la capacidad de trasvase puede inducir en los caudales derivados día a día y que desde el mismo punto se abastece a los municipios de Salvatierra y San Millán.

Admitida la simulación efectuada, se puede calcular la probabilidad de obtener un determinado caudal medio en cada mes del año y en el propio año hidrológico. Para ello, se ha tenido en cuenta que la demanda máxima a futuro de los núcleos de la Llanada dependientes de este manantial es de 66 l/s y que la concesión otorgada a AMVISA en emergencias es de 400 l/s. Así, se tienen los siguientes caudales mínimos captables asociados a distintas probabilidades:

I/s	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Total
Q ₁₀₀	0	0	177	94	106	14	0	16	25	0	0	0	133
Q ₉₀	26	141	291	249	254	194	242	166	54	13	0	0	211
Q ₈₀	72	160	336	384	295	247	270	209	76	25	0	25	227
Q ₇₀	113	263	400	400	400	341	351	233	109	38	8	39	234
Q ₆₀	154	400	400	400	400	400	370	288	127	45	20	79	243
Q ₅₀	230	400	400	400	400	400	400	317	155	55	41	111	256
Q ₄₀	298	400	400	400	400	400	400	375	200	70	54	124	268
Q ₃₀	400	400	400	400	400	400	400	400	237	88	74	153	277
Q ₂₀	400	400	400	400	400	400	400	400	301	101	114	202	288
Q ₁₀	400	400	400	400	400	400	400	400	355	153	145	280	301
Q ₀	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	332

Aprovechamiento del Nacedero de Araia



Como puede apreciarse, en términos anuales, se garantiza como mínimo la captación de un caudal medio de 133 l/s, si bien los valores esperables en años medios se sitúan en el entorno de 200-300 l/s. A nivel mensual, lógicamente son los meses de diciembre a abril los que mayor caudal potencial podrían aportar, con una probabilidad elevada de alcanzar los 400 l/s de media. En los meses de verano, en cambio, no son esperables captaciones mayores de 50 l/s.

5.5.7 Captación del arroyo Uyar en Zaldundo

Para la estimación de los recursos superficiales en el este punto se puede emplear el modelo TETIS calibrado para la cuenca del río Arakil. El punto de cálculo asociado sería el X = 553.500 / Y = 4.748.000, al que corresponde una superficie vertiente en el modelo de 22,75 km², si bien la cuenca real obtenida a partir de la cartografía oficial 1:5000 de la DFA es de 17,57 km², por lo que se efectuará una escalación. De esta forma, se obtiene:

- Superficie de cuenca adoptada: 17,57 km²
- Precipitación media anual: 1369 mm
- Evapotranspiración potencial media anual: 740 mm
- Evapotranspiración real media anual: 584 mm
- Aportación media anual: 780 mm
- Pérdidas subterráneas: 0 mm
- Escorrentía superficial: 13% del caudal simulado
- Interflujo o flujo subsuperficial: 35,9% del caudal simulado
- Flujo base: 51,1% del caudal simulado

CAPTACIÓN DE UYAR – Superficie = 17,57 Km²

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
50-51				0,25	0,69	1,49	0,96	1,66	0,68	0,17	0,29	0,12	
51-52	0,65	1,24	1,18	2,81	3,80	1,07	2,27	0,62	0,15	0,21	0,09	0,15	14,23
52-53	0,61	1,58	2,23	3,55	2,77	0,26	0,46	0,46	0,58	0,22	0,05	0,16	12,94
53-54	1,35	0,87	0,33	1,13	3,75	1,71	0,61	0,72	0,15	0,14	0,09	0,16	11,03
54-55	0,10	0,30	1,27	1,78	1,46	1,04	0,15	0,10	0,17	0,10	0,03	0,12	6,61
55-56	0,40	0,46	0,67	1,36	2,41	0,79	0,85	1,07	0,53	0,14	0,11	0,12	8,92
56-57	0,29	2,55	0,93	0,94	0,55	0,24	0,55	0,82	0,89	0,18	0,07	0,11	8,13
57-58	0,14	0,73	1,40	1,69	0,83	2,46	2,83	0,53	0,44	0,38	0,13	0,08	11,64
58-59	0,23	1,76	2,86	2,04	0,64	0,95	1,01	1,16	0,49	0,15	0,09	0,70	12,07
59-60	1,28	1,94	4,08	2,01	1,24	1,40	0,66	0,23	0,12	0,08	0,14	0,12	13,31
60-61	0,63	1,16	4,60	3,55	0,86	0,18	0,86	0,49	0,75	0,12	0,14	0,31	13,64
61-62	1,35	3,25	1,26	1,95	2,59	1,42	1,94	0,87	0,27	0,10	0,04	0,07	15,09
62-63	0,16	1,51	2,19	1,61	1,56	1,88	1,46	0,54	0,56	0,25	0,69	1,00	13,42
63-64	0,60	0,95	1,40	0,75	1,30	1,43	2,37	0,28	0,13	0,06	0,09	0,09	9,46
64-65	0,55	0,83	2,29	2,90	0,81	2,00	2,09	0,70	0,20	0,08	0,10	0,35	12,91
65-66	0,58	1,55	3,95	1,30	1,49	1,58	0,98	1,23	1,07	0,24	0,10	0,08	14,15
66-67	1,33	4,57	3,81	2,24	0,39	0,59	1,02	1,06	0,48	0,12	0,07	0,13	15,81
67-68	0,40	2,52	3,67	4,27	1,84	1,69	1,42	1,36	0,69	0,13	0,20	0,17	18,34
68-69	0,10	0,56	1,89	1,13	1,19	2,36	2,49	1,30	0,52	0,14	0,11	0,65	12,43
69-70	0,33	0,54	5,55	3,08	2,58	1,63	0,86	1,81	1,07	0,14	0,15	0,09	17,83
70-71	0,33	0,56	1,24	1,33	1,65	2,75	1,80	1,82	1,20	0,41	0,17	0,12	13,39
71-72	0,37	2,93	2,24	3,26	2,79	1,26	1,85	2,68	0,47	0,12	0,23	0,52	18,71
72-73	0,53	0,53	1,38	1,59	3,16	1,33	1,14	0,64	1,03	0,14	0,27	0,27	12,00
73-74	0,48	0,51	2,16	1,09	3,07	2,40	1,19	0,50	0,17	0,15	0,24	0,45	12,41
74-75	3,11	3,20	1,53	1,90	1,37	2,74	2,57	0,85	0,55	0,07	0,16	0,20	18,26
75-76	0,56	3,47	1,86	1,29	2,58	1,02	1,83	0,45	0,12	0,28	0,09	0,29	13,84
76-77	1,05	1,68	1,99	1,30	1,13	0,64	1,18	2,54	2,36	0,84	1,48	0,26	16,45
77-78	0,31	1,15	1,26	3,14	2,44	2,31	2,88	1,79	0,61	0,25	0,12	0,05	16,30
78-79	0,32	0,39	1,08	3,14	2,64	1,81	3,43	1,14	0,39	0,20	0,32	0,72	15,57
79-80	1,28	3,88	1,66	2,35	0,66	2,57	1,30	2,02	1,07	0,31	0,09	0,09	17,28
80-81	1,84	1,61	4,49	4,05	1,76	1,08	1,94	1,26	0,22	0,23	0,23	0,08	18,82
81-82	0,56	0,22	2,61	2,43	2,06	2,79	0,47	0,24	0,45	0,10	0,29	0,18	12,39
82-83	1,60	2,15	4,37	0,98	1,92	2,20	1,99	0,75	0,21	0,19	2,13	0,41	18,90
83-84	0,09	0,29	1,35	2,87	2,80	1,02	0,97	1,85	0,95	0,10	0,19	0,42	12,89
84-85	1,05	2,12	2,13	2,42	0,89	2,03	0,68	2,01	0,36	0,13	0,07	0,01	13,89
85-86	0,05	0,73	0,67	3,19	2,85	1,48	2,19	0,81	0,32	0,08	0,08	0,21	12,66
86-87	0,28	0,56	1,79	2,30	2,18	1,11	1,41	0,44	0,40	0,25	0,12	0,04	10,88
87-88	0,78	2,89	1,17	2,47	2,28	1,91	2,49	1,10	0,97	1,26	0,23	0,32	17,86
88-89	0,10	0,06	1,01	0,42	0,57	0,87	2,65	0,89	0,23	0,16	0,11	0,10	7,18
89-90	0,09	0,75	0,44	1,06	0,80	0,28	3,12	0,61	0,26	0,11	0,07	0,15	7,73
90-91	0,31	1,51	2,64	1,58	0,95	2,01	2,24	3,71	0,30	0,10	0,07	0,30	15,72
91-92	1,04	3,40	0,66	0,65	0,44	2,16	2,49	0,80	1,52	0,53	0,15	0,28	14,12
92-93	5,53	2,90	3,29	0,32	0,68	1,13	1,84	1,37	1,41	0,37	0,26	0,91	20,01
93-94	2,00	1,11	3,60	2,68	1,54	0,77	2,59	0,49	0,23	0,09	0,09	0,27	15,46
94-95	0,78	0,97	1,80	4,11	1,84	2,24	0,41	0,38	0,11	0,13	0,07	0,15	13,01
95-96	0,10	0,45	1,52	1,49	3,77	1,05	0,51	0,44	0,26	0,27	0,31	0,46	10,64
95-97	1,44	3,00	3,61	3,09	0,71	0,15	0,09	0,37	0,97	0,86	0,20	0,25	14,73
97-98	0,27	1,47	2,79	1,77	0,81	1,32	1,49	1,20	0,45	0,12	0,17	0,67	12,51
98-99	2,48	1,99	2,11	1,73	2,48	2,15	0,90	0,66	0,24	0,21	0,33	0,23	15,51
99-00	0,35	1,95	2,68	0,98	1,24	0,66	1,73	0,68	0,34	0,20	0,18	0,06	11,04
00-01	1,81	3,15	1,85										

MEDIA	0,84	1,61	2,17	2,03	1,74	1,47	1,54	1,03	0,56	0,23	0,23	0,26	13,72
MAX	5,53	4,57	5,55	4,27	3,80	2,79	3,43	3,71	2,36	1,26	2,13	1,00	20,01
MIN	0,05	0,06	0,33	0,25	0,39	0,15	0,09	0,10	0,11	0,06	0,03	0,01	6,61

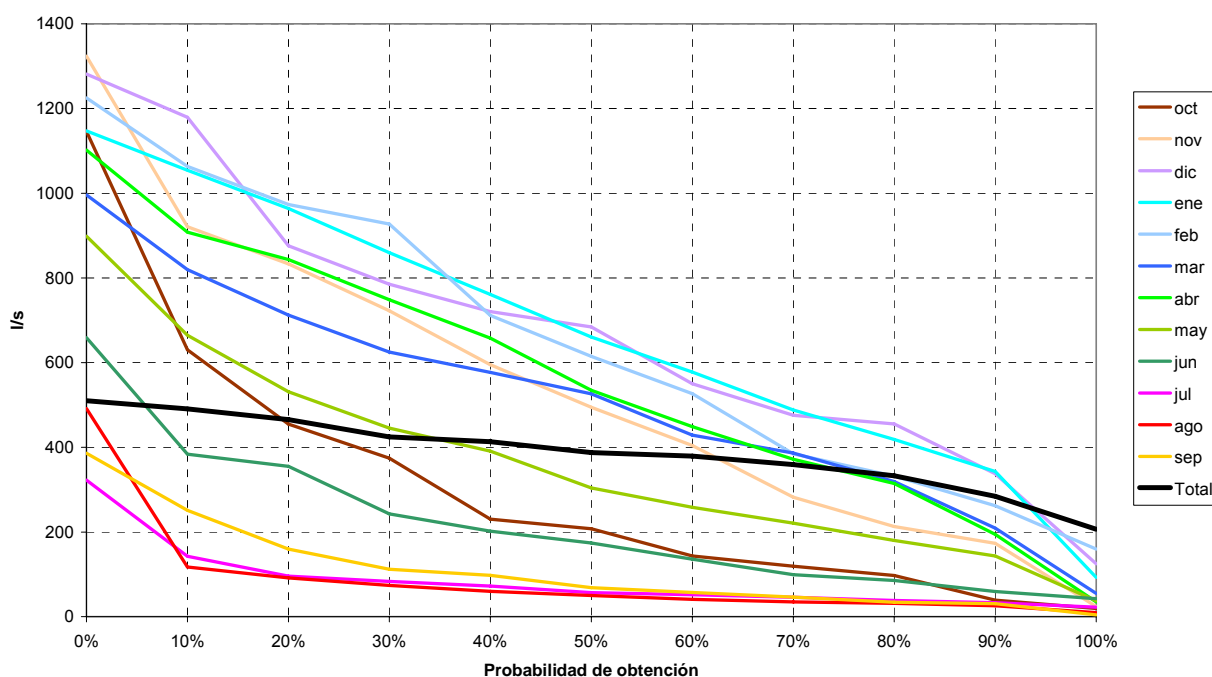
Como contraste de estos resultados, se pueden comparar los volúmenes simulados captables durante la sequía del 89-90 (considerando una capacidad máxima de 1.500 l/s) con los volúmenes aprovechados para el suministro a Vitoria tal y como se reflejan las memorias de 1990 y 1991 del CABB.

Mes	Volumen captable simulado (hm ³)	Volumen captado (hm ³)
Abril 1990	2,566	0,311
Mayo 1990	0,612	-
Junio 1990	0,258	-
Julio 1990	0,107	-
Agosto 1990	0,066	-
Septiembre 1990	0,149	-
Octubre 1990	0,308	0,019
Noviembre 1990	1,442	0,013
Diciembre 1990	2,081	0,967
Enero 1991	1,569	1,475
Febrero 1991	0,948	0,436
Marzo 1991	1,569	1,283
Abril 1991	2,177	1,471

Como puede apreciarse, los volúmenes simulados son compatibles con las detracciones acontecidas en los periodos en los que realmente se operó al 100%. Admitida la simulación efectuada, se puede calcular la probabilidad de obtener un determinado caudal medio en cada mes del año y en el propio año hidrológico. Para ello, se ha tenido en cuenta que la capacidad máxima de la infraestructura es de 1.500 l/s y se ha obviado la posible necesidad de mantener caudales ambientales en el tramo aguas abajo dado el carácter de emergencia de la obra. Así, se tienen los siguientes caudales mínimos captables asociados a distintas probabilidades:

I/s	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Total
Q ₁₀₀	19	24	125	93	159	55	35	37	42	23	10	4	207
Q ₉₀	39	173	337	343	262	209	194	143	59	33	26	31	284
Q ₈₀	97	213	455	418	332	319	315	180	85	38	31	34	333
Q ₇₀	119	282	476	488	385	387	372	221	99	46	35	46	359
Q ₆₀	144	404	550	578	526	429	449	258	136	52	41	58	379
Q ₅₀	208	495	684	660	615	526	534	304	174	57	50	69	388
Q ₄₀	231	595	721	761	712	576	658	391	202	72	60	98	413
Q ₃₀	374	723	785	860	927	625	748	445	243	83	74	112	424
Q ₂₀	455	833	876	964	973	712	843	531	355	96	91	160	466
Q ₁₀	630	921	1179	1054	1064	819	908	665	384	142	117	251	491
Q ₀	1146	1324	1281	1147	1225	996	1102	899	659	322	492	386	510

Aprovechamiento de la captación de Uyar



Como puede apreciarse, en términos anuales, se garantiza como mínimo la captación de un caudal medio de 207 l/s, si bien los valores esperables en año medio se sitúan en el entorno de los 400 l/s. A nivel mensual, lógicamente son los meses húmedos los que mayor caudal potencial podrían aportar, con un rango de valores que oscilaría entre 50 y 1000 l/s. En los meses de verano, en cambio, las captaciones esperables son del orden de 50 l/s.

5.5.8 Sifón del Gorbea

Puesto que los embalses del Gorbea no son empleados actualmente en la explotación normal del sistema AMVISA, sus recursos asociados pueden ser utilizados en emergencia gracias a la obra del sifón ejecutada a raíz de la sequía del 89-90 que permite su trasvase al embalse de Undurraga.

La estimación de los caudales esperables en tal caso puede efectuarse empleando las series de aportaciones obtenidas con el modelo TETIS y el modelo de simulación hidrológica AQUATOR, con los siguientes supuestos:

- Volumen útil de regulación 194.000 m³
- Capacidad máxima de toma: 500 l/s
- Pérdidas por evaporación y filtración: 10 l/s
- Caudal ecológico: 30 l/s

Operando de esta forma, se obtiene la siguiente serie mensual de recursos disponibles:

SIFÓN DEL GORBEA – Superficie = 10 Km²

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
50-51				0,36	1,14	1,27	0,54	0,69	0,38	0,04	0,00	0,00	
51-52	0,41	0,96	0,77	1,34	1,25	0,98	1,24	0,37	0,05	0,02	0,00	0,00	7,39
52-53	0,74	1,23	1,26	1,28	0,95	0,40	0,19	0,17	0,41	0,05	0,00	0,05	6,73
53-54	0,67	0,51	0,28	1,34	1,21	1,29	0,91	1,04	0,18	0,09	0,00	0,00	7,53
54-55	0,01	0,20	1,15	1,03	1,21	0,84	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,56
55-56	0,11	0,36	0,47	1,34	1,25	0,69	0,59	0,76	0,11	0,00	0,00	0,00	5,69
56-57	0,08	1,09	0,80	0,94	0,47	0,17	0,19	0,31	0,22	0,01	0,00	0,00	4,28
57-58	0,00	0,52	0,72	1,11	0,66	1,17	1,06	0,22	0,06	0,02	0,00	0,00	5,54
58-59	0,00	0,91	0,93	1,32	0,38	0,36	0,69	0,50	0,10	0,00	0,00	0,02	5,21
59-60	0,55	1,30	1,34	1,34	0,88	0,80	0,29	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	6,54
60-61	0,58	0,93	1,24	1,30	0,89	0,13	0,22	0,17	0,07	0,00	0,00	0,01	5,54
61-62	0,67	1,05	1,02	1,20	1,21	0,89	0,99	0,45	0,08	0,00	0,00	0,00	7,55
62-63	0,03	0,85	1,11	1,16	0,94	0,93	1,02	0,15	0,05	0,03	0,32	0,78	7,38
63-64	0,37	0,45	0,99	0,53	0,71	0,89	1,16	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	5,29
64-65	0,78	0,59	1,34	1,34	0,77	1,18	1,11	0,58	0,06	0,00	0,00	0,14	7,88
65-66	0,54	0,99	1,34	1,14	0,82	1,08	0,41	0,64	0,47	0,03	0,00	0,00	7,47
66-67	0,48	1,30	1,34	1,27	0,27	0,26	0,45	0,42	0,09	0,00	0,00	0,00	5,87
67-68	0,02	0,86	1,34	1,34	1,08	0,95	0,64	0,22	0,09	0,00	0,00	0,00	6,53
68-69	0,00	0,26	1,05	0,89	0,83	1,02	0,99	0,50	0,14	0,00	0,00	0,15	5,81
69-70	0,02	0,24	1,32	1,34	1,21	1,26	0,50	0,44	0,08	0,00	0,01	0,00	6,42
70-71	0,10	0,40	0,72	0,67	0,83	1,01	1,02	0,82	0,79	0,12	0,00	0,00	6,46
71-72	0,06	0,99	1,14	1,11	1,25	1,16	1,02	1,32	0,43	0,03	0,16	0,25	8,93
72-73	0,23	0,28	0,75	1,05	1,21	1,08	0,97	0,21	0,25	0,00	0,05	0,05	6,13
73-74	0,24	0,33	1,25	0,83	1,18	1,34	0,76	0,26	0,02	0,00	0,00	0,03	6,25
74-75	0,89	1,30	1,31	0,94	0,74	1,08	1,30	0,71	0,38	0,01	0,00	0,01	8,66
75-76	0,28	1,01	1,25	0,69	1,25	0,93	1,03	0,36	0,01	0,00	0,00	0,00	6,82
76-77	0,38	1,06	1,28	0,88	0,67	0,37	0,65	0,85	1,11	0,27	0,50	0,05	8,09
77-78	0,05	0,58	0,99	1,10	1,21	1,27	1,30	1,11	0,31	0,07	0,00	0,00	8,00
78-79	0,34	0,28	0,97	1,20	1,21	1,13	1,21	0,87	0,23	0,01	0,04	0,46	7,94
79-80	0,59	1,30	1,10	1,30	0,45	1,15	0,89	0,95	0,46	0,10	0,00	0,00	8,29
80-81	0,93	0,78	1,34	1,08	1,21	0,74	1,11	0,70	0,07	0,02	0,02	0,00	8,00
81-82	0,37	0,29	1,15	1,23	1,12	1,34	0,51	0,08	0,07	0,00	0,00	0,01	6,18
82-83	1,17	1,22	1,34	1,16	1,12	0,94	1,04	0,28	0,04	0,01	0,45	0,37	9,14
83-84	0,01	0,12	0,93	1,26	1,25	0,91	0,70	0,72	0,68	0,03	0,00	0,24	6,83
84-85	0,81	1,03	1,08	1,34	0,97	1,02	0,51	1,07	0,18	0,02	0,00	0,00	8,03
85-86	0,00	1,10	0,76	1,34	1,21	1,12	1,08	0,55	0,09	0,00	0,00	0,05	7,31
86-87	0,09	0,41	0,93	1,34	1,15	0,84	0,99	0,14	0,05	0,00	0,00	0,00	5,95
87-88	0,26	0,92	0,91	1,07	1,25	1,12	1,30	0,74	0,47	0,13	0,00	0,02	8,18
88-89	0,00	0,00	0,86	0,65	0,31	0,72	1,20	0,62	0,05	0,00	0,00	0,00	4,42
89-90	0,00	0,55	0,41	0,68	0,47	0,13	1,07	0,66	0,07	0,00	0,00	0,00	4,03
90-91	0,20	0,80	1,34	1,04	0,62	0,82	1,30	1,06	0,15	0,00	0,00	0,06	7,38
91-92	0,56	1,14	0,69	0,47	0,27	0,43	1,27	0,35	0,31	0,12	0,01	0,11	5,72
92-93	1,27	1,30	1,13	0,28	0,18	0,70	0,54	0,68	0,23	0,02	0,03	0,35	6,69
93-94	1,03	0,61	1,01	1,34	0,89	0,40	1,23	0,30	0,05	0,00	0,01	0,01	6,88
94-95	0,35	0,51	0,78	1,34	0,87	1,11	0,20	0,11	0,00	0,02	0,00	0,00	5,29
95-96	0,00	0,31	0,82	0,99	1,18	0,98	0,27	0,23	0,02	0,00	0,00	0,20	5,02
95-97	0,90	0,75	1,34	1,34	0,69	0,08	0,00	0,12	0,65	0,35	0,01	0,00	6,24
97-98	0,01	0,81	1,34	1,22	0,71	0,85	0,98	0,84	0,13	0,00	0,00	0,11	7,00
98-99	1,18	0,74	1,34	1,24	1,15	1,26	0,52	0,37	0,05	0,00	0,00	0,00	7,84
99-00	0,01	0,81	1,20	0,89	0,70	0,52	0,97	0,23	0,02	0,00	0,00	0,00	5,36
00-01	0,68	1,23	1,10										

MEDIA	0,38	0,75	1,05	1,08	0,91	0,86	0,80	0,50	0,20	0,03	0,03	0,07	6,66
MAX	1,27	1,30	1,34	1,34	1,25	1,34	1,30	1,32	1,11	0,35	0,50	0,78	9,14
MIN	0,00	0,00	0,28	0,28	0,18	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,03

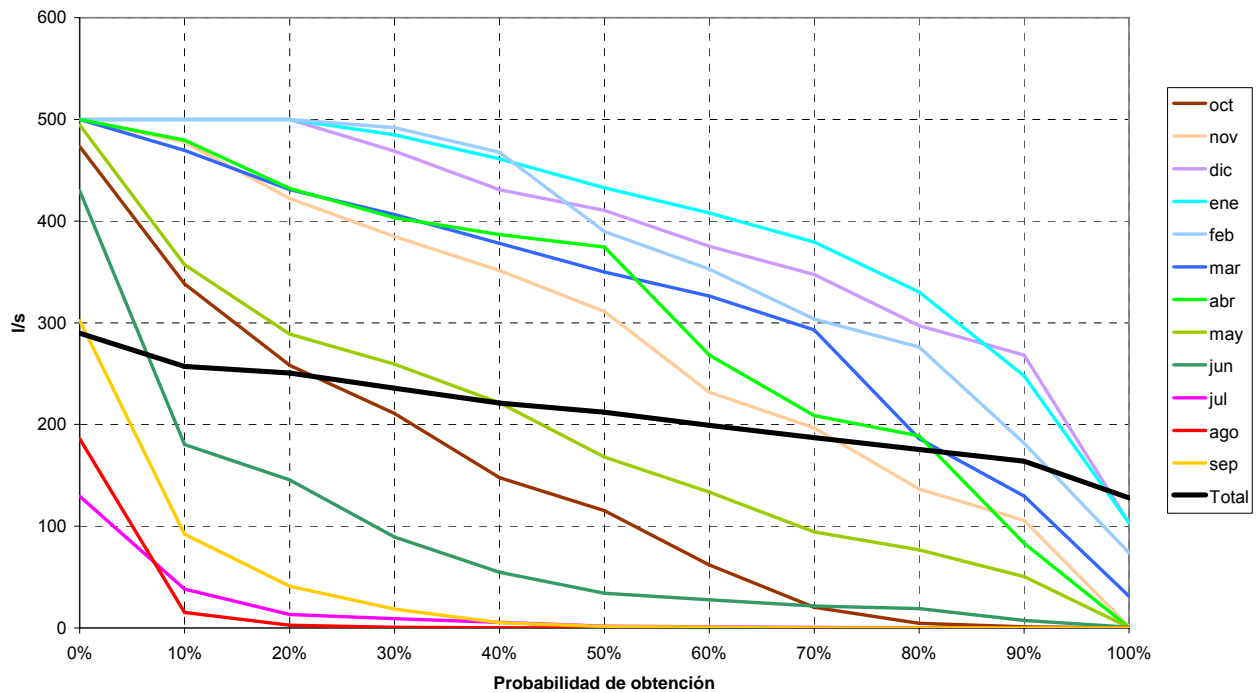
Como contraste de estos resultados, se pueden comparar los volúmenes simulados captables durante la sequía del 89-90 con los volúmenes aprovechados para el suministro a Vitoria tal y como se reflejan las memorias de 1990 y 1991 del CABB.

Mes	Volumen captable simulado (hm ³)	Volumen captado (hm ³)
Marzo 1990	0,125	0,080
Abril 1990	1,067	1,120
Mayo 1990	0,660	0,616
Junio 1990	0,070	0,169
Julio 1990	0,000	0,026
Agosto 1990	0,000	-
Septiembre 1990	0,002	-
Octubre 1990	0,200	0,081
Noviembre 1990	0,801	0,552
Diciembre 1990	1,339	1,221
Enero 1991	1,038	1,442
Febrero 1991	0,617	0,905
Marzo 1991	0,816	1,258
Abril 1991	1,296	0,341

Como puede apreciarse, los volúmenes simulados son compatibles con las detracciones acontecidas en los periodos en los que realmente se operó al 100%. Admitida la simulación efectuada, se puede calcular la probabilidad de obtener un determinado caudal medio en cada mes del año y en el propio año hidrológico. Para ello, se ha tenido en cuenta que la capacidad máxima de la infraestructura es de 500 l/s. Así, se tienen los siguientes caudales mínimos captables asociados a distintas probabilidades:

I/s	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Total
Q₁₀₀	0	1	103	103	74	31	1	1	1	0	0	0	128
Q₉₀	1	106	268	248	181	130	83	50	7	0	0	0	164
Q₈₀	5	136	297	330	276	186	189	77	19	0	0	0	176
Q₇₀	20	197	347	379	304	293	209	94	22	0	0	0	187
Q₆₀	62	232	375	408	353	326	268	134	28	1	0	1	199
Q₅₀	115	311	411	433	390	350	374	168	34	2	0	1	212
Q₄₀	148	351	431	461	468	378	387	221	55	5	0	5	221
Q₃₀	211	385	469	485	492	406	403	259	89	9	1	19	236
Q₂₀	258	422	500	500	500	431	432	289	145	13	3	41	251
Q₁₀	338	478	500	500	500	470	480	357	180	38	15	92	257
Q₀	473	500	500	500	500	500	500	494	430	129	186	302	290

Aprovechamiento del Sifón del Gorbea



Como puede apreciarse, en términos anuales, se garantiza como mínimo la captación de un caudal medio de 128 l/s, si bien los valores esperables en año medio se sitúan en el entorno de los 200 l/s. A nivel mensual, lógicamente son los meses húmedos los que mayor caudal potencial podrían aportar, con un rango de valores que oscilaría entre 100 y 5000 l/s. En los meses de verano, en cambio, las captaciones esperables son prácticamente nulas.

5.5.9 Captación del arroyo Vicuña

Para la estimación de los recursos superficiales en el este punto se puede emplear el modelo TETIS calibrado para la cuenca del río Arakil. El punto de cálculo asociado sería el $X = 556.000$ / $Y = 4.743.500$, al que corresponde una superficie vertiente en el modelo de $3,75 \text{ km}^2$, si bien la cuenca real obtenida a partir de la cartografía oficial 1:5000 de la DFA es de $2,43 \text{ km}^2$, por lo que se efectuará una escalación. De esta forma, se obtiene:

De esta forma, se obtiene:

- Superficie de cuenca adoptada: $2,43 \text{ km}^2$
- Precipitación media anual: 1369 mm
- Evapotranspiración potencial media anual: 740 mm
- Evapotranspiración real media anual: 584 mm
- Aportación media anual: 780 mm
- Pérdidas subterráneas: 0 mm

- Escorrentía superficial: 13% del caudal simulado
- Interflujo o flujo subsuperficial: 35,9% del caudal simulado
- Flujo base: 51,1% del caudal simulado

CAPTACIÓN DE VICUÑA – Superficie = 2,43 Km²

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
50-51				0,02	0,08	0,17	0,09	0,15	0,04	0,01	0,00	0,00	
51-52	0,00	0,04	0,06	0,19	0,32	0,11	0,14	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88
52-53	0,00	0,09	0,17	0,35	0,27	0,03	0,04	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	1,02
53-54	0,06	0,05	0,04	0,07	0,19	0,12	0,04	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,63
54-55	0,00	0,00	0,10	0,20	0,15	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55
55-56	0,00	0,02	0,07	0,19	0,19	0,06	0,09	0,13	0,03	0,00	0,00	0,00	0,78
56-57	0,00	0,19	0,11	0,12	0,13	0,04	0,05	0,07	0,11	0,01	0,00	0,00	0,85
57-58	0,00	0,04	0,09	0,18	0,12	0,20	0,17	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,88
58-59	0,00	0,07	0,25	0,27	0,12	0,10	0,04	0,09	0,02	0,00	0,00	0,00	0,97
59-60	0,06	0,24	0,55	0,20	0,15	0,11	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40
60-61	0,06	0,15	0,60	0,49	0,13	0,01	0,04	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00	1,57
61-62	0,11	0,46	0,26	0,31	0,33	0,22	0,23	0,07	0,04	0,01	0,00	0,00	2,02
62-63	0,00	0,12	0,26	0,22	0,22	0,23	0,18	0,04	0,04	0,02	0,03	0,10	1,47
63-64	0,07	0,13	0,25	0,09	0,18	0,19	0,30	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	1,24
64-65	0,02	0,10	0,30	0,36	0,15	0,25	0,24	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	1,51
65-66	0,06	0,26	0,54	0,22	0,26	0,20	0,13	0,15	0,12	0,01	0,00	0,00	1,96
66-67	0,08	0,62	0,46	0,30	0,06	0,07	0,12	0,11	0,03	0,00	0,00	0,00	1,85
67-68	0,00	0,25	0,45	0,48	0,24	0,20	0,16	0,11	0,04	0,01	0,00	0,00	1,95
68-69	0,00	0,01	0,16	0,16	0,21	0,28	0,26	0,14	0,04	0,01	0,00	0,01	1,27
69-70	0,01	0,04	0,55	0,43	0,31	0,19	0,07	0,19	0,06	0,01	0,00	0,00	1,88
70-71	0,00	0,01	0,10	0,16	0,20	0,31	0,24	0,21	0,13	0,01	0,00	0,00	1,39
71-72	0,00	0,13	0,24	0,31	0,35	0,18	0,19	0,21	0,03	0,01	0,00	0,01	1,66
72-73	0,05	0,07	0,15	0,20	0,33	0,14	0,12	0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	1,17
73-74	0,00	0,00	0,17	0,14	0,37	0,27	0,15	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13
74-75	0,20	0,35	0,19	0,29	0,21	0,21	0,29	0,13	0,06	0,00	0,00	0,00	1,94
75-76	0,01	0,24	0,25	0,19	0,20	0,07	0,16	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	1,17
76-77	0,05	0,17	0,24	0,18	0,18	0,07	0,15	0,16	0,25	0,02	0,07	0,03	1,57
77-78	0,00	0,09	0,18	0,38	0,29	0,19	0,28	0,13	0,02	0,01	0,00	0,00	1,57
78-79	0,00	0,01	0,06	0,27	0,30	0,19	0,32	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00	1,25
79-80	0,07	0,36	0,17	0,29	0,08	0,32	0,15	0,15	0,12	0,01	0,00	0,00	1,71
80-81	0,10	0,13	0,51	0,48	0,17	0,13	0,19	0,12	0,02	0,00	0,00	0,00	1,86
81-82	0,01	0,00	0,23	0,28	0,30	0,32	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,19
82-83	0,09	0,25	0,57	0,12	0,24	0,22	0,23	0,06	0,02	0,00	0,13	0,04	1,97
83-84	0,00	0,00	0,17	0,35	0,32	0,12	0,12	0,16	0,10	0,01	0,00	0,00	1,36
84-85	0,05	0,24	0,27	0,30	0,12	0,24	0,08	0,21	0,02	0,00	0,00	0,00	1,52
85-86	0,00	0,07	0,08	0,36	0,34	0,15	0,24	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	1,32
86-87	0,01	0,04	0,17	0,30	0,28	0,12	0,16	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10
87-88	0,04	0,27	0,19	0,30	0,29	0,20	0,34	0,15	0,13	0,21	0,01	0,00	2,15
88-89	0,00	0,00	0,03	0,06	0,06	0,10	0,31	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,66
89-90	0,00	0,04	0,09	0,13	0,09	0,01	0,37	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,82
90-91	0,00	0,12	0,26	0,23	0,14	0,23	0,29	0,39	0,02	0,00	0,00	0,00	1,69
91-92	0,10	0,36	0,09	0,07	0,06	0,25	0,30	0,06	0,16	0,03	0,00	0,00	1,50
92-93	0,51	0,34	0,39	0,04	0,08	0,15	0,17	0,23	0,11	0,02	0,00	0,04	2,06
93-94	0,21	0,14	0,45	0,33	0,22	0,09	0,26	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	1,78
94-95	0,04	0,13	0,25	0,49	0,24	0,28	0,03	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	1,51
95-96	0,00	0,03	0,17	0,22	0,42	0,11	0,07	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	1,08
95-97	0,13	0,39	0,46	0,35	0,10	0,01	0,00	0,01	0,09	0,11	0,01	0,00	1,65
97-98	0,00	0,18	0,37	0,21	0,10	0,15	0,15	0,11	0,04	0,00	0,00	0,00	1,33
98-99	0,18	0,21	0,25	0,22	0,27	0,24	0,08	0,05	0,01	0,00	0,01	0,00	1,52
99-00	0,02	0,25	0,31	0,13	0,14	0,06	0,23	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	1,23

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
00-01	0,11	0,38	0,25										

MEDIA	0,05	0,16	0,25	0,24	0,21	0,16	0,16	0,10	0,04	0,01	0,01	0,01	1,40
MAX	0,51	0,62	0,60	0,49	0,42	0,32	0,37	0,39	0,25	0,21	0,13	0,10	2,15
MIN	0,00	0,00	0,03	0,02	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55

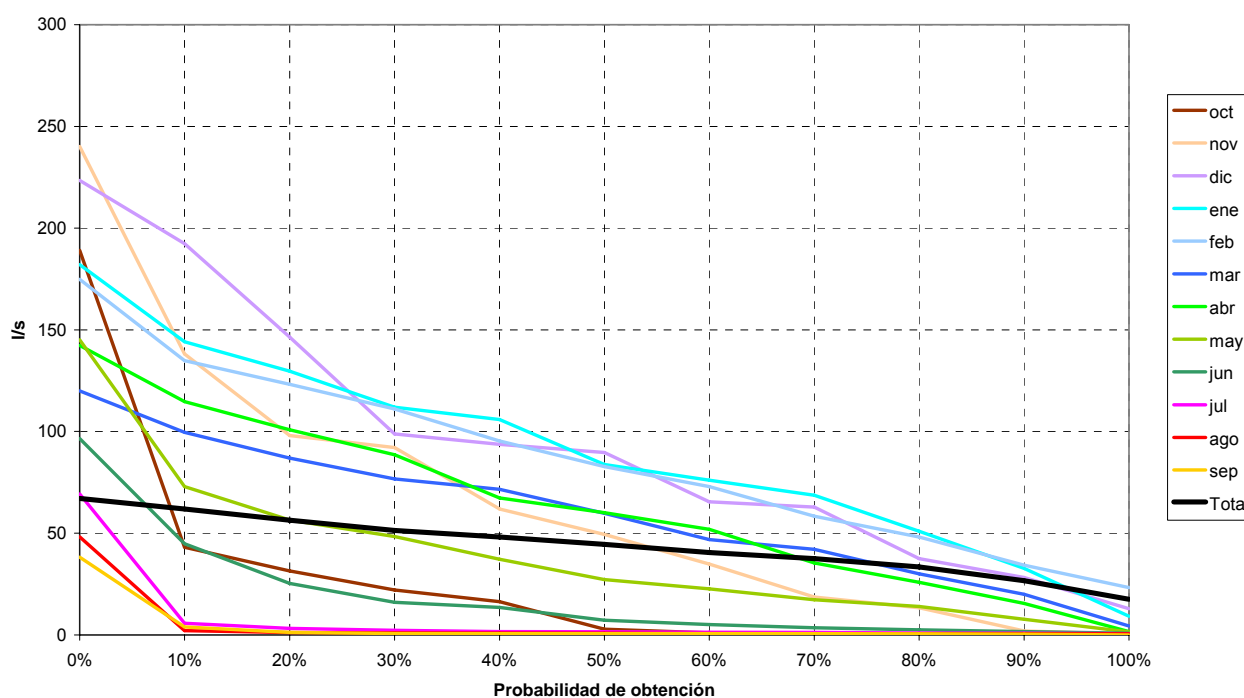
Como contraste de estos resultados, se pueden comparar los volúmenes simulados captables durante la sequía del 89-90 (considerando una capacidad máxima de 700 l/s) con los volúmenes aprovechados para el suministro a Vitoria tal y como se reflejan las memorias de 1990 y 1991 del CABB.

Mes	Volumen captable simulado (hm ³)	Volumen captado (hm ³)
Abril 1990	0,369	0,259
Mayo 1990	0,071	0,107
Junio 1990	0,009	-
Julio 1990	0,002	-
Agosto 1990	0,002	-
Septiembre 1990	0,001	-
Octubre 1990	0,003	0,006
Noviembre 1990	0,116	0,046
Diciembre 1990	0,264	0,121
Enero 1991	0,227	0,184
Febrero 1991	0,140	0,126
Marzo 1991	0,232	0,223
Abril 1991	0,292	0,212

Como puede apreciarse, los volúmenes simulados son compatibles con las detracciones acontecidas en los periodos en los que realmente se operó al 100%. Admitida la simulación efectuada, se puede calcular la probabilidad de obtener un determinado caudal medio en cada mes del año y en el propio año hidrológico. Para ello, se ha tenido en cuenta que la capacidad máxima de la infraestructura es de 700 l/s y se ha obviado la posible necesidad de mantener caudales ambientales en el tramo aguas abajo dado el carácter de emergencia de la obra. Así, se tienen los siguientes caudales mínimos captables asociados a distintas probabilidades:

l/s	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Total
Q ₁₀₀	0	0	13	9	23	4	2	1	1	1	1	0	17
Q ₉₀	0	2	28	33	34	20	15	8	2	1	1	0	27
Q ₈₀	1	13	37	51	48	30	26	14	2	1	1	1	33
Q ₇₀	1	19	63	69	58	42	35	17	4	1	1	1	37
Q ₆₀	1	35	65	76	73	47	52	23	5	1	1	1	41
Q ₅₀	3	49	90	84	83	60	60	27	7	2	1	1	44
Q ₄₀	16	62	94	106	95	72	67	37	14	2	1	1	48
Q ₃₀	22	92	99	112	111	77	89	48	16	2	1	1	51
Q ₂₀	31	98	146	130	123	87	101	56	25	3	1	1	56
Q ₁₀	43	138	192	144	135	100	115	73	45	6	2	4	62
Q ₀	189	240	223	182	175	120	142	145	97	69	48	38	67

Aprovechamiento de la captación de Vicuña



Como puede apreciarse, en términos anuales, se garantiza como mínimo la captación de un caudal medio de 17 l/s, si bien los valores esperables en año medio se sitúan en el entorno de los 30-50 l/s. A nivel mensual, lógicamente son los meses húmedos los que mayor caudal potencial podrían aportar, con un rango de valores que oscilaría entre 25 y 150 l/s. En los meses de verano, en cambio, las captaciones esperables son prácticamente nulas.

5.5.10 Captación de los acuíferos de Nanclares-Subijana

A raíz de la sequía del 89-90 y mediante un convenio entre el EVE, la DFA y AMVISA, en 1993 se procedió a una investigación exhaustiva de las posibilidades de aprovechamiento de la Unidad Hidrogeológica de Subijana. En concreto, se ejecutaron diversos sondeos piezométricos y 8 sondeos de explotación en los que se efectuaron pruebas de bombeo. Con la información obtenida se modelizó el acuífero y se plantearon situaciones pésimas de bombeo, llegándose a determinar los caudales mínimos extraíbles en cada pozo y la profundidad adecuada de ubicación del equipo a partir de la depresión obtenida en el nivel freático en un escenario de bombeo continuo durante 90 días, partiendo del nivel freático en estiaje pronunciado y sin recarga de acuífero.

Tras ello se dejaron los pozos con una tubería de acero de 390 mm de diámetro interior y 8 mm de espesor, y cerradas en superficie por una brida ciega y válvulas de compuerta. El caudal de explotación conjunto de los sondeos citados, de acuerdo con las pruebas de producción efectuadas, puede estimarse superior a 600 l/s. De hecho, en virtud de un convenio similar, en 1998 se redactó un proyecto para el equipamiento de los sondeos y su conexión a la conducción

de emergencia desde las captaciones del Bayas y La Torca a Araka que no llegó finalmente a ejecutarse, pero que preveía un caudal de explotación de 340 l/s en Subijana (70 l/s en S-B, 90 l/s en S-A, 80 l/s en S-C y 100 l/s en S-D) y de 500 l/s en Nanclares (100 l/s en N-A y 200 l/s en N-C y N-D). Las características de los sondeos existentes se presentan a continuación:

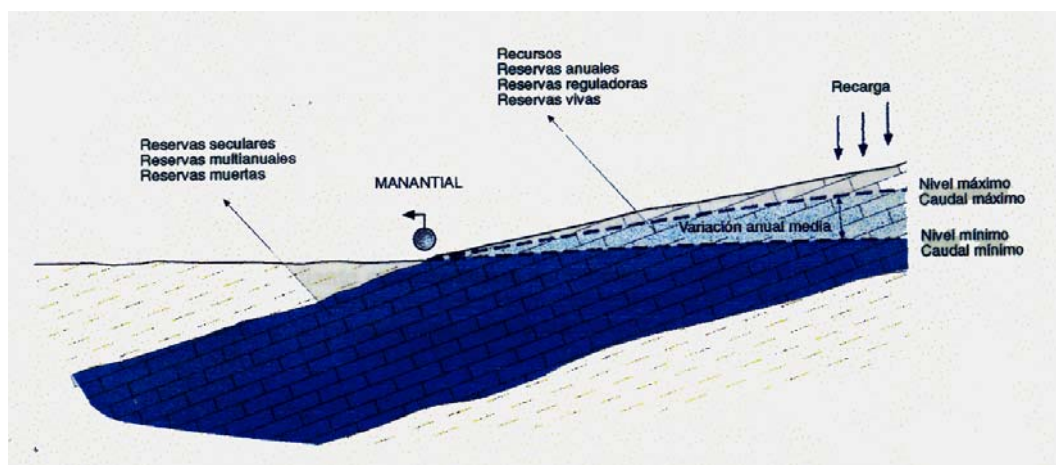
Sondeo	Prof. (m)	Nivel estático (m)	Caudal crítico (l/s)	T (m ² /día)	Qs (l/s/m)
SUBIJANA-A	193	2-28	>120	60	6,6
SUBIJANA-B	235	19-49	80	50	1,2
SUBIJANA-C	250	0-10	>100	55	1,6
SUBIJANA-D	263	50	>100	250	3,3
NANCLARES-A	250	0-12	>100	120	1,2
NANCLARES-B	266	15-25	>40	120	2
NANCLARES-C	303	Surgente	>240	>2.500	>13
NANCLARES-D	290	0-6	>200	2.600	>10

En cualquier caso, la explotabilidad de los recursos hídricos subterráneos está condicionada, además de por el origen de los recursos, por múltiples factores relativos al medio geológico al que se encuentran asociados. A modo de generalización, los modelos de explotación de los recursos pueden englobarse en dos categorías: captación directa de los puntos de descarga (como la existente en La Torca) o captación indirecta y regulación de las descargas.

El nivel de optimización en el primer supuesto está condicionado por el grado de regulación natural del medio, variable en función de los parámetros hidráulicos del acuífero, dimensiones, etc., y por el dimensionamiento de las infraestructuras dispuestas al efecto.

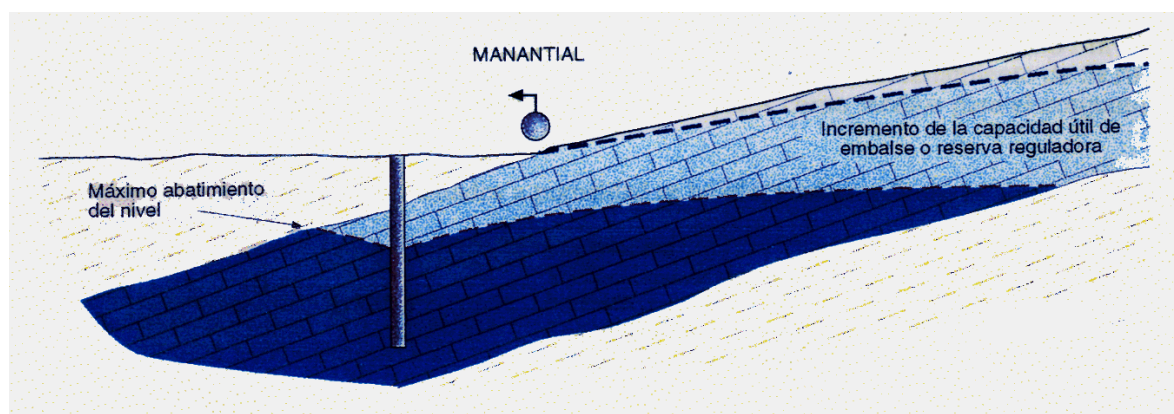
El segundo supuesto es factible en la medida en la que, principalmente, las características geométricas del acuífero lo permitan. Estas suponen la existencia o no de un volumen suficiente de reservas, capaz de lograr la modulación de las entradas, así como su accesibilidad mediante sondeos, siendo éstas las obras más habituales.

Con el propósito de fijar la terminología relativa al concepto de reservas a usar en adelante, en la siguiente figura se ha expresado en un esquema simplificado la correspondencia física de los múltiples términos al uso.



De las distintas alternativas posibles, se ha optado, coincidiendo en gran medida con lo establecido en el Artículo 8 de la Normativa del P.H. Ebro "Criterios para la evaluación de los recursos y de las reservas en las Unidades Hidrogeológicas", por incidir en el concepto de *reserva reguladora*, entendida como el volumen anual de recurso disponible. Será coincidente con el concepto de recurso renovable cuando en la explotación no interviene ningún aspecto de regulación, es decir, régimen natural, o incluirá un porcentaje de las reservas multianuales, consecuente con las infraestructuras de regulación creadas.

La siguiente figura ilustra el concepto de reserva reguladora, o *capacidad útil de embalse*, y su naturaleza variable en función de la infraestructura disponible y del régimen de explotación seguido, este último en la medida en que altera la relación reserva viva-reserva muerta.



Es útil señalar que mientras que la explotación de las descargas del acuífero en régimen natural está limitada por la capacidad de las instalaciones, perdiéndose, en general, los caudales medios y altos, el incremento de la reserva reguladora o capacidad útil de embalse puede lograr, si el medio lo permite, la utilización total del recurso renovable o reserva anual.

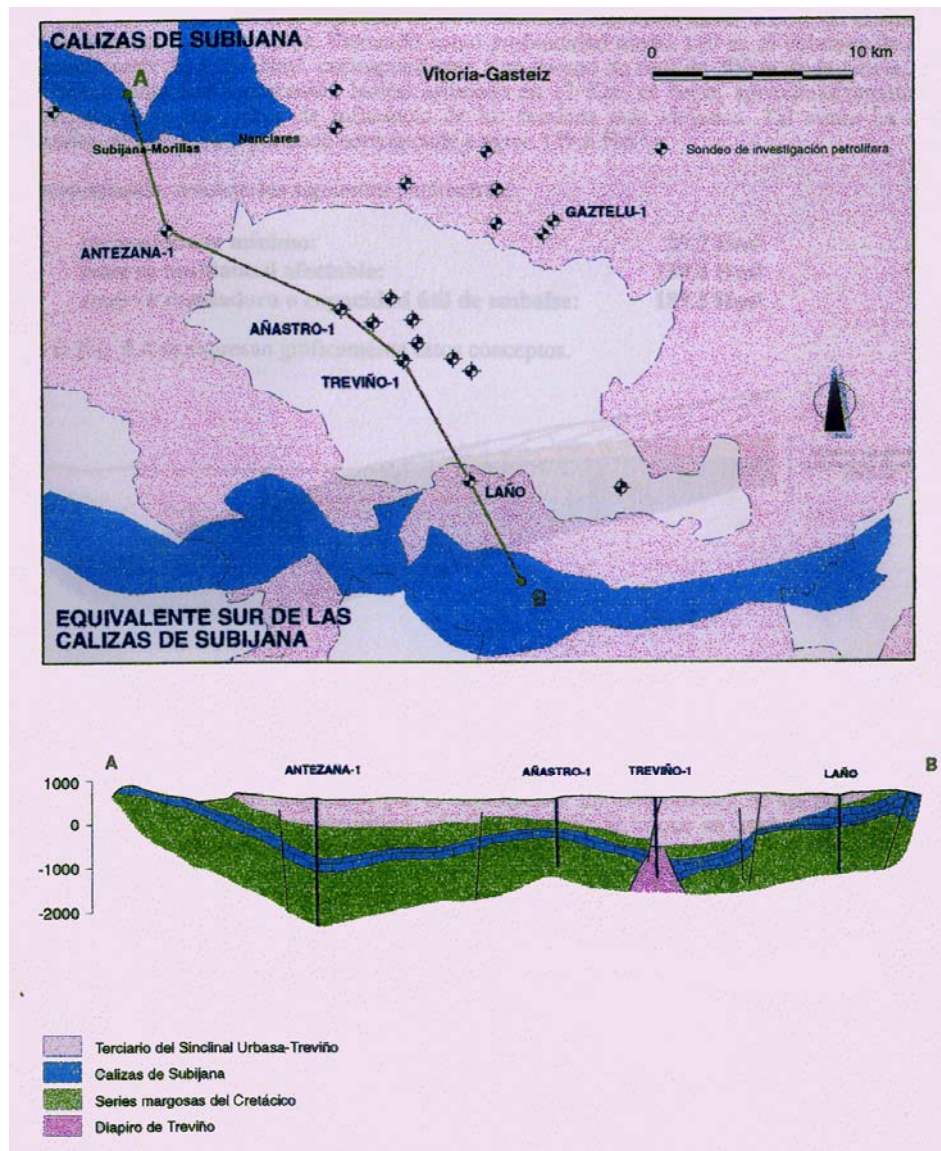
El cálculo de los conceptos citados para el caso de la Unidad Hidrogeológica Subijana, en los sectores objeto de estudio (subunidad Subijana y Nanclares), conduce a un valor de los recursos

renovables, o reservas anuales, o reservas vivas, o reservas reguladoras en régimen natural mínimas de 28,1 Hm³/año.

Para el cálculo de las reservas situadas a cotas inferiores, los parámetros de cálculo son básicamente dos: volumen de roca que constituye el acuífero y porcentaje de hueco susceptible de contener agua.

El conocimiento del acuífero en profundidad puede considerarse excepcional, por las particulares circunstancias que concurren en esta zona. Por ser el entorno geológico un objetivo de alto potencial de hidrocarburos, ha sido objeto de una intensa prospección, tanto de perforación como mediante otros métodos indirectos, a lo largo de un amplio período de tiempo. Se contabiliza un número superior a 40 sondeos profundos que perforan el nivel de calizas que constituyen el acuífero. Por otra parte, este mismo acuífero tiene interés como recurso geotérmico, lo que ha propiciado la construcción de dos sondeos que captan su recurso en profundidad.

Esta información es la que permite la definición de un esquema geológico como el presentado a continuación:



En otros términos, se puede afirmar, con el conocimiento de causa necesario, que la cuantificación del volumen de roca que constituye el acuífero en profundidad puede hacerse de forma suficientemente precisa.

El otro factor interviniente en el cálculo de las reservas, los parámetros hidráulicos del acuífero, es de estimación más compleja. La información puede considerarse exhaustiva en el área de influencia de los sondeos con objetivo hidrogeológico somero y más reducida en los restantes sondeos, por ser otro su objetivo, salvo en los sondeos geotérmicos.

En los informes constructivos de los sondeos petroleros, es una constante la mención a los problemas de perforación encontrados al atravesar el nivel de calizas por las importantes pérdidas del fluido de perforación, lo cual habla, aunque sea cualitativamente, de una elevada permeabilidad.

Las medidas efectuadas en el sondeo Antezana-1, que perfora el acuífero entre las profundidades 1.737 y 2.093 m, obtienen una porosidad media del 13% (determinada mediante registro geofísico, realizado con anterioridad al desarrollo, sobre un total de 37 m de niveles productores), transmisividad de 225 m²/día y coeficiente de almacenamiento de 5 x 10⁻⁵. Se trata, pues, de valores muy semejantes a los establecidos como medios para el conjunto del acuífero.

La conversión de los parámetros citados a porosidad se ha efectuado mediante la fórmula:

$$m = \frac{S}{b \cdot \beta \cdot \delta}$$

Donde m es la porosidad
S es el coeficiente de almacenamiento
b es la potencia productora
β es el factor de compresibilidad del agua
δ es el peso específico del agua.

De esta forma, resulta ser del 16% en el entorno de la surgencia de Nanclares, donde ya se ha comentado que se trata de una zona particularmente desarrollada, y del 7% en las áreas más desfavorables. Se toma esta última, sin embargo, como cifra de referencia para los cálculos generales que se expresan a continuación

El concepto de reservas seculares o multianuales o reservas muertas, en régimen no influenciado, tal como se han definido anteriormente, puede ser evaluado a partir de la cubicación del nivel de calizas y de la porosidad media obtenida. Sin embargo, no se ha procedido a su cálculo por considerarlo ocioso. Baste con decir que se trata de muchos miles de Hectómetros cúbicos.

Se ha considerado más lógico calcular el volumen de reservas multianuales que pueden verse afectadas por la infraestructura de regulación creada. Para ello, se ha cubicado el volumen de roca que sería drenado en el supuesto de un abatimiento del nivel hasta la cota de ubicación de las bombas en los sondeos. Tomando como profundidad media 110 m, el volumen de roca afectado sería de 2.284 Hm³, correspondiente a un cuerpo de roca de 300 m de potencia, 10° de buzamiento Sur y extensión lateral estimada en 12 Km, es decir, aproximadamente, la distancia entre los radios de influencia de los sondeos más alejados. Tal como ha sido descrito, el 7% de este volumen corresponde a agua: 159,8 Hm³.

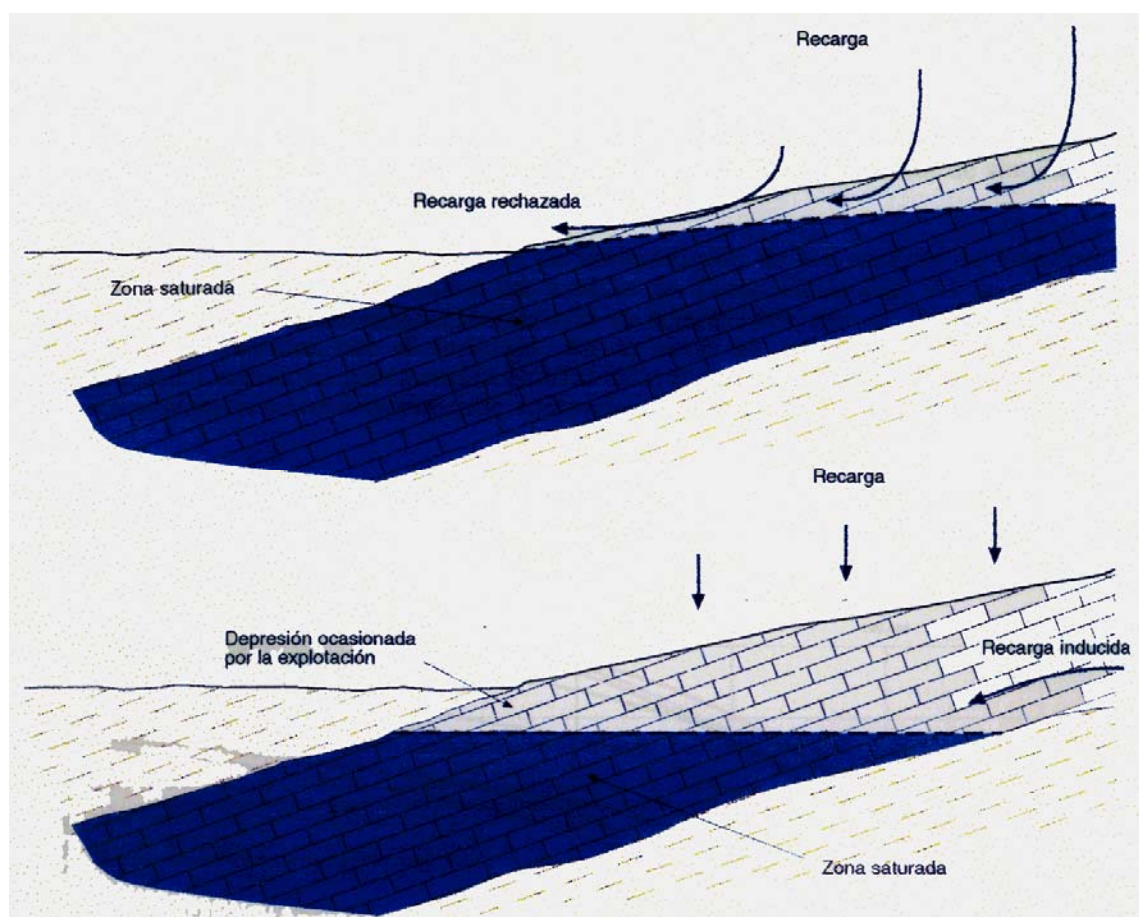
Recapitulando, resultan los siguientes parámetros:

– recurso anual mínimo:	28,1 hm ³
– reserva multianual afectable:	159,8 hm ³
– reserva reguladora o capacidad útil de embalse:	187,9 hm ³

En relación con estas cifras, es conveniente insistir en las siguientes matizaciones:

- El recurso anual corresponde a un año hidrológico medio. Su evaluación se ha realizado por defecto, y así no se han contabilizado áreas de recarga existentes en el entorno, constituidas por materiales de permeabilidad más reducida, ni los consiguientes aumentos de recurso originados por la explotación. En este sentido, de las dos zonas de actuación, la de Subijana constituye un claro ejemplo de lo que se conoce como recarga rechazada y recarga inducida.

Se entiende por recarga rechazada el volumen de recurso que desaloja el acuífero, una vez que la zona saturada alcanza el nivel de base. Se produce recarga inducida en aquellos acuíferos sometidos a explotación en los que la capacidad útil de embalse creada es susceptible de ser recargada no sólo por el mecanismo habitual, es decir, infiltración de la precipitación sobre los afloramientos permeables, sino por transferencia de flujo desde otro sistema



Este fenómeno, que se da de forma natural en la zona de Techa por infiltración del río Bayas, puede incrementarse notablemente mediante explotación de la infraestructura allí creada.

- La reserva multianual afectable es un concepto variable, dependiente de las características de las obras de explotación, además de las imposiciones propias del medio. La profundidad de cálculo elegida, 110 m, representa simplemente un valor medio de las profundidades más adecuadas para la instalación de las bombas en el supuesto de extracción ensayado en los modelos de simulación. Es obvio que una variación de esta cota, en ambos sentidos, altera notablemente la relación reserva viva-reserva muerta y, por consiguiente, la capacidad útil de embalse creada.

La posición más adecuada de las bombas es:

Sondeo	Profundidad de situación de la bomba (m)
Subijana-A	110
Subijana-B	150
Subijana-C	115
Subijana-D	130
Nanclares-A	120
Nanclares-C	90
Nanclares-D	90

De forma análoga a lo que puede efectuarse con un embalse de regulación, se ha desarrollado la simulación del comportamiento de los acuíferos de Nanclares y Subijana ante la eventual extracción de un determinado caudal continuo para el suministro al sistema AMVISA. Lo que se persigue es cuantificar dicho caudal de forma que no se produzcan afecciones medioambientales graves ni el agotamiento de los recursos del acuífero a largo plazo. Para ello y ante la incertidumbre en la determinación tanto en las aportaciones al acuífero como en sus recursos totales se han adoptado las siguientes hipótesis conservadoras:

- La serie mensual de aportaciones empleada se ha obtenido por aplicación directa de la lluvia útil registrada sobre la unidad (precipitación menos ETP obtenida en el punto de descarga de La Torca por el modelo TETIS del Gobierno Vasco) a la superficie expuesta del acuífero, de valor, 66 km², afectada por un determinado factor de infiltración. Este factor, de valor 0,874, se ha obtenido de forma que la media anual de los recursos renovables en el periodo 1951-2000 sea de 28,1 hm³/año, y se aproxima a la cifra establecida por el EVE que era de 0,95. Mediante este procedimiento, la entrada de agua al acuífero es debida únicamente a la infiltración del agua de lluvia caída, despreciando por tanto las probables recargas laterales desde otras subunidades, lo que resulta conservador. La serie final resultante es la siguiente:

APORTACIONES AL ACUÍFERO DE SUBIJANA

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
50-51				7,42	7,67	4,39	0,35	3,24	0,00	0,00	0,00	0,00	
51-52	3,13	3,86	3,57	12,95	8,41	2,50	4,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,20
52-53	4,14	7,52	8,28	8,35	5,67	0,00	1,28	0,00	1,97	0,00	0,00	0,00	37,22
53-54	5,46	0,13	3,80	13,70	8,16	3,62	0,00	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	35,64

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
54-55	0,00	2,36	2,49	5,68	5,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,90
55-56	4,95	0,84	4,82	5,56	6,11	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,40
56-57	3,03	8,38	2,96	3,76	0,45	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,93
57-58	0,00	6,16	6,95	5,17	0,75	3,44	2,81	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00	25,73
58-59	0,89	5,67	9,04	1,62	0,00	1,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,31	21,43
59-60	7,34	6,15	14,78	8,01	3,82	1,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,71
60-61	5,55	5,38	13,78	8,23	0,00	0,00	1,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61	35,03
61-62	10,30	18,85	2,68	4,69	6,65	3,25	1,93	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	48,55
62-63	0,72	5,91	5,87	3,42	3,35	3,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,39	25,35
63-64	0,00	4,59	4,52	1,16	3,33	2,94	1,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,51
64-65	3,70	4,27	6,17	6,44	2,81	2,92	3,91	0,00	0,00	0,00	0,00	2,32	32,56
65-66	3,00	6,61	7,70	2,81	4,73	2,34	1,15	1,89	0,70	0,00	0,00	0,00	30,93
66-67	8,14	13,66	6,54	2,91	0,10	1,16	0,95	1,31	0,00	0,00	0,00	0,00	34,77
67-68	1,76	9,89	9,63	6,62	3,47	2,86	0,18	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	34,78
68-69	0,00	3,09	5,18	0,96	2,78	3,77	4,01	1,04	0,00	0,00	0,00	2,30	23,13
69-70	0,00	2,73	10,10	6,13	7,30	1,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,94
70-71	0,84	2,08	4,39	3,24	2,14	5,56	2,75	3,89	0,00	0,00	0,00	0,00	24,88
71-72	0,00	8,99	3,87	8,25	6,77	0,54	1,48	2,55	0,35	0,00	0,00	0,36	33,17
72-73	0,01	0,98	3,16	4,70	6,30	0,00	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,30
73-74	0,59	1,37	3,06	2,55	6,24	3,69	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,62
74-75	10,52	6,78	2,22	3,79	1,31	7,56	5,11	2,48	0,00	0,00	0,00	0,54	40,31
75-76	0,73	9,10	3,76	4,02	1,78	0,17	4,85	0,00	0,00	0,00	0,00	1,15	25,56
76-77	2,28	3,84	4,82	2,01	0,99	0,00	1,84	4,45	2,68	0,00	0,00	0,00	22,91
77-78	0,86	2,03	4,37	10,31	4,16	3,17	6,18	0,02	0,09	0,00	0,00	0,00	31,19
78-79	2,37	4,89	3,42	11,30	8,20	4,73	3,81	0,00	0,00	0,00	0,00	1,81	40,53
79-80	3,88	7,78	3,12	3,26	0,59	2,69	1,94	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00	26,47
80-81	4,65	6,96	9,86	7,01	3,20	1,73	3,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,92
81-82	2,40	0,31	7,56	4,26	3,32	2,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,91
82-83	4,87	10,01	12,11	0,65	1,85	6,01	2,51	0,00	0,00	0,00	5,24	0,00	43,24
83-84	0,00	1,87	5,88	6,74	4,26	1,01	0,00	7,75	0,00	0,00	0,00	0,51	28,03
84-85	5,35	5,95	4,89	5,60	0,92	3,71	0,26	2,55	0,00	0,00	0,00	0,00	29,24
85-86	0,00	6,91	2,07	8,82	4,94	0,53	3,90	0,00	0,00	0,00	0,00	1,18	28,35
86-87	0,00	1,71	5,12	8,05	6,93	3,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,86
87-88	4,53	8,46	2,71	7,43	5,86	5,58	8,20	1,95	0,00	0,00	0,00	0,00	44,72
88-89	0,00	0,00	2,85	1,25	1,95	0,00	6,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,57
89-90	0,00	5,30	2,50	2,93	0,00	0,00	5,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,69
90-91	2,36	5,23	4,78	3,71	1,83	4,25	5,76	5,31	0,00	0,00	0,00	0,56	33,80
91-92	2,88	8,08	0,56	1,54	0,00	4,77	1,25	0,00	3,79	0,00	0,00	0,00	22,86
92-93	13,85	2,42	6,19	0,00	1,79	0,00	2,63	0,27	0,00	0,00	0,00	2,11	29,24
93-94	3,99	2,29	8,40	4,70	2,05	0,00	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,53
94-95	2,93	3,00	6,50	8,57	4,80	1,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,73
95-96	0,00	2,91	4,97	3,76	6,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,05
95-97	2,02	7,94	7,73	6,02	0,00	0,00	0,00	1,09	0,00	0,42	0,00	0,00	25,23
97-98	0,00	6,84	6,60	2,45	0,44	0,38	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	20,51
98-99	4,45	4,63	3,01	3,70	5,79	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	23,09
99-00	0,96	6,17	5,76	1,09	1,26	0,01	2,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,69
00-01	4,89	7,20	3,60										
MEDIA	2,89	5,36	5,57	5,15	3,54	2,14	2,08	0,89	0,20	0,01	0,10	0,39	28,10
MAX	13,85	18,85	14,78	13,70	8,41	7,56	8,20	7,75	3,79	0,42	5,24	2,39	48,55
MIN	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,57

- Los recursos disponibles en el acuífero se limitan al recurso renovable o reserva regulada en régimen natural mediante la aportación exclusivamente del agua de lluvia,

es decir, a 28,1 hm³, de forma que no se vea afectadas las reservas multianuales o reservas muertas, asegurando de este modo la supervivencia del acuífero.

- Se establecen unas pérdidas del acuífero por traspaso a otras unidades del orden del 5% de la aportación media anual, es decir, de aproximadamente 45 l/s.
- Se respetará un caudal ecológico mínimo para el suministro de las distintas surgencias presentes actualmente en la zona. Para ello, ante la imposibilidad de aplicar la metodología de los Caudales Ambientales Modulares propuesta por la Agencia Vasca del Agua (ya que requiere del empleo de series diarias), se determinará, por un lado, el valor propuesto en el Plan Hidrológico Ebro (10% de la aportación media anual) y, por otro, el derivado de las primeras determinaciones obtenidas por el Gobierno Vasco a partir de métodos biológicos y que resultaban en un 38% de la aportación media mensual. Finalmente, para cada mes se adopta el valor máximo de ambas estimaciones, obteniéndose los siguientes valores:

Mes	Q ecol (hm³/mes)
Octubre	1,096
Noviembre	2,037
Diciembre	2,118
Enero	1,955
Febrero	1,345
Marzo	0,812
Abril	0,791
Mayo	0,337
Junio	0,234
Julio	0,234
Agosto	0,234
Septiembre	0,234

Durante la simulación se comprobará que este caudal ecológico es respetado siguiendo los criterios de garantía del Plan Hidrológico Ebro. Además, a este caudal ecológico garantizado se debe sumar lógicamente la descarga natural del acuífero cuando el balance entre aportaciones y demandas y el volumen del recurso renovable así lo indiquen.

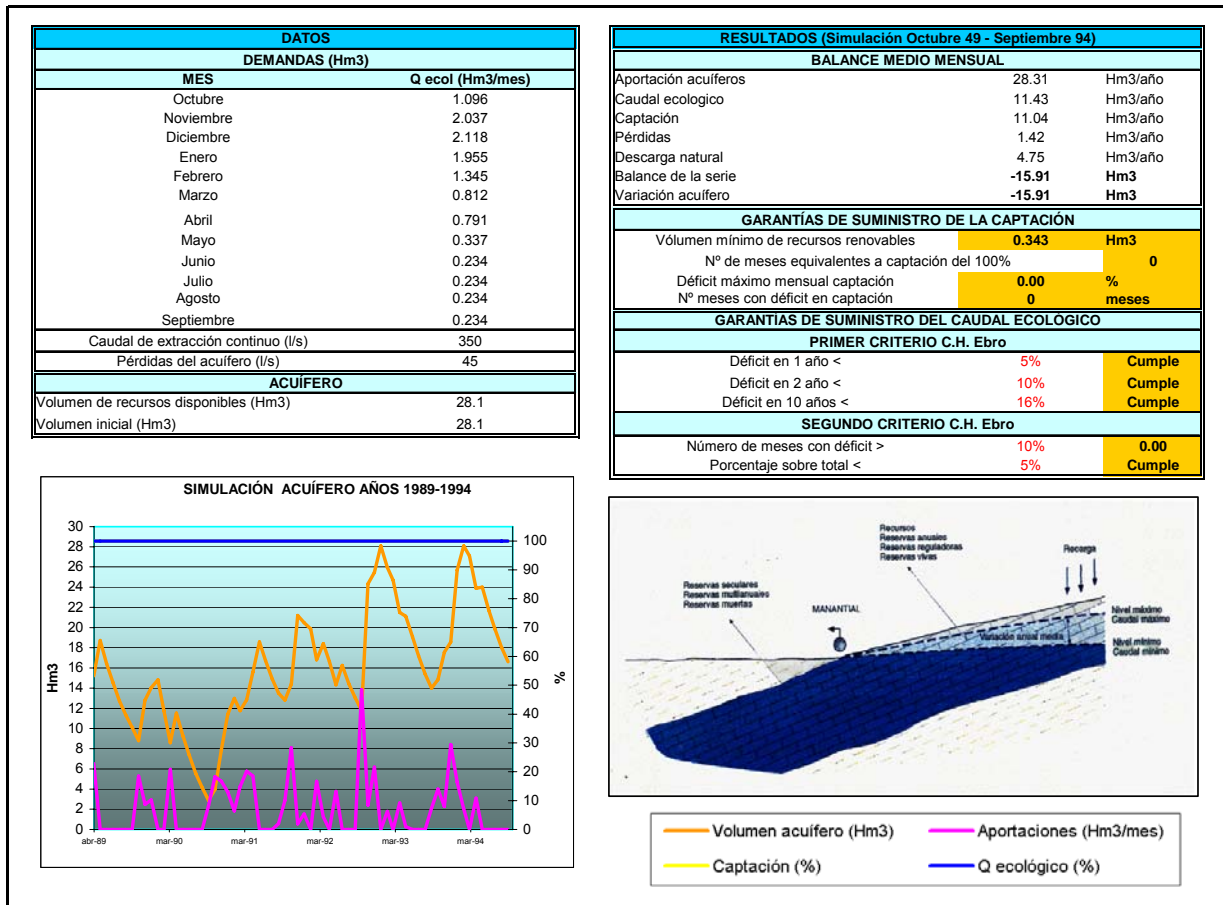
Por otro lado, la simulación del comportamiento del acuífero se lleva a cabo de la siguiente forma:

- En el instante inicial, el volumen del recurso disponible en el acuífero se iguala a 28,1 hm³
- Para cada mes de la serie simulada se parte del volumen del recurso existente en el acuífero y se añade el volumen de aportación correspondiente menos las pérdidas establecidas.

- Si la suma de aportación y volumen inicial es superior al valor del caudal ecológico establecido para ese mes, dicho volumen es descontado. De no ser así, se descuenta la cantidad que hace que el volumen del acuífero se anule.
- Si la suma de aportación y volumen inicial menos el caudal ecológico descontado es superior al valor del caudal de extracción, dicho volumen es descontado. De no ser así, se descuenta la cantidad que hace que el volumen del acuífero se anule.
- Finalmente el volumen final del acuífero en cada mes resulta de sumar al volumen inicial la aportación mensual y restar las correspondientes pérdidas, caudal ecológico y caudal de extracción. Si el volumen final resultante es superior al de los recursos renovables se produce una descarga natural de forma que el volumen final de dicho mes sea 28,1 hm³

Por último, se establece un balance medio mensual de la serie para constatar la ausencia de errores y se plasman los resultados en cuanto a las garantías del suministro del caudal de extracción y del ecológico.

Simulado de esta forma el comportamiento del acuífero para un caudal de extracción continuo, resulta una detracción máxima de 350 l/s con una garantía de suministro del 100% y sin merma del caudal ecológico, de los que aproximadamente 25 l/s se asignarían al abastecimiento de Iruña de Oca. En este sentido, actualmente dicho municipio tiene regulado del orden de 1,5 hm³ si bien las estimaciones de la demanda a futuro resultan inferiores con valores del orden de 0,7 hm³ (datos de estudio de “Caracterización y cuantificación de las demandas de agua en la CAPV y estudio de prospectivas”: Gobierno Vasco - 2004)



Sin embargo, la hipotética captación del acuífero de Subijana para abastecimiento a Vitoria no se plantea de forma continua, dado su elevado coste de explotación (sobre todo energético asociado a las impulsiones), si no de forma puntual en emergencias, en apoyo de las fuentes usuales de suministro basadas en el Zadorra. En este sentido, se ha simulado una posible explotación durante un año hidrológico completo a razón de 740 l/s (capacidad prevista de bombeo, similar a el consumo medio de Vitoria en los últimos años) iniciándose la operación en cada uno de los meses de octubre de la serie de aportaciones disponible, en el que el estado de llenado del acuífero será el que corresponda según su evolución natural hasta ese momento. De esta forma, se obtienen los siguientes volúmenes mínimos en el acuífero:

Año hidrológico	Volumen mínimo reservas renovables (hm ³)
51-52	13,40
52-53	9,38
53-54	10,52
54-55	2,41
55-56	5,90
56-57	2,55
57-58	7,87
58-59	4,64
59-60	7,49
60-61	4,15
61-62	11,50

Año hidrológico	Volumen mínimo reservas renovables (hm ³)
62-63	11,38
63-64	6,63
64-65	13,97
65-66	12,20
66-67	5,28
67-68	8,93
68-69	9,38
69-70	7,81
70-71	10,06
71-72	11,42
72-73	5,09
73-74	3,26
74-75	17,43
75-76	10,00
76-77	10,83
77-78	14,52
78-79	15,97
79-80	10,48
80-81	10,50
81-82	7,44
82-83	14,58
83-84	15,40
84-85	9,50
85-86	11,75
86-87	9,18
87-88	16,35
88-89	1,83
89-90	4,51
90-91	18,22
91-92	8,49
92-93	5,65
93-94	7,21
94-95	8,05
95-96	3,47
95-97	3,57
97-98	3,38
98-99	7,65
99-00	2,71

Como puede apreciarse, en ninguno de los casos se llegan a agotar los recursos renovables del acuífero, por lo que se demuestra que es posible extraer durante un año 740 l/s de manera continua sin afectar al caudal ambiental, a las reservas no renovables o al suministro de Iruña de Oca (el valor mínimo obtenido es de 1,83 hm³, suficiente para más de dos años del abastecimiento a este municipio), incluso en los periodos más secos.

Este acuífero debe considerarse, por tanto, como la única reserva estratégica global del Sistema AMVISA, y es la única obra de emergencia propuesta en el presente Plan a activar en caso de necesidad (a parte de las del Convenio de 1992 cuyo régimen de explotación, como ya se ha comentado, es independiente de la declaración de alguna fase de emergencia)

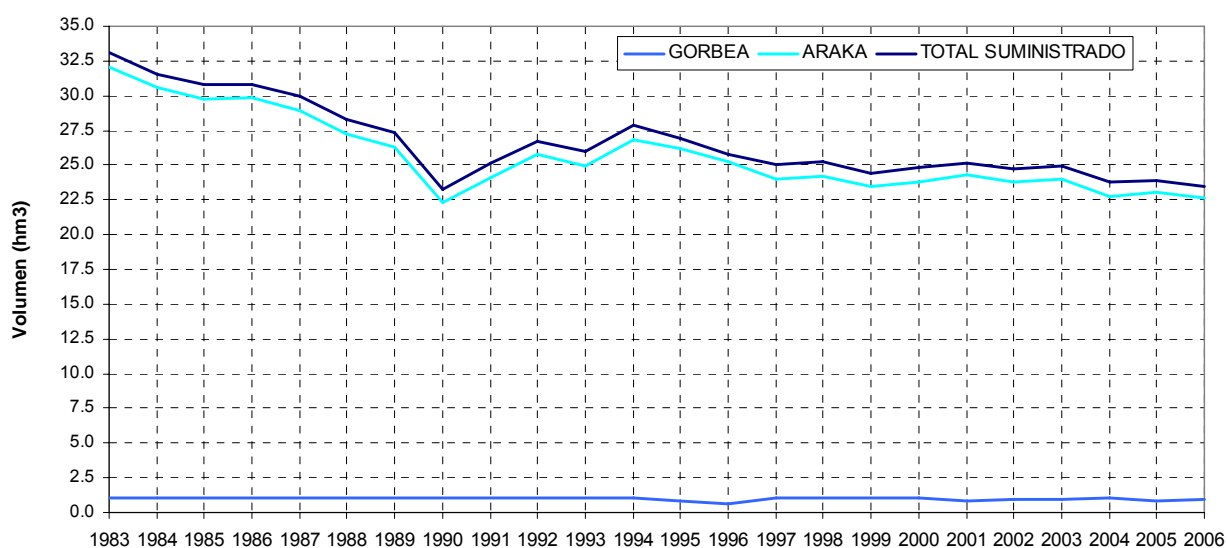
6 DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS DEMANDAS

6.1 Evolución histórica de las demandas

Según los datos de AMVISA, los volúmenes totales suministrados en alta por años naturales son los siguientes:

Año natural	Gorbea	Araka	Total suministrado (m ³)
1983	1.000.000	32.105.647	33.105.647
1984	1.000.000	30.559.737	31.559.737
1985	1.000.000	29.774.400	30.774.400
1986	1.000.000	29.828.348	30.828.348
1987	1.000.000	28.952.390	29.952.390
1988	1.000.000	27.272.130	28.272.130
1989	1.000.000	26.343.598	27.343.598
1990	1.000.000	22.301.720	23.301.720
1991	1.000.000	24.137.439	25.137.439
1992	1.000.000	25.764.942	26.764.942
1993	1.000.000	24.950.856	25.950.856
1994	1.000.000	26.831.691	27.831.691
1995	819.721	26.162.660	26.982.381
1996	582.946	25.246.156	25.829.102
1997	1.069.525	24.000.996	25.070.521
1998	1.006.431	24.249.819	25.256.250
1999	1.018.353	23.439.433	24.457.786
2000	1.034.905	23.793.628	24.828.533
2001	830.640	24.333.034	25.163.674
2002	895.221	23.827.502	24.722.723
2003	929.285	23.978.543	24.907.828
2004	1.015.146	22.750.388	23.765.534
2005	870.707	23.029.558	23.900.265
2006	900.236	22.601.902	23.502.138

Lo que supone en la actualidad un consumo medio del orden de 700 l/s (según información de 2008)

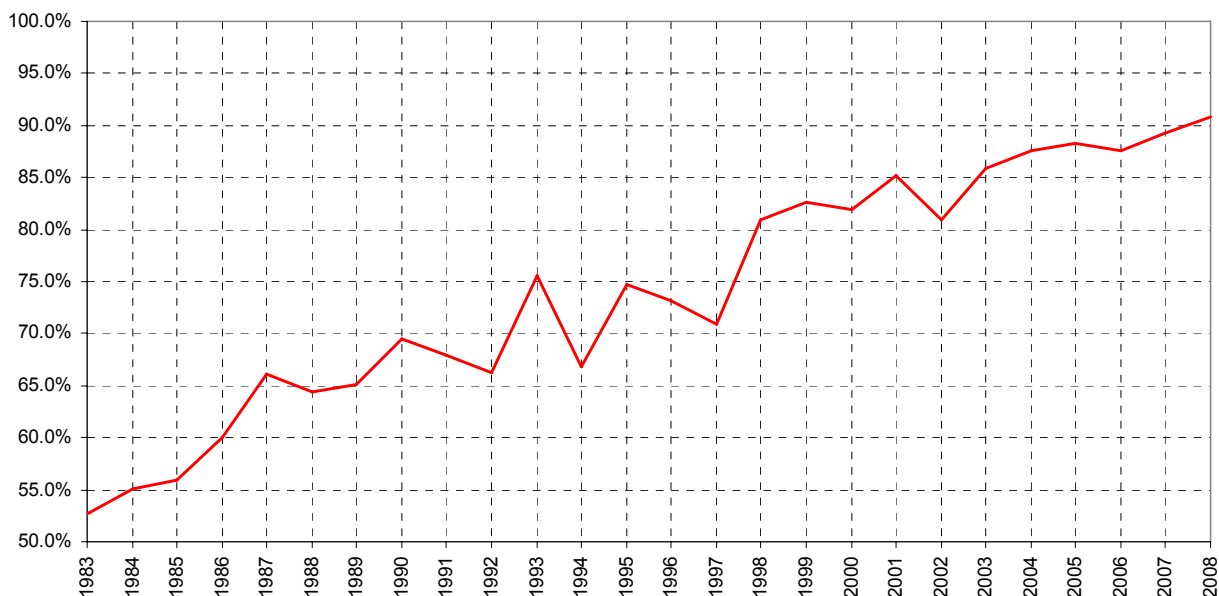
VOLÚMENES SUMINISTRADOS POR AMVISA


AMVISA desde el año 1983 ha desarrollado, en varias campañas, un plan de detección y reparación de fugas que ha mejorado considerablemente el rendimiento de la red hasta el punto de ser necesario cada vez menor volumen de agua para satisfacer demandas crecientes. En el cuadro adjunto se presentan las campañas realizadas y su efectividad.

Campañas de detección	Periodo	Km detectados	Fugas localizadas	Nº de fugas por km
1ª Campaña Detección acústica. Revisión total	1983-1984	301,671	304	1,008
2ª Campaña Detección acústica. Revisión total	1986-1989	299,501	273	0,912
3ª Campaña Detección acústica. Revisión total	1991-1993	332,149	168	0,506
Año 94 Detección acústica.	1994	67,000	37	0,552
4ª Campaña Detección acústica. Revisión total	1995-1998	340,127	148	0,435
Detección correlador por zonas de riesgo	1998-1999	251,258	112	0,446
Detección correlador por zonas de riesgo	2000	188,72	30	0,159
Detección correlador por zonas de riesgo	2001	225,771	47	0,208
Detección correlador por zonas de riesgo	2002	202,082	17	0,841
Detección correlador por zonas de riesgo	2003	175,829	27	0,1536
Detección correlador por zonas de riesgo	2004	250,599	49	0,1955
Detección correlador por zonas de riesgo	2005	237,420	28	0,1179
Detección correlador por zonas de riesgo	2006	211,083	32	0,1516
Detección correlador por zonas de riesgo	2007	230,910	31	0,134
Detección correlador por zonas de riesgo	2008	232,256	18	0,077

Por comparación entre los volúmenes controlados (volumen facturado más riego sin contador) y los remitidos, se puede obtener la siguiente evolución del rendimiento de la red:

Año natural	m³ suministrados	m³ facturados	m³ riego sin contador	m³ controlados	Rendimiento
1983	33.105.647	15.891.032	1.455.732	17.426.219	52,6%
1984	31.559.737	15.844.996	1.462.334	17.386.555	55,1%
1985	30.774.400	15.668.410	1.468.937	17.215.689	55,9%
1986	30.828.348	17.089.178	1.348.255	18.522.879	60,1%
1987	29.952.390	18.201.796	1.491.574	19.784.379	66,1%
1988	28.272.130	16.616.867	1.498.117	18.198.068	64,4%
1989	27.343.598	16.908.226	813.292	17.806.059	65,1%
1990	23.301.720	16.117.811	-	16.198.400	69,5%
1991	25.137.439	15.488.947	1.507.984	17.074.376	67,9%
1992	26.764.942	16.110.409	1.524.487	17.715.448	66,2%
1993	25.950.856	17.796.152	1.740.699	19.625.832	75,6%
1994	27.831.691	16.598.745	1.914.050	18.595.789	66,8%
1995	26.982.381	17.668.606	2.385.129	20.142.078	74,6%
1996	25.829.102	17.575.968	1.242.245	18.906.093	73,2%
1997	25.070.521	16.799.587	879.941	17.763.526	70,9%
1998	25.256.250	19.030.941	1.303.953	20.430.049	80,9%
1999	24.457.786	18.530.106	1.585.700	20.208.457	82,6%
2000	24.828.533	18.788.965	1.565.135	20.354.100	82,0%
2001	25.163.674	19.777.068	1.669.374	21.446.442	85,2%
2002	24.593.531	18.347.592	1.552.276	19.899.868	80,9%
2003	24.561.089	19.143.356	1.965.522	21.108.878	85,9%
2004	23.916.530	19.129.739	1.814.609	20.944.393	87,6%
2005	23.900.265	19.041.068	2.048.267	21.089.335	88,2%
2006	23.502.138	18.781.405	1.800.576	20.581.981	87,6%
2007	22.023.043	18.224.596	1.433.599	19.658.195	89,3%
2008	21.388.956	18.396.086	1.015.949	19.412.035	90,8%

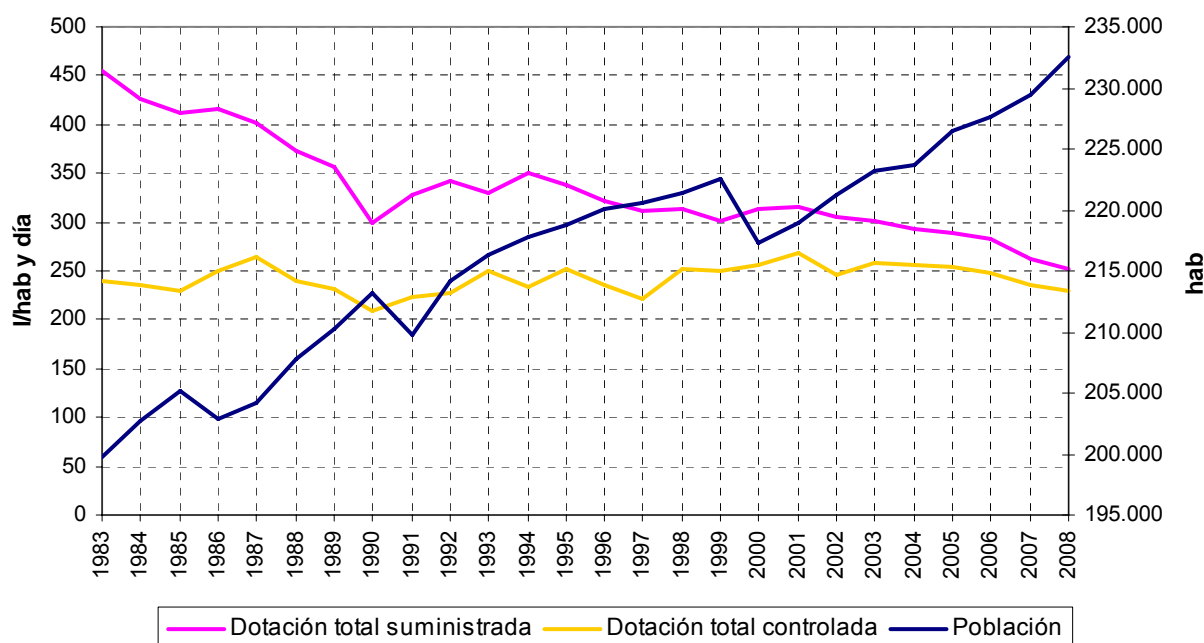
RENDIMIENTOS DE LA RED


Del cruce de los registros de población y volúmenes, tanto facturados como totales, se obtienen las dotaciones siguientes que reflejan la progresiva reducción de los incontrolados y la concienciación de la ciudadanía.

Año	Población de hecho	Volumen total suministrado (m ³)	Agua controlada (m ³)	Dotación total suministrada (l/hab/día)	Dotación total controlada (l/hab/día)
1983	199.788	33.105.647	17.426.219	454	239
1984	202.676	31.559.737	17.386.555	427	235
1985	205.123	30.774.400	17.215.689	411	230
1986	202.889	30.828.348	18.522.879	416	250
1987	204.205	29.952.390	19.784.379	402	265
1988	207.788	28.272.130	18.198.068	373	240
1989	210.272	27.343.598	17.806.059	356	232
1990	213.120	23.301.720	16.198.400	300	208
1991	209.704	25.137.439	17.074.376	328	223
1992	214.177	26.764.942	17.715.448	342	227
1993	216.300	25.950.856	19.625.832	329	249
1994	217.842	27.831.691	18.595.789	350	234
1995	218.759	26.982.381	20.142.078	338	252
1996	220.127	25.829.102	18.906.093	321	235
1997	220.510	25.070.521	17.763.526	311	221
1998	221.382	25.256.250	20.430.049	313	253
1999	222.548	24.457.786	20.208.457	301	249
2000	217.358	24.828.533	20.354.100	313	257
2001	218.902	25.163.674	21.446.442	315	268
2002	221.270	24.593.531	19.899.868	305	246
2003	223.257	24.561.089	21.108.878	301	259

Año	Población de hecho	Volumen total suministrado (m ³)	Agua controlada (m ³)	Dotación total suministrada (l/hab/día)	Dotación total controlada (l/hab/día)
2004	223.702	23.916.530	20.944.393	293	257
2005	226.490	23.900.265	21.089.335	289	255
2006	227.568	23.502.138	20.581.981	283	248
2007	229.484	22.023.043	19.658.195	263	235
2008	232.477	21.388.956	19.412.035	252	229

EVOLUCIÓN DE LA DOTACIÓN



Por último, en lo que respecta a la distribución por usos de la demanda, se dispone de los datos de facturación distribuidos por tarifas y así:

Año	Volumen doméstico (m ³)	Volumen industrial y comercial (m ³)	Volumen Institucional (m ³)	Volumen otros (m ³)	Volumen facturado (m ³)
1996	10.187.515	4.278.929	1.816.903	348.353	16.631.700
1997	9.465.211	4.087.657	2.839.798	280.684	16.673.350
1998	10.079.346	4.380.246	3.061.998	286.594	17.808.184
1999	10.080.198	4.606.265	3.277.684	323.830	18.287.977
2000	10.119.382	4.810.837	3.184.205	328.956	18.443.380
2001	10.468.166	5.405.923	3.043.431	486.405	19.403.925
2002	9.858.369	4.745.516	2.771.183	585.577	17.960.645
2003	10.160.454	4.974.175	3.033.732	718.478	18.886.839
2004	10.370.079	5.036.616	2.861.141	622.838	18.890.674
2005	10.392.689	4.825.360	3.017.696	571.324	18.807.069
2006	9.784.246	4.770.237	3.042.141	601.132	18.197.756
2007	10.216.884	4.347.952	2.643.868	567.903	17.776.607

Por lo que aproximadamente se puede establecer que el consumo doméstico supone el 55% del total mientras que el industrial y comercial alcanza el 25%. A destacar que del consumo institucional, aproximadamente un 60% se emplea en riegos.

6.2 Metodología para la cuantificación de las demandas futuras

En el presente capítulo se recoge la metodología adoptada en el estudio de “Caracterización y Cuantificación de las Demandas de agua en la CAPV y Estudio de prospectivas” en lo que respecta a la determinación de la demanda de agua urbana futura, que es la que se corresponde a los sistemas de abastecimiento objeto de análisis y que puede sintetizarse en:

- Definiciones y estructuración de demandas
- Recogida de información
- Establecimiento del consumo actual de agua. Ratios y características
- Modelo de demanda urbana
- Variación mensual del consumo y de la demanda urbana
- Prospección a futuro

6.2.1 Definiciones y estructuración de demandas

Se considera demanda de agua al volumen de agua necesario para el desarrollo de toda actividad humana que necesita de un consumo de agua para su realización. Se define como consumo de agua al volumen de agua realmente utilizado en el desarrollo de la actividad humana, coincidente con la demanda cuando el déficit es nulo.

Las demandas y consumos de agua se suelen dividir a nivel general en demandas o consumos consuntivos y demandas o usos no consuntivos. Las demandas o consumos consuntivos son aquellos que permiten el desarrollo de una actividad con consumo de agua, es decir, que el volumen de agua previo a la actividad es mayor siempre al volumen de agua existente después de la realización de la actividad. En cambio la demanda o uso de agua no consuntivo es aquella demanda o uso que permite el desarrollo de una actividad que no produce disminución del volumen de agua por el proceso realizado.

Dentro de las demandas o consumos consuntivos en el citado estudio se consideraron las siguientes:

- **Demanda o consumo urbano:** se divide en:
 - Demanda o Consumo Doméstico: asociada a las viviendas del núcleo urbano
 - Demanda o Consumo Industrial y Comercial: es la procedente de la actividad comercial e industrial de un núcleo urbano.

- Demanda o Consumo Municipal o Institucional: es la correspondiente a la propia actividad municipal: limpieza viaria, red de parques y jardines, actividades deportivas municipales, edificios municipales, etc.
 - Demanda o Consumo de Riego Privado: riego de jardines, piscinas privadas, huertas, etc.
 - Demanda o Consumo Ganadero Urbano: es el consumo que realizan las cabezas de ganado existentes en un núcleo de población o en las proximidades del mismo y que son abastecidas desde la red municipal de agua.
- **Demanda o consumo industrial.** Es la demanda de agua necesaria para la actividad industrial o el consumo de agua utilizado por la industria. En función de las fuentes de abastecimiento, esta demanda o consumo de agua industrial se puede dividir en:
- Urbana
 - Con toma propia
- **Demanda o consumo de regadío.** Asociada en las explotaciones agrarias en regadío. Abarca también los campos de golf, por considerarse ésta una explotación de regadío.
- **Demanda o consumo ganadero.** Es la demanda de agua requerida por la cabaña ganadera de una zona. Esta demanda o consumo se puede dividir en función de la forma de abastecimiento en:
- Urbana: identificada con ganado estabulado
 - Rural: que dispone de tomas propias

Como demandas o usos no consuntivos se consideraron las demandas o consumos de las centrales hidroeléctricas para la producción de electricidad, que en general no pierden agua pero que pueden trasladar importantes volúmenes de agua de un punto a otro de la propia cuenca hidrográfica e incluso provocar trasvases entre cuencas, y la demanda o consumo de agua de las piscifactorías y la de ocio en canales de remo o de aguas bravas.

Para el presente estudio únicamente es de aplicación la demanda urbana.

6.2.2 Recogida de Información

Cada uno de los consumos o demandas definidos en el apartado anterior responden a datos diferentes, lo que obligó a una recopilación de información amplia y exhaustiva. A continuación se presentan las distintas fuentes empleadas en la caracterización de la demanda urbana:

- Definición Aglomeración Urbana de Abastecimiento:
 - Censo

- Planes Territoriales Parciales
- Información Ordenación Territorio de las Diputaciones Forales y Gobierno Vasco.
- Población y Vivienda:
 - Censo
 - Datos Eustat
 - Datos INE
 - Datos de la Dirección de Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco.
- Consumo de Agua Urbana:
 - Datos de Ayuntamientos
 - Datos de Organismos del Agua
 - Datos de la Oficina de Planificación Hidrológica del Gobierno Vasco.

La información recogida no fue por tanto homogénea, lo que obligó muchas veces a extrapolar datos, ratios, índices, etc, tal y como se explicará en el apartado de modelo de demanda de este mismo capítulo.

6.2.3 Establecimiento del consumo actual de agua. Ratios y características

Para conocer el consumo urbano y posteriormente la demanda urbana fue necesario, como primer paso, la definición de la aglomeración de abastecimiento. Se consideró como aglomeración de abastecimiento al conjunto de población perteneciente a un mismo municipio y que es abastecido desde un mismo sistema de abastecimiento. Para ser tenida en cuenta dentro del estudio, la aglomeración de abastecimiento debía de tener más de 50 habitantes.

Para ello, se partió de la definición de Entidades de población empleadas por el Censo. Estas entidades están en general formadas por un núcleo y zonas de formación dispersa y su población se encuentra disponible en el Eustat.

Definidas las Entidades de Población en un municipio dado, se pasó a conocer su red de abastecimiento para determinar la procedencia del recurso. La clasificación efectuada respondió a las siguientes reglas:

La Entidad de Población con menos de 50 habitantes y abastecimiento propio se englobó en el concepto diseminado de cada municipio.

La Entidad de Población con más de 50 habitantes pero con varias tomas sin llegar nunca a estar 50 habitantes abastecidos desde una red común se circunscribió también en el concepto diseminado de cada municipio.

La Entidad con abastecimiento propio y con más de 50 habitantes configuró un sistema de abastecimiento de una sola entidad.

La Entidad abastecida desde una red de abastecimiento de otra Entidad de mayor población se englobó en la de mayor población, aumentando la población de ésta y conformando así una aglomeración de abastecimiento de más de una Entidad asociada a un sistema de abastecimiento.

Con esta metodología y conocido el abastecimiento de cada Entidad de Población de la CAPV, se definieron los diferentes sistemas de abastecimiento, las entidades y aglomeraciones de abastecimiento que lo conforman y la población abastecida. Aparte de la población diseminada de cada municipio, se inventariaron un total de 247 sistemas de abastecimiento

La población asociada a cada entidad se estimó a partir los datos del censo de los años 1996 y 2001 y de los datos de población a nivel municipal de los años 1998-1999-2000 y 2002. Definida la aglomeración de abastecimiento correspondiente, su consumo en alta (salida de depósito) o en baja se calculó gracias a la información recogida en Ayuntamientos y Organismos Públicos o Privados explotadores de los sistemas de abastecimiento.

En general ocurre que el dato de consumo en alta desde un sistema de abastecimiento está ligado a la aglomeración a la cual abastece. En cambio, el dato del consumo en baja proporcionado por el Ayuntamiento corresponde a toda la población, cuyo abastecimiento está controlado por el propio Ayuntamiento. Esto obligó a asociar una población por aglomeración al dato del consumo en alta y otra población que podía ser diferente, resultante de la agrupación de aglomeraciones con red gestionada por el Ayuntamiento, para el consumo en baja. Este concepto es importante a la hora del cálculo de ratios y dotaciones.

El dato del consumo urbano en baja suele venir subdividido en consumo doméstico, consumo industrial – comercial urbano y en algunos casos en consumo municipal siguiendo los conceptos anteriormente definidos. En ningún municipio se obtuvo el dato de consumo ganadero o riego privado.

Para poder diferenciar el consumo comercial del industrial urbano se manejaron dotaciones comerciales por hab y día (definidas a partir de los datos extraídos de municipios con este registro) y se estimó así la parte consumida en cada concepto.

Por otro lado, el consumo de riego privado se estableció en las aglomeraciones claramente rurales o en zonas con una clara vocación de viviendas de baja densidad. En ambas tipologías de aglomeraciones de abastecimiento existen unos jardines, huertas, piscinas privadas, etc. cuyo consumo de agua se realiza desde la propia vivienda y es un consumo que se mide en los contadores domiciliarios y por lo tanto asociados al consumo doméstico, elevando en general la dotación doméstica. Para poder diferenciar este consumo se emplearon dotaciones teóricas.

Por último, el consumo ganadero de carácter urbano se separó del doméstico partiendo del dato de cabaña ganadera en cada municipio o Entidad de población, mediante la aplicación de dotaciones teóricas.

Finalmente, con todos los supuestos anteriormente planteados se pudieron distinguir dentro del consumo global de agua urbana los siguientes consumos:

- Consumo doméstico
- Consumo comercial
- Consumo industrial
- Consumo institucional o municipal
- Consumo ganadero
- Consumo riego privado

A partir de estos consumos, se calcularon en cada aglomeración de abastecimiento o población diseminada, según el dato disponible, las dotaciones correspondientes en baja a nivel de litros/habitante y día.

Por otra parte, en muchos casos se dispone del dato de consumo en alta o consumo a la salida de los depósitos de agua. Como es lógico el consumo en alta y en baja no coinciden, siendo siempre, salvo errores, superior el consumo en alta respecto al de baja. La diferencia entre uno y otro corresponden a un concepto global que se ha llamado “incontrolados” que corresponden a los siguientes conceptos:

- Fugas en la red. Se trata de un consumo perdido. Se admite que una red de distribución en baja está en un estado muy bueno cuando las fugas no superan el 15%.
- Subcontaje de contadores. Se trata de la medición por defecto de los contadores motivado por su envejecimiento. Puede llegar hasta un 15% en medidores de más de 10 años. Un valor aceptable en un abastecimiento moderno sería de 5%.
- Tomas no contabilizadas. Se refiere al caudal consumido en tomas legales pero no medido por ausencia de contadores. Se engloba en este capítulo el consumo propio de las ETAP (estimado en el 4%). Indudablemente, una gestión correcta de la red debe de minimizar el impacto de este apartado.
- Tomas fraudulentas. Su eliminación es un cometido más de la gestión de la red.
- Decalaje entre mediciones. Se refiere a los diferentes períodos y frecuencias de medición entre los sistemas en alta y los contadores particulares. Puede producir desajustes de hasta el 2-3%.

De forma global, se trabajó con el concepto de porcentaje de incontrolados que daba una idea muy adecuada del rendimiento de una red de abastecimiento.

6.2.4 Modelo de demanda urbana

Con la metodología anterior se estudiaron los datos de consumo de agua recogidos en los diferentes Organismos Públicos y Privados, que como es lógico no eran homogéneos y en muchos casos presentaban gran cantidad de lagunas, falta de datos, datos erróneos, subcontajes

evidentes, etc. Por lo tanto, para el cálculo de la demanda urbana actual se estableció un modelo de demanda aplicable a todos los núcleos y población diseminada del área de estudio de forma homogénea.

6.2.4.1 Estructura del modelo

El modelo de demanda urbana desarrollado trabaja inicialmente con dos conceptos, el de dotación en baja y dotación en alta, que aplicados a la población actual de cada aglomeración urbana determina la demanda de agua calculada en situación actual tanto en baja como en alta.

Las distintas dotaciones en baja doméstica, comercial, industrial urbana, municipal-institucional, ganadera urbana y de riego privado en términos de l/hab y día fueron las correspondientes a la estimación del consumo actual del apartado anterior y, por tanto, procedían en la medida de lo posible de datos reales extrapolados para la totalidad de la zona de estudio. Los valores adoptados fueron:

- La **dotación doméstica** se fijó en la CAPV en 130 lit/habitantes y día, valor promedio de los datos recogidos en zonas en donde existe un correcto control de la medición de los contadores domésticos.
- La **dotación comercial** se calculó de acuerdo con la siguiente tabla:

POBLACIÓN	DOTACIÓN (l/hab y día)
Capital de T.H.	40-45
> 50.000	30-35
20.000-50.000	20-30
5.000-20.000	15-20
1.000-5.000	10-15
<1.000	0-5

- Para la **dotación industrial urbana** se realizó un modelo especial de cálculo a partir de los datos existentes de superficie industrial, del porcentaje de industria con toma propia y de las dotaciones referidas a distintas zonas de demanda homogénea. Además se restó la componente correspondiente a los puertos pesqueros.
- La **dotación Municipal-Institucional** empleada en el modelo de demanda desarrollado fue la siguiente :

Capital de T. Histórico :	40 l/hab/día
Capital Municipio :	15 l/hab/día
Otros núcleos o aglomeraciones de abastecimiento :	0 l/hab/día

obtenida a partir de los núcleos con datos reales de consumo municipal.

- La **dotación ganadera urbana** en l/hab/día fue calculada directamente del consumo ganadero anteriormente definido, de acuerdo con las dotaciones según el tipo de ganado que se indican en la tabla siguiente:

ESPECIE DE UNIDAD GANADERA	DOTACIÓN lit/UG/día
Bovina	65
Ovina	40
Caprina	40
Porcina	30
Equina	83
Aves	100
Conejos	100

- La **dotación de Riego Privado** se obtuvo de acuerdo con la siguiente tabla:

SITUACIÓN NÚCLEO	DOTACIÓN m³/Ha/año	DOTACIÓN lit/hab/día
Cuenca Norte	400	10
Cuenca Bayas	4.000	110
Cuenca Zadorra	3.000	82
Cuenca Ega	3.500	96
Rioja	4.000	110

Esta dotación se aplica a la totalidad de la población del núcleo o a parte del mismo en función de las características del mismo.

Por otro lado, para el cálculo del porcentaje de incontrolados, se partió de los datos existentes en alta y baja de determinadas aglomeraciones urbanas agrupadas en distintas zonas homogéneas supuestas de comportamiento similar. Los datos existentes para estos cálculos eran tres:

- Datos de consumo en baja obtenido durante la fase de información.
- Datos de demanda en baja calculado con el modelo de dotación en baja.
- Datos de consumo en alta obtenido durante la fase de recogida de información.

Cuando el dato de la demanda en baja del modelo y el dato de consumo en baja proporcionado por los Organismos Explotadores era similar o incluso el segundo superior al primero, el porcentaje de incontrolados se calculó a partir de los datos proporcionados tanto en baja como en alta por los Organismos Explotadores.

En cambio cuando el dato del consumo en baja obtenido a partir de la información proporcionada por los Organismos Explotadores era claramente inferior a la demanda calculada según el modelo, se supuso que el dato obtenido de la información recogida no era correcto y que el dato calculado

por el modelo era el adecuado. Por otro lado, se supuso en principio siempre correcto el dato proporcionado en alta, ya que se obtuvo de la lectura de contadores de los depósitos que responden en general a un número y tecnología adecuada. Por lo tanto, en este caso el porcentaje de incontrolados se calculó a partir del dato de la demanda en baja del modelo y el consumo en alta conocido a partir de la recopilación de información realizada.

Definido así el porcentaje de incontrolados en las aglomeraciones de abastecimiento con datos, se calculó el porcentaje medio obtenido en cada zona definida como homogénea para la realización del citado estudio. Este porcentaje medio zonal se aplicó a las aglomeraciones o sistemas de abastecimiento de la siguiente manera. Si el sistema de abastecimiento o aglomeración sin datos pertenecía a un municipio en el que la aglomeración más importante tenía datos de incontrolados, el porcentaje de incontrolados planteado en el modelo fue el de la aglomeración con datos de dentro del mismo municipio. En cambio si el sistema o aglomeración de abastecimiento pertenecía a un municipio sin datos, el porcentaje de incontrolados que se definió en el modelo fue el correspondiente al medio de la zona a que pertenece dicho municipio.

Con el modelo así definido, se calculó en cada aglomeración de abastecimiento la dotación en alta y por lo tanto la demanda actual en alta desde las redes de abastecimiento.

6.2.4.2 Tratamiento de la población estival

Un caso especial que se trata de forma específica, es el aumento de consumo de agua que sufren ciertas poblaciones de la costa y del interior durante la época estival y que debe ser tenida en cuenta para el cálculo de la demanda urbana.

En el citado estudio, el aumento de población se calculó a partir de los datos de consumo real mes a mes o trimestre a trimestre que la mayoría de los núcleos con variación de población estival poseen. En general se conoce el consumo de agua en baja o el consumo de agua doméstico. Si se conoce el consumo de agua en baja, se puede restar, suponiendo constante el consumo municipal, el comercial-industrial y el ganadero, obteniéndose el consumo de agua doméstica (se establece el consumo de riego privado dentro del consumo doméstico y por lo tanto asociado a la variación de la población estival).

Posteriormente, se calculó a partir de este consumo doméstico, la dotación doméstica mes a mes o trimestre a trimestre, dividiendo este consumo por la población fija del núcleo o aglomeración de abastecimiento en estudio. Esta dotación es variable mes a mes, pero en los núcleos con población estival aumenta la dotación de forma evidente respecto a la calculada en los meses o trimestres adyacentes. Suponiendo que la dotación doméstica debería ser similar a la correspondiente a los meses de Octubre o Junio o a la calculada para el segundo o cuarto trimestre, se pudo deducir el aumento de población necesario para igualar las dotaciones durante el tercer trimestre o durante los meses estivales de Julio, Agosto y Setiembre, a las correspondientes a los meses o trimestres próximos (Junio-Octubre o segundo y cuarto trimestre).

Así se pudo calcular de forma aproximada la población estival que produce el aumento de volumen de agua consumido durante los meses estivales. Estas poblaciones turísticas se trataron en cada sistema de abastecimiento como una entidad de población más en los municipios donde existe población turística, pero que sólo demanda agua durante los meses de Julio, Agosto y Septiembre y que no computan a la hora del cálculo de la población y sólo lo hacen a la hora del cálculo de la demanda de agua. La dotación asociada a esta población turística fue la correspondiente a la dotación doméstica más la comercial y la de riego privado. Es decir que el incremento de población durante los meses estivales supone un incremento de la demanda de agua en las viviendas, comercios, sobre todo hostelería, y en el riego privado a nivel de uso de piscinas, jardines, etc.

6.2.4.3 Calibración del modelo

El modelo de demanda urbana en alta y baja definido anteriormente se aplicó directamente a las aglomeraciones de abastecimiento con datos con el fin de proceder a su calibración, ya que el modelo en baja se basaba en una serie de hipótesis de dotaciones que se podrían haber corregido si el resultado de la calibración no hubiese sido el adecuado.

En este sentido es necesario mencionar que en el caso de existencia de datos conjuntos alta-baja, el porcentaje de incontrolados fue el porcentaje de incontrolados obtenido directamente del conjunto de datos alta-baja de cada aglomeración con datos, lo que equivale a exponer que si el modelo de baja estaba correctamente calibrado, el modelo de alta se autocalibraba ya que el coeficiente de paso empleado en la calibración y el real era idéntico.

De las 28 zonas homogéneas de demanda de agua, en que se dividió el territorio de la CAPV, en 14 de ellas se pudo calibrar el modelo con resultados satisfactorios. En la zona del Gran Bilbao, no se realizó la calibración dada la inexistencia de datos de alta o bien la existencia de problemas importantes, aparentemente de subcontaje, en los datos de consumo en baja, de forma que el consumo en baja proporcionado por el Consorcio de Aguas y el consumo obtenido en el modelo presentaban, en muchas poblaciones, unas desviaciones muy importantes, siendo siempre el consumo del modelo superior al dato proporcionado. En cambio en otras poblaciones del Gran Bilbao, el modelo se centraba adecuadamente, por lo que se consideró como válido a nivel global.

6.2.5 Variación mensual del consumo y de la demanda urbana

A través del modelo de demanda planteado, se definió tanto en baja como en alta la demanda de agua urbana a nivel anual en $m^3/año$. Esta demanda no es constante a lo largo del año sino que presenta variaciones mes a mes, siendo mínima en general durante los meses de invierno y máxima en verano en las poblaciones de la costa y de carácter turístico o semirural en el interior. En cambio en las poblaciones industrializadas del interior existe un descenso del consumo durante el mes de agosto y menos apreciable en el mes de Julio, debido a la salida de la población durante esos meses a sitios de veraneo y a la disminución de la demanda de agua de tipo comercial e industrial urbana.

Para el estudio de esta variación mensual se partió de los datos de consumo mensual obtenidos en la fase de información y que en general eran datos en alta aplicables a zonas homogéneas. Para obtener unas curvas de variación mensual en cada una de estas zonas homogéneas que poseían datos de la variación mensual o trimestral del consumo de agua, se siguió la siguiente metodología.

De cada núcleo o aglomeración de abastecimiento con datos a nivel mensual de su consumo en alta, se eligieron aquellos años con datos en donde no existían fallos. Los datos que tenían una cierta homogeneidad se adimensionalizaron dividiendo el dato mensual por el total anual del año correspondiente y se calculó la media de los coeficientes más representativas por sistemas.

En las zonas en donde existe un aumento de población estival, se trató el dato de forma similar pero solamente estudiando los núcleos o aglomeraciones con variación de población estival. Esto permitió definir una variación mensual del consumo anual del agua en este tipo de poblaciones. Al final se obtuvieron unos coeficientes mensuales que si son mayores de 1 indican que el consumo de agua en ese mes es superior a la media y si es menor de 1, entonces el consumo mensual es inferior a la media.

6.2.6 Estudio de la situación futura

Una vez definida la demanda de agua urbana correspondiente al área de estudio en el estado actual, en este apartado se analiza la metodología para poder realizar una prospectiva futura de dicha demanda.

La metodología planteada para la definición del modelo de demanda futura fue similar a la desarrollada en el estudio de la demanda actual. En principio se definieron una serie de dotaciones en baja en función de las actividades ligadas al consumo de agua en la trama urbana. A partir de la definición de la dotación en baja y a través de un coeficiente de paso ligado al porcentaje de incontrolados que se encuentran o se encontrarán previsiblemente en las redes de abastecimiento y distribución de agua se determina la dotación en alta. Aplicada dicha dotación a la población futura de cada aglomeración de abastecimiento, se calculó la demanda futura de cada aglomeración, que debidamente asociada permitió cuantificar la demanda futura a nivel de sistemas de abastecimiento, municipio, provincia, etc.

6.2.6.1 Variación de parámetros

Los distintos parámetros que definen el modelo de demanda se agrupan en características socioeconómicas (población, superficie industrial, superficie agrícola, etc) y dotaciones asociadas a cada tipo de consumo. En cuanto a los primeros, la variación esperable a futuro viene dada por los siguientes condicionantes:

- Población: para la estimación de la población futura asociada a cada municipio, aun a sabiendas que con esta metodología se podían sobrevalorar el crecimiento

demográfico en algunas zonas, se recurrió a extrapolar la población actual en base al posible desarrollo urbanístico futuro. Para ello, se empleó como base la información existente en los Planes Territoriales Parciales (PTP) de las Áreas Funcionales de Euskadi que el Gobierno Vasco y las tres Diputaciones Forales están desarrollando. En dichos documentos se fija el desarrollo futuro de la vivienda urbana y no urbana con distintos horizontes futuros, por lo que sus conclusiones eran adecuadas para la aplicación de dicho trabajo. En cualquier caso, no es conveniente aplicar un crecimiento negativo a una determinada zona, por lo que de ser así, se optó mejor por mantener fija la población actual.

- Cabaña ganadera: la evolución del número de animales se analizó mediante los diferentes datos estadísticos disponibles.
- Superficie industrial: el incremento de superficie industrial venía señalado en la correspondiente planificación supramunicipal. El incremento dentro de un municipio se asoció a la aglomeración urbana de abastecimiento de mayor población del municipio que en general coincide con la aglomeración urbana en donde se sitúa el casco urbano. Además, a falta de datos específicos, se supuso que los futuros asentamientos industriales cogen el 100% del agua demandada de la red municipal de abastecimiento, por lo que colaboran al 100% en el aumento de la demanda urbana (hipótesis más probable).

En cuanto a las dotaciones empleadas en situación futura se propuso mantener los valores obtenidos mediante el análisis del consumo actual.

6.2.6.2 Escenarios de cálculo

Una vez definidos los parámetros a incluir en el modelo de demanda confeccionado, se establecieron los dos escenarios siguientes para el cálculo de la demanda futura:

- Escenario 1. Mantenimiento del Porcentaje de Incontrolados. No se aplica ninguna política de mejora del rendimiento de la red. La dotación domestica actual se mantiene constante
- Escenario 2. Mejora del Porcentaje de Incontrolados. En este escenario se plantea una mejora importante de la gestión del abastecimiento urbano hasta llegar a un porcentaje máximo de incontrolados del 25% (estado calificable como bueno). Para llegar a esta cifra, además de una reducción de fugas, es necesario una mejora en los ratios de subcontaje de los contadores de agua de forma que es previsible un aumento de la dotación urbana por una mejor medida del consumo que se produce en las viviendas de un núcleo urbano. Ello conlleva a un aumento directo de la dotación doméstica que se ha evaluado en un 10%.

6.3 Necesidades hídricas resultantes para el sistema AMVISA

En primer lugar se recogen en este capítulo los resultados arrojados por el modelo de demanda desarrollado dentro del estudio de “Caracterización y Cuantificación de las Demandas de agua en la CAPV y Estudio de prospectivas” tanto para situación actual como futura en los centros de demanda planteados. Posteriormente, se realiza una verificación del comportamiento del modelo mediante la comparación de los valores teóricos con otros reales registrados y se procede a la corrección del mismo. Finalmente, se proponen las demandas medias anuales para cada centro de demanda.

6.3.1 Situación actual

La situación actual se identificaba en el estudio previo con el año 2001. Para dicho año las demandas urbanas obtenidas en alta y su desagregación para cada centro de demanda y sistema de abastecimiento son las siguientes (por su escasa entidad y su conexión con la infraestructura de abastecimiento Legutiano y Urrazua-Ubarrundia quedan integradas en Vitoria):

CENTRO DE DEMANDA	ÁREA METROPOLITANA DE VITORIA-GASTEIZ	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	AMVISA	Población 2001	224.198
				Dotación domestica (l/hab/día)	130,0
				Dotación comercial (l/hab/día)	40,2
				Dotación industrial (l/hab/día)	22,3
				Dotación municipal (l/hab/día)	37,3
				Dotación riego privado (l/hab/día)	1,7
				Dotación ganadera (l/hab/día)	0,7
				Dotación baja (l/hab/día)	232,2
				Porcentaje incontrolados	26,36%
				Dotación alta (l/hab/día)	315,3
				Consumo domestico (m³/año)	10.638.195
				Consumo comercial (m³/año)	3.292.940
				Consumo industrial (m³/año)	1.821.620
				Consumo municipal (m³/año)	3.048.594
				Consumo riego privado (m³/año)	138.890
				Consumo ganadero (m³/año)	60.079
				Consumo baja (m³/año)	19.000.318
Consumo alta (m³/año)	25.802.093				
Consumo alta (l/s)	818,2				

CENTRO DE DEMANDA	ZIGOITIA	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	AMVISA	Población 2001	1.284
				Dotación domestica (l/hab/día)	130,0
				Dotación comercial (l/hab/día)	3,4
				Dotación industrial (l/hab/día)	16,4
				Dotación municipal (l/hab/día)	10,2
				Dotación riego privado (l/hab/día)	82,0
				Dotación ganadera (l/hab/día)	53,0
				Dotación baja (l/hab/día)	295,0
				Porcentaje incontrolados	39,36%
				Dotación alta (l/hab/día)	486,5
				Consumo domestico (m³/año)	60.926
				Consumo comercial (m³/año)	1.595
				Consumo industrial (m³/año)	7.700
				Consumo municipal (m³/año)	4.785
				Consumo riego privado (m³/año)	38.430
				Consumo ganadero (m³/año)	24.827
				Consumo baja (m³/año)	138.263
Consumo alta (m³/año)	228.021				
Consumo alta (l/s)	7,2				

6.3.2 Validación del modelo de demanda

Como paso previo para la adopción de las distintas demandas a partir de las determinaciones obtenidas en el estudio de "Caracterización y Cuantificación de las Demandas de agua en la CAPV y Estudio de prospectivas" es preciso efectuar una comprobación del funcionamiento del modelo de demanda desarrollado, de forma que se esté en condiciones de asegurar que los valores adoptados reflejan adecuadamente la realidad.

En este sentido, se cuenta con diversos datos registrados por AMVISA, de los que se dedujo la idoneidad de establecer el consumo en alta como referencia, y compararlo con el modelo teórico para obtener el porcentaje real de incontrolados. Los consumos en alta para cada uno de los centros de demanda durante el periodo 2000 a 2004 son:

Centro de demanda		Consumos en alta (hm ³ /año)					Origen de los datos
		2000	2001	2002	2003	2004	
Área Metropolitana Vitoria Gasteiz	Red AMVISA ¹	25,183 ²	25,417 ²	24,905 ²	24,857 ²	24,162 ²	AMVISA

¹ Araka, Gorbea y Albina

² Consumos parciales de Vitoria-Gasteiz, Arzua-Ubarrundia, Legutiano y Zigoitia

Los volúmenes de entrada en la ETAP durante el periodo 2000 a 2004 son:

ETAP	Volúmenes de entrada a ETAP (hm ³ /año)					Origen de los datos
	2000	2001	2002	2003	2004	
ARAKA	24,529	25,198	24,750	24,952	23,029	Caudalímetro AMVISA

Los volúmenes de salida de la ETAP durante el periodo 2000 a 2004 son:

ETAP	Volúmenes de salida de ETAP (hm ³ /año)					Origen de los datos
	2000	2001	2002	2003	2004	
ARAKA	23,687	24,510	23,828	23,979	22,750	Caudalímetro AMVISA

Los volúmenes detraídos de los distintos embalses presentes en el esquema de abastecimiento durante el período 2000 a 2004 son:

Embalse	Volúmenes detraídos de embalses (hm ³ /año)					Origen de los datos
	2000	2001	2002	2003	2004	
ZADORRA (Consumo Vitoria)	22,882	23,621	23,365	23,497	21,818	Caudalímetro AMVISA
ALBINA	0,149	0,192	0,155	0,244	0,223	Caudalímetro AMVISA

El contraste del modelo teórico correspondiente al Sistema Zadorra en el área abastecida por el AMVISA es el siguiente:

	Volumen (hm ³ /año)					Origen de los datos
	2000	2001	2000	2001	2000	
Detracción Zadorra (Consumo AMVISA)	22,882	23,621	23,365	23,497	21,818	Caudalímetro AMVISA
Bombeo de Durana	1,647	1,578	1,385	1,454	1,210	Caudalímetro AMVISA
Entrada ARAKA	24,529	25,198	24,750	24,952	23,029	AMVISA
Salida ARAKA	23,687	24,510	23,828	23,979	22,750	Caudalímetro AMVISA
Suministro manantiales del Gorbea	1,034	0,831	0,895	0,929	1,015	Caudalímetro AMVISA
Detracción Albina	0,149	0,192	0,155	0,244	0,223	Caudalímetro AMVISA
Diferencia entre detracciones y consumo	0,529	0,807	0,895	1,267	-0,104	AMVISA
Consumos parciales de Vitoria, Arzua, Legutiano y Zigoitia	25,183	25,417	24,905	24,857	24,162	AMVISA

Las diferencias observadas son menores y pueden considerarse aceptables. El consumo de referencia para el año 2004 se calcula, en este caso, como suma del caudal de salida de Araka, más las detracciones del Gorbea y Albina.

Por último, en lo que respecta al municipio de Zigoitia, en el "Plan Foral de Infraestructuras Hidráulicas de Álava 2003-2014" se establece un consumo total para el año 2001 de 7,8 l/s.

A modo de resumen, se presenta a continuación la comparación entre la demanda teórica obtenida del modelo desarrollado previamente para la situación actual y el consumo real registrado en el año 2004, último disponible:

Centro de demanda	Demanda teórica actual (l/s)	Consumo real año 2004 (l/s)
Vitoria-Gasteiz ¹	818,2	760,7
Zigoitia	7,2	7,8

¹ Vitoria-Gasteiz y Arrozua-Ubarrundia completos

La validación efectuada indica que es preciso efectuar una corrección del modelo para asegurar una representación fiel de la realidad.

6.3.3 Corrección del modelo de demanda

Área Metropolitana de Vitoria-Gasteiz:

Alta medida: ETAP Araka:	22,750 hm ³
Gorbea:	1,015 hm ³
Albina:	0,223 hm ³
Consumo total:	23,988 hm ³

Baja modelo (Vitoria-Gasteiz y Arrozua-Ubarrundia integros):	19,000 hm ³
% Incontrolados modelo:	26,36 %
Alta modelo:	25,802 hm ³

Incontrolado corregido: **20,79 %**

Zigoitia

Alta medida:	0,246 hm ³
Baja modelo:	0,138 hm ³
% Incontrolados modelo:	39,36 %
Alta modelo:	0,228 hm ³

Incontrolado corregido: **43,79 %**

De esta forma, se consigue que el modelo refleje en la situación actual el consumo real registrado, empleándose en la simulación hidrológica del sistema el consumo asociado al año 2004.

Centro de demanda	Consumo año 2004 (l/s)
A. M. Vitoria-Gasteiz ¹	761
Zigoitia	8

Por último, existe una pequeña demanda dependiente del embalse de Albina y que corresponde a parte del municipio de Legutiano. Dicha detracción asciende, según datos del año 2004, a 0,223 hm³, es decir, a un consumo de 7 l/s. Este valor será asignado a un nuevo centro de demanda para poder representar esta particularidad.

6.3.4 Situación futura

La situación futura se identifica en el estudio previo con el año horizonte 2020. Para la evaluación de las necesidades futuras si tiene en cuenta lo establecido por los Planes territoriales Parciales En concreto, para los distintos municipios involucrados en los sistemas de abastecimiento planteados, se tiene lo siguiente:

- Vitoria-Gasteiz: el municipio de Vitoria junto con el de Arrozua-Ubarrundia se integran dentro del Área Funcional de Álava Central. En el PTP correspondiente se sigue la metodología reflejada en las DOT para el cálculo de las necesidades futuras de vivienda, estimadas en este caso para el año 2022
- Legutiano y Zigoitia forman también parte del Área Funcional de Álava Central y, por tanto, cuentan con proyecciones demográficas para el año 2022.

Los horizontes temporales enumerados anteriormente se agruparon en el estudio previo de demandas dentro de la denominada población futura. Como se desconoce la variación del grado de cumplimiento de las determinaciones de los diferentes PTP a lo largo del tiempo, no resulta factible extrapolar o interpolar sus resultados para otros horizontes temporales. Por lo tanto, se opta por considerar que en la situación futura del presente estudio se habrá culminado toda la planificación prevista. Además, no se consideran incrementos de población negativos y se asume la ocupación plena de las superficies industriales actuales y futuras. En la tabla siguiente se muestran los valores agrupados según los centros de demanda:

Centro de demanda	Incremento de población (hab)	Incremento de superficie industrial nueva (Ha)
Área Metropolitana de Vitoria-Gasteiz	27.612	815,6
Zigoitia	1.575	19,3

Lógicamente, en el modelo de demanda definido, los incrementos demográficos y de superficie industrial se encuentran desagregados por municipio.

En lo que respecta a los escenarios a adoptar a futuro, resulta más razonable y conservador adoptar el 1 o de mantenimiento del porcentaje de incontrolados, para efectuar con él la

simulación hidrológica base para la planificación del sistema. No obstante, el escenario 2 también debe estimarse, de forma que se puedan evaluar los objetivos alcanzables si se apuesta decididamente por la gestión de la demanda.

Finalmente, las demandas urbanas en alta y su desagregación para cada centro de demanda y sistema de abastecimiento obtenidas mediante el modelo de demanda calibrado según lo expresado en el apartado anterior para el Escenario 1 son las siguientes.

CENTRO DE DEMANDA	ÁREA METROPOLITANA DE VITORIA-GASTEIZ	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	AMVISA	Población futura	251.810
				Dotación domestica (l/hab/día)	130,0
				Dotación comercial (l/hab/día)	40,0
				Dotación industrial (l/hab/día)	33,1
				Dotación municipal (l/hab/día)	44,2
				Dotación riego privado (l/hab/día)	1,5
				Dotación ganadera (l/hab/día)	0,7
				Dotación baja (l/hab/día)	249,5
				Porcentaje incontrolados	20,79%
				Dotación alta (l/hab/día)	315,0
				Consumo domestico (m³/año)	11.948.385
				Consumo comercial (m³/año)	3.675.086
				Consumo industrial (m³/año)	3.044.950
				Consumo municipal (m³/año)	4.062.127
				Consumo riego privado (m³/año)	140.685
				Consumo ganadero (m³/año)	60.609
Consumo baja (m³/año)	22.931.842				
Consumo alta (m³/año)	28.950.606				
	Consumo alta (l/s)	918,0			

CENTRO DE DEMANDA	ZIGOITIA	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	AMVISA	Población futura	2.859
				Dotación domestica (l/hab/día)	130,0
				Dotación comercial (l/hab/día)	8,6
				Dotación industrial (l/hab/día)	53,6
				Dotación municipal (l/hab/día)	12,8
				Dotación riego privado (l/hab/día)	82,0
				Dotación ganadera (l/hab/día)	58,7
				Dotación baja (l/hab/día)	345,7
				Porcentaje incontrolados	43,79%
				Dotación alta (l/hab/día)	614,9
				Consumo domestico (m³/año)	135.660
				Consumo comercial (m³/año)	8.939
				Consumo industrial (m³/año)	55.900
				Consumo municipal (m³/año)	13.408

				Consumo riego privado (m³/año)	85.570
				Consumo ganadero (m³/año)	61.228
				Consumo baja (m³/año)	360.704
				Consumo alta (m³/año)	641.720
				Consumo alta (l/s)	20,3

En lo que respecta al Escenario 2, el porcentaje de incontrolado se reduce a un 25% en aquellos municipios en los que se supere dicha cifra. Además se asume un incremento del 10% de la dotación doméstica por mejora en la medida de contadores.

Operando de esta forma, resultan las siguientes demandas a futuro asociadas a cada centro de demanda:

CENTRO DE DEMANDA	ÁREA METROPOLITANA DE VITORIA-GASTEIZ	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	AMVISA	Población futura	251.810
				Dotación domestica (l/hab/día)	143,0
				Dotación comercial (l/hab/día)	40,0
				Dotación industrial (l/hab/día)	33,1
				Dotación municipal (l/hab/día)	44,2
				Dotación riego privado (l/hab/día)	1,5
				Dotación ganadera (l/hab/día)	0,7
				Dotación baja (l/hab/día)	262,5
				Porcentaje incontrolados	20,80%
				Dotación alta (l/hab/día)	331,4
				Consumo domestico (m³/año)	13.143.223
				Consumo comercial (m³/año)	3.675.086
				Consumo industrial (m³/año)	3.044.950
				Consumo municipal (m³/año)	4.062.127
				Consumo riego privado (m³/año)	140.685
				Consumo ganadero (m³/año)	60.609
Consumo baja (m³/año)	24.126.681				
Consumo alta (m³/año)	30.463.768				
Consumo alta (l/s)	966,0				

CENTRO DE DEMANDA	ZIGOITIA	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	AMVISA	Población futura	2.859
				Dotación domestica (l/hab/día)	143,0
				Dotación comercial (l/hab/día)	8,6
				Dotación industrial (l/hab/día)	53,6
				Dotación municipal (l/hab/día)	12,8
				Dotación riego privado (l/hab/día)	82,0
				Dotación ganadera (l/hab/día)	58,7
				Dotación baja (l/hab/día)	358,7
				Porcentaje incontrolados	25,00%

				Dotación alta (l/hab/día)	478,2
				Consumo domestico (m³/año)	149.226
				Consumo comercial (m³/año)	8.939
				Consumo industrial (m³/año)	55.900
				Consumo municipal (m³/año)	13.408
				Consumo riego privado (m³/año)	85.570
				Consumo ganadero (m³/año)	61.228
				Consumo baja (m³/año)	374.270
				Consumo alta (m³/año)	499.027
				Consumo alta (l/s)	15,8

6.3.5 Escenarios de demanda adoptados

Finalmente, los escenarios de demandas adoptados tanto para la situación actual como para la situación futura son los siguientes:

Centro de demanda	Demanda actual	Demanda futura Escenario 1	Demanda futura Escenario 2
Área Metropolitana de Vitoria-Gasteiz	761 l/s 23,988 hm ³	918 l/s 28,951 hm ³	966 l/s 30,459 hm ³
Zigoitia	8 l/s 0,252 hm ³	20 l/s 0,631 hm ³	16 l/s 0,505 hm ³

6.4 Estacionalidad de la demanda

En lo que respecta a la modulación de la demanda a lo largo del año, según datos de consumos reales se establece lo siguiente:

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
A.M. Vitoria	1,00	0,96	0,97	0,99	0,91	0,99	0,90	1,00	1,11	1,16	0,99	1,02

6.5 Cuantificación de otras demandas para recursos compartidos

6.5.1 Consorcio de Aguas de Bilbao-Bizkaia

Para la estimación de las demandas del CABB dependientes del sistema del Zadorra se ha realizado análogo análisis al realizado para AMVISA. El análisis se ha extendido al sistema completo del CABB, pues en los casos de extrema sequía, es el sistema del Zadorra quien satisface las demandas cuando otros sistemas de abastecimiento han agotado sus recursos.

Realizados los análisis pertinentes para el Escenario 1 de demanda futura, sin reducción de incontrolados y año horizonte de 2020, resulta:

Bilbao	Resto A. M. Bilbao	A. M. Vitoria-Gasteiz	Encartaciones	Total
1.282 l/s	3.022 l/s	918 l/s	110 l/s	5.332 l/s

Para poder establecer la demanda en alta, se estimó el porcentaje de incontrolados a partir de los datos existentes en alta y baja para el año 2004. Estos incontrolados engloban típicamente fugas en la red, subcontaje de contadores, tomas no contabilizadas, tomas fraudulentas y decalaje en la mediciones. Así, por comparación de datos reales y teóricos, se obtuvo:

Centro de demanda	Demanda en baja (hm ³ /año)	Demanda industrial en red 1ª (hm ³ /año)	% medio de incontrolados	Demanda en alta (hm ³ /año)	Demanda en alta (l/s)
Bilbao	28,031	-	30,21	40,164	1.274
Área Metropolitana de Bilbao menos Bilbao	45,421	12,079	34,76	88,139	2.795
Encartaciones	1,52	-	42,27	2,633	83

En lo que respecta a la demanda futura, se adoptó la siguiente evolución de los parámetros ligados al crecimiento socio-económico:

Centro de demanda	Incremento de población (hab)	Incremento de superficie industrial nueva (Ha)
Bilbao	0	70,4
Área Metropolitana Bilbao menos Bilbao	16.648	1.225,2

Operando de esta forma y suponiendo que el porcentaje de incontrolados se mantiene constante, se obtienen los valores consignados con anterioridad. En lo que respecta a la modulación de la demanda a lo largo del año, según datos de consumos reales se establece lo siguiente:

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
A.M. Bilbao	1,05	0,99	1,03	1,05	0,92	1,00	0,95	0,98	1,00	1,02	0,97	1,05

Se quiere destacar aquí el hecho de que el escenario de demandas así adoptado conduce, según las simulaciones efectuadas en el "Estudio de Alternativas de abastecimiento a las Áreas Metropolitanas de Bilbao y Vitoria" a **una detracción media con origen en el Zadorra y destino Venta Alta de 3.172 l/s, con puntas que en época de sequía, cuando los pequeños abastecimientos de la Cuenca norte se encuentra no-operativos, alcanzan los 3.659 l/s.**

6.5.2 Demandas hidroeléctricas

Iberdrola tiene permitido la turbinación de caudales a través del salto de Barazar con una capacidad máxima de 32 m³/s cuando la suma de volúmenes útiles de los embalses de Ullibarri y Urrunaga se encuentra por encima de la curva de garantía aprobada provisionalmente en la Comisión de desembalse de 26 de abril de 2007 y ratificada en el año 2008 por Resolución de la CHE.

Cuando se encuentra por debajo, únicamente tiene permitida la turbinación de los caudales demandados por el CABB para abastecimiento.

6.5.3 Regadíos

En la simulación hidrológica del Sistema del Zadorra es preciso tener en cuenta las detracciones que se producen aguas arriba del embalse de Ullibarri y de la derivación del río Alegría para atender la demanda de regadío existente.

Para su cuantificación se ha partido de la dotación y distribución mensual adoptada en el Plan Hidrológico Ebro, cifrada en 2520 m³/Ha/año y el siguiente reparto porcentual:

Mes	% regadío
Marzo	2
Abril	7
Mayo	20
Junio	22
Julio	20
Agosto	22
Septiembre	6
Octubre	1

y se ha estimado la superficie regable en 1000 Ha aguas arriba de Ullibarri (según el “Estudio de Recursos Hídricos totales en el ámbito de la CAPV”) y 590 Ha aguas arriba de la toma del Alegría. En este último caso, el consumo total viene recogido en el “Plan Foral de Infraestructuras Hidráulicas de Álava 2003-2014”

Por consiguiente, se tiene lo siguiente:

Hm ³	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Total
Regadíos aguas arriba Ullibarri	0,05	0,18	0,50	0,55	0,50	0,55	0,15	0,03	2,52
Regadío aguas arriba toma del Alegría	0,03	0,10	0,30	0,33	0,30	0,33	0,09	0,01	1,49

6.5.4 Servidumbres y caudales ambientales

En algunos casos, los caudales que deben ser evacuados desde una presa se encuentra ya determinados por concesión, porque engloban tanto los requerimientos ambientales como otras demandas consuntivas situadas en el cauce aguas abajo. Este es el caso de los embalses de Ullibarri y Urrunaga cuyas servidumbres se deben respetar son las siguientes:

- Ullibarri: 250 l/s en invierno y 550 l/s en verano (1 de junio a 30 de septiembre)
- Urrunaga: 500 l/s
- Toma del Alegría: 0 l/s

En otros casos, las Normas de Explotación vigentes determinan el caudal ecológico de suelta. Este es el caso de:

- Albina: 19 l/s
- Gorbea: 30 l/s

6.6 Elasticidad de la demanda

Uno de las principales dificultades existentes a la hora de planificar la operación de un sistema de abastecimiento en situación de sequía es la estimación de la reducción esperable del consumo como consecuencia de la aplicación de medidas disuasorias, tanto blandas (campañas de concienciación, prohibición de riego y lavado de coches, etc) como duras (cortes temporales del suministro de diferente cuantía)

La Guía AEAS ofrece una serie de recomendaciones en este sentido, que son:

Restricciones	Doméstico	Industrial/comercial	Institucional
Blandas	8%	12%	40%
Duras	20%	20%	50%

Aplicando estos valores a la distribución actual del consumo según destino (tanto el asociado a AMVISA como al CABB): 52,4% doméstico, 34,2% industrial + comercial y 13,4% institucional, se obtienen los siguientes porcentajes de ahorro:

- Restricciones blandas: 13,7% del consumo urbano
- Restricciones duras: 24% del consumo urbano y 50% de requerimientos ambientales

Conviene, no obstante, revisar estas estimaciones, particularizandolas al caso concreto de estudio antes de ser adoptadas. En este sentido, se dispone de los datos relativos al episodio de sequía del 89-90 tanto en el ámbito del CABB como en el de AMVISA. Según la memoria del CABB del año 1991, los ahorros conseguidos mediante políticas de cortes del suministro fueron:

Año	Período	Nº horas de corte	Horario	Ahorro en municipios	Ahorro voluntario industrial	Ahorro global
1989	9 Oct/5 Nov	6	Lab de 24 a 6 Fest de 24 a 6	14%	22%	16%
	6 Nov/10 Dic	8	Lab de 22 a 6 Fest de 24 a 6	19%	34%	22%
	11 Dic/31 Dic	9	Lab de 21 a 6 Fest de 24 a 6	14% (*)	30%	18%
1990	1 Ene/1 Feb	12	Lab de 18 a 6	29%	42%	34%
	2 Feb/10 Abr	12	Lab de 18 a 6	38%	44%	38%
	11 Abr/6 May	12	Lab de 18 a 6	25% (**)	52%	32%
	7 May/27 May	12	Lab de 18 a 6	33%	47%	37%

Año	Período	Nº horas de corte	Horario	Ahorro en municipios	Ahorro voluntario industrial	Ahorro global
	28 May/4 Jun	12	Lab de 18 a 6	31%	43%	34%
	5 Jun/30 Jun	10	Lab de 20 a 6	28%	42%	32%
	1 Jul/15 Sep	8	Lab de 22 a 6	25%	44%	28%
	16 Sep/15 Dic	8	Lab de 22 a 6	24%	43%	27%
1991	16 Dic/2 Feb	6	Lab de 24 a 6	17%	35%	20%

(*) Navidades / (**) Sin restricciones por excedentes

Para comprobar estos valores se ha reconstruido el consumo del Área Metropolitana de Bilbao durante dicha sequía. Así, el suministro procedente del sistema Ordunte se presenta a continuación e incluye las detracciones de embalse de Ordunte + Cerneja, la incorporación de los arroyos al canal de Ordunte y los bombeos del Kadagua. Los datos proceden del "Estudio de factibilidad de la minicentral hidroeléctrica de pie de la presa de Ordunte" (Ayuntamiento de Bilbao – Marzo 1993):

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1988	3,479	3,119	3,482	3,421	2,676	3,546	3,744	3,691	3,572	3,605	3,048	3,150
1989	3,498	3,595	3,739	3,248	3,744	3,826	3,876	3,691	3,626	3,356	3,123	3,077
1990	2,095	1,778	1,476	1,695	2,137	2,068	2,137	2,531	2,828	3,410	2,758	2,555
1991	2,976	3,452	3,718	3,722	3,927	3,878	4,117	4,117	3,984	4,168	3,675	4,114

Las detracciones del Zadorra fueron según las memorias anuales de:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1988*	10,629	9,943	10,629	10,286	10,629	10,286	10,629	10,629	10,286	10,629	10,286	10,629
1989	10,737	9,851	10,400	9,810	10,427	10,518	11,107	11,072	11,563	10,406	8,696	9,286
1990	6,832	4,737	4,414	1,115	5,091	5,493	7,146	7,301	8,358	6,927	4,363	2,110
1991	3,973	3,320	4,854	6,568	8,305	8,647	8,884	8,970	9,762	9,508	8,862	9,069

* Distribución uniforme del volumen total detraído

Los recursos del resto de embalses y manantiales de la cuenca Norte fueron según las memorias anuales de:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1988	1,007	0,942	1,007	0,975	1,007	0,975	1,007	1,007	0,975	1,007	0,975	1,007
1989	0,725	0,703	0,885	0,970	0,531	0,521	0,329	0,318	0,302	0,340	0,418	0,422
1990	0,308	0,478	0,469	0,672	0,785	0,694	0,623	0,430	0,427	0,668	0,993	1,044
1991	0,937	1,327	1,404	1,127	0,927	0,331	0,927	0,215	2,227	0,687	0,927	0,095

* Distribución uniforme del volumen total detraído

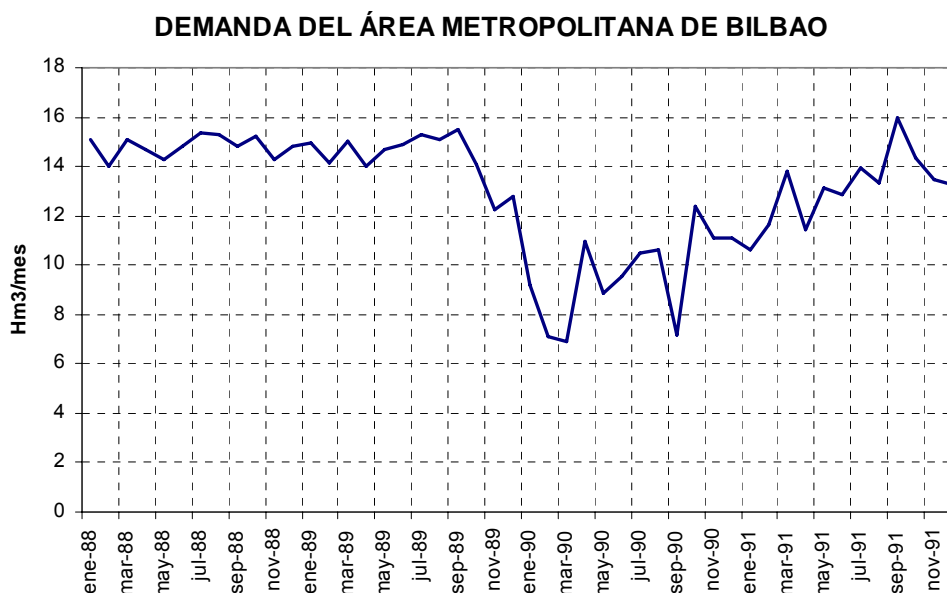
Por último, las aportaciones de las obras de emergencia de la Cuenca Norte para abastecimiento del Área Metropolitana de Bilbao fuera del Sistema Kadagua (escorrentías Arratia, captaciones Barbadún-Cotorrio y captación de Bolintxu) fueron según las memorias anuales de:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1990	0	0,093	0,539	7,499	0,857	1,256	0,608	0,394	0,545	1,410	2,991	5,385
1991	2,721	3,558	3,815	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La suma de todos los conceptos anteriores constituye el consumo total del Área Metropolitana de Bilbao, de valor:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1988	15,115	14,004	15,118	14,682	14,312	14,807	15,38	15,327	14,833	15,241	14,309	14,786	177,91
1989	14,96	14,149	15,024	14,028	14,702	14,865	15,312	15,081	15,491	14,102	12,237	12,785	172,74
1990	9,235	7,086	6,898	10,981	8,87	9,511	10,514	10,656	12,158	12,415	11,105	11,094	120,52
1991	10,607	11,657	13,791	11,417	13,159	12,856	13,928	13,302	15,973	14,363	13,464	13,278	157,80

La variación del consumo a lo largo del episodio de sequía fue, por tanto:



Lo que pone de manifiesto el relevante efecto de las políticas de gestión de la demanda desarrolladas, que por comparación de períodos homólogos puede estimarse en:

	Horas diarias de corte	Reducción (%)
Rama de subida	6	7,5
	8	15,2
	12	40,9
Rama de bajada	10	36,0
	8	27,4
	6	29,8

Como puede apreciarse el efecto de las políticas de restricción es superior tras rebasarse la situación más crítica, si bien sería precisamente la rama de subida la de interés desde el punto de vista de la planificación.

En el caso de Vitoria, se cuenta con datos procedentes de AMVISA. Por un lado, los volúmenes detraídos desde el Albina, asociados al suministro de Legutiano, fueron los siguientes:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1988	0,163	0,226	0,232	0,217	0,227	0,225	0,228	0,225	0,084	0,000	0,000	0,000
1989	0,064	0,168	0,288	0,278	0,277	0,272	0,282	0,073	0,000	0,127	0,080	0,221
1990	0,255	0,229	0,236	0,248	0,177	0,255	0,275	0,273	0,241	0,237	0,233	0,260
1991	0,243	0,207	0,244	0,212	0,214	0,229	0,255	0,246	0,234	0,238	0,237	0,249

En el caso de Vitoria, se dispone de los totales anuales procedentes tanto del embalse de Ullibarri como del bombeo de Durana y manantiales del Gorbea, así como de la distribución mensual del volumen detraído de Ullibarri, por lo que se puede reconstruir la variación del consumo total, que, por tanto, fue:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1988	2,314	2,309	2,548	2,276	2,369	2,281	2,390	2,360	2,199	2,323	2,411	2,494
1989	2,263	2,457	2,480	2,391	2,385	2,056	2,108	2,239	2,108	2,349	2,131	2,378
1990	1,705	1,932	2,289	2,083	2,269	2,167	2,010	1,660	1,573	1,811	1,832	1,970
1991	2,919	2,811	2,890	2,008	1,990	1,659	1,584	1,560	1,556	1,860	1,920	2,379

Los valores anteriores tienen en cuenta criterios de gestión de la demanda análogos a los expuestos para el CABB anteriormente. Por lo tanto, en este caso se tiene:

	Horas diarias de corte	Reducción (%)
Rama de subida	6	-1,1
	8	11,6
	12	14,2
Rama de bajada	10	5,0
	8	19,9
	6	-29,0

Como puede apreciarse existen ciertas incongruencias que pueden deberse a la aplicación de una política de gestión diferente de la del CABB o a errores en la estimación de los consumos. No obstante, sí se observa una tendencia de ahorro menor, posiblemente motivada por el menor impacto del consumo industrial.

Finalmente, a la vista de los datos reales disponibles y teniendo en cuenta el deseable principio de precaución así como la mejora de las redes de abastecimiento desde la sequía de 1989/90, se ha optado por establecer unos porcentajes de ahorro menores a los considerados por la Guía AEAS, de valor:

- Restricciones blandas: 7,5%
- Restricciones duras: 15%

7 ESTABLECIMIENTO DE INDICADORES E IDENTIFICACIÓN DE UMBRALES

7.1 Escenarios de sequía operacional

7.1.1 Indicadores

Puesto que AMVISA se abastece en gran medida de la captación del embalse de Ullibarri, se ha considerado conveniente la elección de la suma del **volumen útil de los embalses de Ullibarri y Urrunaga** como indicador.

La segunda fuente en importancia para el abastecimiento de AMVISA es la captación de Durana, que se sitúa aguas abajo del embalse. Puesto que el cumplimiento de las servidumbres de Ullibarri garantizan por sí solas un caudal de paso por el Zadorra a la altura de la captación superior a la concesión, se considera que el indicador anterior sigue siendo adecuado para esta captación.

7.1.2 Coordinación con el Plan Especial de Sequía de la cuenca del Ebro

El indicador que adopta el presente Plan de Emergencia de Sequía es el mismo que establece el Plan Especial de Sequía.

Por coherencia con los escenarios establecidos en el Plan de Emergencia de Sequía del CABB se ha mantenido la misma denominación. La equivalencia de los escenarios del PES con los de ambos planes de emergencia es la siguiente:

Plan Especial de Sequía	Plan de Emergencia
Prealerta	Alerta
Alerta	Inicio de sequía
Emergencia	Restricciones blandas
(no contemplado)	Restricciones duras

7.1.3 Escenarios

Los escenarios contemplados son los siguientes:

- Alerta: (denominada en el PES de la CHE como prealerta) viene definida por el volumen de reservas con las que después de simular todas las series pésimas conocidas, habría una probabilidad del 90% de no incurrir en situación de Inicio de Sequía así como también de un 95% de probabilidades de no alcanzar el escenario de Restricciones Blandas. El nivel de alerta se alcanza una vez cada 5 años e implica la

solicitud de las autorizaciones necesarias para la puesta en marcha de las obras de emergencia

- Inicio de Sequía: (denominada en el PES de la CHE como Alerta) viene definida por el volumen de reservas necesarias para que después de realizada la simulación pertinente con las series pésimas registradas, existe una probabilidad del 90% de no incurrir en Restricciones Blandas con la demanda total del sistema. En este escenario se encontrarían ya en operación las obras de emergencia y, por tanto, aportarían ya éstas una parte de la citada demanda. Se estima una activación de estas obras 1 vez cada 10 años.
- Restricciones Blandas: (denominada en el PES de CHE como emergencia) viene definida por las reservas necesarias para que, con la simulación de las series pésimas conocidas, exista una probabilidad del 95% de no incurrir en Restricciones Duras, considerando que en este escenario se habría logrado ya conseguir una reducción de la demanda del 7,5%. Además, se propone reducir las servidumbres en un 50%
- Restricciones Duras: (no contemplada en el PES de la CHE) se define por los volúmenes de reserva tales que, después de simular las series históricas pésimas conocidas, permiten garantizar el abastecimiento durante los 12 meses subsiguientes con una probabilidad del 98%, considerando en este escenario que se habría logrado reducir la demanda total un 15%. Las servidumbres se reducen en un 50%

7.1.4 Umbrales

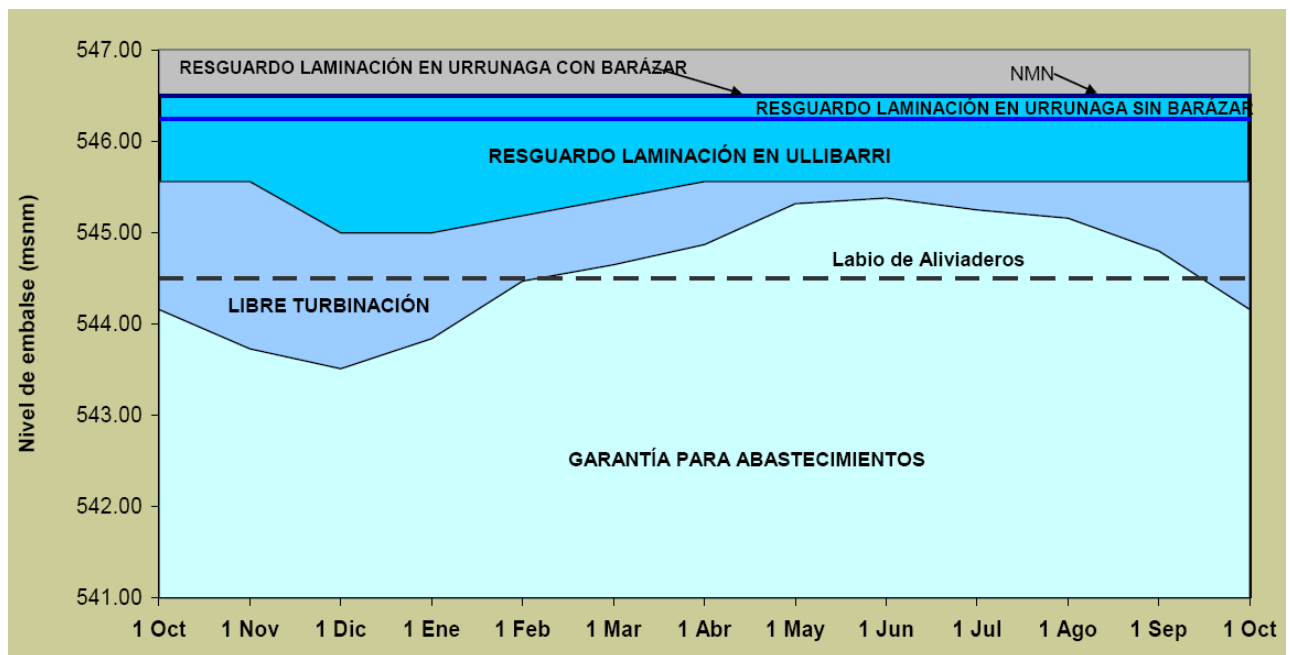
En consonancia con lo establecido en el Plan Especial de Sequías de la cuenca Ebro, los umbrales considerados para los escenarios definidos anteriormente son los siguientes:

		VOLUMEN ÚTIL ULIBARRI + URRUNAGA											
Definición CABB	Definición CHE	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago	Sep	Oct.	Nov.	Dic.
Alerta	Prealerta	89,3	102,3	111,8	115,2	122,8	125,1	117,1	106,2	97,4	91,2	82,4	82,2
Inicio de sequía	Alerta	69,6	81,6	90,6	96,8	99,4	103,2	95,2	85,0	74,0	63,0	62,1	61,1
R. blandas	Emergencia	51,8	63,4	73,0	79,0	81,0	81,8	75,5	67,9	59,1	50,9	41,6	40,8
R. duras	-	25,0	43,4	55,5	61,9	68,3	69,0	60,3	52,1	42,5	34,0	25,0	25,0

Cuya validez se sustenta además en las siguientes curvas de explotación (garantía: volumen por debajo del cual solo se permite la turbinación por Barazar de los caudales demandados por el CABB, e inicio de vertido: cota por encima de la cual se deben desembalsar caudales para asegurar la existencia de un adecuado resguardo para la laminación de las avenidas) aprobadas en marzo de 2008 por la Confederación Hidrográfica del Ebro para el Sistema Zadorra tras acuerdo previo de la Comisión de Desembalse:

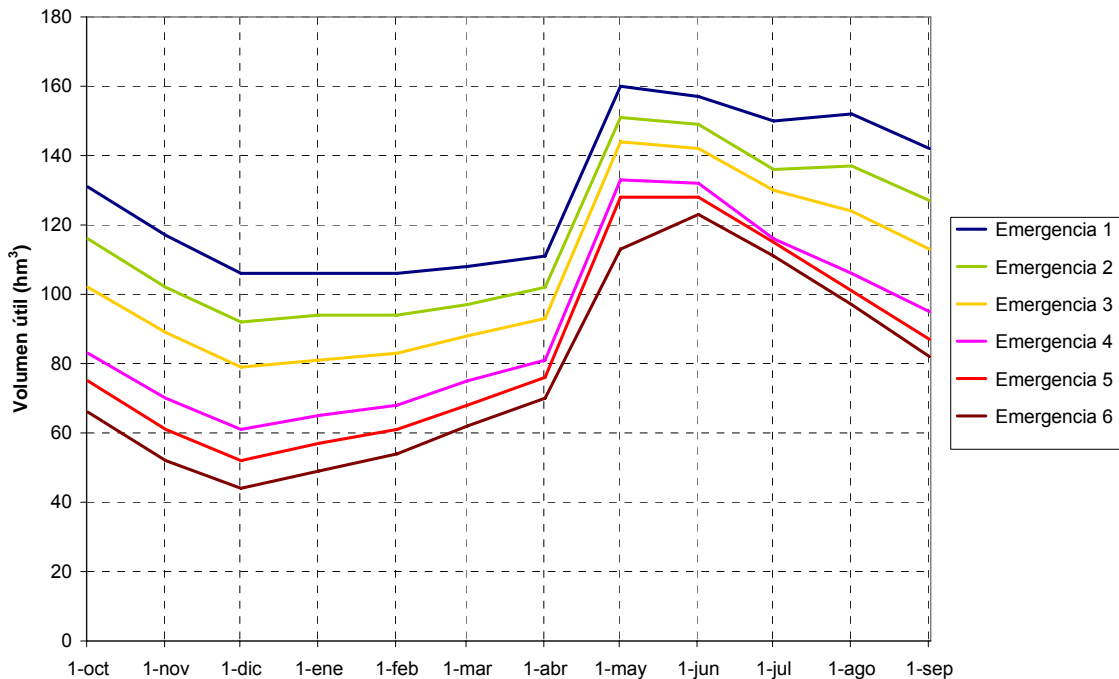
	01-oct	01-nov	01-dic	01-ene	01-feb	01-mar	01-abr	01-may	01-jun	01-jul	01-ago	01-sep
NMN (m)	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5
Inicio vertido Ullibarri	545,56	545,56	545,00	545,00	545,19	545,37	545,56	545,56	545,56	545,56	545,56	545,56
Inicio vertido Urrunaga (*)	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5	546,5
Curva de garantía (hm³)	140,0	131,5	127,0	133,6	146,5	150,3	155,0	165,0	166,5	163,5	161,5	153,5

Supuesta turbinación operativa en Barazar (0 grupos 546,25 – 1 grupo 546,37)



Y en la activación de las obras de emergencia ejecutadas a raíz de la sequía del 89-90 según lo establecido en el convenio del 23 de marzo de 1992, suscrito por CHN, CHE, CABB y AMVISA, en el que se establecieron las siguientes consignas:

- **Emergencia 1:** fundamentalmente se activarían las escorrentías Arratia y los bombeos del Kadagua en Balmaseda e Ibarra. Adicionalmente, se podrían emplear las captaciones del río Barbadún y Cotorrio en Muskiz, la de Pozo gerente en Abanto y Zierbena y reutilizar las aguas residuales de la EDAR de Galindo para usos compatibles con su calidad
- **Emergencia 2:** fundamentalmente se activaría el Sifón del Gorbea. Adicionalmente, se podrían emplear las captaciones en la cabecera del Arakil y Ega
- **Emergencia 3:** captación y bombeo del río la Torca en Nanclares de Oca
- **Emergencia 4:** captación y bombeo del río Baia en Subijana
- **Emergencia 5:** captación y bombeo del río Ega en Maeztu
- **Emergencia 6:** bombeo de Arrigorriaga en el río Nervión



hm ³ útiles	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Curva alerta 1	131	117	106	106	106	108	111	160	157	150	152	142
Curva alerta 2	116	102	92	94	94	97	102	151	149	136	137	127
Curva alerta 3	102	89	79	81	83	88	93	144	142	130	124	113
Curva alerta 4	83	70	61	65	68	75	81	133	132	116	106	95
Curva alerta 5	75	61	52	57	61	68	76	128	128	115	101	87
Curva alerta 6	66	52	44	49	54	62	70	113	123	111	97	82

En el Convenio de 1992 se establece también la prohibición de operar las obras de emergencia de la Cuenca Ebro del 15 de junio al 15 de septiembre. En este punto, resulta importante destacar que este Convenio se encuentra actualmente en vigor, habiendo sido además refrendado en el "Plan Especial de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía" de la Cuenca Ebro. En concreto, en su apartado 5.3.17.1 este documento indica que

"Al mismo tiempo existe un Protocolo de 1992 para el mantenimiento y utilización de las obras de emergencia que fueron ejecutadas al amparo del Real Decreto 296/1990, suscrito entre las Confederaciones Hidrográficas del Ebro y Norte, el Consorcio Bilbao-Bizkaia y AMVISA. Este protocolo establece unas curvas de activación en función de las cuáles se penden poner en marcha cada una de las obras de forma progresiva, previa autorización temporal de la Confederación.

Estas curvas, tanto las de explotación de 2003 como las de activación de las obras de emergencia de 1992, se consideran plenamente operativas, mientras no sean modificadas"

A este respecto, la curva de garantía ha sido modificada por Resolución de marzo de 2008, no así la de activación de las obras del Convenio de 1992 que se encuentra, por tanto, vigente.

7.1.5 Verificación hidrológica

Los umbrales de definición de los distintos escenarios de sequía hidrológica deben ser verificados antes de su entrada en vigor, de forma que se constate que responden también a los criterios de garantía del suministro establecidos por AMVISA y que son:

- Se admiten restricciones blandas 1 vez cada 25 años. Este criterio debe entenderse como número de periodos secos independientemente de su duración o intensidad.
- No se admiten restricciones duras, que supondrían cortes del suministro
- El volumen mínimo útil del embalse debe ser el equivalente al 75% del consumo y servidumbres durante 90 días.

La última de las consideraciones fue ampliada por la Agencia Vasca del Agua en su “Estudio de Alternativas de abastecimiento a las Áreas Metropolitanas de Bilbao y Vitoria”, estableciéndose las denominadas reservas estratégicas como el volumen suficiente para abastecer el 90% de la demanda urbana total del sistema (5.332 l/s) y el 50% de las servidumbres del Zadorra durante tres meses consecutivos sin tener en cuenta las posibles aportaciones.

7.1.5.1 Modelo matemático de simulación

La simulación hidrológica de un sistema de abastecimiento tan complejo como el correspondiente a las Áreas Metropolitanas de Bilbao y Vitoria, en el que se integra AMVISA, requiere del empleo de un modelo matemático versátil y fiable, capaz de representar correctamente todas las reglas de operación vigentes con paso de cálculo diario, aprovechando de esta forma la potencialidad del estudio de recursos disponible y alcanzando los niveles de precisión que un estudio de estas características requiere.

En este sentido se ha optado por aplicar el modelo AQUATOR ya desarrollado por la Agencia Vasca del Agua en su “Estudio de Alternativas de abastecimiento a las Áreas Metropolitanas de Bilbao y Vitoria”

AQUATOR es un modelo de simulación hidrológica de sistemas de abastecimiento desarrollado por Oxford Scientific Software Ltd, para el modelado de sistemas complejos de distribución de recursos a distintos centros de demanda. AQUATOR simula el funcionamiento de un determinado esquema de abastecimiento, combinando un cálculo a nivel diario de la distribución del recurso con la aplicación de las reglas de operación introducidas en cada uno de los elementos que lo componen, de forma que el conjunto consiga aproximarse a la realidad.

En este sentido, intenta optimizar el reparto de agua permitiendo a las distintas demandas reservar primero y posteriormente hacer uso del recurso. Esta forma de proceder posibilita fijar

prioridades entre demandas y aplicar algoritmos para compartir el agua basados en determinadas reglas prácticas. Además, se puede implementar un algoritmo más complejo que tenga en cuenta la existencia de distintas fuentes del suministro caracterizadas tanto por su coste como por su disponibilidad. La inclusión de Microsoft Visual Basic en el modelo permite programar al usuario reglas de explotación o infraestructuras complejas. Esto significa que AQUATOR puede modelar sistemas complejos de una forma mucho más versátil que otros paquetes informáticos. AQUATOR puede incorporarse también a otras aplicaciones e interactuar con ellas. Por ejemplo un fichero Excel puede abrir y ejecutar AQUATOR y guardar los resultados obtenidos. El modelo puede además integrarse dentro de un GIS que soporte Visual Basic como el ARCGIS de Esri

Durante cada día de simulación, el agua es movilizada de acuerdo con los datos de entrada, las reglas de operación y la conectividad del modelo. Existen 5 fases correspondientes a cada uno de los tipos de movimiento que se ejecutan de forma consecutiva:

1. Todas las cuencas del modelo añaden agua al sistema fluvial al inicio del día.
2. Todos los vertidos al río desde otras fuentes pueden aumentar el caudal fluvial para satisfacer las reservas mínimas circulantes o las detracciones esperables.
3. Los centros de demanda tratan de satisfacer sus consumos extrayendo agua de alguna o todas las fuentes del suministro disponibles como captaciones, sondeos, embalses, etc.
4. El volumen de los embalses se recupera a partir de sus propias fuentes de recurso y siguiendo para ello las reglas de llenado prefijadas.
5. Los embalses que tengan exceso de agua la evacuarán hacia los tramos de río situados aguas abajo en función de determinadas curvas de vertido.

Como puede apreciarse, existen dos tipos de elementos que demandan agua: los centros de demanda y los embalses, si bien lo hacen en diferentes fases, los centros de demanda primero y los embalses después. En cualquier caso, la asignación de los recursos tiene lugar en 6 pasos diferenciados en los que cada elemento reserva agua para cada una de las rutas de suministro disponibles y para satisfacer diferentes tipos de demanda, que son: pérdidas, caudal mínimo, demanda mínima, exceso de demanda, demanda máxima y definida por el usuario.

En lo que respecta a la elección de la fuente de suministro asignable a cada elemento de demanda de entre los disponibles según la conectividad del sistema, existen dos algoritmos que ordenan de mayor a menor idoneidad las distintas rutas de aprovisionamiento entre los puntos de origen del recurso y las demandas:

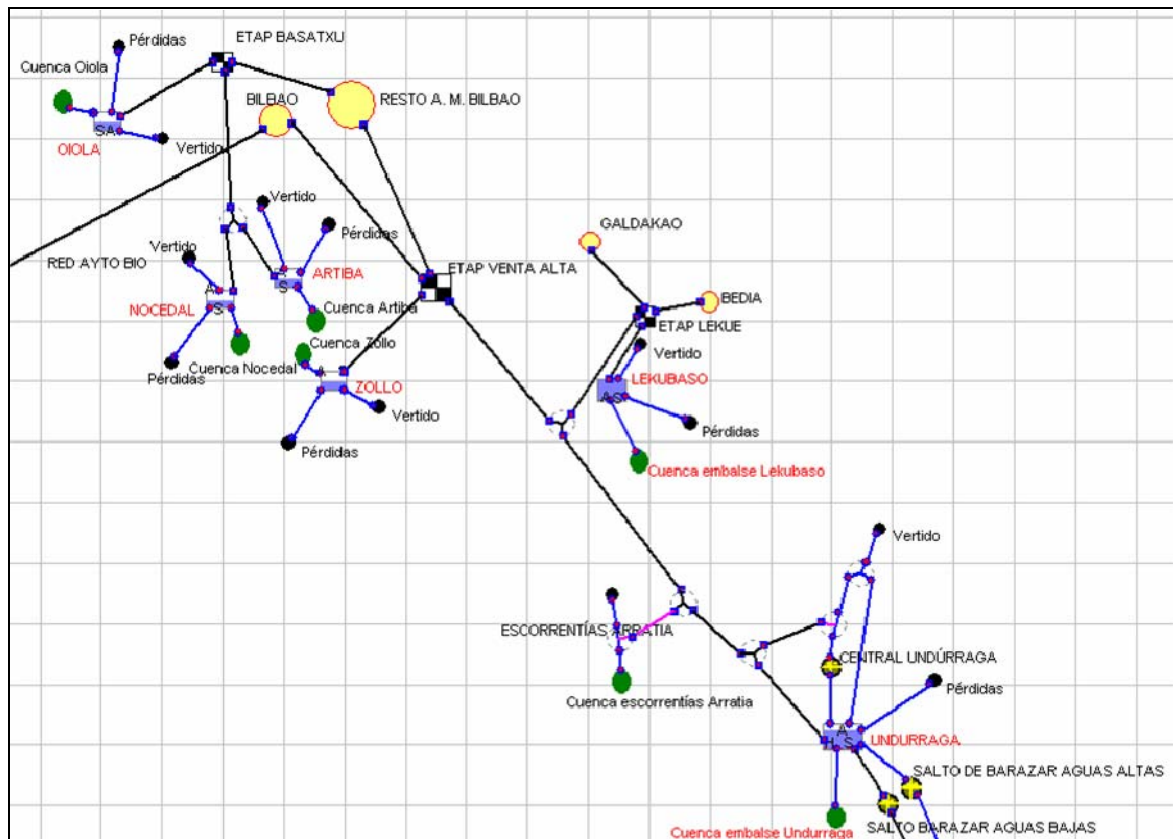
- Clásico: disponible desde las primeras versiones de AQUATOR. Ordena las rutas en función del coste (primero la más barata) en el paso 4 (exceso de demanda) y en función de la disponibilidad de agua en el resto de pasos. La disponibilidad del recurso viene definida por un parámetro denominado "Resource State" que vale 1 cuando la cantidad de agua existente es igual a la deseable al principio de día (valor definido por el usuario), mayor que 1 cuando existe agua en exceso y menor que 1 en caso contrario.

- Avanzado: existen 8 parámetros que pueden afectar al orden de aplicación de las distintas rutas de suministro si bien no todos son empleados en cada paso:
 - Prioridad: número de ríos atravesados por la ruta (0 primero)
 - Volumen disponible: puede estar restringido por concesiones
 - Estado del recurso: existe agua en exceso en el paso 4 cuando este parámetro es mayor que 1
 - Aplicación del estado del recurso: falso si no se puede calcular el estado del recurso y verdadero en caso contrario.
 - Coste ponderado por unidad de volumen movilizada.
 - Pérdidas a lo largo de la ruta
 - Caudal mínimo
 - Fracción de demanda mínima

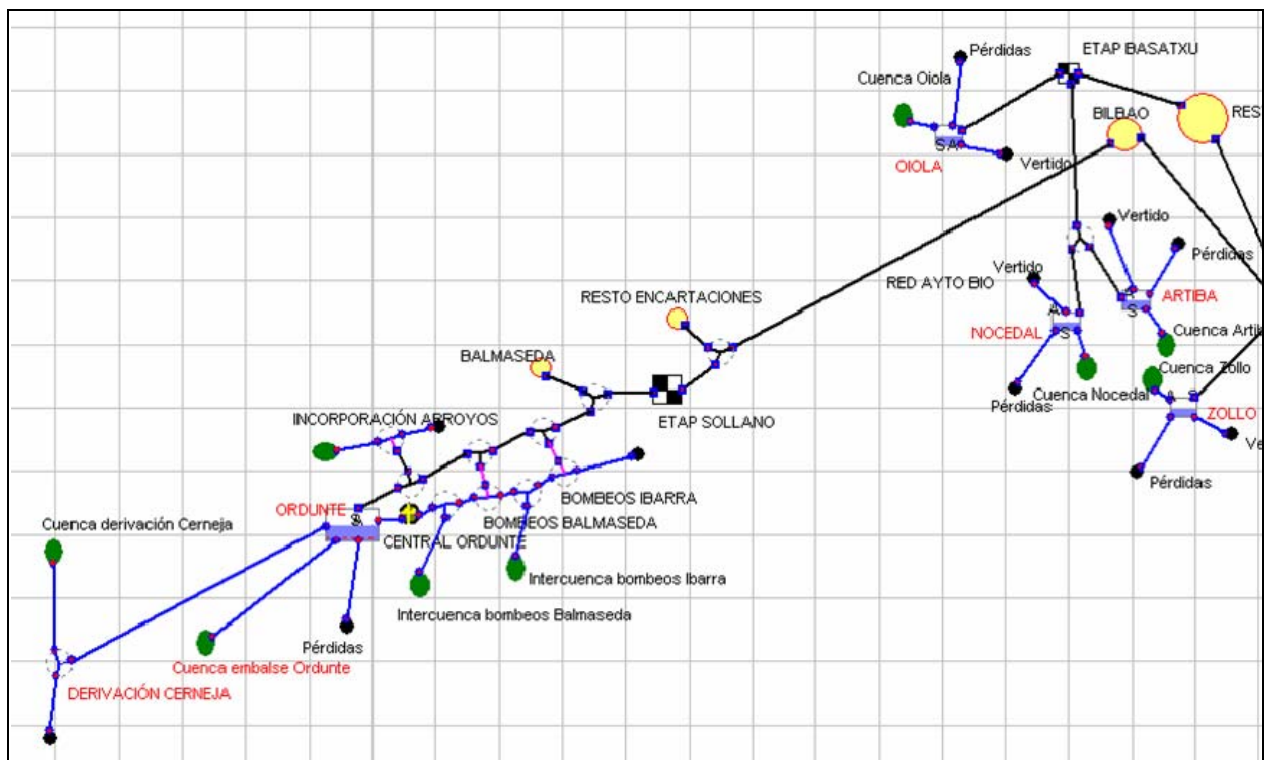
Otro aspecto interesante del funcionamiento del modelo AQUATOR lo constituye el algoritmo de ahorro de la demanda en condiciones de sequía. Así, en tiempos de escasez, pueden activarse hasta 5 niveles de restricciones al consumo, con un porcentaje de ahorro definido por el usuario que es aplicado de forma generalizada a todo el sistema, si bien únicamente en aquellos centros de demanda donde esta función se encuentre activa. La activación de cada uno de los niveles de sequía se realiza típicamente en los embalses mediante unas curvas de control que definen el volumen por debajo del cual comienzan a adoptarse medidas de ahorro.

AQUATOR permite la implementación de hasta 24 componentes tipo, que son:

- Captaciones
- Conexiones bi-direccionales
- Tanques de mezcla
- Manantiales
- Cuencas de aportación
- Conectores de flujo bi-direccional
- Confluencias
- Conexiones restringidas
- Centros de demanda
- Intercuencas
- Derivaciones
- Estaciones de aforo
- Sondeos
- Centrales hidroeléctricas
- Uniones
- Conexiones uni-direccionales



Subsistema Nervión



Subsistema Ordunte

Los parámetros que caracterizan los distintos elementos que componen el modelo de simulación se han introducido de forma que su funcionamiento se asemeje al real. En este sentido, se han incorporado al modelo AQUATOR confeccionado los siguientes datos:

- Series de aportaciones diarias generadas mediante TETIS a embalses, puntos de captación, bombeo y derivación
- Recursos subterráneos
- Demandas asociadas a cada centro de demanda y perfil de variación mensual
- Series de evaporaciones en embalses
- Características físicas de embalses (curvas cota-volumen-superficie y volumen útil)
- Conexión entre los embalses del Zadorra con una capacidad variable en función de los niveles de embalse en cada día de simulación
- Caudales ambientales y de servidumbre en embalses, captaciones y derivaciones
- Pérdidas por filtración en presas
- Pérdidas en canales
- Capacidades de conducciones y canales
- Capacidades de bombeo o captación
- Capacidad de tratamiento en ETAPs
- Capacidad de turbinación en centrales hidroeléctricas

Se han programado, además, las reglas de operación vigentes en las distintas infraestructuras y que son:

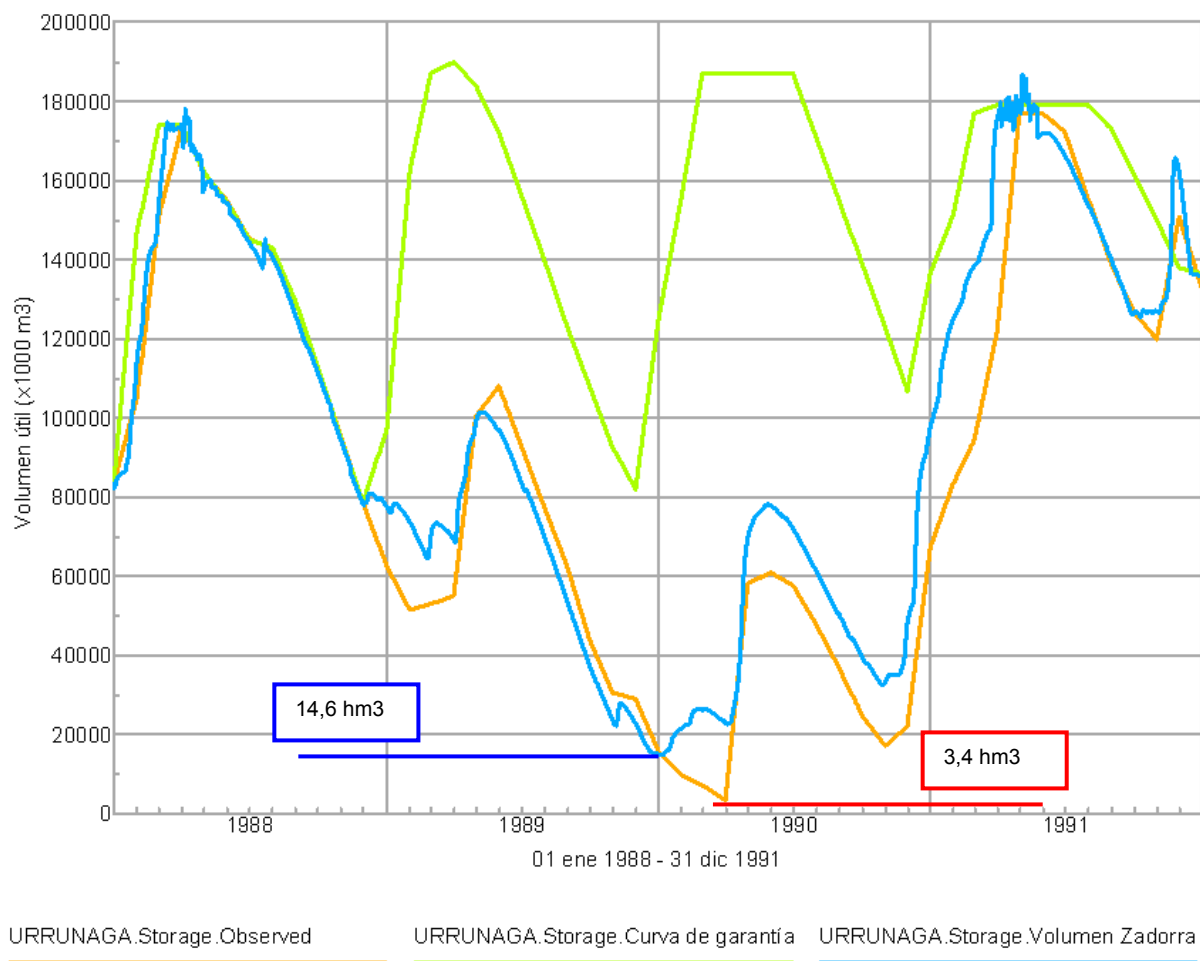
- Curva de garantía y de inicio de vertido del Sistema Zadorra (Resolución de marzo de 2008)
- Curvas de activación de las obras de emergencia (Convenio de marzo de 1992)
- Prioridad en el origen del suministro desde las distintas fuentes
- Consigna de activación del canal del Cerneja
- Consigna de activación de la derivación a Lekue desde la conducción de Undúrraga a Venta Alta
- Posibilidad de operar o no el Salto de Barazar en coincidencia con vertido en el Zadorra
- Posibilidad o no de empleo de los recursos propios del embalse de Undúrraga
- Explotación de la central de Undúrraga
- Adopción de las sueltas de caudales ambientales en embalses en función de la aportación de entrada en cada día de simulación

7.1.5.2 Calibración

Antes de proceder al empleo del modelo AQUATOR confeccionado para la evaluación de los umbrales de sequía a adoptar, se debe valorar la bondad del mismo para representar de forma fiel

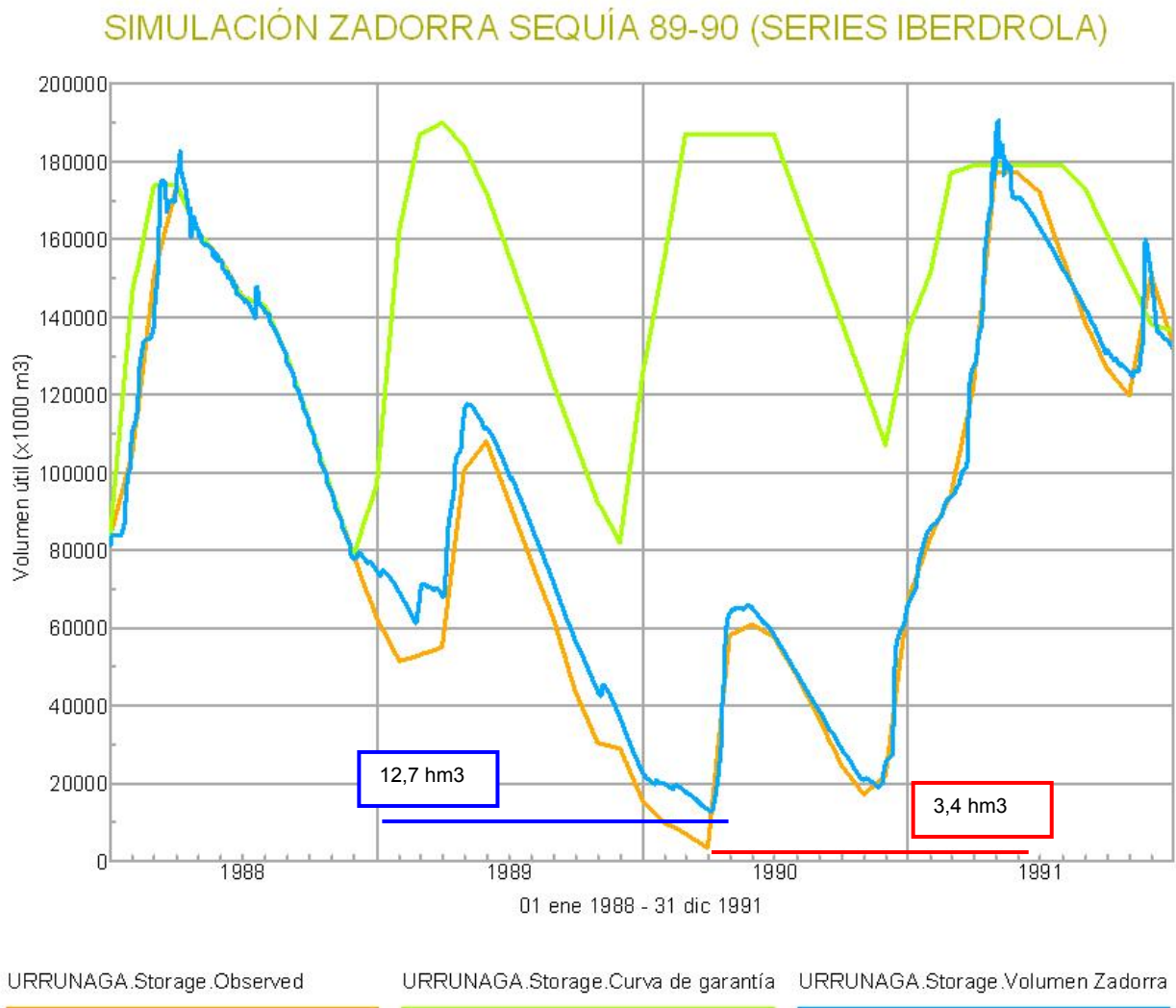
la realidad. La mejor forma disponible para ello es efectuar una calibración con eventos históricos, fundamentalmente la sequía del 89-90 como suceso extraordinario más condicionante. Así, introduciendo al modelo AQUATOR las demandas reales de Vitoria y Bilbao, según los datos de sus respectivas memorias, las curvas de garantía vigentes durante el episodio, las restricciones al consumo aplicadas, los períodos de operación de las obras de emergencia y manteniendo las series de aportaciones sintéticas obtenidas mediante TETIS, se obtuvo lo siguiente:

COMPARACIÓN ZADORRA SEQUÍA 89-90 (SERIES SIMULADAS)



El volumen mínimo simulado en el Zadorra es de $14,6 \text{ hm}^3$ en el mes enero de 1990, mientras que en la realidad se estima que se alcanzó un mínimo de $3,4 \text{ hm}^3$ (para cotas tan bajas de los embalses resulta dificultosa la estimación) en abril de 1990. La causa de esta desviación reside en la existencia de una aportación simulada en enero y febrero de 1990 $16,3 \text{ hm}^3$ superior a la observada por IBERDROLA. A excepción de este hecho (que posee efectos diferidos en el tiempo como puede apreciarse en el noviembre de 1990), la comparación resulta bastante satisfactoria.

Si al análisis anterior se añaden las series de aportaciones históricas restituidas por IBERDROLA se obtiene la comparación grafica recogida en al siguiente figura. En este caso el mínimo simulado es de 12,7 hm³ y se produce en abril de 1990.

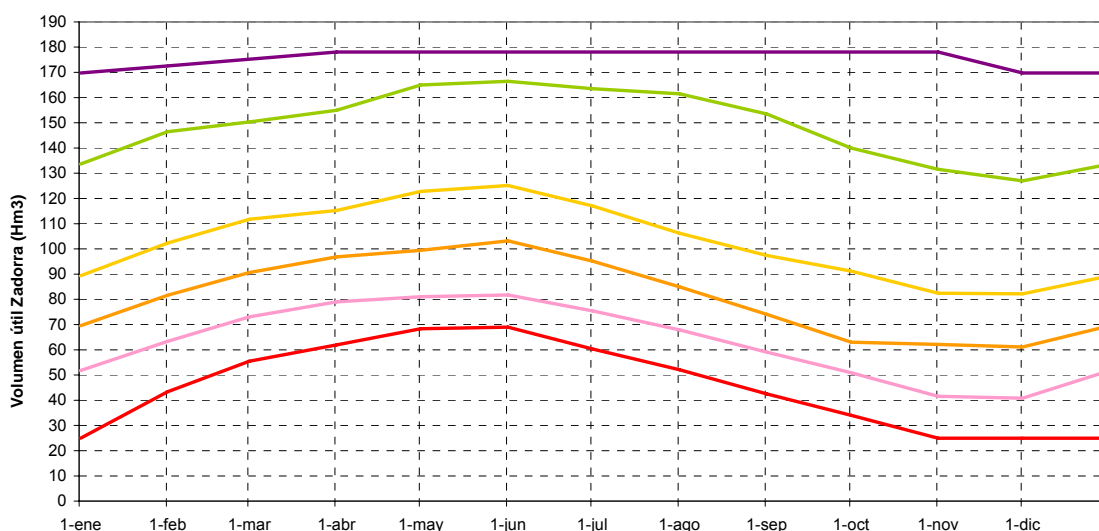


Como apreciarse, el empleo de series históricas no supone una mejora substancial respecto de las teóricas, por lo que resulta más coherente emplear estas últimas por razones de homogeneidad con el resto de los puntos de captación. No obstante, dada la desviación identificada en la calibración de la sequía del 89-90 y para evitar que el estudio quede del lado de la inseguridad, se ha optado por adoptar un margen de seguridad de 10 hm³ que tenga en cuenta las incertidumbres inherentes a la modelización matemática efectuada. De esta forma, en la comparación entre el volumen mínimo alcanzado en simulación y las reservas estratégicas necesarias se sumarán 10 hm³.

7.1.5.3 Resultados

Se ha realizado la simulación diaria mediante el modelo AQUATOR del sistema de abastecimiento conjunto de las áreas metropolitanas de Bilbao y Vitoria durante el período 1951-2000 teniendo en cuenta las siguientes curvas y consignas de explotación:

Propuesta de umbrales de sequía para AMVISA



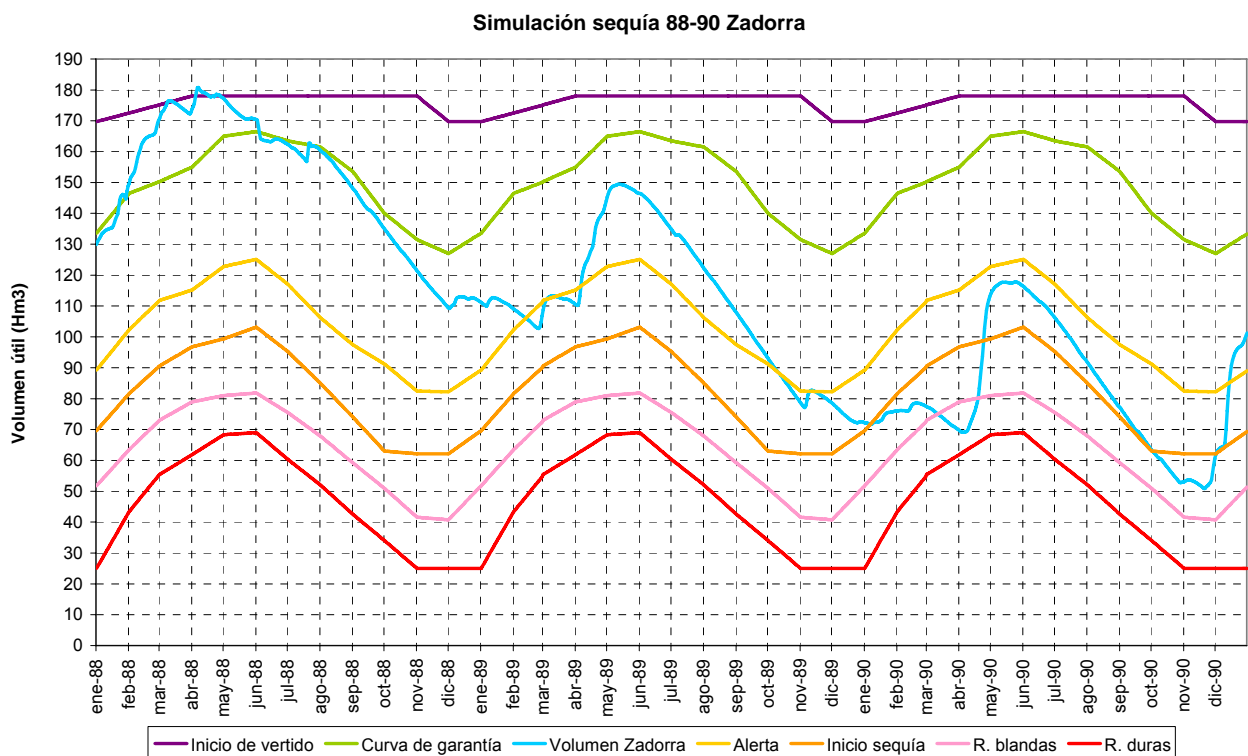
	1-ene	1-feb	1-mar	1-abr	1-may	1-jun	1-jul	1-ago	1-sep	1-oct	1-nov	1-dic	1-ene
Curva inicio vertido	169.7	172.5	175.2	178.0	178.0	178.0	178.0	178.0	178.0	178.0	178.0	169.7	169.7
Curva garantía	133.6	146.5	150.3	155.0	165.0	166.5	163.5	161.5	153.5	140.0	131.5	127.0	133.6
Alerta	89.3	102.3	111.8	115.2	122.8	125.1	117.1	106.2	97.4	91.2	82.4	82.2	89.3
Inicio de sequía	69.6	81.6	90.6	96.8	99.4	103.2	95.2	85.0	74.0	63.0	62.1	61.1	69.6
R. blandas	51.8	63.4	73.0	79.0	81.0	81.8	75.5	67.9	59.1	50.9	41.6	40.8	51.8
R. duras	25.0	43.4	55.5	61.9	68.3	69.0	60.3	52.1	42.5	34.0	25.0	25.0	25.0

los recursos cuantificados en el apartado 5, las demandas establecidas para la situación futura (Escenario 1) en el apartado 6 y las siguientes reglas de operación:

- Por debajo de la curva de garantía sólo se trasvasa hacia la cuenca Norte la demanda de Bilbao
- La activación de los recursos alternativos disponibles en la actualidad: escorrentías del Arratia, bombeos del Kadagua y sifón del Gorbea se efectúa según las curvas de consigna del Convenio de 1992
- Por debajo de la curva de Alerta se realizan las peticiones de activación de otras obras de emergencia
- Por debajo de la curva de Inicio de sequía se activarían las obras de emergencia ajenas al Convenio de 1992, caso de existir.
- Por debajo de la curva de Restricciones blandas se reduce el consumo en un 7,5% y las servidumbres en un 50%
- Por debajo de la curva de restricciones duras se reduce el consumo en un 15% y las servidumbres en un 50%

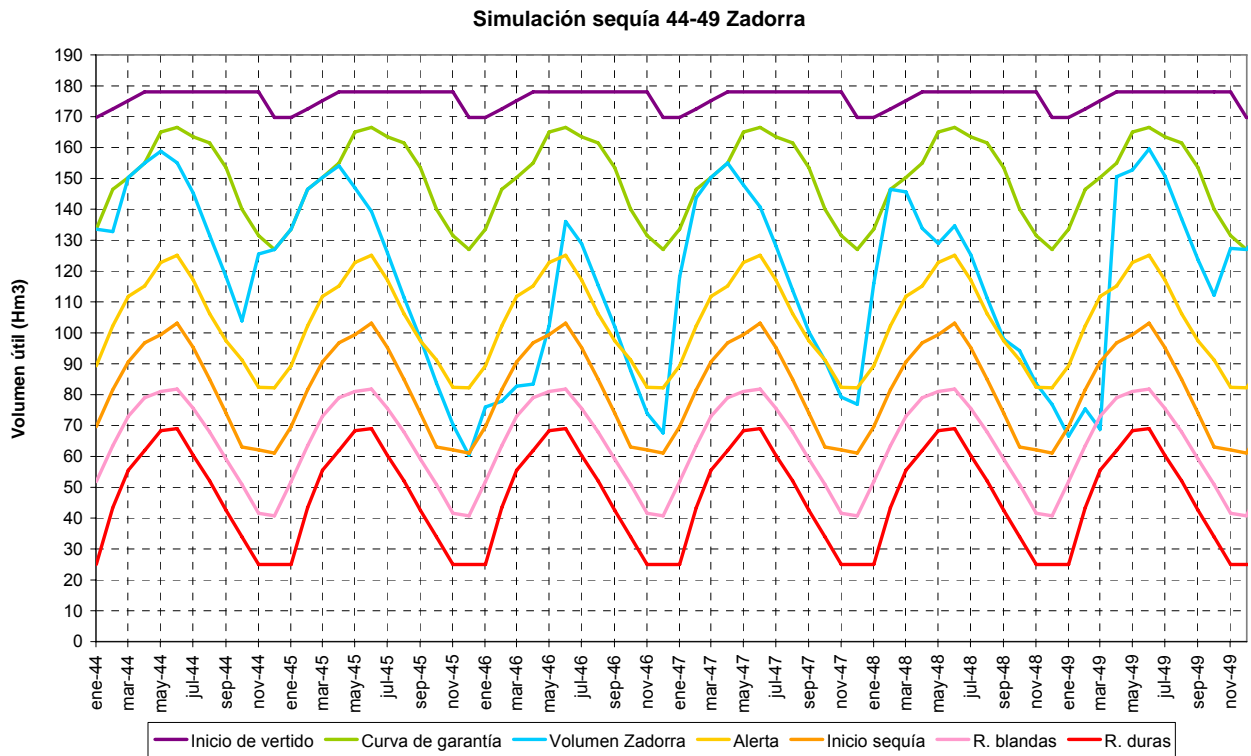
Operando de esta forma se obtiene lo siguiente:

- Volumen útil mínimo: 50,9 hm³
- Nº de años hidrológicos con Alerta: 11 (773 días)
- Nº de años hidrológicos con Inicio de sequía: 1 (169 días)
- Nº de años hidrológicos con Restricciones blandas: 1 (38 días)
- Nº de años hidrológicos con Restricciones duras: 0



Como puede apreciarse el volumen mínimo resultante es superior a la cuantía de las reservas estratégicas deseables, de valor en torno a los 40 hm³, suficiente para atender durante 3 meses el 90% del abastecimiento urbano y el 50% de las servidumbres, más un colchón adicional de 10 hm³ para hacer frente a posibles desviaciones en las aportaciones estimadas. Solo durante un año, el 1990, se producirían restricciones blandas, mientras que en ningún caso se realizarían cortes de suministro.

Se ha comprobado a su vez el comportamiento de los umbrales obtenidos durante la sequía de los años 40 de los cuales únicamente se dispone de la serie de aportaciones mensuales a los embalses. Para ello se ha efectuado una simulación a nivel mensual a partir de las aportaciones netas estimadas por IBERDROLA y la demanda desde el sistema Zadorra y recursos aprovechables desde las obras de emergencia correspondientes al año 1989, el escenario de mayor consumo. Así, se obtiene lo siguiente:



Como puede observarse, durante este episodio de sequía se registraría un solo mes con restricciones blandas y ninguno con duras. Adicionalmente, se decretarían 2 periodos de inicio de sequía y 4 de alerta. El volumen mínimo se alcanzaría en diciembre de 1945 con $60,3 \text{ hm}^3$

A modo de resumen, se tendrían las siguientes frecuencias de ocurrencia de las distintas fases de emergencia:

- Alerta: 1 vez cada 5 años
- Inicio de sequía: 1 vez cada 20 años
- Restricciones blandas: 1 vez cada 30 años
- Restricciones duras: ninguna vez

Por consiguiente, **los umbrales propuestos cumplen con los criterios de garantía mínimos exigidos por AMVISA y pueden ser validados**. Las razones sobre las que se fundamenta esta decisión son:

- Tras simulación hidrológica del sistema con las consignas de explotación propuestas, resulta la ocurrencia de dos periodos de restricciones blandas y ninguno de duras, cumpliéndose así los criterios del Canal de Isabel II
- El volumen mínimo alcanzado en la simulación es compatible con la disponibilidad de reserva requerida de 3 meses del consumo total al 90% más el 50% de las servidumbres.

- La frecuencia de activación de las obras de emergencia ajenas al Convenio de 1992 y de la declaración de situación de alerta sería reducida y, en todo caso, compatible con una explotación razonable del sistema.

Lo anterior no invalida la vigencia del actual Convenio de 1992, por lo que la operación de las obras de emergencia asociadas a este protocolo se considera independiente y regida por las consignas existentes.

7.2 Otras causas de no satisfacción de la demanda

Además de por un déficit en el recurso como consecuencia de una sequía hidrológica extrema, el suministro a todo o parte del ámbito de gestión de AMVISA puede verse interrumpido por otro tipo de sucesos no previstos, cuya principal característica en contraste con el primer fenómeno es la inmediatez de su ocurrencia, lo que aconseja su estudio previo para el desarrollo de medidas correctoras eficaces y ágiles.

Dado el conocimiento existente de la red de abastecimiento de AMVISA, en el presente apartado se enumeran estas causas.

7.2.1 Contaminación de recurso

Una de las principales carencias del sistema de abastecimiento de AMVISA es su excesiva dependencia de los embalses de Zadorra, no disponiéndose de fuentes de recurso alternativas que pudieran llegar a sustituir esta captación en caso necesario. Este hecho hace que el sistema sea excesivamente vulnerable ante una eventual contaminación del agua almacenada en Ullibarri y Urrunaga.

Las causas de esta contaminación pueden ser varias:

- Eutrofización por aumento de la carga orgánica
- Vertidos urbanos e industriales no depurados
- Caída accidental de un transporte de mercancías peligrosas
- Sabotaje

La detección de estos fenómenos, algunos inmediatos y otros de lenta evolución, se efectúa por parte de AMVISA a través de diversas analíticas de vigilancia realizadas sobre el agua de entrada en la ETAP, que son:

- Monitorización en continuo de pH y turbidez, que proporciona información inmediata las 24 horas del día de cualquier cambio anómalo y/o repentino de estos parámetros generales
- Analíticas diarias en laboratorio de conductividad y color, semanales de otros parámetros también generales (hierro, manganeso, coliformes torales, E. coli, ...) y

mensual de otros parámetros más específicos (contaminantes orgánicos, plaguicidas, hidrocarburos policíclicos, etc)

- Controles mensuales de la evolución de microalgas como indicador de eutrofización y controles puntuales de patógenos como salmonela y protozoos (giardia y criptosporidium)

7.2.2 Fallo de la infraestructura

Las averías en la infraestructura son causa común de cortes de suministro, debiendo distinguirse aquellas que son caces de afectar de manera global al sistema, que son las aquí analizadas, de las que pueden provocar problemas más localizados. En general, un correcto mantenimiento de equipos y una renovación secuencial y suficientemente periódica de los distintos elementos, pueden reducir considerablemente la probabilidad de ocurrencia de esos fenómenos.

7.2.2.1 Bombeos

Dejando a un lado un posible fallo en el suministro eléctrico que se tratará de forma independiente, no son previsible averías críticas en las estaciones de bombeo de Ullibarri y Durana, pues la existencia de bombas de reserva y de sistemas de alarma remota implican un grado de seguridad suficiente.

En efecto, en la captación de Ullibarri, para funcionamiento a pleno caudal de la ETAP de Araka (1.200 l/s) el bombeo de baja dispone de 2 equipos de reserva más uno de repuesto, mientras que el bombeo de alta dispone de 1 equipo de reserva. En el caso de Durana y debido a la reducción de la concesión asociada, la seguridad es incluso mayor, ya que se dispone en reserva de una capacidad de suministro de 5 veces la normal repartida en 3 equipos.

7.2.2.2 Conducciones

A pesar de las campañas de renovación de la red de distribución, la rotura de tuberías por envejecimiento, deficiente ejecución u accidentes en obras es un fenómeno frecuente en sistemas de abastecimiento de agua, que es en gran medida contrarrestada por la redundancia y densificación del sistema. En efecto, el carácter mallado de la red de AMVISA es garantía de minimización de los efectos de un suceso de este tipo. De igual forma, el reciente desdoblamiento de la conducción de agua tratada desde Araka hasta el anillo implica que al menos se cuente siempre con la capacidad de regulación en depósitos del sistema.

No ocurre lo mismo con la red de aducción, en la que se identifica fundamentalmente un punto crítico: la impulsión desde Ullibarri a Araka. En este caso la tubería es única y por ella circula la mayor parte del suministro a la capital. En la actualidad, en caso de rotura no existe un abastecimiento alternativo por lo que se debería confiar el suministro al almacenamiento de agua en los depósitos mientras se procede a su reparación.

7.2.2.3 Estaciones de tratamiento

La ETAP del Gorbea depura un agua de manantial de buena calidad, por lo que se podría limitar el tratamiento en caso de avería de algún equipo. Es sin duda la ETAP de Araka el elemento que podría causar los mayores problemas al suministro, si bien cuenta con una capacidad máxima que supera actualmente en un 50% la demanda dependiente y con la deseable redundancia de equipos e instalaciones. Analizada su estructura se han encontrado, sin embargo, algunos defectos menores que podrían potencialmente causar algún tipo de problema y que ordenados de mayor a menor gravedad serían:

- Se considera que el stock de repuestos para elementos clave de la instalación es insuficiente
- La comunicación de las estaciones de bombeo con la ETAP se realiza vía radiofrecuencia UHF. Aunque se informa no haber registrado interferencias en las comunicaciones, actualmente se considera más fiable la comunicación remota mediante GSM.
- Ante la caída del ordenador-servidor el operador se queda “ciego” no pudiendo intercambiar información con la instalación.
- Algunos PLC están descatalogados y aunque se disponga de algunos repuestos supone un riesgo para el control de la instalación.
- En función de la tarifa eléctrica, el operador introduce cada día manualmente en el scada el número de bombas a operar en Ullibarri y cuando deben funcionar, lo que puede dar lugar a errores humanos.
- Cualquier fallo en el accionamiento de las principales válvulas (aire comprimido, electroválvula o actuador) de la línea de agua puede condicionar el tratamiento al carecer de un volante manual de emergencia.
- Cuando se va a realizar una recarga de cualquier reactivo, el operador debe accionar la válvula de 3 vías de drenaje de la zona de carga que además se encuentra a gran distancia. Está válvula puede permitir el paso al drenaje de pluviales. Aunque esté procedimentalizada la operación de carga de reactivo, un error del operador puede ocasionar el vertido de reactivo a la red de pluviales.

Adicionalmente, se indican a continuación las averías más importantes que ha registrado la planta durante su vida útil, que pueden ser también indicativas de fallos a futuro. Se ordenan de mayor a menor gravedad:

- El grupo electrógeno ha registrado numerosas incidencias en su motor de arranque y en la conmutación con el cuadro eléctrico.
- Es frecuente que se produzcan fugas de cloro en el lado presurizado interrumpiendo su dosificación al proceso durante algunas horas.
- El carbón activo en polvo ha ocasionado problemas de manipulación, interferencias con el cloro y el ozono en la cámara de llegada y colmatación prematura de los filtros

de arena. Se considera además que su uso importante debido a la detección de herbicidas y plaguicidas en el embalse de Ullibarri.

- El ozonizador tuvo un calentamiento excesivo y se fracturaron los fusibles.
- Se detectaron quistes de giardia y clostridium en el agua de lavado de filtros que se recirculaba a cabecera de instalación.
- Cuando el viento es intenso se debe parar la entrada al decantador en modo pulsator porque se levanta el manto de fangos. Por otro lado, si se interrumpe la dosificación de coagulante el manto de fangos se esponja y acaba pasando a los filtros.
- La conducción de trasvase de sosa sufre atascamientos después de paradas largas lo que provoca daños mayores en las bombas de trasvase.
- No se dispone a pie de equipo de instrucciones o protocolos elementales en caso de emergencia.

7.2.3 Fallo del suministro eléctrico

El fallo en el suministro eléctrico es una de las causas de emergencia que mayor probabilidad de ocurrencia tendría asociada. Su efecto en el sistema de AMVISA sería relevante, ya que únicamente la ETAP de Araka cuenta en la actualidad con un medio de alimentación redundante (grupo electrógeno). Sin embargo, tanto el bombeo de Ullibarri como el del Durana carecen de fuente de suministro alternativa en caso de avería de la alimentación primaria. En tales casos y dado que estas captaciones son impulsadas, la entrada de agua a la ETAP de Araka quedaría interrumpida.

Durante el intervalo temporal que dure la avería, el suministro de agua a Vitoria dependería exclusivamente del agua almacenada en los depósitos de agua bruta (2 de 30.000 m³ en la planta depuradora y uno en cola de 13.000 m³), cuyo grado de llenado es variable a lo largo del tiempo, con valores mínimos que pueden alcanzar el 35%, es decir, 25.000 m³.

Si se tiene en cuenta que el consumo medio diario de la capital previsto a futuro en el mes de máximo consumo es del orden de 92.000 m³, lo anterior implica que el suministro eléctrico debería reestablecerse como mínimo en unas 6 horas para evitar el desabastecimiento, lo que puede no ser suficiente para determinados fallos.

7.2.4 Otras

Se contemplan también en el presente Plan Emergencia los sabotajes, los desastres naturales y otras causas o averías que imposibiliten el suministro

8 MEDIDAS Y ACTUACIONES PREVISTAS

Al depender de forma crítica el suministro de agua dentro del Sistema AMVISA de los embalses del Zadorra, la gestión de los episodios de sequía futuros no puede desarrollarse de forma independiente sino coordinada con el resto de usuarios. Esto se conseguirá mediante la constitución de la Mesa de Seguimiento de la Sequía según lo recogido en el siguiente capítulo.

Las medidas que se proponen en este capítulo, por consiguiente, deben estar consensuadas con todos los explotadores del sistema y aplicarse de forma simultánea.

8.1 Escenarios de sequía hidrológica

Según el Plan Especial de Sequías de la Cuenca Ebro, las actuaciones a acometer por escenarios en la Junta de Explotación nº17 a la que pertenece el sistema AMVISA serían:

1. Alerta:

- Seguimiento detallado de la situación
- Elaboración de previsiones
- Orientación de cultivos
- Concienciación de ahorro
- Información a los usuarios

2. Inicio de sequía:

- Control y vigilancia de tomas
- Reducciones de dotaciones agrícolas hasta un 10%
- Reducciones de dotaciones de abastecimiento en usos públicos
- Seguimiento y evaluación de caudales ambientales
- Reserva de los embalses de Ullibarri y Urrunaga para el abastecimiento de AMVISA y CABB de acuerdo con las curvas de garantía aprobada provisionalmente en la Comisión de desembalse de 26 de abril de 2007
- Adecuación de abastecimientos alternativos de acuerdo con el Protocolo de 1992

3. Restricciones blandas:

- Reducciones de dotaciones agrícolas
- Reserva del uso agrícola para el riego exclusivo de algunos cultivos
- Reducciones de dotaciones de abastecimiento
- Puesta en marcha de abastecimientos alternativos
- Cesión de derechos entre usuarios

- Depuración de aguas de efluentes urbanos e industriales en función de los objetivos de calidad del medio hídrico
- Adecuación paulatina de los caudales ambientales a los fluyentes en régimen natural
- Autorizaciones de reutilización de aguas de acuerdo con la normativa vigente
- Análisis y adecuación de los caudales de servidumbre de los embalses de Ullibarri y Urrunaga.
- Instalación de dispositivos de medición en grandes y medianos usuarios y usos temporales (artº 55.4 T.R. Ley de Aguas)
- Información semanal del estado de sequía

Estas medidas fueron establecidas con carácter general y desde el punto de vista del organismo de cuenca. En su adaptación al caso concreto del abastecimiento a Vitoria y al de AMVISA, en el presente Plan de de Emergencia se proponen las siguientes modificaciones:

- a) Alerta: se añade la solicitud de las autorizaciones para la puesta en marcha de las obras de emergencia y la verificación de su correcto funcionamiento. Por otro lado, se debe constituir dentro del organigrama de AMVISA el Comité de Sequía y su Oficina de Sequía asociada.
- b) Inicio de sequía: se plantea el inicio de la operación de las obras de emergencia ajenas al Convenio de 1992, adelantando su activación respecto de lo definido en el PES Ebro. La actuación fundamental a fecha de redacción del presente Plan sería la conexión del acuífero de Subijana a la ETAP de Araka. En el caso de las obras del Convenio de 1992, su operación se desliga de este umbral ya que responde a las consignas ya aprobadas y que continúan vigentes tal y como reconoce el propio PES Ebro.

Por otro lado, se retrasa la reducción del consumo institucional a la siguiente fase, dado que el Ayuntamiento de Vitoria ha alcanzado ya niveles de consumo óptimos e impulsa continuamente medidas de uso sostenible del agua.

Por último, es en esta fase cuando se requiere la constitución de la Mesa de Seguimiento de la Sequía, que englobaría a miembros de AMVISA y el CABB y que se encargaría del análisis de su evolución y de la toma de decisiones a nivel de sistema general al respecto. Además, se debe iniciar aquí la campaña de información periódica a la ciudadanía.

- c) Restricciones blandas: se fija la reducción de las servidumbres de Ullibarri y Urrunaga en un 50%, tal y como aconteció en la sequía del 89-90
- d) Restricciones duras: se añade este escenario en el que se aplicaría lo siguiente:
 - Reducciones de dotaciones de abastecimiento mediante cortes de suministro
 - Prohibición de riegos públicos

- Búsqueda de recursos alternativos

A continuación se detallan en más profundidad las actuaciones más destacadas.

8.1.1 Petición de autorización para la operación de obras de emergencia

Tanto en lo referente a las obras incluidas en el Convenio de 1992 como a los nuevos recursos incorporables al sistema, se requiere de autorización por parte de la Confederación Hidrográfica del Ebro. A continuación se presenta un modelo de escrito de la petición correspondiente.

Confederación Hidrográfica del Ebro
Comisaría de Aguas
Paseo de Sagasta 24-26
50071 - Zaragoza
A/A: Comisario de Aguas

AGUAS MUNICIPALES DE VITORIA S.A. empresa privada municipal para la prestación del servicio público de captación, depuración y distribución del agua potable a la ciudad de Vitoria-Gasteiz y determinados pueblos de su jurisdicción, con CIF A01007376 y domicilio social en calle Puerto Rico nº10 C.P. 01012 de Vitoria-Gasteiz.

EXPONE

Que el volumen almacenado en los embalses del Zadorra a fecha ___ de _____ de ____ es de ____ hm³ según datos proporcionados por el explotador, habiéndose así rebasado la Curva de consigna correspondiente al escenario de Alerta ___ según lo establecido en el Convenio de 23 de marzo de 1992, suscrito por la Confederación Hidrográfica del Ebro, la Confederación Hidrográfica del Cantábrico, Aguas Municipales de Vitoria S.A y el Consorcio de Aguas de Bilbao-Bizkaia, y refrendada posteriormente en el Plan Especial de Actuación en Situaciones de Alerta y Eventual Sequía en la Cuenca Hidrográfica del Ebro, informado favorablemente por el Consejo del Agua de la Cuenca Ebro el 14 de marzo de 2007.

SOLICITA

Que previos los trámites correspondientes, le sea concedida autorización para la operación de la obra de emergencia de _____ que dispone de una capacidad máxima de toma de ____ l/s.

Fdo: Presidente de AMVISA
Vitoria Gasteiz a , ___ de _____ de ____.

Confederación Hidrográfica del Ebro
Comisaría de Aguas
Paseo de Sagasta 24-26
50071 - Zaragoza
A/A: Comisario de Aguas

AGUAS MUNICIPALES DE VITORIA S.A. empresa privada municipal para la prestación del servicio público de captación, depuración y distribución del agua potable a la ciudad de Vitoria-Gasteiz y determinados pueblos de su jurisdicción, con CIF A01007376 y domicilio social en calle Puerto Rico nº10 C.P. 01012 de Vitoria-Gasteiz.

EXPONE

Que el volumen almacenado en los embalses del Zadorra a fecha ___ de _____ de ___ es de _____ hm³ según datos proporcionados por el explotador, habiéndose así rebasado el umbral correspondiente al escenario de Inicio de Sequía según el vigente Plan de Emergencia para situaciones de Sequía o Avería grave en el suministro de alta de AMVISA, aprobado por el Consejo de Administración de esta entidad el . ___ de ___ de _____ e informado favorablemente por la Confederación Hidrográfica del Ebro el ___ de _____. de _____.

SOLICITA

Que previos los trámites correspondientes, le sea concedida autorización para la operación de la obra de emergencia de _____ que dispone de una capacidad máxima de toma de _____ l/s.

Fdo: Presidente de AMVISA
Vitoria Gasteiz a , ___ de _____ de _____.

8.1.2 Recursos alternativos

Como se ha indicado anteriormente, el Sistema AMVISA dispone de varias obras de emergencia ejecutadas a raíz de la sequía del 89-90 y cuya operación respondería a las consignas establecidas en el Convenio de 1992. Estas obras serían:

- Sifón del Gorbea
- Nacedero de Araia
- Captación de Uyar
- Captación de Vicuña
- Captación de Opacua
- Bombeo de Maestu
- Manantial de La Torca

- Captación de Techa

De ellas, únicamente el Sifón del Gorbea se encuentra operativo en la actualidad. El resto requeriría de una reparación de mayor o menor entidad, cuya ejecución debe valorarse en función de la situación existente y de la eficiencia esperable según lo estimado en el apartado 8.3. En la Cuenca Norte y dentro del ámbito de gestión del CABB y del Ayuntamiento de Bilbao, existen a su vez varias obras de emergencia, de las que únicamente se encuentran operativas las escorrentías de Arratia y el bombeo del Kadagua y que presentan como ventaja un activación temprana según la consigna establecida y un régimen hidrológico con una menor variabilidad estacional.

Adicionalmente se plantea como única solución global disponible, tanto a la necesidad de incorporar nuevos recursos fiables en situación de sequía extrema, como de abastecer de forma alternativa al Zadorra en caso de interrupción fortuita del mismo, la conexión del acuífero de Subijana a la actual conducción de emergencia desde Techa y Nanclares. Esta actuación debería ser promovida lo antes posible para que Vitoria pueda disponer en un plazo corto de la seguridad hidrológica que una población de estas características requiere. Las distintas obras a acometer serían las siguientes:

- Equipos de bombeo en pozo con las siguientes características:

Sondeo	Caudal de extracción (l/s)	Altura de impulsión (m)	Potencia (Kw)
S-A	70	311	285
S-B	90	310	365
S-C	80	313	328
S-D	100	288	377
N-A	100	290	379
N-C	100	237	310
N-D	200	237	620

Dotados de boma sumergida y variadores de frecuencia, y en los dos últimos, tres bombas adicionales en paralelo (1 de reserva) situadas en superficie.

- Ramal de conexión entre los sondeos S-A, S-B y S-C y la conducción principal, de 1940 m de longitud y diámetros comprendidos entre 300 y 450 mm, crecientes en la medida que se van incorporando caudales.
- Ramal de conexión entre el sondeo S-D y la conducción principal, de 545 m de longitud y diámetro 350 mm
- Ramal de conexión entre el sondeo N-A y la conducción principal, de 210 m de longitud y diámetro 300 mm
- Ramal de conexión entre el sondeo N-C y la conducción principal, de 240 m de longitud y diámetro 300 mm
- Ramal de conexión entre el sondeo N-D y la conducción principal, de 460 m de longitud y diámetro 450 mm

- Renovación de la conducción desde la arqueta de rotura de carga próxima a Montevite hasta Nanclares y by-pass de esta población hasta sondeo S-D. La longitud total de esta conducción sería de 7,5 km y el diámetro a emplear de 700 mm.
- Duplicación de la conducción actual desde Ullibarri-Viña hasta el cruce con la N-622. La longitud total de esta conducción sería de 4,7 km y el diámetro a emplear de 700 mm.

Una vez ejecutada la conexión, se debe asegurar el desarrollo de un programa de mantenimiento periódico de la instalación que permita asegurar su operatividad en cualquier momento. Este programa típicamente debe comprender:

- Inspección trimestral de las casetas de bombeo con especial hincapié en:
 - Acometidas de energía eléctrica: revisión visual y medición de voltaje
 - Alumbrados: funcionamiento, humedades, derivaciones, aislamientos y conexiones
 - Cuadros de protecciones: funcionamiento, aislamiento, conexiones, mediciones (voltaje, intensidad, tierra), humedades y calentamientos.
 - Cuadros de contactores de motores: revisión visual, humedades, conexiones, posición y funcionamiento de conmutadores arranque/paro, local/distancia, cerrar/abrir y prensa estopas (ajuste)
 - Actuadores eléctricos y bombas: revisión visual, prensa estopas (ajuste) funcionamiento, límite de par, límite de carrera, (actuación valores), consumo energético, ruidos, (cojinetes , engranajes, motor) y embrague (funcionamiento)
 - Sensores: presión y nivel (funcionamiento, valores y conexiones)
 - Sistemas de transmisiones: cable, codificadores, decodificadores, emisores/receptores, revisión de conexiones, estado y mediciones.
 - Caudalímetros y contadores: revisión visual, funcionamiento, conexiones y ajuste.
 - Válvulas: revisión visual, par de accionamiento, ajuste de tornillería, engrase del desmultiplicador y maniobra completa
 - Carretes de desmontaje: revisión visual y ajuste de tornillería
 - Ventosas: revisión visual y purga de aire
 - Desagües: revisión visual, accionamiento y purga
 - Obras civiles: revisión visual, goteras, humedades, desconchados, fisuras, etc
- Revisiones periódicas preceptivas para equipos oleohidráulicos según los distintos fabricantes
- Revisiones semestrales preceptivas del suministro eléctrico
- Inspecciones anuales de la traza de las conducciones para evitar usos ilegales

- Pruebas de funcionamiento al menos una vez al año, con control de caudales de entrada y salida para estimación de fugas.

Adicionalmente, cuando se detecte alguna anomalía que no pueda ser subsanada durante las propias inspecciones, se redactará una orden de trabajo para su corrección a la mayor brevedad. Por otro lado, se incluirá el acuífero y la nueva aducción en el programa normal de control de la calidad del agua.

En este sentido es importante destacar cómo, si bien en un escenario de sequía hidrológica se dispone del suficiente tiempo para una puesta a punto de las instalaciones durante la fase de Alerta, en una sequía operacional, el tiempo de puesta en marcha del abastecimiento no debe demorarse más allá de 12 horas, de las que aproximadamente 8 corresponden ya al tiempo de viaje del agua a través de la conducción. De ahí la importancia de asegurar un correcto estado de esta obra, que deberá considerarse a efectos de conservación como parte integrante de la explotación normal.

8.1.3 Reducciones voluntarias del consumo

El municipio de Vitoria-Gasteiz como receptor y AMVISA como promotor, se han caracterizado en los últimos años por una elevada sensibilidad hacia problema de la escasez de agua y por un decidido impulso a las prácticas tendentes al consumo responsable de este recurso. Prueba de ello es la reducción paulatina del consumo total registrada en un escenario de población creciente y la apuesta decidida de los responsables municipales por el fomento del ahorro de agua mediante campañas periódicas de concienciación.



De hecho desde el año 2004 se viene desarrollando en Vitoria el denominado Plan Integral de Ahorro de Agua (PIAA) con lo siguientes objetivos:

- Mantener el volumen de entrada de agua en alta en niveles aceptables los próximos años, por debajo de 25 hm³ anuales.
- Mantener los rendimientos de la red de distribución en niveles del 85%.
- Frenar el crecimiento de la demanda doméstica de agua. El reto es avanzar hacia consumos de 115 litros por persona y día.
- Estabilizar el consumo en el sector comercial e industrial.
- Reducir los consumos en el sector institucional.
- Fomentar el conocimiento y la adopción de tecnologías y hábitos de consumo que mejoran la eficiencia en la utilización del agua.
- Disponer de informes técnicos sobre alternativas en el uso de recursos hídricos.

Este Plan se ha estructurado en tres programas, que a lo largo de su periodo de vigencia han efectuado las siguientes actividades:

a) Programa de estudios:

- Elaboración de dos estudios sobre la utilización de aguas regeneradas y recursos locales en la estrategia de suministro de la ciudad de Vitoria-Gasteiz
- Elaboración de un estudio sobre propuestas normativas favorecedoras del consumo eficiente de agua

b) Programas sectoriales:

- Realización de diagnósticos de consumo de agua, con reconocimientos públicos de buenas prácticas
- Desarrollo de una experiencia piloto de promoción de productos ahorradores de agua
- Diseño y producción de un CD con un programa para la realización de autodiagnósticos de consumo de agua
- Desarrollo de una campaña de información y asesoría sobre el ahorro de agua a establecimientos de hostelería
- Asesoría a centros escolares a lo largo del curso 2007-2008
- Elaboración de un estudio de usos municipales

c) Programa de comunicación

- Diseño y producción de materiales de difusión y presentación del Plan
- Organización de una exposición para la presentación pública del Plan
- Realización de campañas de comunicación y sensibilización
- Diseño, producción y envío a todos los domicilios de la ciudad de una tabla ideada por AMVISA para el cálculo del consumo doméstico en litros por persona y día
- Producción de otros materiales de comunicación o de carácter técnico

- Presentación de una exposición itinerante sobre el ahorro de agua en el hogar
- Formación especializada
- Ejecución de la parte demostrativa del Jardín Secreto del Agua
- Acciones de sensibilización en centros públicos
- Diseño de la factura de AMVISA
- Organización de una exposición de fin de proyecto y presentación de resultados
- Actividades de promoción del Plan



Debido a lo anterior, la población abastecida por AMVISA se encuentra sensibilizada e informada, por lo que es de prever que su respuesta frente a una posible campaña de restricciones blandas al consumo en caso de sequía excepcional sea positiva y rápida. A ello colaboraría la excelente experiencia atesorada por AMVISA en medidas de comunicación y ahorro. En cualquier caso, se indican a continuación las medidas que deberían ser adoptadas ordenadas de menor a mayor impacto:

- Campañas públicas de concienciación en prensa, radio, televisión, cartelería pública, autobuses, pegatinas, buzoneo, etc, haciendo hincapié en:
 - Gravedad de la situación existente, distinguiéndola claramente de las campañas habituales
 - Objetivo deseado de reducción del consumo
 - Actuaciones ejemplarizantes desarrolladas en el ámbito público
 - Buenas prácticas de ahorro en el hogar
 - Consecuencias para la ciudadanía si la situación se agrava (aviso de futuros cortes del suministro)
- Reparto de productos ahorradores

- Consulta a los establecimientos hoteleros de la ciudad sobre la posibilidad de fomentar explícitamente el ahorro de agua entre sus clientes
- Consulta a los principales consumidores industriales y comerciales de la ciudad sobre la posibilidad de una reducción voluntaria y temporal del agua demandada.
- Intensificación de las campañas de detección y reparación de fugas
- Reducción progresiva de la frecuencia de baldeo de calles y riego de jardines públicos al mínimo compatible con la salud pública y la conservación de la flora.
- Interrumpir el suministro de agua a las fuentes públicas ornamentales o las destinadas a consumo humano que no cuenten con elementos automáticos de cierre
- Prohibición mediante bando municipal ajustado a la reglamentación existente de los siguientes usos:
 - Riego de jardines y zonas deportivas privadas
 - Lavado de coches salvo en empresas especializadas que cuenten con sistemas eficientes
 - Llenado de piscinas
 - Instalaciones de refrigeración y acondicionamiento que no dispongan de sistema de recuperación

Se deberá poner en conocimiento de la ciudadanía la nueva situación de forma efectiva, mediante el pegado de carteles en portales y lugares públicos y comunicados de prensa. Esta reglamentación vendrá acompañada del correspondiente régimen disciplinario para asegurar así su cumplimiento

8.1.4 Reducciones inducidas del consumo

En este caso, el ahorro de agua se deriva de la aplicación de políticas de inducción directa a la reducción del consumo, que implican un empeoramiento del servicio ofrecido y, por tanto, son más traumáticas desde el punto de vista del usuario.

En primer lugar se encontrarían las políticas tarifarias que graben de forma temporal los consumos elevados, no solo por motivos de índole financiera derivada de los mayores costes de captación y tratamiento de un recurso escaso, sino también por su efecto disuasorio sobre el consumo superfluo.

Típicamente supondrían la definición de unas dotaciones máximas deseables a aplicar a los usuarios domésticos, industriales y comerciales, por encima de las cuáles el precio unitario del agua crecería. Deberían estar precedidas de una campaña intensiva de información a la ciudadanía y prever los mecanismos para tener en cuenta las excepciones justificadas.

En segundo lugar, se situarían los cortes programados de suministro, que supone la interrupción temporal del mismo en varios escalones según la gravedad de la situación:

- De 0 a 6 horas
- De 22 a 6 horas
- De 18 a 6 horas

con inclusión o no de festivos. A destacar aquí que restricciones mayores de 12 horas no son viables técnicamente por el solapamiento entre las operaciones de parada y arranque.

En general, estas actuaciones son las que teóricamente poseen un mayor impacto sobre el consumo, sobre todo por el efecto psicológico que motivan. En la realidad, el ahorro, aún siendo apreciable no es tan elevado como podría estimarse ya que son habituales las prácticas de acopio doméstico de agua, que no siempre es utilizada y finalmente es desaguada. Además, estas operaciones no están exentas de problemas técnicos que complican enormemente su aplicación y requieren disponer de numeroso personal cualificado para hacer frente a la gran cantidad de operaciones que deben efectuarse.

En efecto, cuando se corta el suministro de agua a la red, o a un sector de ella, en los puntos más altos del sistema las tuberías se vacían, bien porque los usuarios siguen consumiendo agua, o bien porque una parte de ella se fuga. Como el agua consumida o fugada no es restituida al sistema (se ha cortado el suministro en cabecera) aparecen en los puntos altos de la red unas depresiones que propician la entrada tanto de aire como de agua previamente fugada y acumulada en el terreno, arrastrando con ella algunas de las partículas de tierra del entorno de la conducción, lo que implica que:

- El agua que tras fugarse reingresa en el sistema se mezcla con la que procede de la potabilizadora, por lo que al restituir el servicio mientras toda la mezcla no haya sido “purgada” de nuevo, el usuario no dispone de agua potable. Por ello hasta que el tiempo transcurrido desde que se rearma el sistema no sea superior al mayor tiempo de residencia del agua en la red, la potabilidad no está garantizada.
- El aire atrapado entre dos columnas de agua debe ser expulsado con cuidado para evitar que se generen picos de presión elevados que provoquen la rotura de las tuberías. Esto hace particularmente complejo y lento el rearme del sistema, por lo que las maniobras de apertura de válvulas deben efectuarse con cautela. Así, en ocasiones se necesitan varias horas para poder devolver el servicio a la normalidad.
- El número de roturas que aparecen en las tuberías de una red de agua es muy sensible a las variaciones de presión del sistema, lo que implica que la ejecución de cortes de suministro es causa frecuente de fugas no previstas, aspecto que precisamente conviene evitar.

En resumen, esta opción se encuentra en la actualidad cada vez más cuestionada y debe entenderse como un recurso extremo.

En una situación intermedia se situarían las reducciones programadas de la presión en la red y la prohibición simultánea de tomas a depósitos particulares. Los intervalos de aplicación serían los mismos que en los cortes de suministro. Es bien conocida la relación que hay entre el volumen de agua fugada y la presión del sistema, relación que depende del material de la tubería. En una primera estimación, y aún cuando en tuberías elásticas puede ser superior, se puede admitir que esta relación es lineal, lo que implica que un descenso de 20 metros en el nivel de presión medio de una red (por ejemplo desde 30 metros de columna de agua hasta 10 metros) equivale a dividir por tres el caudal de agua fugada. Asimismo, y admitiendo que la acometida de la vivienda esté directamente conectada a la red, algunos consumos sensibles a la presión, como el de una ducha o un grifo, también se reducen al disminuir el caudal de salida.

En general, la reducción de los niveles de presión posee cinco efectos beneficiosos desde la óptica del ahorro de agua:

- El nivel de fugas decrece con la presión de manera aproximadamente lineal. A destacar aquí que la ciudad de Vitoria posee un rendimiento en la red elevado, por lo que el efecto en la reducción de fugas será moderado.
- Cuando los usuarios se alimentan directamente desde la red (sin un depósito intermedio) se reducen los consumos dependientes de la presión y, con ellos, la demanda.
- Al evitar depresiones se obvia tanto la entrada de aire como la intrusión patógena, por lo que el agua no deja de ser potable.
- La restitución de la presión a sus valores habituales, aún cuando por la generación de asentamientos diferenciales sigue siendo tarea compleja, no presenta en ausencia de aire tantos problemas como cuando se corta el agua.
- En la medida que los cambios de presión no son tan grandes, se ralentiza la aparición de nuevas fugas y averías.

En síntesis, se evitan los dos mayores problemas de los cortes (entrada de aire e intrusión patógena) y se limitan (aunque siguen existiendo) el resto de inconvenientes. No obstante y como inconveniente, la reducción de la presión no afecta por igual al conjunto de los abonados, sobre todo en las ciudades de topografía compleja (desniveles importantes entre puntos extremos de la población). Pero incluso en ciudades llanas las pérdidas de carga condicionan los niveles de presión en los distintos puntos de la ciudad.

En cualquiera de los casos, durante la fase de restricciones blandas se deberá confeccionar un programa operativo en previsión del rebasamiento del umbral de restricciones duras, que incluya al menos lo siguiente:

- Organigrama para la toma de decisiones
- Equipos humanos y medios materiales asociados
- Programación temporal de las actuaciones

- Sectorización de la red y asignación a equipos
- Procedimientos normalizados de cierre y apertura: orden de maniobra y tiempos de accionamiento
- Previsión de averías y soluciones

Dicho programa deberá apoyarse en un modelo hidráulico dinámico de la red principal para el cálculo previo de los transitorios esperables.

8.1.5 Fuentes alternativas

En la ciudad de Vitoria, el riego de jardines públicos supone un consumo en torno a los 88 l/s, mientras que el caudal empleado en fuentes y estanques asciende a 23 l/s. Ambos conceptos alcanzan un 15% de la demanda total. A mayor distancia quedaría ya la limpieza de calles con apenas 3 l/s. Es evidente que restricciones blandas que limiten el empleo de agua en estos aspectos poseen en la ciudad de Vitoria un elevado potencial, si bien afectarían también muy negativamente a la calidad de vida de la población. En este escenario, se pueden buscar fuentes alternativas de suministro que permitan mantener estos usos en caso de necesidad. Así, según los estudios específicos efectuados por AMVISA dentro del Plan Integral de Ahorro de Agua, se podría pensar en el empleo de:

- Aguas subterráneas de la Unidad Hidrogeológica de Vitoria. Se estima que existe todavía potencial para explotar unas reservas renovables de 12,9 hm³/año, si bien el rápido drenaje de los materiales cuaternarios y la contaminación difusa existente condicionan en cierta medida su aprovechamiento. Requerirían de un tratamiento mínimo de filtración y desinfección y de la ejecución de depósitos de regulación.
- Aguas superficiales de los arroyos del Sur. En la actualidad la escasa capacidad de los colectores dificulta el drenaje de estas escorrentías provocando periódicamente inundaciones. Además las aguas son conducidas a la EDAR de Krispijana junto con las fecales, emitiendo vertidos al Zadorra en aguas altas. Los recursos asociados, de 10,70 hm³/año pueden ser usados directamente en riego de jardines baldeo de calles, siempre que se puede efectuar su regulación y pasen por la correspondiente depuración, o empleados en la recarga del acuífero.
- Aguas residuales regeneradas. La EDAR de Krispijana trata diariamente un volumen de unos 60.000 m³ que con el correspondiente tratamiento terciario (microfiltración y desinfección con rayos ultravioleta) que garantice el cumplimiento de la normativa vigente, puede ser empleadas fundamentalmente en el riego de jardines siempre que se eviten las técnicas de aspersión y se limite el horario diurno.
- Agua pluviales. Consiste en la recogida del agua de lluvia que recibe el entorno urbano (tejados y varios) en depósitos de regulación. Sobre todo indicado en zonas consolidadas de la ciudad.

8.2 Otras causas de no satisfacción de la demanda

Las actuaciones a desarrollar en caso de fallo o avería grave imprevista dependen en gran medida de las condiciones particulares de cada caso. Sin embargo, se considera deseable contar con algunos procedimientos generales de operación, confeccionados con anterioridad y conocidos por todo el personal técnico implicado, que faciliten la toma de decisiones en momentos concretos.

A continuación se presentan en forma de ficha los procedimientos generales aplicables a los sucesos que se han considerado más críticos:

Fallo	Contaminación del embalse de Ullibarri
Responsable	Jefe del Área de tratamiento y calidad
Medios y recursos	Personal del área, laboratorios e instrumental
Procedimiento operativo	
<p>Cualquier anomalía detectada en la calidad del agua del embalse durante las analíticas periódicas efectuadas será inmediatamente puesta en conocimiento del Jefe de Área, quien deberá valorar su gravedad, pudiendo ocurrir que:</p> <ul style="list-style-type: none">– La merma de calidad sea asumible por la propia ETAP mediante una modificación del tipo de tratamiento, lo que deberá ser puesto en conocimiento del Jefe del Área de producción, explotación y mantenimiento para que tome las acciones oportunas.– Aún modificando el tipo de tratamiento, el agua depurada no cumple con la legislación vigente en cuanto a calidad de agua potable sin que esto suponga un riesgo para la salud. A su vez puede ocurrir que:<ul style="list-style-type: none">• Se dispone de una fuente de suministro alternativo. En tal caso se iniciará en coordinación con el Jefe del Área de producción, explotación y mantenimiento la puesta en marcha de esta obra y se mantendrá el suministro temporalmente previa comunicación a Gerencia y aprobación por parte de las autoridades sanitarias. En paralelo, el Área de tratamiento y calidad iniciará también una investigación interna, en coordinación con la externa desarrollada por las autoridades ambientales para la detección y eliminación de las causas.• No existe alternativa de suministro. En tal caso se comunicará a Gerencia la situación para proceder a una solicitud de una excepción temporal del cumplimiento del RD 140/2003 y se promoverán desde Gerencia las campañas de comunicación a la ciudadanía de las condiciones excepcionales del servicio. En paralelo, el Área de tratamiento y calidad iniciará también una investigación interna, en coordinación con la externa desarrollada por las autoridades ambientales para la detección y eliminación de las causas.– Aún modificando el tipo de tratamiento, el agua depurada no es apta para el consumo humano. En tal caso se interrumpirá inmediatamente el suministro desde Ullibarri y se pondrá en conocimiento el hecho a Gerencia y Presidencia para su comunicación a las autoridades sanitarias y municipales, quienes procederán al aviso a la población. A su vez puede ocurrir que:	

- Se dispone de una fuente de suministro alternativo. En tal caso se activará a la mayor brevedad posible en coordinación con el Jefe del Área de producción, explotación y mantenimiento y se mantendrá su operación hasta la finalización de la emergencia. Antes de reanudar el servicio se comprobará de forma reiterada que los parámetros en el agua efluente son adecuados. En paralelo, se investigarán las causas y se ejecutarán medidas paliativas.
- No existe alternativa de suministro. Se declarará una situación de emergencia y se preparará a la población para un abastecimiento racionado desde otros sistemas, para lo que se pondrá a disposición todos los medios disponibles públicos y privados. En paralelo, se investigarán las causas y se ejecutarán medidas paliativas.

En cualquiera de los casos, la detección de una merma de calidad deberá inducir un aumento de la frecuencia y amplitud de los muestreos y análisis del agua, según el criterio del Jefe del Área de tratamiento y calidad.

En cuanto al origen de la contaminación, en función de su naturaleza, se barajarán al menos las siguientes causas: vertidos urbanos o industriales no depurados, actividades agrícolas o ganaderas incontroladas, actividades recreativas en el propio embalse, accidentes de transportes de mercancías peligrosas y sabotaje; y se propondrán las medidas adecuadas:

- Prohibición de vertidos nocivos
- Prohibición de navegación y baño
- Barreras anticontaminación
- Aspiración de líquidos flotantes
- Neutralización química
- Oxigenación del embalse

Fallo	Rotura de conducción principal de agua bruta
Responsable	Jefe del Área de distribución, explotación y mantenimiento de la red
Medios y recursos	Personal del Área Subcontrata de mantenimiento Medios materiales asociados
Procedimiento operativo	
<p>Si se evidencia una disminución repentina en el caudal de entrada a la ETAP de Araka procedente de Ullibarri, el Jefe del Área de producción, explotación y mantenimiento avisará inmediatamente al Jefe del Área de distribución explotación y mantenimiento de la red, quien enviará un equipo a inspeccionar la traza de la conducción hasta la estación de bombeo en busca de signos de grandes filtraciones.</p> <p>Localizada la avería, el Jefe del Área de distribución, explotación y mantenimiento de la red evaluará su gravedad y el tiempo mínimo de reparación necesario. En coordinación con el Jefe del Área de producción, explotación y mantenimiento se estimará el tiempo máximo de suministro garantizado según el estado de llenado de los depósitos de agua tratada y bruta y el volumen máximo captable desde otras fuentes de recurso. Se compararán ambos tiempos y se evaluará la situación. Si se considera que ésta puede afectar al suministro, el hecho se pondrá en conocimiento de la Gerencia y Presidencia. En general, pueden ocurrir dos escenarios:.</p> <ul style="list-style-type: none">– El tiempo estimado de reparación es inferior al de suministro garantizado. En tal caso, se procederá con la mayor diligencia a la solución del problema. Como precaución se intensificará excepcionalmente y en coordinación con las autoridades hidráulicas la captación desde el bombeo de Durana y desde el embalse de Albina. Adicionalmente se enviará un equipo para la puesta a punto del suministro alternativo desde Subijana caso de existir– El tiempo estimado de reparación excede al de suministro garantizado. En tal caso, además de maximizar las captaciones alternativas, pueden ocurrir que:<ul style="list-style-type: none">• Se dispone de la conexión con Subijana. En tal caso se procederá a su activación en el menor plazo posible.• No se dispone de la conexión a Subijana. Se comunicará el hecho a Gerencia y Presidencia, quiénes transmitirán una posible situación de desabastecimiento a las autoridades civiles para su difusión pública. Si el plazo previsto de interrupción del suministro excede de 12 horas, en coordinación con los servicios de emergencia se adoptarán los medios para un posible racionamiento del agua y su aporte desde otros sistemas.	

En cuanto la reparación de la avería, se procederá como sigue:

- Técnicos de AMVISA evaluarán el problema y establecerán la solución idónea al mismo, primando la rapidez a los factores económicos. Se podrán plantear soluciones provisionales que sean compatibles con el tiempo disponible. En caso necesario, se recabará la opinión de técnicos externos.
- Se preparará un croquis de la solución planteada, estimando los materiales y maquinaria necesarios, las actividades a realizar y el tiempo disponible.
- Se contactará con los contratistas habituales de AMVISA para indagar sobre su disponibilidad, enviándoles el croquis y la valoración anterior. En caso necesario, se contactará con empresas constructoras no habituales.
- Se aceptará la oferta que más garantías de ejecución ofrezca, primando la disponibilidad de medios a los factores económicos. Se dejará una segunda opción en reserva.
- Se supervisará la reparación a pie de obra, valorando posibles variantes en función del ritmo de ejecución y de las dificultades técnicas encontradas.
- Se mantendrá permanentemente informada a la Gerencia y a la jefatura del Área de producción, explotación y mantenimiento de los avances registrados y de las perspectivas de finalización.

Fallo	Avería en suministro eléctrico de ETAP
Responsable	Jefe del Área de producción, explotación y mantenimiento
Medios y recursos	Personal del Área Subcontrata de mantenimiento Medios materiales asociados
Procedimiento operativo	
<p>Si se detecta un fallo en el suministro eléctrico general de la ETAP, el grupo electrógeno existente está preparado para iniciar su operación. Dispone de una potencia suficiente para garantizar las distintas fases de tratamiento y , en este sentido, la depuración del agua se encontraría asegurada. Como precaución se debería comprobar el llenado del depósito de combustible y proceder a su recarga en caso necesario. Además, se debería contactar con la empresa suministradora de electricidad y/o la mantenedora de Alta Tensión para que se inicien las labores de restablecimiento del servicio lo antes posible.</p> <p>No obstante, cabe la posibilidad de que el grupo electrógeno sufra una avería al iniciar su actividad o durante ella. En tal caso, la planta interrumpiría su actividad y se dispondría de un tiempo máximo de suministro equivalente al volumen almacenado en ese momento en los depósitos de agua tratada. Evaluada la anomalía, si se considera que ésta puede afectar al suministro, se pondrá en conocimiento de la Gerencia y Presidencia, y se deberán activar alguna de las acciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">– Reparación urgente del grupo electrógeno mediante medios propios o ajenos– Sustitución temporal del grupo electrógeno por otro equipo, para lo que se contactaría con los suministradores habituales de AMVISA– Comunicación del hecho a la empresa suministradora de electricidad para que agilice las labores de reparación de la avería o provea un medio alternativo	

Fallo	Avería en suministro eléctrico de bombeo
Responsable	Jefe del Área de producción, explotación y mantenimiento
Medios y recursos	Personal del Área Subcontrata de mantenimiento Medios materiales asociados
Procedimiento operativo	
<p>Si se detecta un corte del suministro eléctrico del bombeo de Ullibarri que obligue a su parada, el Jefe del Área de producción, explotación y mantenimiento acudirá inmediatamente a la estación junto a un equipo de mantenimiento. Allí evaluará la gravedad del problema y las posibles soluciones al mismo. Tras el diagnóstico de la situación, si se considera que el hecho puede llegar a afectar al suministro, éste será puesto en conocimiento de la Gerencia y Presidencia. Además se procederá al aviso a la empresa suministradora de electricidad y/o a la mantenedora de Alta Tensión para que se inicien cuanto antes las labores de reparación.</p> <p>En paralelo y en coordinación con las autoridades hidráulicas, se procederá al incremento de las captaciones en Durana y Albina, y caso de existir, se iniciarán las labores de puesta en marcha de la conexión con el acuífero de Subijana.</p> <p>Si los técnicos de la empresa suministradora de electricidad estiman un tiempo mínimo de reparación superior al disponible según el volumen almacenado en los depósitos de agua bruta y tratada y la cuantía de los aportes alternativos, se activará la instalación temporal de un grupo electrógeno en la estación de bombeo, pudiendo desplazarse el ya existente en Araka o contratarse otro externo, para lo que habrá que solicitar ofertas urgentes a los suministradores habituales de AMVISA, primando la disponibilidad del equipo a los factores económicos.</p>	

8.3 Validación de las medidas previstas

8.3.1 Sequía hidrológica

En el caso de ocurrencia de sequía hidrológica, las actuaciones previstas deben estar encaminadas tanto a la reducción del consumo como al incremento de los recursos disponibles, de forma que se consiga prolongar la duración de las reservas almacenadas.

La primera de las vías supone el establecimiento de restricciones blandas (típicamente reducción voluntaria del consumo mediante campañas de concienciación y limitación de usos prescindibles mediante bandos municipales de prohibición de riego de jardines, lavado de coches, llenado de piscinas, etc) o restricciones duras (cortes de suministro programados y bajadas de presión). En el presente trabajo se han adoptado ahorros medios del 7,5% y el 15% respectivamente, y se han establecido unos umbrales de inicio para estas actuaciones. Adicionalmente se ha propuesto la reducción de las servidumbres desde Ullibarri y Urrunaga en un 50%, en coincidencia con la aplicación de restricciones a la ciudadanía

Estos valores son inferiores a los recomendados por la Guía AEAS pero resultan coherentes con lo acontecido durante la sequía del 89-90, por lo que se consideran adecuados y representativos de la reducción potencial del consumo. Mediante su aplicación se han obtenido los umbrales asociados a los distintos escenarios de sequía, por lo que la activación de esta medida se encuentra ya implícita en los mismos.

En lo que respecta a la segunda de las vías, dejando a un lado la activación de las obras de emergencia actualmente operativas: escorrentías del Arratia, bombeos del Kadagua y sifón del Gorbea, aspecto que se encuentra ya implícito en la definición de los umbrales de sequía aquí definidos y que deben de ser operadas según las consignas del Convenio de 1992, adicionalmente se propone la puesta en servicio en caso necesario de las siguientes obras ejecutadas a raíz de la sequía del 89-90:

- Nacecero de Araia
- Captación Uyar
- Captación Vicuña
- Captación Opacua
- Manantial de La Torca
- Bombeo de Maestu
- Captación de Techa

o la ejecución (caso de no estar ya finalizada) de la conexión de los sondeos del acuífero de Subijana a la conducción de emergencia

La idoneidad de cada una de ellas, tanto en términos hidrológicos como económicos, se analiza en el presente apartado. Como resultado se ha obtenido una graduación de su aptitud, de forma que se puedan adoptar las decisiones oportunas en función del escenario existente.

8.3.1.1 Comprobación hidrológica

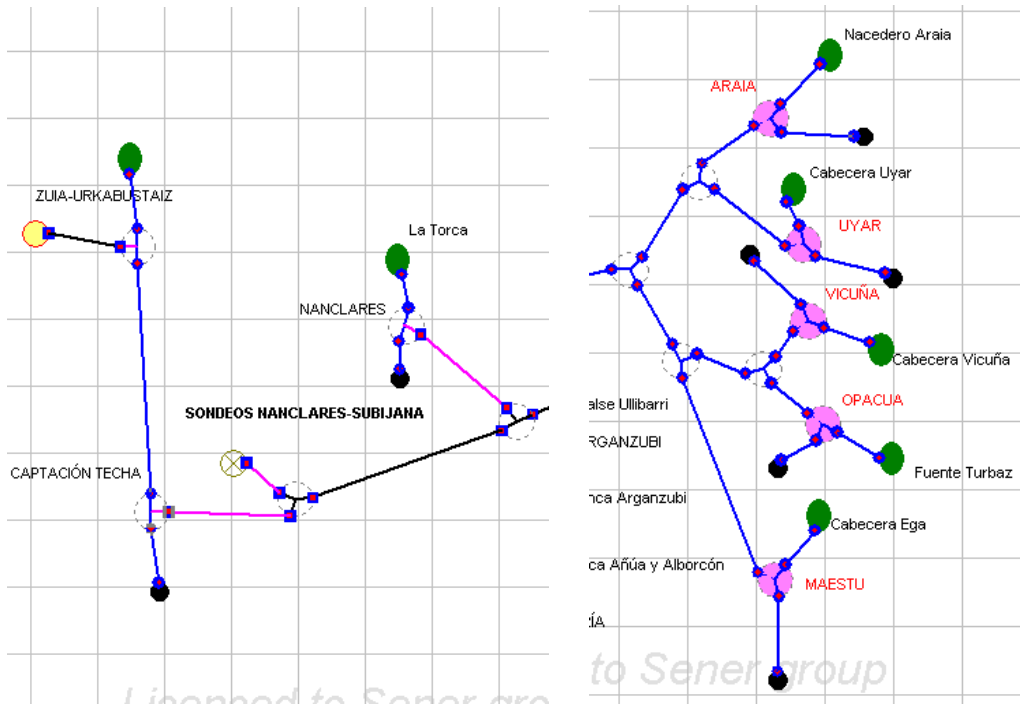
En el capítulo 5 se han evaluado los recursos esperables de la activación de las distintas obras de emergencia propuestas (a añadir a las ya existentes), pudiéndose resumir en:

Obra	Q anual (l/s)		Q estiaje (l/s)	
	Medio	Mínimo	Medio	Mínimo
Opacua	24	9	0	0
Vicuña	44	17	1	0
Araia	256	133	71	13
Uyar	388	207	65	26
Maestu	411	287	253	94
Techa	485	352	244	109
La Torca	379	279	200	150
Subijana	740	740	740	740
Suma	2727	2024	1574	1132

Como puede apreciarse, son las actuaciones relacionadas con la Unidad Hidrogeológica Subijana las que, a priori, podrían aportar mayor recurso. A pesar de que lo anterior da una idea aproximada de la potencialidad de cada obra en cuanto a la cantidad y fiabilidad del recurso asociado, para evaluar su idoneidad como obra de emergencia en sequía dentro del Sistema AMVISA, en particular, y del Zadorra, en general, se requiere estimar el efecto que su activación tendría sobre las reservas mínimas almacenadas, considerando además su consigna de operación

En efecto, tomando como base la simulación del escenario 1 de demanda futura, con la infraestructura y explotación actuales, y los umbrales de escenarios de sequía definidos en el capítulo 7, se puede obtener el incremento de volumen mínimo en los embalses del Zadorra en el caso de activar cada unas de las obras anteriores: las ejecutadas a raíz de la sequías del 89-90, a partir de las consignas establecidas en el Convenio de 1992, y las dos nuevas actuaciones propuestas, a partir de la curva de Inicio de sequía (Alerta según PES Ebro) adoptada. En el caso base dicho volumen asciende a 50,88 hm³, lo que supone 10,63 hm³ más que si no se llegasen a operar las obras de emergencia actualmente disponibles: escorrentías del Arratia, bombeos del Kadagua y Sifón del Gorbea.

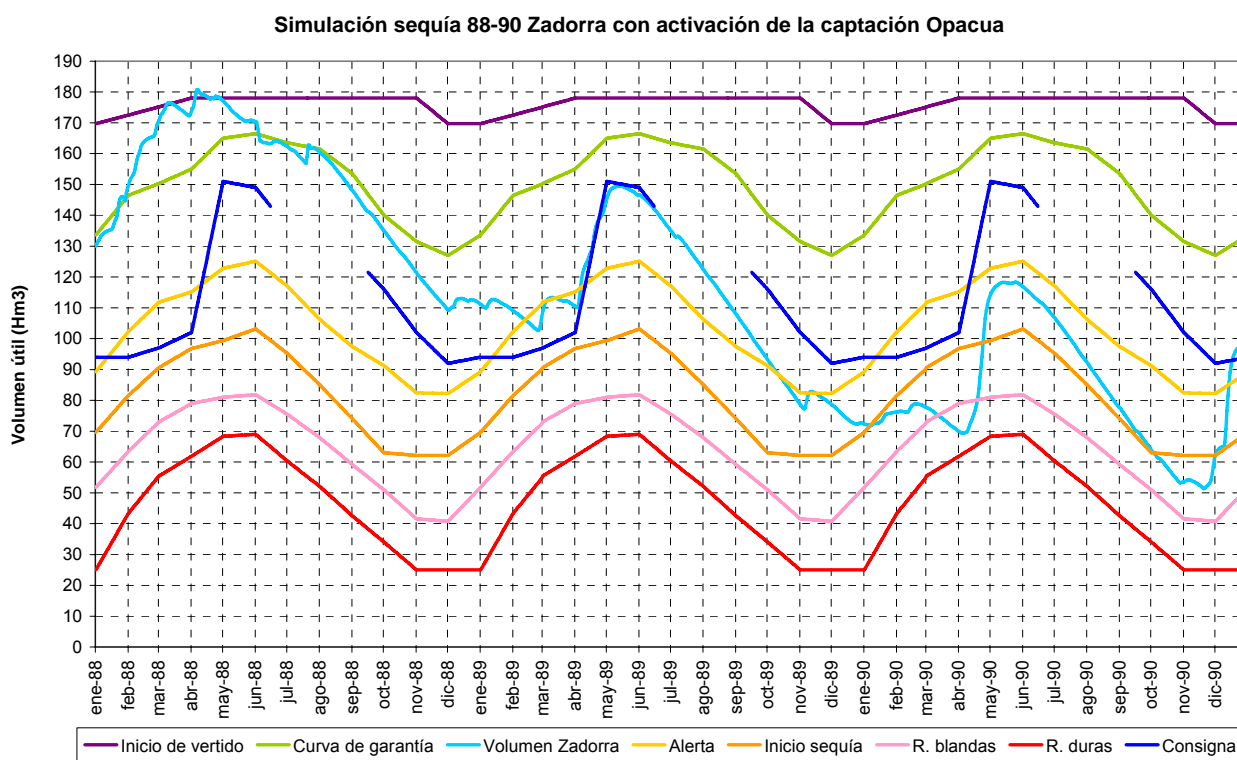
De esta forma se tiene en cuenta, no solo la variación estacional en la disponibilidad del recurso, sino también su coincidencia temporal con los periodos de necesidad. Adicionalmente, se puede cuantificar el volumen total medio aportado al sistema y los días de activación. Para ello, se han incorporado al modelo AQUATOR correspondiente al caso base las obras de emergencia definidas, indicando la capacidad de la infraestructura y las peculiaridades de su explotación.



Con todo, se ha procedido a efectuar la simulación del periodo 1951-2000, resultando lo siguiente:

a) Captación de Opacua:

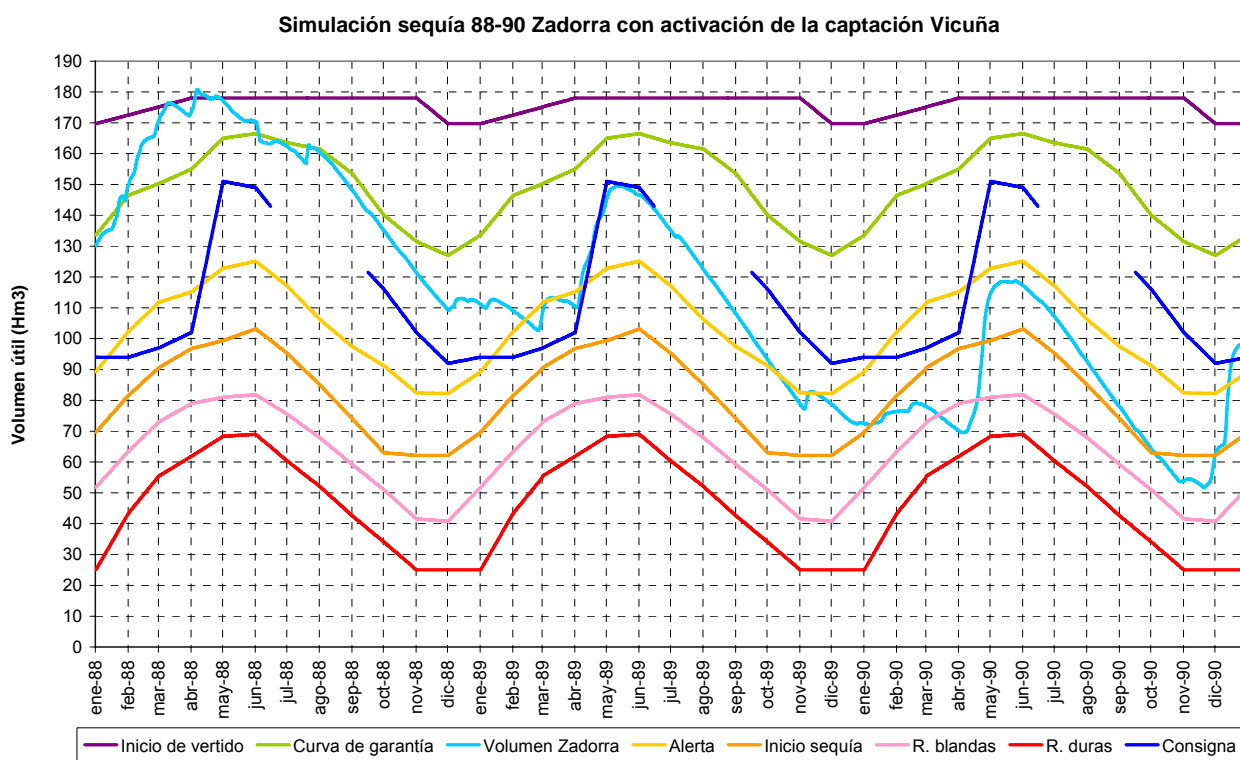
- Volumen útil mínimo en Zadorra: 51,38 hm³
- Volumen medio aportado al sistema: 0,032 hm³/año
- Periodo de activación: 2128 días (39 años)



El incremento de volumen mínimo asciende a 0,50 hm³

b) Captación Vicuña:

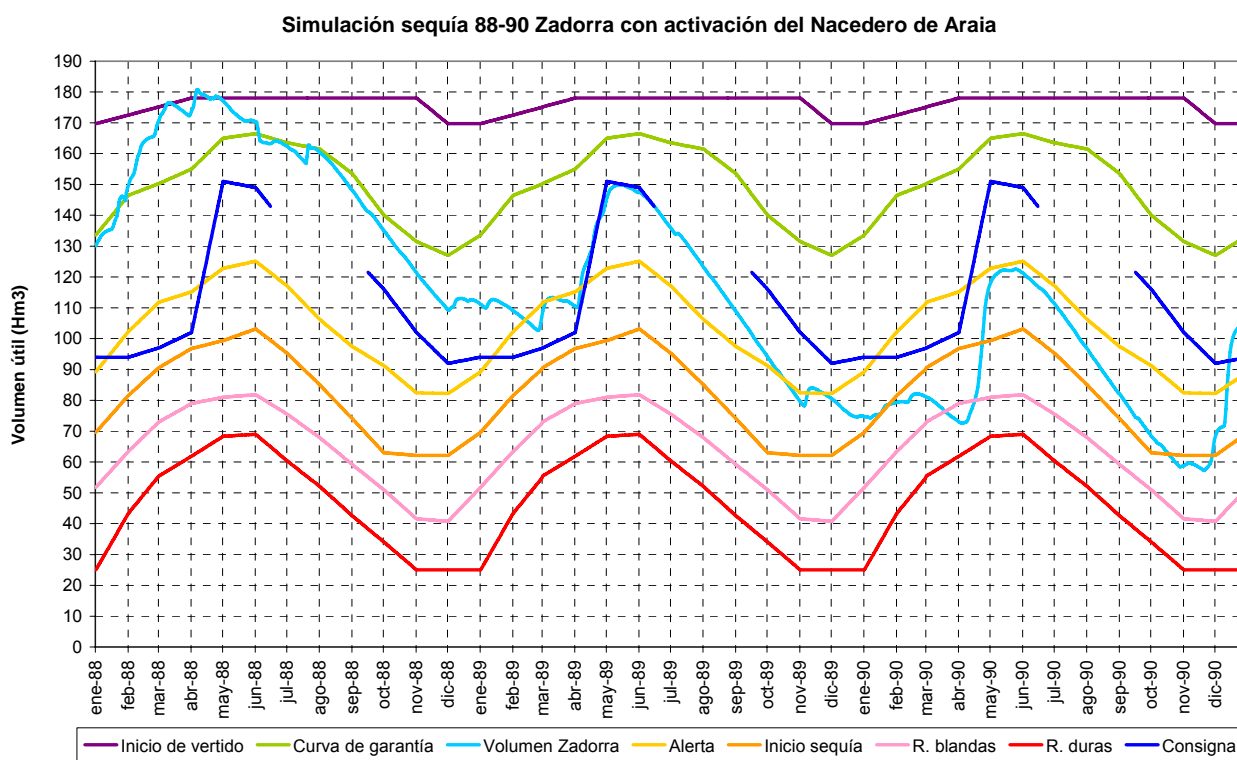
- Volumen útil mínimo en Zadorra: 51,74 hm³
- Volumen medio aportado al sistema: 0,074 hm³/año
- Periodo de activación: 2132 días (39 años)



El incremento de volumen mínimo asciende a 0,86 hm³

c) Nacedero de Araia:

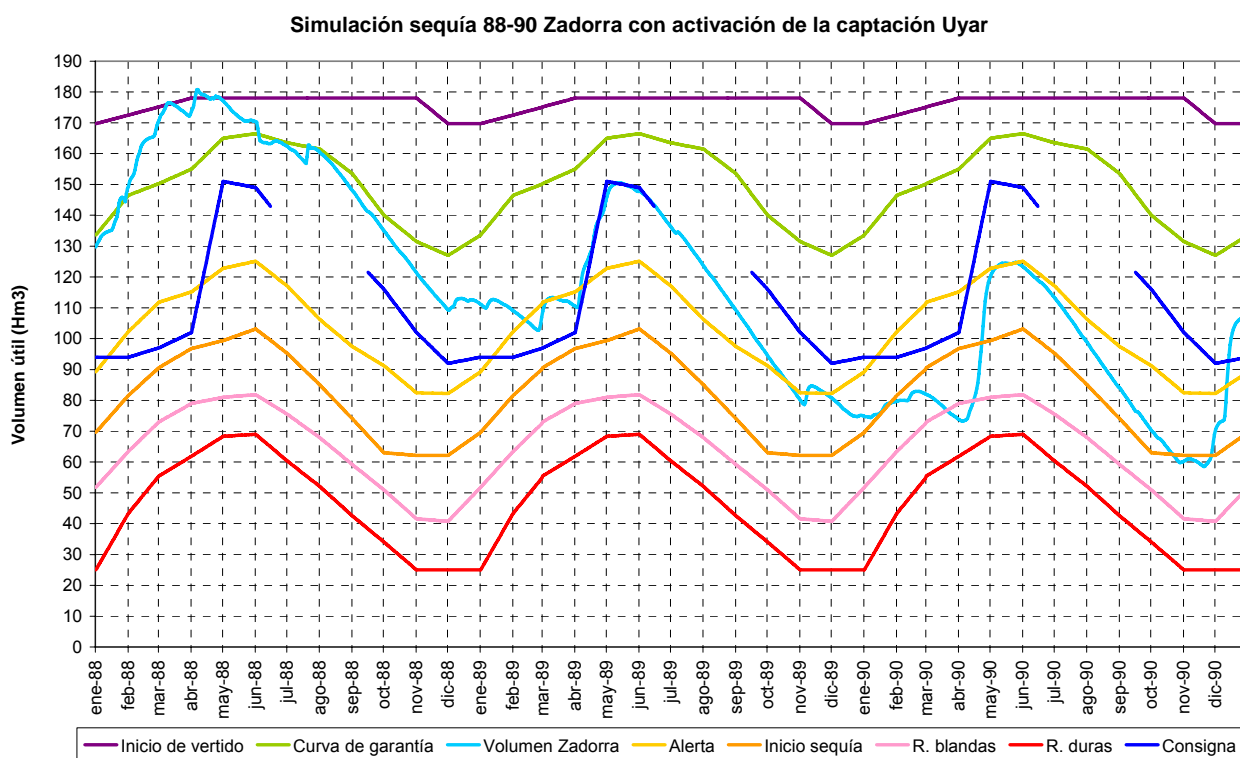
- Volumen útil mínimo en Zadorra: 57,27 hm³
- Volumen medio aportado al sistema: 0,789 hm³/año
- Periodo de activación: 2007 días (39 años)



El incremento de volumen mínimo asciende a 6,39 hm³

d) Captación Uyar:

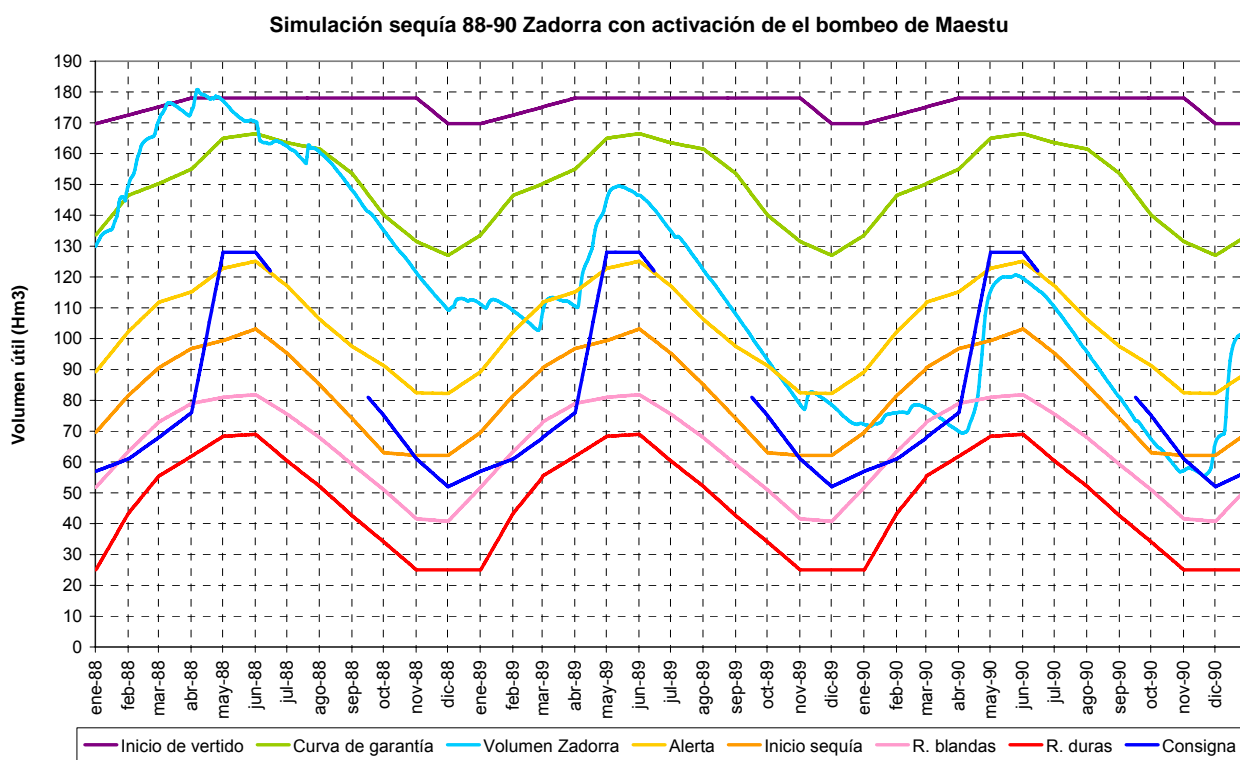
- Volumen útil mínimo en Zadorra: 58,52 hm³
- Volumen medio aportado al sistema: 0,859 hm³/año
- Periodo de activación: 2008 días (39 años)



El incremento de volumen mínimo asciende a 7,64 hm³

e) Bombeo de Maestu:

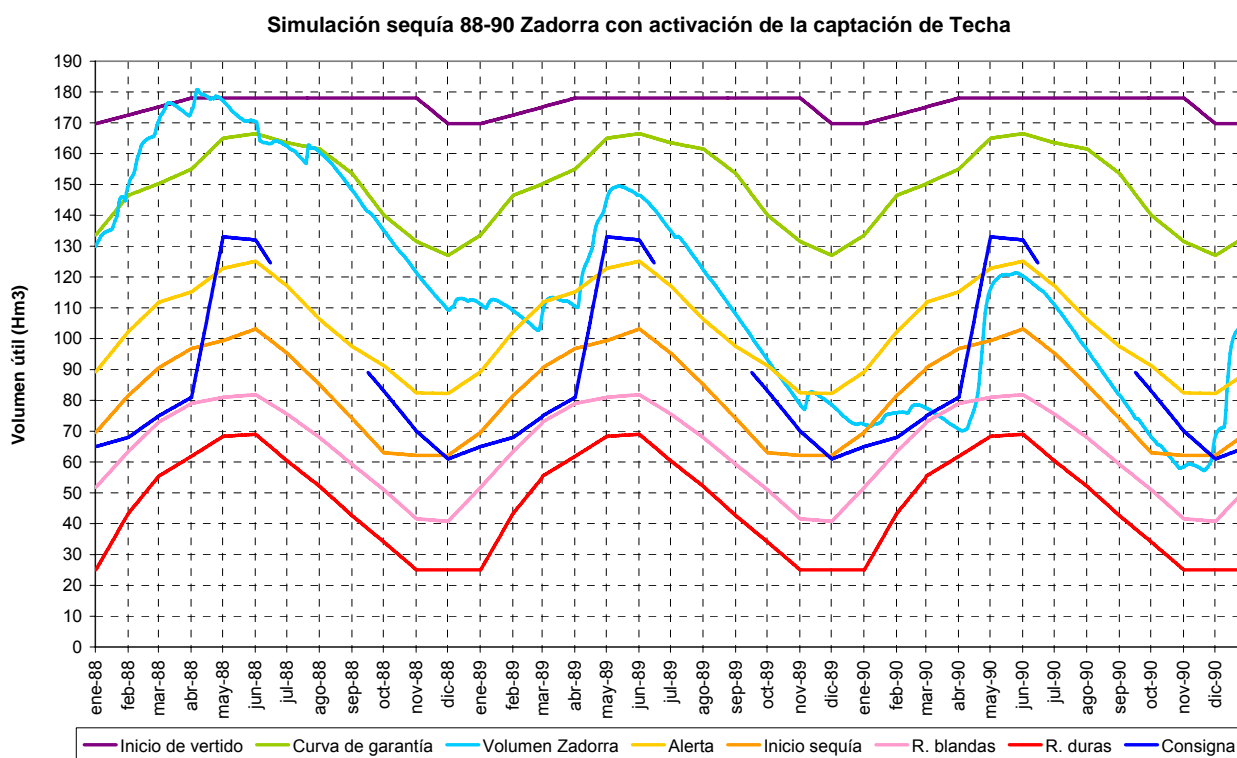
- Volumen útil mínimo en Zadorra: 55,37 hm³
- Volumen medio aportado al sistema: 0,104 hm³/año
- Periodo de activación: 170 días (3 años)



El incremento de volumen mínimo asciende a 4,49 hm³

f) Captación de Techa:

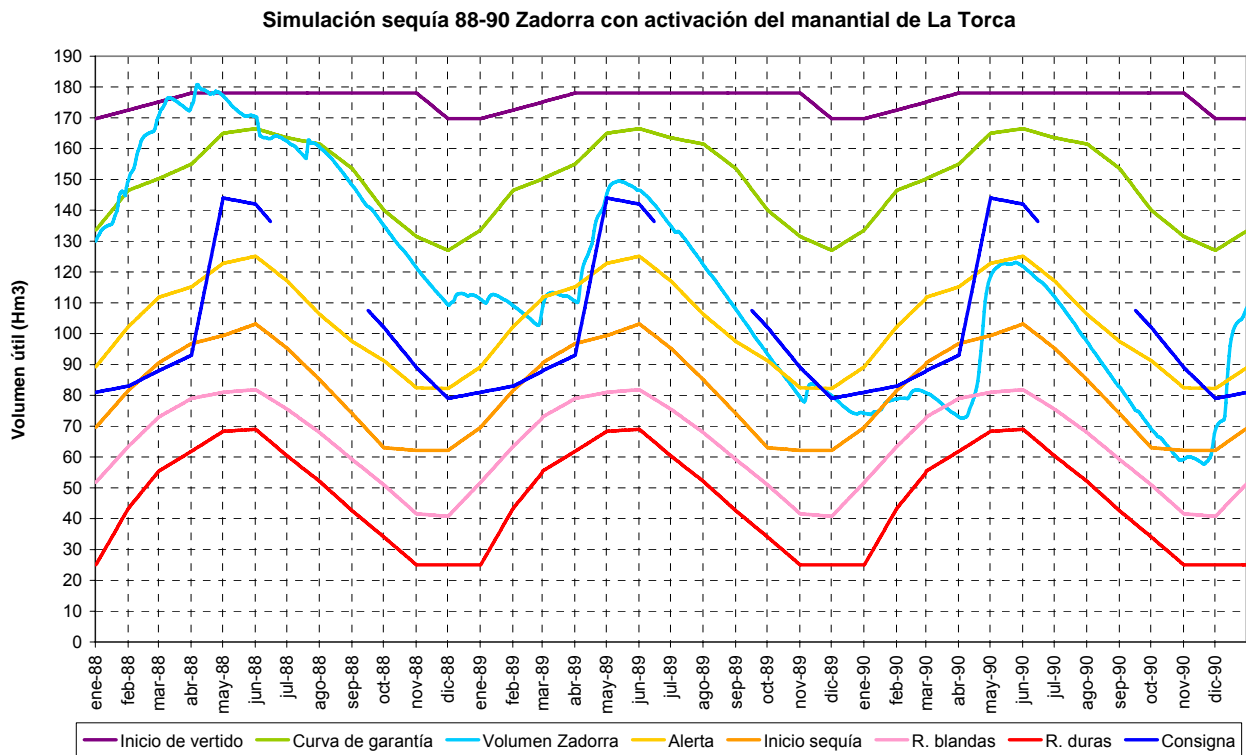
- Volumen útil mínimo en Zadorra: 57,21 hm³
- Volumen medio aportado al sistema: 0,168 hm³/año
- Periodo de activación: 208 días (3 años)



El incremento de volumen mínimo asciende a 6,33 hm³

g) Manantial de La Torca:

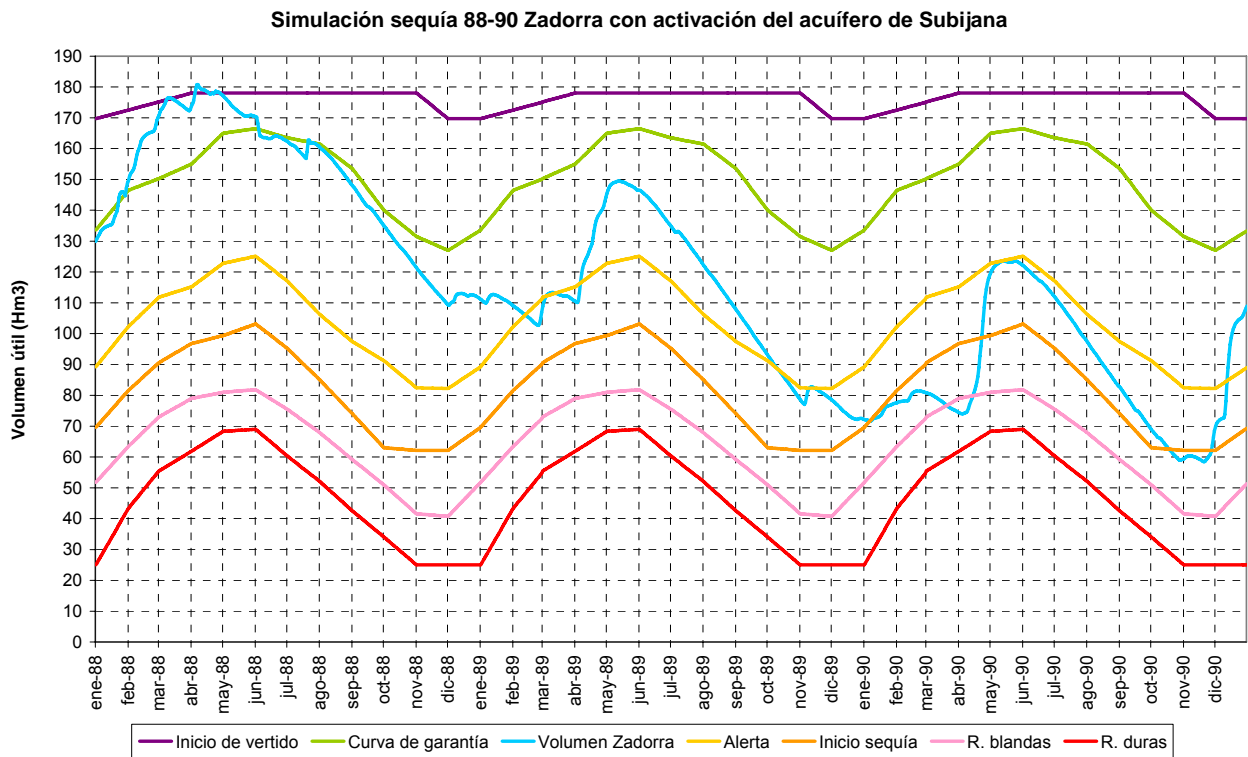
- Volumen útil mínimo en Zadorra: 57,67 hm³
- Volumen medio aportado al sistema: 0,42 hm³/año
- Periodo de activación: 863 días (21 años)



El incremento de volumen mínimo asciende a 6,79 hm³

h) Acuífero de Subijana:

- Volumen útil mínimo en Zadorra: 58,45 hm³
- Volumen medio aportado al sistema: 0,187 hm³/año
- Periodo de activación: 145 días (2 años)



El incremento de volumen mínimo asciende a 7,57 hm³

A modo de resumen se tiene:

Obra	Incremento volumen mínimo Zadorra (hm ³)	Q _{medio} suministrado en operación (l/s)
Opacua	0,50	9
Vicuña	0,86	20
Araia	6,39	220
Uyar	7,64	248
Maestu	4,49	354
Techa	6,33	467
La Torca	6,79	282
Subijana	7,57	740

Se observa cómo en términos volumétricos, las captaciones de Araia y Uyar y las tres asociadas a la Unidad Hidrogeológica Subijana serían las que implicarían una mayor mejoría. En un segundo

nivel se situaría el bombeo de Maestu. Finalmente, las captaciones de Opacua y Uyar serían las que menor recurso aportarían. Sin embargo, estos resultados no son directamente comparables porque difieren en las consignas de activación.

Así, las 4 captaciones del Arakil serían las primeras en funcionar y, por tanto, operarían durante más tiempo, contribuyendo antes al llenado de los embalses, mientras que la conexión del acuífero de Subijana se activaría únicamente en el periodo más crítico de la sequía, disponiendo de un menor número de días para aumentar la reservas. Lógicamente, si se considerase una consigna común para todas las obras, se potenciaría la mejora inducida por estas últimas.

Para poder evaluar este aspecto, en el cuadro anterior se ha incluido también el caudal medio captado durante el periodo de activación. Los resultados indican claramente que en caso de sequía, sería el acuífero de Subijana el que podría suministrar un mayor caudal, seguido de la captación del río Bayas en Techa y del bombeo de Maestu.

No obstante, no debe despreciarse la contribución del resto de obras si económicamente su reparación resulta rentable.

8.3.1.2 Repercusión económica

La incorporación de nuevos recursos al sistema para poder hacer frente a las sequías hidrológicas extremas lleva asociado un coste económico que debe ser evaluado de forma que se seleccionen primero, de entre las distintas soluciones disponibles, aquellas que sean menos onerosas, reduciendo así en la medida de lo posible la subsiguiente repercusión a tarifa.

El coste económico de las actuaciones debe englobar no solo la inversión inicial necesaria para ejecutar la obra sino también el gasto corriente que lleva asociado. Las hipótesis de diseño adoptadas para esta estimación han sido:

- Coste de reparación de las obras existentes: en función del estado actual de las instalaciones, igual a un porcentaje variable de la inversión inicial actualizada al año 2009:
 - 75% del bombeo de Maestu
 - 50% de las captaciones de Araia, Uyar, Opacua y Uyar
 - 25% de las captaciones de Techa y La Torca

- Coste de conexión de los sondeos del acuífero de Subijana a la conducción de emergencia: según “Estudio de Alternativas de Abastecimiento a las Áreas Metropolitanas de Bilbao y Vitoria”

- Coste de mantenimiento de las obras: 1 %/año de inversión inicial

- Coste energético de bombes: $9,81 \cdot \frac{Vol}{3600} \cdot \frac{Salto}{0,75} \cdot 0,10$ donde Vol es el volumen bombeado al año en m³ y Salto el salto bruto en m. Se añade además como término fijo 2,5 €/mes por cada Kw contratado.

Los datos de los bombes necesarios serían:

Obra	Q _{max} (l/s)	Altura (m)	Potencia (Kw)
Opacua	100	33	45
Albina	700	25	230
Maestu	500	87	570
Techa	600	180	1.415
La Torca	600	192	1.510
Subijana (Subijana)	340	305	1.355
Subijana (Naclares)	400	250	1.310

De esta forma resulta lo siguiente:

Obra	Inversión inicial (M€)	Mantenimiento (€/año)	Coste energético (€/año)
Opacua	0,675	13.500	1.735
Vicuña	0,134	2.680	-
Araia	1,483	29.660	-
Uyar	0,413	8.260	-
Maestu	5,225	69.670	20.390
Techa	8,844	353.760	53.440
La Torca	10,775	431.000	74.600
Subijana	16,159	161.590	98.655

8.3.1.3 Eficiencia

La comparación de las distintas alternativas planteadas en relación a su idoneidad para el objetivo perseguido, debe realizarse, a falta de criterios medioambientales, teniendo en cuenta aspectos hidrológicos y económicos, y en este sentido, se ha escogido, por un lado, el aumento en el volumen de reserva en los embalses del Zadorra (considerando en cada caso la curva de consigna asociada del Convenio de 1992 o del presente trabajo) y, por otro, el coste de inversión y el gasto corriente diferencial de funcionamiento. Se quiere, por tanto, establecer una medida homogénea de la aptitud de cada actuación para mejorar la situación del sistema al menor coste posible.

Así, una vez conocidas todas las variables, la adecuación de una determinada alternativa al objetivo buscado puede evaluarse mediante el siguiente índice de eficiencia expresado en m³ año / €:

$$Eficiencia = \frac{\Delta V}{\frac{C_i}{50} + \Delta C_m + \Delta C_e}$$

donde ΔV es el aumento de volumen mínimo almacenado en el sistema en m³
 C_i es el coste de inversión inicial en €
 ΔC_m es el diferencial de gastos de mantenimiento en €/año
 ΔC_e es el diferencial de gastos energéticos en €/año

En la obtención del índice anterior se supone un plazo de amortización de la inversión de 50 años y una tasa de inflación nula. Cuando mayor sea su valor, más adecuada será la alternativa para el objetivo buscado. De esta forma resulta:

Obra	Eficiencia
La Torca	9,4
Techa	10,8
Subijana	13
Opacua	17,4
Maestu	23,1
Araia	107,7
Vicuña	160,4
Uyar	462,4

De acuerdo a lo anterior, la captación de Uyar sería claramente la opción más eficiente, dado que se trata de una obra sencilla y económica, operada por gravedad y con un efecto apreciable sobre los volúmenes almacenados al controlar una cuenca vertiente de superficie significativa. Seguidamente se situarían las captaciones de Vicuña y Araia, la primera como consecuencia de su bajo coste y la segunda por un adecuado balance entre recursos e inversión necesaria.

De entre las soluciones que implican el aprovechamiento del acuífero de Subijana, sería la propia captación del recurso subterráneo mediante sondeos la opción más eficiente, siendo a su vez la única que aseguraría el suministro frente a interrupciones imprevistas del abastecimiento desde Ullibarri. En cualquier caso, estas alternativas están penalizadas por la elevada cuantía de la inversión necesaria.

Si la conexión entre el acuífero y Araka se encuentra ya finalizada en el momento de declaración de la emergencia, la eficiencia de las obras de La Torca y Techa se incrementaría notablemente al reducirse la inversión individual necesaria. En concreto, en tal caso la inversión necesaria se estima 0,87 y 0,82 M€ respectivamente, alcanzándose eficiencias en torno a 67 y 81, lo que supone que su ejecución se situaría tras las obras por gravedad y por delante del bombeo de Maestu.

8.3.2 Otras causas de no satisfacción de la demanda

Las actuaciones definidas dentro de este epígrafe responden a acontecimientos no previstos, sobre los que no se dispone de experiencia previa y que además, por su propia definición, presentan una importante variabilidad de condicionantes. Su validez, por tanto, debe confiarse a la cualificación del personal técnico de AMVISA, a su preparación y entrenamiento (para el que el presente Plan de Emergencia supone una herramienta fundamental) y a la provisión de los medios materiales requeridos.

No obstante, existen dos factores que incrementan notablemente la seguridad del sistema ante eventualidades de este tipo y que sí pueden ser contrastados a priori. Se trata de la disponibilidad de recursos alternativos a activar en caso de interrupción de la fuente de suministro principal y la existencia de una capacidad de regulación de agua tratada suficiente para hacer frente a paradas no programadas en la producción de agua potable. Estos dos aspectos se analizan en detalle a continuación.

8.3.2.1 Verificación de los suministros alternativos

Como ha quedado de manifiesto con anterioridad, el sistema de abastecimiento de AMVISA es excesivamente dependiente de la captación de Ullibarri (en la actualidad aproximadamente el 90% del consumo proviene de este punto) lo que le hace muy vulnerable ante un fallo imprevisto del mismo (contaminación del recurso, avería eléctrica en la estación de bombeo, rotura de la conducción de impulsión, etc) **Como solución a este problema, se propone como alternativa única, la conexión de los sondeos del acuífero de Subijana a la conducción de emergencia con una capacidad de bombeo de 740 l/s.**

En ese caso, la demanda del Área Metropolitana de Vitoria, de valor 910 l/s, podría ser abastecida desde este punto a razón de 740 l/s, de los manantiales del Gorbea a razón de 24 l/s y desde Durana hasta completar el consumo máximo estacional o bien desde Albina, una vez finalizada la nueva traída con capcaiad para 200 l/s. En este sentido, si bien en Durana la concesión actual se limita a 50 l/s, la capacidad de los equipos de bombeo instalados y de la conducción que los une a Araka es de 300 l/s, similar a la de la antigua concesión, por lo que podrían ser activados en caso de emergencia. Para no perjudicar a los usuarios situados aguas abajo y no reducir los requerimientos ambientales, se debería aumentar el caudal de servidumbre desde Ullibarri en la misma cuantía.

La garantía de consecución de los caudales mencionados se fundamenta en:

- La detracción de 740 l/s del acuífero de Subijana durante al menos un año estaría asegurada según la simulación hidrogeológica simplificada efectuada en el Capítulo 5, sin que esto suponga llegar a afectar a las reservas no renovables.
- La captación de un caudal de hasta 300 l/s en Durana estaría garantizada por el propio embalse de Ullibarri, ya que se derivarían parte de sus servidumbres.

- La consecución de un caudal continuo de 200 l/s desde Albina dependería de la forma de explotación de este aprovechamiento. Si se opta por mantenerlo como depósito para situaciones excepcionales, el volumen útil mínimo esperable para una explotación con compuertas abiertas durante el periodo 1951-2000 (considerando el suministro de un caudal de 8 l/s, las pérdidas por evaporación y filtraciones y la suelta del caudal ecológico) resultaría de 3,03 hm³. Esto equivaldría al abastecimiento de un caudal de 200 l/s durante 175 días. Para la situación de compuertas cerradas el periodo temporal de operación sería mayor.

Se considera, por tanto, que la actuación propuesta sería capaz de solventar este tipo de eventualidades, teniendo además una elevada aptitud como recurso complementario en sequía hidrológica, por lo que su ejecución quedaría reforzada.

8.3.2.2 Verificación de la capacidad de regulación

En la actualidad, AMVISA cuenta con tres depósitos de agua tratada (2 en Araka y otro en cola) que totalizan un volumen de almacenamiento útil de 70.000 m³. Por otro lado, tal y como ha quedado de manifiesto en el Capítulo 6, la demanda futura prevista se cifra en 918 l/s, con un máximo estacional en julio de 1065 l/s, lo que supone una media de 92.000 m³. Se analiza a continuación la idoneidad de esta situación.

El volumen de regulación necesario para atender con garantía dicha demanda es suma de los tres conceptos siguientes:

- Volumen de reserva necesario para atender eventuales averías
- Volumen de reserva para hacer frente a posibles incendios en el núcleo urbano
- Volumen de regulación para atender los desfases entre el consumo y la producción de agua tratada a lo largo del día

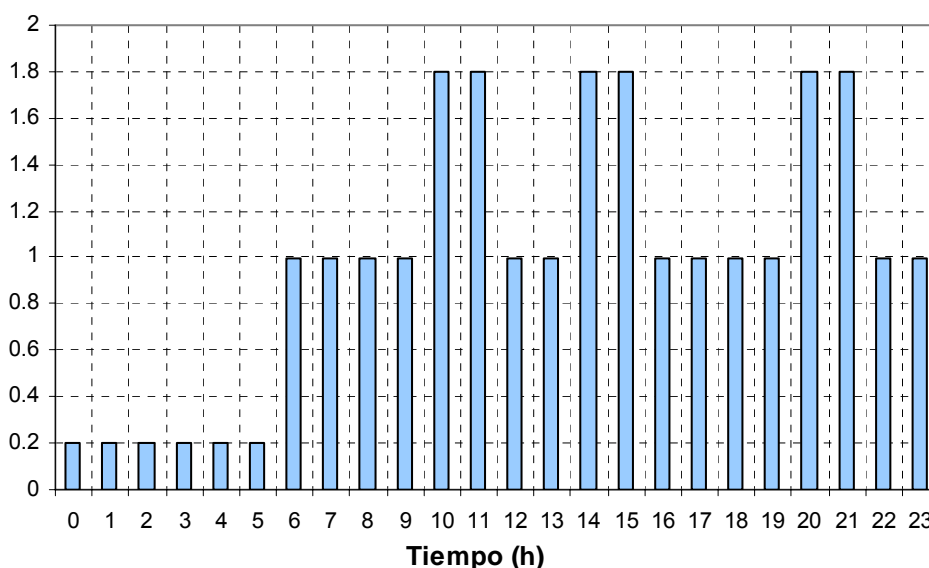
En primer lugar, el volumen necesario para averías debe ser equivalente al consumo durante el tiempo preciso para solventar el problema sin suspender el suministro de agua, en el caso en que éste acontezca en la fuente de suministro, en su aducción general o en la propia ETAP. En una ciudad grande como Vitoria es de esperar una mayor rapidez en la reparación de averías, si bien resulta razonable establecer un volumen igual al 25% del consumo máximo diario, es decir, 23.000 m³, lo que supone disponer en el peor de los casos de 6 horas de suministro. De hecho, en los depósitos de Araka, no se deja descender el nivel de llenado por debajo del 35%, activándose en tal caso la planta a plena capacidad.

En lo que respecta a incendios, parece suficiente aceptar las cifras recogidas en la ponencia especial “Necesidades de agua para incendios” presentada en el Congreso Internacional de la Water Supply Association por I. Bernis y F.J. Galán y que establecen la reserva requerida en 760 m³ para el caso más desfavorable de barrios comerciales o de negocios en calles estrechas y

edificios elevados o almacenes de productos con poder calorífico elevado. La duración del incendio se fija en dos horas.

Por último, el volumen puro de regulación para evitar cortes del suministro por desfase entre el consumo y la producción de agua, depende lógicamente de la variación de ambas variables a lo largo de día. Para el caso de Vitoria reacepta el siguiente perfil horario teórico de consumo:

COEFICIENTE DE VARIACIÓN SOBRE CONSUMO MEDIO



En lo que respecta a la producción de agua potable, según AMVISA ésta se desarrolla de forma continua para evitar así los problemas inherentes a las paradas y arranques de equipos, si bien se potencia la producción nocturna por la rebaja de los costes energéticos. A efectos del presente análisis se van a suponer dos escenarios bien diferenciados: depuración constante a razón del caudal medio del mes máximo y un escenario más conservador que no puede ser descartado a priori, en el que la producción de agua potable se concentre en las horas de menor coste energético, es decir, de 0 a 8 horas de la mañana, con interrupción del suministro en las horas centrales de la mañana (de 10 a 14 horas) y una producción en el resto del día igual a la mitad de la máxima asociada a las horas valle.

Mediante la aplicación de los dos escenarios anteriores se pretende horquillar el volumen de regulación necesario, de forma que se pueda evaluar si la capacidad actual es suficiente en función de la estrategia de producción deseable. Para ello, se efectúa un balance horario en el que el volumen mínimo de regulación necesario será igual a la máxima diferencia acumulada entre el volumen de salida y el volumen de entrada a lo largo del día considerando el perfil horario de variación del consumo y la producción establecidos.

Hora	V _{ent prod.} continua (m ³)	V _{ent prod.} modulada (m ³)	V _{sal} (m ³)	Dif _{acum prod.} continua (m ³)	Dif _{acum prod.} modulada (m ³)
1	766,7	3833,3	6571,4	3066,7	5804,8
2	766,7	3833,3	6571,4	6133,3	11609,5
3	766,7	3833,3	6571,4	9200,0	17414,3
4	766,7	3833,3	6571,4	12266,7	23219,0
5	766,7	3833,3	6571,4	15333,3	29023,8
6	766,7	3833,3	6571,4	18400,0	34828,6
7	3833,3	3833,3	6571,4	18400,0	37566,7
8	3833,3	3833,3	6571,4	18400,0	40304,8
9	3833,3	3833,3	3285,7	18400,0	39757,1
10	3833,3	3833,3	3285,7	18400,0	39209,5
11	6900,0	3833,3	0,0	15333,3	32309,5
12	6900,0	3833,3	0,0	12266,7	25409,5
13	3833,3	3833,3	0,0	12266,7	21576,2
14	3833,3	3833,3	0,0	12266,7	17742,9
15	6900,0	3833,3	3285,7	9200,0	14128,6
16	6900,0	3833,3	3285,7	6133,3	10514,3
17	3833,3	3833,3	3285,7	6133,3	9966,7
18	3833,3	3833,3	3285,7	6133,3	9419,0
19	3833,3	3833,3	3285,7	6133,3	8871,4
20	3833,3	3833,3	3285,7	6133,3	8323,8
21	6900,0	3833,3	3285,7	3066,7	4709,5
22	6900,0	3833,3	3285,7	0,0	1095,2
23	3833,3	3833,3	3285,7	0,0	547,6
24	3833,3	3833,3	3285,7	0,0	0,0

Como puede apreciarse, la máxima diferencia se registra a las 8 horas de la mañana con 18.400 m³ en el caso de producción continua y de 40.305 m³ en el caso de producción discontinua. El volumen total de regulación necesario en cada alternativa sería por tanto:

	Producción continua de agua tratada	Producción modulada de agua tratada
Reserva para averías	23.000 m ³	23.000 m ³
Reserva contra incendios	760 m ³	760 m ³
Regulación diaria	18.000 m ³	40.305 m ³
Volumen total	41.760 m³	64.065 m³

Por lo que puede concluirse que los 70.000 m³ de capacidad disponibles son suficientes para atender con garantías a la demanda en situaciones normales, siempre que las averías que acontezcan no se prolonguen más de 6 horas. Es precisamente este último aspecto el que obliga a la provisión de los medios necesarios para responder con rapidez y eficacia a los grandes problemas potenciales, como los que se analizan en el presente Plan de Emergencia.

9 PROTOCOLO DE GESTIÓN DE SEQUÍAS

Para una correcta gestión de los escasos recursos disponibles en los periodos de sequía, se ha de contar con una adecuada estructura orgánica. Dicha estructura comenzará por ser interna para, posteriormente, y en la medida que se agrave la situación, ir integrando a miembros de organismos o instituciones relacionados con la gestión hídrica de la cuenca, así como a los afectados directos o indirectos. De esta forma, mediante la representación de todas las partes implicadas en el problema, se conseguirá que las decisiones adoptadas lleguen a todos los ciudadanos de una forma nítida, pues se tendrán en cuenta todos los intereses, en algunos casos enfrentados en el uso del agua.

Por otro lado y dada la especial definición del sistema de abastecimiento de AMVISA, que comparte con la red del CABB el punto de suministro principal: los embalses del Zadorra, se entiende que la gestión de la sequía debe ser compartida por ambos abastecedores y, en este sentido, se requiere la actuación coordinada de ambos, cada uno de ellos desde los órganos de decisión internos creados a tal efecto, y de forma conjunta, en el órgano de decisión externo a constituir.

A continuación se presenta, en primer lugar, la estructura orgánica de AMVISA, de forma que se pueda tener una visión clara del reparto de responsabilidades y de la cadena de mando, para posteriormente esbozar la estructura operativa necesaria en sequía, sus funciones y las actuaciones que debería acometer en cada fase.

9.1 Estructura orgánica de AMVISA

Agua Municipales de Vitoria-Gasteiz, S.A. (AMVISA), empresa privada municipal, tiene por objeto la prestación del Servicio Público de captación, depuración y distribución del agua potable, así como el de la depuración de aguas residuales en la ciudad de Vitoria-Gasteiz y determinados pueblos de su jurisdicción.

Dado su carácter municipal, es la **Junta General**, compuesta por el pleno del Ayuntamiento, el órgano último de decisión. Entre sus funciones se encuentran:

- Nombrar el Consejo de Administración
- Modificar los Estatutos
- Aumentar o disminuir el Capital
- Emitir obligaciones
- Aprobar el inventario y balance anual
- Nombrar auditores de cuentas
- Las demás que la Ley de Sociedades Anónimas atribuya a la Junta General

Con un carácter más ejecutivo, el **Consejo de Administración**, compuesto por nueve consejeros como mínimo y doce como máximo, con un **Presidente** y un Secretario, elegidos cada 4 años por la Junta General, es el responsable de:

- Administrar la Sociedad
- Deliberar y tomar acuerdos en nombre de la sociedad con facultades para resolver todos los negocios y asuntos que directa o indirectamente se relacionen con el objeto social y cuya competencia no esté especialmente reservada a la Junta General.
- Organizar, trazar normas de gobierno a la Dirección e inspeccionar la marcha de la Sociedad y sus Servicios.
- Celebrar toda clase de contratos, convenciones y negociaciones, cuando no sean de la competencia de la Junta General.
- Representar a la Sociedad en juicio o fuera de él, ejercitando cuantas acciones le competan o desistiendo de ellas en cualquier instancia.
- Aprobar la plantilla de empleados y sus retribuciones, y nombrar o separar a los empleados de la Sociedad, con cargo que implique mando o responsabilidad especial.
- Acordar las operaciones de crédito y demás que exijan el objeto y atenciones de la Sociedad cualquiera que sea su cuantía.
- Disponer lo necesario para la emisión de obligaciones con arreglo a lo que la Junta General determine.
- Presentar anualmente a la Junta General Ordinaria el Balance, con la Cuenta de Pérdidas y Ganancias, la propuesta de distribución de Beneficios y una memoria relativa a la situación de la Sociedad.
- Proponer al Presidente la convocatoria de Juntas Generales y ejecutar sus acuerdos.
- Decidir los asuntos que hayan de ventilarse ante los Tribunales y los que deban someterse al juicio de amigables compondores.
- Resolver las dudas que se presenten sobre la interpretación de los Estatutos y suplir sus omisiones, dando cuenta a la Junta General para que se acuerde lo que estime conveniente.
- Delegar en todo o en parte sus poderes y atribuciones, en el Presidente, en alguno de sus miembros, en el Gerente o en otras personas.

Por otro lado, el **Gerente** de la Sociedad es nombrado por la Junta General a propuesta del Consejo de Administración y entre sus funciones destacan las siguientes:

- Ser el jefe superior y directo de todo el personal y servicios.
- Estudiar y proponer las ampliaciones, reformas e innovaciones que considere convenientes y necesarias en los servicios e instalaciones, así como las obras de conservación, reposición y adquisición de material e instrumentos de toda clase necesarios o convenientes para la mejor prestación del Servicio.

- Practicar aquellas actividades de gestión, estudio e iniciativa de propuestas encaminadas a conseguir una norma y buena explotación de la Empresa en su aspecto económico.
- Preparar, recoger y ordenar todos los asuntos y documentos que hayan de ser sometidos a estudio, conocimiento, despacho y aprobación del Consejo y Presidente.
- Preparar, tramitar y cuidar de la ejecución de los acuerdos y resoluciones adoptados por el Consejo.
- Elevar al Consejo, al término de cada ejercicio, la Memoria comprensiva del desarrollo de su gestión y redactar la que el Consejo ha de elevar a la Junta General.
- Nombrar y separar a los empleados de la sociedad que no desempeñen cargos que impliquen mando, jefatura o responsabilidad especial.
- Autorizar con su firma la correspondencia y documentos que necesiten tal requisito, llevado la firma social y suscribiendo con la antefirma por estampilla "El Gerente"
- Expedir órdenes de pago, realizar cobros y aprobar contratos
- Representar a la sociedad en toda clase de contratos, negocios, actos, asuntos judiciales, administrativos y de cualquier otra clase, otorgando poderes a favor de Procuradores y abogados, escrituras públicas y cuantos documentos sean precisos al efecto.

Bajo la coordinación del Gerente, el servicio se estructura en 6 áreas funcionales, cada una de ellas con un responsable al frente. Dichas áreas son:

1. Área de producción, explotación y mantenimiento
2. Área de distribución, explotación y mantenimiento de la red
3. Área de tratamiento y calidad
4. Área de recursos humanos y secretaría
5. Área de Administración
6. Área de red de alcantarillado

De estas 6 áreas, las que tiene mayor trascendencia en la gestión de sequías son las de producción y distribución. En efecto:

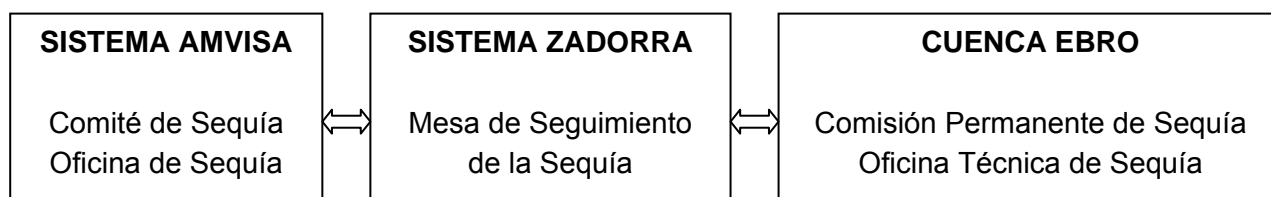
1. El Área de producción, explotación y mantenimiento se encarga, entre otras funciones, del suministro en alta, la planificación del recurso y la producción diaria en función del estudio de la demanda, así como del funcionamiento de las estaciones depuradoras de potables y residuales, de las captaciones, bombeos y almacenamiento en depósitos de alta.
2. El Área de distribución, explotación y mantenimiento de la red se encarga, entre otras funciones, de la planificación y mantenimiento de la red de distribución, conducciones de alta y baja, así como bombeos de baja.

9.2 Órganos implicados en la gestión de una sequía

Como ha quedado de manifiesto a lo largo del presente Plan, el Sistema Amvisa forma parte de otro más complejo que engloba a otros usuarios y que se basa en la regulación de los embalses del Zadorra. Al compartir varios explotadores una única fuente de recurso, la gestión de todos los sistemas debe de ser única y coordinada si se quiere optimizar su funcionamiento y afrontar con garantías episodios de escasez. Esto obliga a estructurar la gestión de la sequías en dos niveles de actuación:

- Sistema AMVISA: a través del denominado Comité de Sequía y con la ayuda de la Oficina de Sequía, órganos ambos internos a la estructura del explotador
- Sistema Zadorra: a través de la denominada Mesa de Seguimiento de la Sequía, órganos externo al explotador y que engloba fundamentalmente a AMVISA y el CABB.

Existe además un nivel superior asociado a la Cuenca Ebro y articulado alrededor de la denominada Comisión Permanente de Sequía y con ayuda de la Oficina Técnica de Sequía, que se encarga de la gestión de sequías generalizadas, pudiendo afectar o no a la Junta de Explotación nº17 a la que pertenece el Sistema Zadorra. En esta Comisión participarían, además de los explotadores, el resto de organismos implicados en la gestión de los sistemas.



En lo apartados siguientes se describe la estructura y funciones de cada uno de estos órganos de decisión.

9.2.1 Comité de Sequía

El Comité de Sequía es el órgano directivo interno responsable del seguimiento del fenómeno, de la operación de los recursos disponibles y de la ejecución de las actuaciones relativas a la reducción de la demanda. Se constituirá al rebasarse el umbral Alerta a petición del Presidente de AMVISA.

El Comité de Sequía, durante toda su existencia, contará con los siguientes miembros permanentes de AMVISA:

- Presidente
- Gerente
- Jefe del Área de producción, explotación y mantenimiento

A dicho equipo y a propuesta del gerente, podrán incorporarse cuantos miembros se estime conveniente dentro del organigrama de AMVISA.

Una vez constituido el Comité y si se produce un empeoramiento de la situación, es decir, si se supera el umbral de Inicio de Sequía, se creará de forma paralela la Mesa de Seguimiento de la Sequía como órgano directivo externo.

Las funciones básicas del Comité de Sequía serán las asociadas la fase de Alerta según lo especificado en el apartado 9.3 y la aplicación de las determinaciones de la Mesa de Seguimiento de Sequía dentro de su ámbito de operación en las siguientes fases de la emergencia. De esta forma su finalidad sería:

- Declaración del escenario de Alerta
- Optimización y operación de los recursos alternativos
- Puesta en práctica a través de medidas concretas de los objetivos de reducción de la demanda establecidos
- Solicitud de las actuaciones de carácter legal a nivel municipal
- Seguimiento de la evolución de los indicadores establecidos a nivel de sistema particular.
- Redacción de informes a suministrar a la Mesa de Seguimiento de la Sequía
- Realización del seguimiento económico de los costes extraordinarios motivados por la sequía y propuesta de acciones correctoras

El Comité de Sequía celebrará reuniones de carácter ordinario con periodicidad quincenal y de carácter extraordinario cuando la situación así lo aconseje. Dispondrá de un Presidente, un Secretario y varios Vocales, uno de los cuales se constituirá en Jefe de la Oficina de Sequía.

El Secretario del Comité será el encargado de la convocatoria de todas las reuniones, estableciendo previamente un orden del día junto con el Presidente y el Jefe de la Oficina de Sequía. Levantará también un acta de cada reunión.

Todas las decisiones a adoptar como conclusión de los puntos del orden del día serán debatidas por todos los miembros del Comité, siendo el Presidente quien modere dichos debates, y siendo responsabilidad suya, oídas las distintas partes, la adopción de las decisiones finales. El portavoz del Comité será el Jefe de la Oficina de Sequía, quien será el interlocutor público del mismo.

El Comité contará con distintos Subcomités encargados de temas específicos, que servirán de fuentes de información, proponiendo y preparando los planes precisos en el ámbito de la materia que desarrollen. Los Subcomités constituyen, por tanto, equipos de trabajo de apoyo. Sus miembros no recogidos como Vocales no pertenecen al Comité, si bien su presencia podrá ser requerida de forma puntual. Los distintos Subcomités previos y sus funciones son:

- Recursos:
 - Informar de la evolución de los niveles de embalse
 - Proponer y plantear la sistemática de explotación de los recursos propios del sistema
 - Proponer y planear la incorporación de recursos ajenos al sistema, indicándose volúmenes, origen y modo de aprovechamiento
- Demanda:
 - Proponer al Comité un plan de actuación sobre la demanda específico para cada fase de la emergencia
 - Planificar y proponer al Comité campañas de divulgación y difusión sobre el ahorro de agua a los usuarios
 - Seguimiento e información sobre el cumplimiento de los objetivos marcados en el plan de actuación en cuanto a la educación de consumos a nivel de usuarios.
 - Iniciar y mantener contactos con las asociaciones de usuarios, comerciantes, entes públicos, etc, a fin de proponer iniciativas de ahorro y alcanzar de forma consensuada metas de reducción del consumo.
- Producción y calidad:
 - Informar al Comité de la evolución de los parámetros de calidad del agua suministrada.
 - Informar al Comité sobre las medidas adoptadas para mejorar el proceso de tratamiento
 - Planificar la evolución de la calidad del agua con las medidas propuestas en el plan de recursos
 - Realizar el seguimiento de la calidad del agua en origen, en la salida de Araka y en la red
- Aspectos económicos y financieros:
 - Informar al Comité sobre la situación económica actual y prevista
 - Informar al Comité del coste previsto de las medidas de actuación contra la sequía, analizado las consecuencias que se derivarían de cada una de ellas.
 - Desarrollar un plan de estabilidad económico-financiero de la entidad ante los posibles desequilibrios causados por los efectos de la sequía.
 - Plantear actuaciones en el ámbito tarifario.

– Aspectos jurídicos:

- Informar al Comité sobre la legalidad de todas las acciones propuestas para al lucha contra al sequía.
- Proponer al Comité la puesta en marcha de los mecanismos jurídicos y legales previstos en cuanto a reglamentación municipal, promulgación de decretos forales, autonómicos y estatales.
- Analizar todas las medidas de carácter jurídico que se promulguen o dicten.
- Proponer la calificación de infracciones y la cuantía de las sanciones en los casos en los que no estuviesen reguladas

9.2.2 Oficina de Sequía

La creación de al Oficina de Sequía se realizará por decisión del Comité al inicio de la emergencia. Se encargará de:

- Coordinar las labores de los distintos Subcomités, solicitando a cada uno de estos la información que necesite el Comité, unificando los distintos criterios que puedan establecerse en los Subcomités y actuando como nexo de unión entre ellos.
- Presentación de informes o planes al Comité
- Por delegación del Presidente y Gerente, asumirá las relaciones con los clientes en todo los aspectos asociados a las medidas que se adopten durante las distintas fases de emergencia. El Jefe de la Oficina de Sequía, como miembro del Comité, será el responsable de la operatividad de esta oficina y de su utilidad como elemento de servicio a los integrantes del Comité.

La dotación y medios adscritos a la Oficina de Sequía serán crecientes en función del agravamiento de la situación. Básicamente se nutrirá de personal propio del explotador, aunque no se descartan para el desarrollo de estudios específicos y campañas divulgativas o para la atención al público, contrataciones externas.

9.2.3 Mesa de Seguimiento de la Sequía

Una vez rebasado el umbral de inicio de Sequía, se considera que la situación en el Sistema Zadorra es lo suficientemente grave como para requerir de la coordinación activa de los dos explotadores principales, AMVISA y el CABB. Miembros de los Comités de Sequía de ambos organismos integrarán así la denominada Mesa de Seguimiento de la Sequía a petición de sus respectivos presidentes.

Esta Mesa será la encargada de coordinar las acciones a nivel de sistema general y dispondrá de las siguientes funciones:

- Declaración de los escenarios de Inicio de Sequía, Restricciones blandas y Restricciones duras
- Establecimiento de la política de captación de recursos externos en cada fase
- Establecimiento de los objetivos en cuanto a reducciones de consumos por distintas vías en cada fase
- Solicitud de las actuaciones de carácter legal a las autoridades competentes a nivel supramunicipal a través del conducto oportuno.
- Seguimiento de la evolución de los indicadores establecidos en el sistema general.
- Solicitud de los informes pertinentes a los servicios técnicos de los distintos explotadores o a consultores externos
- Propuesta del plan de actuaciones asociado a cada escenario de emergencia
- Propuesta de invitación a la participación a otros organismos

El Mesa de Seguimiento de la Sequía celebrará reuniones de carácter ordinario con periodicidad mensual y de carácter extraordinario cuando la situación así lo aconseje. Los vocales de cada uno de los usuarios serán los encargados de comunicar a la misma las conclusiones y resultados obtenidos dentro de su respectiva estructura. Asimismo, serán los encargados de transmitir al Comité de Sequía las resoluciones emanadas de la Mesa de Sequía para su puesta en práctica

Por último, tendrá la misión de coordinar la asignación de los medios humanos y materiales a las distintas actividades y asegurar en todo momento la correcta operación de las obras de emergencia activadas.

9.2.4 Coordinación con el Plan Especial de Sequías

Según lo establecido en el capítulo 7 del Plan Especial de Sequías de la Cuenca Ebro, en fase de Alerta (fase de Inicio de Sequía en el presente Plan de Emergencia), la Oficina de Planificación del CHE se convierte en Oficina Técnica de Sequía y promoverá a través de Presidencia la comunicación de la nueva situación a Ministerio de Medio Ambiente, a las Comunidades Autónomas, a las Administraciones locales y a órganos responsables del abastecimiento a poblaciones de más de 20.000 habitantes (entre ellas AMVISA)

Por otro lado, la Oficina Técnica de la Sequía, deberá elevar a Presidencia la necesidad de un Decreto, a aprobar por el Gobierno de la Nación, de situaciones excepcionales, al amparo del artículo 58 del Texto Refundido de la Ley de Aguas, en el cual se ordene la constitución de la Comisión permanente de la sequía, que pasa a asumir el control del cumplimiento de las disposiciones del PES – con el apoyo de la Oficina Técnica de la Sequía- y la comunicación con el Consejo del Agua de la Demarcación y demás Instituciones de las Administraciones Central, Autonómica y Local interesadas o afectadas, así como la difusión y comunicación públicas en general.

La mesa de la Comisión Permanente de Sequía estará formada por:

- El Presidente
- El Comisario de Aguas.
- El Director Técnico
- El Jefe de la Oficina de Planificación Hidrológica.

Y como vocales:

- El Presidente
- El Comisario de Aguas, el Director Técnico y el Jefe de la Oficina de Planificación Hidrológica.
- Un representante del Ministerio de Medio ambiente, Medio Rural y Marino y del de Industria.
- Un representante de las cada una de las 9 Comunidades Autónomas presentes en la cuenca del Ebro
- Un representante por cada uno de los siguientes grupos de usuarios: I) abastecimiento, II) regadío, III) aprovechamientos energéticos, y IV) restantes aprovechamientos, que existen en la Junta de Gobierno del Organismo
- Un representante de las asociaciones y organizaciones de defensa de intereses ambientales.
- Un representante de las organizaciones sindicales más representativas.
- Un representante de las organizaciones empresariales más representativas.
- Un representante de las entidades locales cuyo territorio coincida total o parcialmente con el de la cuenca hidrográfica.

A la luz de lo anterior, parece claro que la constitución de la Comisión Permanente de Sequía estará supeditada a la declaración de una situación de sequía global de la cuenca del Ebro, pudiendo encontrarse o no el Sistema Zadorra en situación de emergencia. En caso positivo, se propone que formen parte de este organismo como vocales el Presidente, el Gerente y el Jefe de Producción de AMVISA (que son también miembros de la Junta de Explotación nº17), manteniéndose asimismo operativa la Mesa de Seguimiento de la Sequía dentro del Sistema Zadorra y el Comité y la Oficina de Sequía dentro de la estructura de AMVISA

Por otro lado, en el PES del Ebro se indica también que:

El estado de sequía en la cuenca del Ebro se evalúa y explicita por Juntas de Explotación. Dada su dificultad intrínseca, en este Plan no se establece un criterio para la declaración global de la sequía para toda la cuenca y de solicitud al gobierno de la aprobación de un Decreto de situaciones excepcionales al amparo del artículo 58 del Texto Refundido de la Ley de Aguas en el cual se ordene la creación de la Comisión Permanente de la Sequía. Será la Comisión de Desembalse quien deberá elevar a la Presidencia, cuando se alcance la situación de alerta en una o varias Juntas de Explotación, la necesidad de solicitar al Gobierno la aprobación de dicho decreto. No obstante, al margen del decreto del Gobierno, podrán crearse por la Junta de

Gobierno, comisiones de seguimiento del estado de sequía para el conjunto de la cuenca o para Juntas de Explotación o zonas concretas. En todo caso, el ámbito mínimo para la constitución de la Comisión Permanente de Sequía será la Junta de Explotación

De esta forma, en los casos en los que la situación de sequía acontezca en una sola Junta de Explotación, Comisión Permanente de Sequía y Mesa de Seguimiento de Sequía podrán llegar a coincidir.

9.3 Actuaciones a nivel orgánico y de funcionamiento

Como ha quedado de manifiesto anteriormente, las actuaciones de gestión de sequías deberán ser necesariamente coordinadas a nivel del Sistema Zadorra por la Mesa de Seguimiento de la Sequía a partir de la fase de Inicio de Sequía (en la fase de Alerta, las actuaciones se reducen al ámbito del explotador), siendo el Comité de Sequía constituido dentro del organigrama de AMVISA quien deberá dar cumplimiento a lo establecido en la Mesa dentro de su área de influencia.

Para cada una de las fases de la emergencia, a nivel de AMVISA se establecen las siguientes actuaciones:

– Alerta:

- Se constituirá el Comité de Sequía y, caso de ser requerida por éste, la Oficina de Sequía, debiendo designarse su jefe.
- Se declarará formalmente el escenario
- El Comité de Sequía solicitará a la Confederación Hidrográfica del Ebro la autorización para operar las obras de emergencia: las incluidas en el Convenio de 1992, regidas por sus propias consignas de activación, y el acuífero de Subijana
- Se verificará la disponibilidad de medios y recursos
- Se comprobará la operatividad de las obras de emergencia y se adoptarán las medidas oportunas en caso necesario.
- Se mantendrán los primeros contactos con el Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia con objeto de preparar la constitución de la Mesa de Seguimiento de la Sequía, en caso de que fuese necesario
- Los servicios técnicos internos redactarán un informe mensual sobre la situación existente, que deberá ser presentado al Comité de Sequía

– Inicio de Sequía:

- Se constituirá la Mesa de Seguimiento de la Sequía en coordinación con el CABB
- Se declarará formalmente el escenario

- La Mesa de Seguimiento de la Sequía iniciará la captación de recursos alternativos, que deberá ser puesta en práctica por los respectivos Comités de Sequía dentro de su área de influencia. Las obras de emergencia consideradas son: las incluidas en el Convenio de 1992, regidas por sus propias consignas de activación, y el acuífero de Subijana
 - Se asignarán los medios humanos y materiales a las distintas actividades.
 - Se verificará la vigencia del presente Plan de Emergencia, modificándolo en caso necesario a la luz de la nueva información existente y de lo establecido por el resto de explotadores del Sistema Zadorra.
 - Los servicios técnicos internos redactarán un informe quincenal sobre la evolución de la sequía, que deberá ser presentado al Comité y que tras su aprobación por éste, será elevado a la Mesa.
 - La Mesa de Seguimiento de la Sequía se encargará del seguimiento del fenómeno a través de los indicadores propuestos
 - Se iniciará la comunicación a la ciudadanía a través del Jefe de la Oficina de Sequía o en su defecto, de los servicios internos de prensa, y siempre bajo la coordinación de la Mesa de Seguimiento de la Sequía.
- Restricciones blandas:
- Se declarará formalmente el escenario.
 - La Mesa de Seguimiento de la Sequía propondrá el objetivo deseable de reducción de la demanda, que el Comité de Sequía dará cumplimiento a través de los medios internos a su alcance. El Jefe de la Oficina de Sequía será el portavoz de AMVISA frente a la ciudadanía.
 - La Mesa de Seguimiento de la Sequía solicitará las actuaciones de carácter legal a las autoridades competentes a nivel supramunicipal a través del conducto oportuno. El Comité de Sequía hará lo propio a nivel municipal.
 - Se solicitarán a los distintos Subcomités informes quincenales de recursos, demandas, calidad, económico-financiero y legal. Estos informes serán coordinados por la Oficina de Sequía, quien redactará un documento resumen para conocimiento del Comité y, tras su aprobación de la Mesa.
 - El Comité de Sequía reforzará las dotaciones de medios humanos y materiales en caso necesario
 - Se preparará la estructura interna para la siguiente fase: responsables, equipos, turnos, procedimientos, etc y se redactará un plan de actuación en materia de cortes de suministro o reducción programada de la presión
 - La Mesa de Seguimiento de la Sequía se encargará del seguimiento del fenómeno a través del indicador propuesto o de otros que estime oportunos.

– Restricciones duras:

- Se declarará formalmente el escenario.
- A propuesta de la Mesa, el Comité dará cumplimiento, a través de los medios internos a su alcance, a las decisiones requeridas en materia de reducción inducida de la demanda.
- Se incrementará la frecuencia de las reuniones del Comité a semanal
- Se buscarán fuentes de recursos alternativas y se establecerán contactos para un posible aporte desde sistemas vecinos en un escenario de racionamiento
- Se preparará al documentación necesaria a elevar a la Mesa para la solicitud de ayudas a nivel estatal ante una posible situación de emergencia más severa
- La Mesa de Seguimiento de la Sequía se encargará del seguimiento del fenómeno a través del indicador propuesto o de otros que estime oportunos.

10 DESCRIPCIÓN DEL LA SEQUÍA DEL 89-90

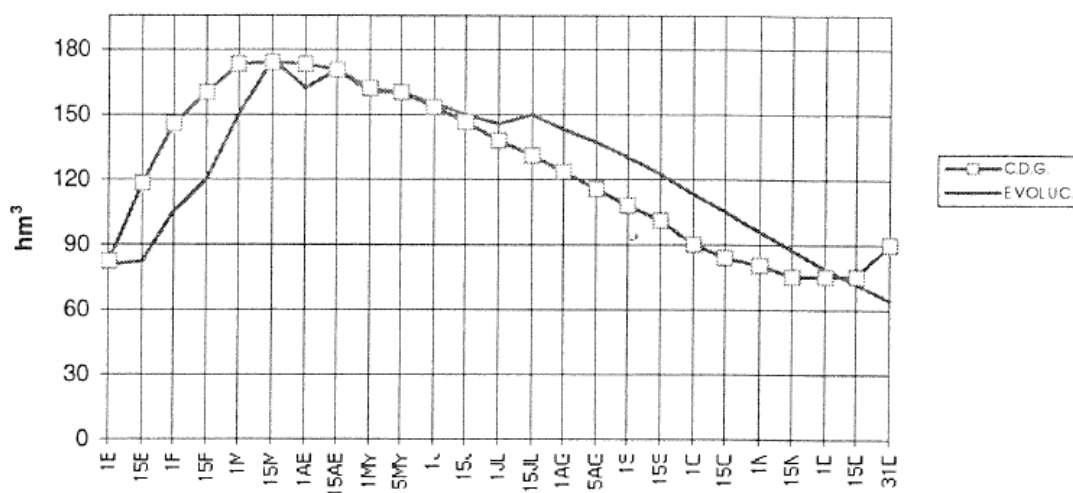
La siguiente descripción del episodio de sequía hidrológica extrema registrado en el sistema Zadorra, que afectó con especial intensidad a las Áreas Metropolitanas de Bilbao y Vitoria-Gasteiz, se ha extractado del artículo “Experiencias y conclusiones después de una larga sequía en el Área Metropolitana de Bilbao” escrito en 1998 por Ángel Silveiro, en aquel momento Jefe de Explotación del Abastecimiento del Consorcio de Aguas de Bilbao-Bizkaia, dentro del libro “Gestión de sequías en abastecimientos urbanos” editado por el Grupo de Mecánica de Fluidos de la Universidad Politécnica de Valencia. Si bien la presentación del suceso se efectúa desde la perspectiva del CABB, la mayor parte de las consideraciones son también directamente aplicables a AMVISA, dada la intensa coordinación efectuada.

Explotación del Sistema Zadorra hasta 1990

Por ser el Sistema Zadorra un aprovechamiento de uso múltiple con usos para abastecimiento y generación de energía eléctrica, es necesario arbitrar una frontera de intereses para determinar cuando el usuario hidroeléctrico puede hacer uso del embalse sin poner en peligro el abastecimiento.

Hasta 1990, Iberdrola y el CABB delimitaban la frontera de intereses mediante la determinación de la “Curva de Garantía” calculada en base a la hidráulica entonces conocida. El coeficiente de seguridad lo constituía el volumen muerto de embalse, no utilizable para generar energía eléctrica y que supone una reserva para escasamente dos meses con fuertes restricciones. La seguridad abastecimiento estaba basada por lo tanto en procedimientos deterministas con 100% de garantía, siendo la muestra una serie histórica de aportaciones de 51 años con segmentación mensual. Así la evolución de las reservas de agua en el año 1988, puede apreciarse en la siguiente figura:

Evolution embalses del Sistema Zadorra en 1988



Puede verse dibujada la entonces vigente curva de garantía determinada en base a la hidraulicidad comprendida entre 1944 y 1987 y que contenía dos series secas. El embalse podría alcanzar un máximo en abril, produciéndose el desembalse sin posibilidades de almacenar aguas otoñales o estivales si las hubiese.

Excepcionalmente, el verano de 1988 es extremadamente húmedo produciéndose un desagüe de más de 40 hm³ que no son almacenados en consonancia con las consignas pactadas. Sin embargo a ese lluvioso verano le sucede un otoño seco afrontándose un invierno de las mismas características.

Así el 1 de diciembre se corta la curva de libre explotación o curva de garantía que se fijaba en 70 hm³ en aquella fecha. No se producen lluvias en diciembre, más al contrario el "tiempo" es cálido con temperaturas muy superiores a las normales en esta época del año.

Situación y análisis de las reservas de agua a finales de 1988

El día de los Santos Inocentes de 1988, la subdirección de explotación del CABB analizaba la situación y escribía a la superioridad: "La carencia de lluvias durante el pasado Otoño, está determinando que los volúmenes de agua almacenada en el conjunto de los embalses del Sistema Zadorra sea para estas fechas la más baja de los últimos 12 años. Los embalses presentan un total de 65 hm³ y las últimas lluvias no rinden agua por estar la cuenca en similares condiciones a las de un verano. La evolución del próximo mes de Enero en lo que a precipitaciones se refiere será definitivo para nuestras reservas".

Iniciado el año 1989, la situación no parecía cambiar. La opinión pública, con una memoria histórica reflejo de una climatología "extremadamente húmeda" (período 1960-1980), no parecía estar sensibilizada, ya que hasta febrero no aparecen en prensa los primeros titulares haciendo referencia al fenómeno que teníamos encima. La capacidad el 15 de enero de 1989 de los embalses del Sistema Zadorra era de 60 hm³, con un déficit de 62 hm³ respecto a la curva de garantía. Las reservas en Ordunte presentaban mejores índices porcentuales con 12 hm³ y un poco más del 50% de su capacidad.

Diseño del primer programa de medidas correctoras.

La falta de escorrentía superficial era un hecho evidente. En estas fechas se presenta el primer plan de medidas correctoras a desplegar en tres fases cuyo estado puro era el siguiente (6 de febrero 1989):

a) 1ª Fase:

- Limitar los caudales de Servidumbre al Zadorra.*
- Recabar información e implicar a otras Instituciones de la regulación de distintos grados de alarma por carencia de aguas.*

- *Estudiar las dificultades que entrañan la restricción de agua a una población.*
- *Iniciar una campaña publicitaria llamando al ahorro voluntario de agua.*
- *Suprimir riegos nocturnos, diurnos y consumos no fundamentales de agua.*
- *Intensificar la búsqueda y reparación de fugas en las redes Municipales. Inventariar nuestra capacidad de ahorro.*

b) 2ª Fase: (caso de no llover en febrero)

- *Formar una Comisión de seguimiento de sequía.*
- *Incrementar la campaña.*
- *Organizar jornadas de Trabajo con los responsables de los Servicios Municipales para llevar a la práctica las restricciones.*
- *Penalizar los consumos superiores a los medios que se establezcan.*

c) 3ª Fase: (a continuación de lo anterior, caso de empeorar)

- *Limitar el agua, también a la gran industria.*
- *Prolongar de forma progresiva las normas de restricción.*
- *Estudiar la explotación de las reservas "de reserva" por debajo de la cota 533.*
- *Intensificar los procesos de vigilancia de la calidad de las aguas en origen y en red.*

En estas fechas, el problema estaba ya en la calle y así el diario El Correo en su edición dominical del 5 de febrero titulada "El invierno más seco de la década". "Previsiones pesimistas".

Paralelamente el Director del Control Meteorológico del Golfo de Bizkaia D. José Ignacio Usabiaga explicaba en Deia que "las corrientes del Oeste que antes pasaban por el Golfo de Bizkaia ahora han subido hacia Gran Bretaña, lo que elimina el efecto moderador y crea situaciones de bloqueo con periodos muy prolongados de tiempo estable". Añadía "dudo que en los últimos 60 años se haya dado una situación climática parecida".

Inventario de la capacidad de ahorro y primeras actuaciones

La primera fase del referido plan contemplaba la realización de un inventario de la capacidad de ahorrar agua. Otras ciudades disponen de grandes áreas que son regadas, y su limitación puede resultar un interesante yacimiento. Nosotros podríamos limitar las servidumbres al Zadorra, lo que constituiría nuestra principal fuente de ahorro, como pudo demostrarse.

Analizando todas las posibilidades se llegó a la conclusión que las posibilidades de ahorro eran muy limitadas y deberían realizarse tratando de ir cambiando la cultura en el uso personal del agua y que las posibles restricciones podrían cubrir dos aspectos de los que no se tenía experiencia reciente: uno, el fundamental, ser ejemplarizantes para fomentar el ahorro y ser solidarios con otras Instituciones, y otro, "recuperar" parte de las fugas de las redes mediante

cortes nocturnos, siempre que estos hipotéticos ahorros no fueran desagradablemente contrarrestados por acopios que luego no serían utilizados o por roturas de tuberías consecuencia de las maniobras de redes. Se presumía el efecto testimonial de los indicados cortes. Sin embargo, se pensaba que la gran industria podría autorrestringirse, y comprometerse a ahorrar los porcentajes, que a la vista de la situación fuera preciso intentar.

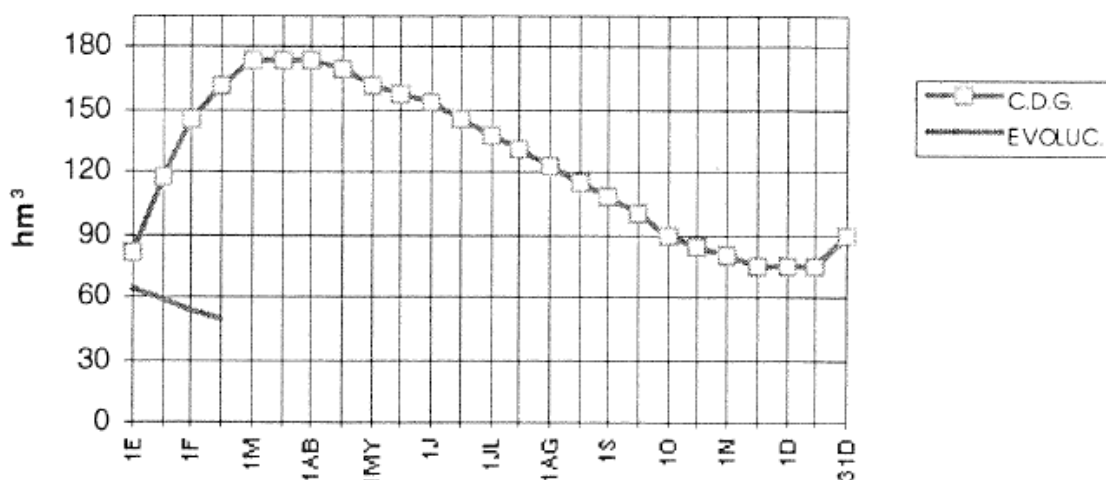
Con todas estas ideas, nunca se pensó entonces conseguir ahorros superiores al 20%, respecto a los consumos que se realizaban en septiembre de 1988, que fueron tomados como base para el cálculo.

También fueron elaborándose los primeros modelos de simulación para a la vista de las aportaciones interanuales y de los ahorros en los consumos, determinar hasta donde podríamos llegar.

El día 22 de febrero de 1989 se llevó a efecto la primera reunión Interinstitucional con la Confederación Hidrográfica del Ebro. Los embalses del Zadorra almacenaban 48 hm³. La reunión se celebró en Vitoria. Se acuerda reducir los caudales de servidumbre de los ríos del Zadorra "al mínimo compatible con las necesidades y compromisos de otros usuarios de aguas abajo". Simultáneamente se compromete una campaña para ahorrar agua, solicitando además la colaboración de los municipios para limitar los riegos.

Estaban en marcha las primeras medidas del plan establecido 16 días atrás.

Evolution embalses del Sistema Zadorra a comienzos de 1989



Las lluvias de marzo y abril de 1989 y nuevo análisis de la situación

Las medidas adoptadas habían conseguido una cierta mentalización y supusieron en su conjunto un ahorro (sin considerar la reducción de las servidumbres que no tenía carácter oficial) de

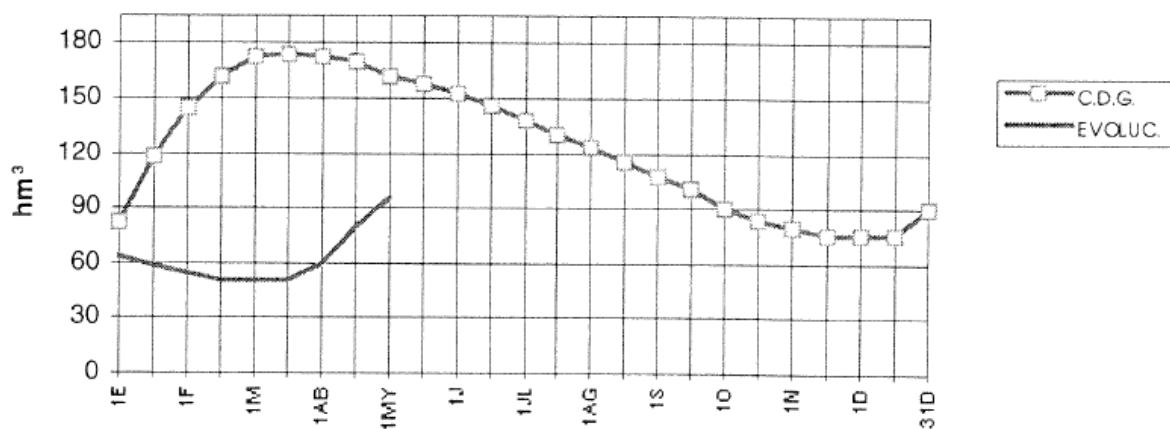
escasamente un 5%. Desde agosto de 1988, habíamos atravesado otros dos "veranos secos". ¿Qué nos traería la primavera?

Los últimos días de febrero y primeros de marzo se manifiestan lluvias que hacen cambiar la tendencia. Se contabilizan un total de 30 hm³ lo que hace que las reservas del Zadorra mejoren hasta los 60 hm³. No se baja la guardia puesto que la situación es difícil ya que harían falta otros 110 hm³ para alcanzar la garantía. El mes de abril se comporta excepcionalmente y aporta 60 hm³ llegando los embalses a disponer al final de abril casi 100 hm³ en el Zadorra y llenándose Ordunte, que había llegado a disponer 8 hm³ el 25 de febrero.

Conscientes que afrontar el verano con esta reserva, más propia de septiembre, era anormal, se intensificaron las acciones en la convicción que sería inevitable imponer restricciones en el octubre inmediato.

También se constató que una nueva referencia hidrológica estaba haciendo presencia e implicaría a corto plazo una revisión de la curva de garantía. Esta revisión debería ser conceptual además de estadística.

Evolution embalses del Sistema Zadorra hasta el 1 de Mayo de 1989



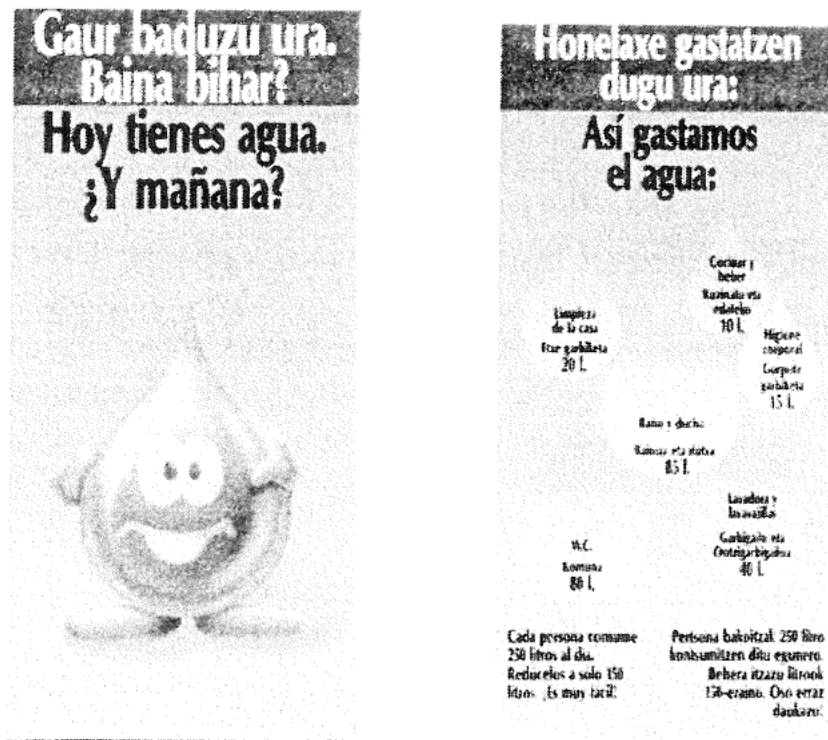
Se intensifican las campañas publicitarias

Se diseñaron varios tipos de "slogans", dando consejos para reducir el consumo de agua, llevándose a efecto una distribución domiciliar de folletos, exposición de carteles en cabinas telefónicas, paradas de autobuses, TV, anuncios en diarios locales, radios, etc.

La campaña se completó con la distribución de pegatinas con los mismos criterios, en escuelas y principales centros de producción. Las acciones pretendían un mejor uso del agua, pero sin caer en exagerados pesimismos. Se definieron formas agradables y no excesivamente alarmistas. Los ahorros que se consiguieron con la campaña no pasaron del 2 %. Esta se desarrolló a lo largo de los meses de Abril, Mayo y Junio.

Una campaña más agresiva se llevó a cabo sostenidamente a partir del otoño de 1989. Basaba su mensaje en una frase que se hizo célebre: "CUIDEMOS EL AGUA HASTA LA ÚLTIMA GOTTA". Infinidad de llamadas telefónicas a los distintos centros de recepción de llamadas del CABB, denunciaban abusos en el uso del agua de usuarios y en ocasiones ofrecían colaboración para tratar de aportar soluciones en general irrealizables o poco eficaces.

Se presentan a continuación algunos de los carteles que se diseñaron.



Restricciones de usos a los usuarios

En junio de 1989, coincidiendo con el final de la campaña publicitaria, se acordaba solicitar de todos los Ayuntamientos la adopción de aquellas medidas que, sin afectar directamente a los usuarios, permitieran una reducción del consumo de agua limitando los usos tales como riegos de huertas, parque jardines, viales, etc.

Es destacable la prohibición de limpieza de coches, camiones u otros vehículos, con agua tomada de las redes, salvo el caso de empresas profesionales especialmente dedicadas a estas actividades. Estas medidas, unidas a la campaña publicitaria, arrojaron un ahorro estimado de un 4%.

Era frecuente observar a lo largo de toda la duración de las restricciones a los servicios municipales, cargar agua de los arroyos y pozos y rotular en sus cisternas el cartel de "Agua no potable".

Paralelamente se comenzó a organizar un servicio de aljibes y de asistencia técnica para resolver consultas a particulares acerca de las posibilidades (era ya presumible la implantación de restricciones) de instalación de depósitos, aspecto que más adelante cobraría una palpitante actualidad.

Reducción de los caudales de servidumbre al Zadorra

Estas reducciones ya se habían producido discretamente según lo acordado en la primera reunión con la C. H.E. el 22 de Febrero de 1988. La persistencia de las condiciones climatológicas de sequía en varias cuencas hidrográficas, obligó al Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo a dictar el Real Decreto 798/1989, de 30 de junio, por el que se adoptan medidas excepcionales para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos al amparo del artículo 56 de la L.A.

Este Real Decreto afectaba a las siguientes cuencas: Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Segura y Ebro, lo que demostraba la generalización de la sequía. Se facultaba a las Juntas de Gobierno de las Confederaciones Hidrográficas afectadas, para establecer reducciones en las dotaciones de agua para una racional distribución de los escasos recursos, así como para realizar obras de emergencia, etc.

Esta disposición permitió a la indicada C.H. del Ebro a reducir en 500 l/s los caudales de servidumbre de los embalses del Zadorra.

Se inician las restricciones duras

El 4 de octubre de 1989, la Asamblea General del CABB acuerda establecer restricciones en el suministro de agua a los municipios e industrias conectados a las redes primarias, facultándose a la Presidencia su progresiva aplicación, así como cuantas acciones procediesen en orden a la mejor implantación de las medidas.

Simultáneamente, Aguas Municipales de Vitoria, S.A. adopta un acuerdo idéntico. Estas medidas nunca afectaron a los grandes sectores productivos que se autoimponían las limitaciones, si bien eran controladas diariamente por los equipos de control establecidos a tal fin. El primer horario de corte establecía un tiempo sin servicio de 6 horas, desde las 0 horas hasta las 6 de la mañana. Fue aplicado hasta el 5 de noviembre. A partir de esta fecha se amplía el horario a 8 horas sin servicio adelantándose los cortes a las 22 horas, pero manteniendo el horario anterior los días festivos.

Para maniobrar, regular, cerrar, abrir, controlar y medir consumos en los contadores de la red primaria, etc, era preciso visitar diariamente unos 300 puntos, algunos de ellos con poca accesibilidad. Se crearon unas brigadas de maniobras a las que hubo que contratar y adiestrar. Un total de 38 operarios, con horarios adaptables a la situación de cada momento se responsabilizaban de la ejecución material de las operaciones. Diariamente cumplimentaban un

parte de incidencias y actuaban en un escenario geográfico de 18x10 km. Las consignas fundamentales eran las siguientes:

- Tomas a depósito: Regular la válvula de entrada para conseguir el nivel de reducción establecido. Aparecen dificultades por falta de regulación.
- Tomas directas: Cerrar a la hora convenida restituyendo el servicio con la suficiente antelación para llenar puntos altos de las redes primarias que podrían haberse quedado vacías. De esta forma la restitución del servicio en la red municipal sería mucho más efectiva.
- Tomas por bombeo: Limitar los horarios de forma que las bombas funcionaran las horas equivalentes al ahorro acordado.

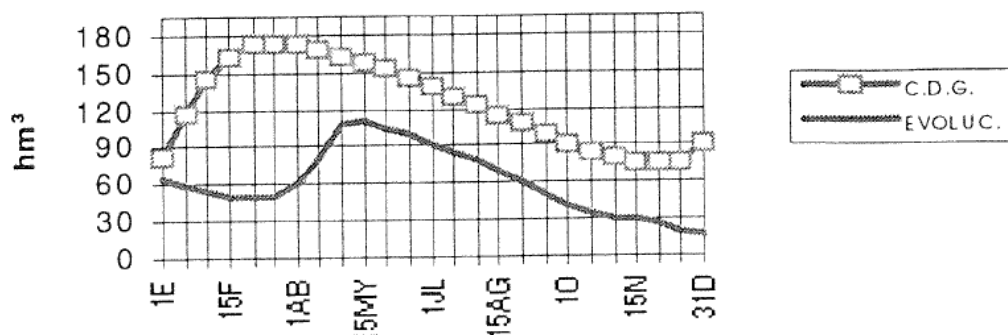
En todo caso estas brigadas debían coordinar su labor con el personal municipal encargado de la ejecución de los cortes en las respectivas redes locales.

En la estación de tratamiento de Venta Alta, centro de control del abastecimiento, se trataban los caudales medios que imponía el nivel de reducción. Se apreciaban grandes fluctuaciones a la salida del depósito. El final 1989 se caracterizó por un drástico endurecimiento de las horas de restricción. Los ahorros eran calculados respecto a los consumos habidos en septiembre de 1989 debidamente homogeneizados fueron los siguientes:

Concepto	Horario sin servicio	% de ahorro
Domestico	De 0 a 6h. Octubre 1989	10 al 15
Domestico	De 22 a 6h. Noviembre 1989	15 al 20
Domestico	De 21 a 6 h. Diciembre 1989	20 al 22
Industrial	Voluntario en Octubre	20
Industrial	Voluntario Nov.-Dic.	25 al 30

En la figura siguiente se presenta la evolución de las reservas de agua del Zadorra, que al 31 de diciembre eran de tan solo 15 hm³.

Evolucion embalses del Sistema Zadorra en 1989



Con el inicio de estas medidas en octubre de 1989 se entiende necesario crear un servicio que resolviera las reclamaciones y atendiera con profesionalidad al usuario, coordinando acciones con los servicios de explotación. Realizó una eficiente labor poco conocida e insuficientemente valorada. Asumió la responsabilidad de "dar explicaciones" que en muchas ocasiones eran poco convincentes.

Campaña de detección y reparación de fugas de agua en su primera fase

El CABB asume competencias directas en la red primaria pero no en las redes de distribución, correspondiendo a los municipios respectivos la explotación y mantenimiento de las redes locales. Sin embargo ante esta situación era necesario establecer una política supramunicipal que intensificara las acciones encaminadas a detectar y reparar las fugas de agua en las distribuciones como una operación más de la lucha contra la sequía.

Por ello el CABB acordó destinar los fondos del "Plan de Ayudas" a tales fines. Se puso en marcha una campaña intensiva con dos años de duración con el objetivo de recuperar hasta un 10 % del volumen suministrado. Este plan se puso en marcha hacia noviembre de 1989.

Las obras de emergencia y su planteamiento

Simultáneamente a todas estas acciones, ya desde el otoño de 1989, los servicios técnicos del CABB y AMVISA estudiaron alternativas de abastecimiento desde cuencas independientes de las que integraban los sistemas actuales. Se llevaron a efecto más de 15 proyectos de captación con un presupuesto estimado de 4.000 millones de pesetas.

Las actuaciones en la cuenca Norte se inyectarían directamente a la conducción general Undúrraga-Venta Alta y a la conducción general Ordunte-Elejabarri, propiedad del Ayuntamiento de Bilbao. Se pretendía conseguir un efecto positivo por cuanto que se atendería la demanda con agua sin regulación, amortiguando la detracción de agua embalsada. Las actuaciones en la cuenca Ebro, introducirían agua en los embalses del Zadorra e incrementarían la capacidad de almacenamiento.

Estas obras ayudarían a recuperar la normalidad pero su efectividad tendría que estar basada en que comenzara a llover pero ahora se contaría con una cuenca captada de más superficie y por lo tanto más rica en agua. Se indican las obras de emergencia que fueron puestas en servicio.

Actuación	Cuenca
<i>Escorrentías Arratía</i>	Norte
<i>Bombeos del kadagua</i>	Norte
<i>Cotorrio Barbadún</i>	Norte (aguas industriales)
<i>Bolintxu</i>	Norte
<i>Bombeo del Zayas</i>	Ebro
<i>Nacadero de Araia</i>	Ebro
<i>Bombeo de Nanclares</i>	Ebro

Actuación	Cuenca
<i>Bombeo del Bayas</i>	<i>Ebro</i>
<i>Bombeo del Ega</i>	<i>Ebro</i>
<i>Captación del Uyar</i>	<i>Ebro</i>
<i>Aguas subterráneas</i>	<i>Ebro (prospecciones)</i>
<i>Bombeo Nervión</i>	<i>Norte</i>
<i>Reutilización aguas residuales</i>	<i>Galindo</i>

Se intensifican las restricciones

La situación existente al inicio de 1990 llevó al CAB y AMVISA a la implantación de restricciones ya muy severas. Así el 2 de enero los cortes del suministro se realizaban desde las 18 hasta las 6 horas del día siguiente. Es decir 12 horas sin suministro de agua. Estas prolongadas restricciones estaban en el límite técnico compatible con los tiempos de corte y restitución del servicio, sobre todo en municipios con redes arteriales de diámetros importantes. Muchísimas zonas quedaban sin presión y las bocas de riego abiertas lo que constituía un peligro para la calidad de las aguas.

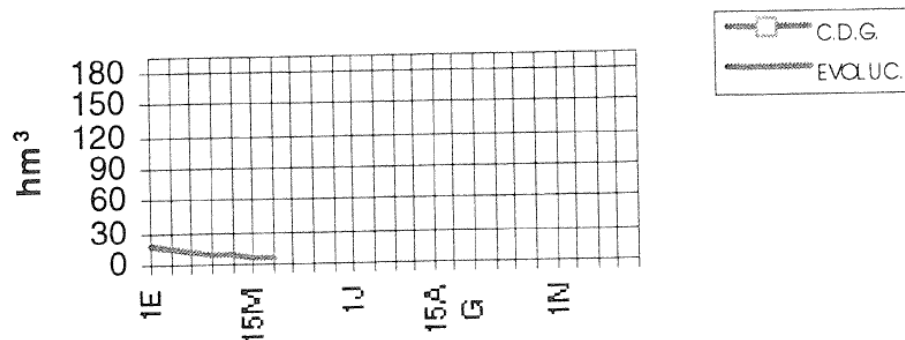
El día 2 de febrero el CABB aprueba unas "Normas de aplicación para usuarios de agua de los Municipios Consorciados y con Convenio". Los modelos de simulación establecidos para realizar el seguimiento con distintas hipótesis y distribución de aportaciones indicaban recomendable superar el 45 % de nivel de restricción para garantizar el no vaciado de los embalses (disponíamos de una reserva de unos 10 hm³ bajo la cota 533).

Los efectos de estas intensas y prolongadas restricciones arrojaron los siguientes resultados:

Concepto	Horario sin servicio	% de ahorro
<i>Doméstico</i>	<i>De 18 a 6 h. Enero 1990</i>	<i>25 a 30</i>
<i>Doméstico</i>	<i>Idem. Incluso festivos. Febrero 1990</i>	<i>30-32</i>
<i>Doméstico</i>	<i>Idem. marzo-abril 1990</i>	<i>20 25 (lluvias en abril)</i>
<i>Industrial</i>	<i>Voluntario en enero 1990</i>	<i>40</i>
<i>Industrial</i>	<i>Voluntario febrero-abril</i>	<i>44 a 50</i>

En la figura siguiente se indica la evolución de los embalses del sistema Zadorra hasta el 1 de abril de 1990, cuando almacenaban tan solo 5 hm³ por encima de la cota 533.

Evolucion embalses del Sistema Zadorra hasta el 1 de Abril de 1990



En esta figura no aparece la "Curva de Garantía" que era motivo de una profunda revisión. Es destacable en este complejo proceso que el número de averías fue menor que el previsto, si bien los quince primeros días fueron desalentadores e hicieron presagiar la imposibilidad técnica de la implantación de restricciones. Eran las roturas de aquellos puntos débiles asentándose posteriormente el nº de intervenciones a una media de 10 diarias después de la apertura de las válvulas de la red. El nº de km. estimados para el conjunto de la misma es de 2000 aproximadamente. Las maniobras eran realizadas con tacto y profesionalidad.

Hubo dificultades en la dosificación de esterilizantes, dándose una considerable dispersión en el contenido de cloro residual en red. Las maniobras con cortes de 12 horas entendimos saturaban la capacidad de ahorro y colmaban la paciencia de los usuarios. Pasar a las 16 horas de restricción hubiera sido muy difícil y con poca ganancia en los ahorros en importantes sectores de la comunidad.

Era muy ilustrativo observar las curvas de modulación horaria de los consumos a la salida de la planta donde los efectos de los acopios propios de las horas anteriores a los cortes podrían hacer presagiar la intensidad del ahorro del día siguiente.

Segunda fase de la campaña de detección y reparación de fugas

Durante 1990 se inspeccionaron 882 km de tuberías con un total de 1278 fugas localizadas y reparadas. Intervinieron tres empresas de auscultación de redes y otras tres expertas en la urgente reparación de averías en suelo urbano.

Este esfuerzo supuso al final del plan (1991) economizar un volumen equivalente a mas de 200 litros por segundo, es decir, casi el 5 % del consumo total de agua en el Área Metropolitana de Bilbao

Las obras de emergencia: su realización y explotación

Para dar cobertura legal a las obras de emergencia el Ministerio Obras Públicas y Urbanismo publicó el Real Decreto 296/1990 de 2 de marzo, por el que se adoptaban, al amparo del artículo 56 de la L.A., medidas excepcionales para atender al abastecimiento de agua en el País Vasco. Este real Decreto contemplaba en síntesis, las siguientes actuaciones:

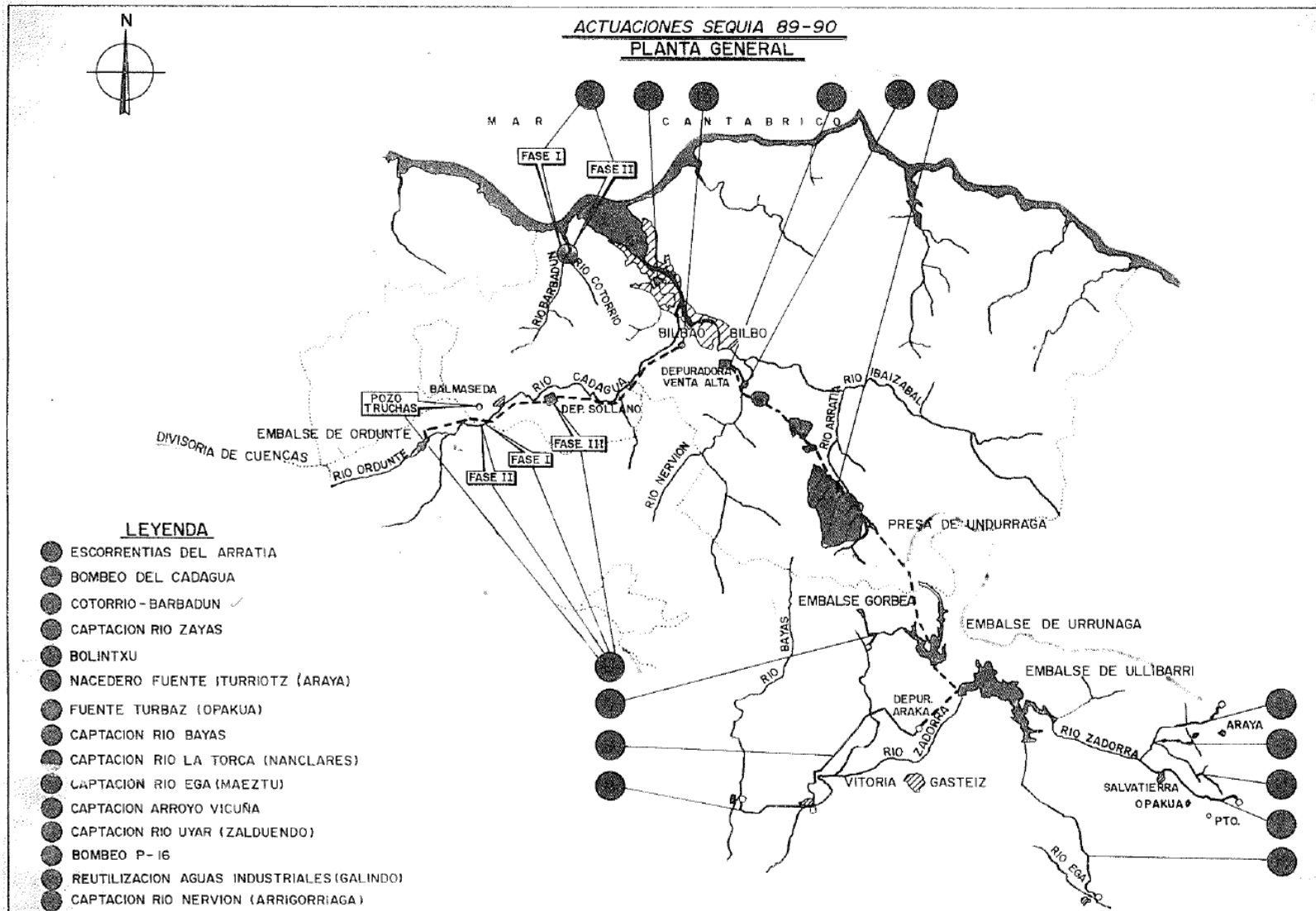
- Las Confederaciones Hidrográficas del Ebro y Norte autorizan captaciones de aguas superficiales o subterráneas.
- El plazo de autorización es hasta el día 31 de Diciembre de 1991
- Son beneficiarios de estas medidas los titulares de los abastecimientos, quienes se comprometen a las oportunas indemnizaciones.
- Las obras quedarán de titularidad de las Confederaciones.
- Se arbitrarán procedimientos excepcionales de contratación.

Fue precisa una perfecta coordinación entre el CABB y AMVISA y también con el Ayuntamiento de Bilbao en los bombeos del Kadagua, para lograr esta puesta en servicio a lo largo de 1990. El cumplimiento de los objetivos propuestos y su realización en el mínimo plazo posible con todos los inconvenientes derivados de la especial gravedad de la situación, supuso un esfuerzo en cuanto a labores de planificación, coordinación, dirección y ejecución de proyectos y obras por parte de todas las personas y organismos implicados, siendo de justicia destacar el apoyo decidido de las Confederaciones, la colaboración y comprensión de los municipios y particulares afectados por las obras y la entrega del personal de las obras. Estas superaron los 7.000 millones de pesetas de inversión y su financiación fue a cargo del Gobierno Central, el Gobierno Vasco, las Diputaciones Forales de Bizkaia y Álava, el Consorcio de Aguas de Bilbao-Bizkaia y Aguas Municipales de Vitoria S.A., con el siguiente desglose (valores en miles de millones de pesetas):

	Gobierno central	Gobierno Vasco	DFB	DFA	CABB	AMVISA	Total
<i>Bloque I</i>	650.000	650.000	520.000	130.000			1.950.000
<i>Bloque II</i>	350.000	322.660	258.080	64.520	800.000	200.000	1.995.260
<i>Bloque III</i>	774.311	801.651	641.368	160.342	619.448	154.862	3.151.984
<i>Total</i>	1.774.311	1.774.311	1.419.448	354.862	1.419.448	354.862	7.097.243

Las obras de emergencia de la cuenca Norte tuvieron una notable estabilidad gracias al comportamiento del río Kadagua. Las obras de emergencia de la vertiente Ebro fueron más sensibles a la pluviometría aportando eficazmente caudales con registros pluviométricos poco significativos. Los aprovechamientos de la cuenca Norte aportaron unos 25 hm³, de los cuales 12 procedieron de los bombeos del Kadagua. Los aprovechamientos de la cuenca Ebro aportaron unos 19 hm³, de los cuales 8 hm³ fueron obtenidos por bombeo.

La figura siguiente representa la implantación esquemática de las obras de emergencia.



Otras actuaciones

Del conjunto de obras de emergencia, destacan por su singularidad las siguientes: el bombeo del río Nervión, la reutilización de aguas industriales y las aguas subterráneas. La primera de ellas se planteó dentro de la Comisión Interinstitucional como una alternativa extrema de abastecimiento, dada la contaminación de este río. Su utilización quedaría condicionada a que la calidad de las aguas de captación fuera A2 y/o A3. Señalemos que la Estación de tratamiento de Venta Alta está capacitada para tratar aguas de calidad extrema, por disponer de una línea de tratamiento basada en la utilización de ozono y carbón activo. Una comisión constituida en el Departamento de Medio Ambiente del Gobierno Vasco, estableció las condiciones de utilización, mediante la fijación de caudales mínimos y un sistema de control biológico a la entrada de la planta "truchómetros". La reutilización de aguas industriales se planteó como obra de sequía pero dentro de un esquema estudiado por otros motivos. Consistía en un terciario sobre los afluentes de la EDAR de Galindo hasta un máximo de 10.000 m³/día que serían suministrados a Altos Hornos de Bizkaia. No llegó a entrar en servicio. Las aguas subterráneas, fue otra alternativa de emergencia. Lideró la operación el Ente Vasco de la Energía, el Servicio Geológico del MOPU y la Diputación Foral de Álava. Salvo la conocida e importante surgencia de la Torca de Nanclares, las aguas subterráneas no fueron un esquema de solución. Tampoco llegó a explotarse instalación alguna.

Se llevaron además otras gestiones "exóticas", como el transporte de agua por barco y la lluvia artificial. Naturalmente estas últimas y extremas alternativas fueron las de mayor efecto periodístico, en detrimento del rigor y seriedad en la información. Como anécdota curiosa, se presenta a continuación un recorte de la prensa local correspondiente al día 4 de Marzo de 1990 que difunde la noticia de rogativas en pleno centro de Bilbao.



Una procesión al templo donde la oración es rogativa de agua en pleno centro de la capital vizcaína. MALTE BARTOLOME

Varios centenares de personas rezaron ayer en Bilbao para que llueva

Rosarios para el agua

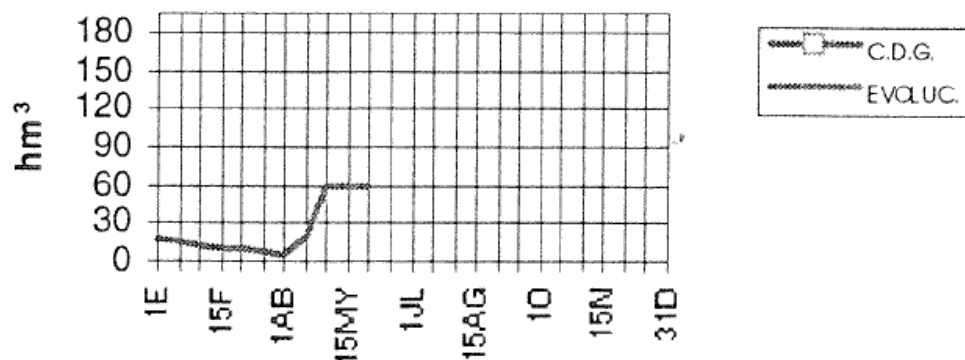
La central plaza bilbaína de Federico Mendi fue escenario en la tarde de ayer de esperanzadas rogativas a la Virgen para pedir que llueva abundantemente y así brinde en todo el País Vasco. El acto fue organizado por un sacerdote de la provincia de Leida, que aseguraba haber recibido un mensaje divino a través del cual se le comunicaba que

si el día 3 de marzo esa plaza se llenaba de gente en entera oración se aliviaría la terrible sequía. Una imagen de la Virgen de Begoña, otra de Fátima y un Corazón de Jesús presidieron las rogativas, desde un altar improvisado y frente a unas trescientas personas provistas de blancos rosarios de cera y bastante fe.

Situación del abastecimiento desde las lluvias abril hasta diciembre de 1990

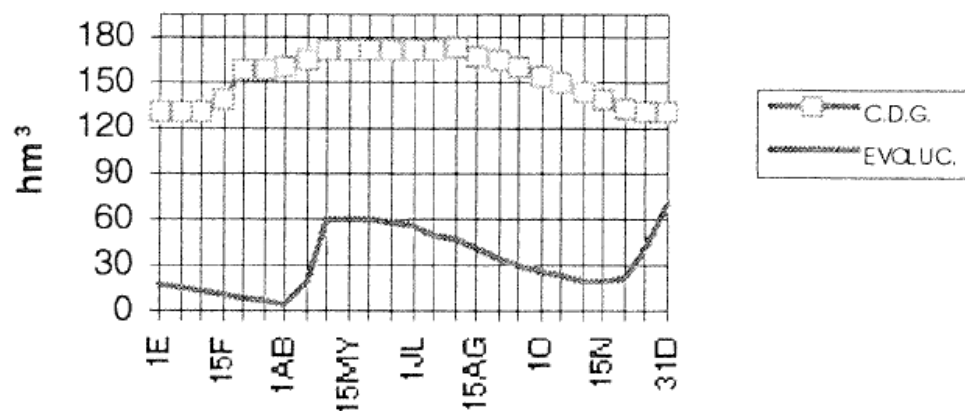
El mes de abril de 1990 es providencial y a partir del día 5 los embalses recuperan un volumen de 60 hm^3 manteniéndose las reservas hasta el 1 de Junio, tal y como se indica en la figura siguiente:

Evolution embalses del Sistema Zadorra hasta el
1de Junio de 1990



Las restricciones seguían manteniéndose con igual intensidad y las obras de emergencia aportando recursos en ambas cuencas. El 1 de Junio, no obstante el horario de corte se atrasa a las 22 horas, y el 1 de Julio el agua se corta desde las 0 horas hasta las 6 horas, intervalo que persistió hasta la finalización de las mismas. La figura siguiente representa la evolución de las reservas a lo largo del fatídico año de 1991.

Evolution embalses del Sistema Zadorra en 1990



11 CALIDAD DEL AGUA

La escasez de agua en los puntos de toma, además de la obvia limitación en la cantidad de recursos disponibles, se puede traducir también en una elevación de los contaminantes presentes en las aguas superficiales al bajar el factor de dilución de los cauces, produciéndose como primer efecto un aumento de la turbidez. Asimismo se pueden potenciar los efectos de la eutrofización existente, con saltos cualitativos en algunos casos (floraciones de algas), y, dependiendo del tipo de vertidos recibidos por el cauce, pueden aparecer diversos contaminantes en concentraciones cuya eliminación en las plantas de tratamiento puede resultar difícil o imposible.

Además, en situaciones de sequía los embalses se encuentran bajos, pudiendo darse fenómenos relacionados con el déficit de oxígeno disuelto en el agua: las condiciones reductoras aumentan la presencia de metales en solución que no se pone de manifiesto en condiciones normales, con repercusiones importantes en los caracteres organolépticos del agua.

La primera medida en estos casos es intensificar los mecanismos de control y monitorización de los parámetros que caracterizan la calidad del agua en todo el ciclo de suministro y distribución. Las alteraciones más frecuentes en el agua tratada son la presencia de color y turbidez excesivos, que provocan quejas de los usuarios, especialmente cuando se debe a la presencia de hierro y manganeso, pues producen una coloración amarillenta en la ropa blanca que no puede eliminarse por los métodos habituales. En el caso de excesos de turbidez, pueden presentarse además crecimientos bacterianos asociados, pues se dificulta mucho la acción desinfectante del cloro. En estos casos debe controlarse cualquier aumento de la polución microbiológica del agua bruta, atender al posible aumento de riesgo por el consumo de agua tratada y asegurar la dosis de desinfectante final y el tiempo de contacto para garantizar la desinfección del agua.

En lo que se refiere a las instalaciones de depuración existentes, los esfuerzos deben dirigirse a maximizar las posibilidades de tratamiento del agua, en especial para eliminar o reducir la turbidez mejorando los procesos de filtración, aumentar las posibilidades de desinfección tanto en dosis de desinfectante como en tiempo de contacto, considerar la posibilidad de tratar el agua con carbón activo en polvo, y en algunos casos cambiar los compuestos de floculación. Ante la aparición de concentraciones altas de subproductos de la desinfección, lo que puede deberse al desarrollo de algas en los embalses, no debe condicionarse nunca una correcta desinfección del agua por la formación de tales compuestos, algunos no detectables por técnicas analíticas sencillas y cuya concentración puede aumentar durante la estancia del agua en los depósitos y en la red de distribución.

Pero en una situación de sequía el objetivo principal es suministrar agua suficiente con la máxima garantía sanitaria posible, pues su falta puede generar un problema sanitario mayor que el suministro con un riesgo asumido mayor que el normal. Ello puede implicar suministrar agua que incumpla el valor establecido para algún parámetro, sobre todo de aquellos en que el riesgo esté asociado a su consumo durante un largo periodo de tiempo. Para ello deben solicitarse las situaciones de excepción de corta duración contempladas en el RD 140/2003.

En cuanto a los parámetros indicadores incluidos en el Grupo C, donde se encuentran los que con más frecuencia pueden incumplirse en una situación de sequía (color, olor, sabor, turbidez, hierro, manganeso, sodio, sulfatos, cloruros...), para los que no es posible solicitar excepción, la única posibilidad es comunicar el incumplimiento a la autoridad sanitaria que calificará el agua como “apta” o “no apta” para el consumo. Debe hacerse mención especial a la concentración de cloro residual, también incluido en este grupo, pues en estas situaciones puede ser peor mantener el valor legalmente establecido.

En situaciones de alerta es obligatorio informar a los usuarios cumpliendo los principios del RD, pero en ningún caso debe crearse una situación de alarma social que suponga un agravamiento de la situación. Son importantes las campañas de sensibilización en los medios de comunicación en cuanto a la comprensión de las deficiencias que puedan darse en el servicio. Ante estas perspectivas, no debe bajarse la guardia sino potenciar las tareas de vigilancia y control de la calidad del agua. Sobre todo es importante esta tarea en el control del agua bruta y del proceso de tratamiento, utilizando aquellos métodos que permitan dar información rápida, clara y fiable sobre la calidad del agua antes de que llegue al grifo del consumidor.

En el caso particular del Sistema AMVISA no son previsibles problemas de este tipo, dado que se cuenta con unas reservas estratégicas apreciables en los embalses del Zadorra (en la sequía del 89-90 se llegaron prácticamente a vaciar los embalses sin que se registrasen problemas graves de calidad) y el concurso del acuífero de Subijana como obra de emergencia, con una calidad contrastada. La ETAP de Araka cuenta además con una capacidad de depuración muy superior a la media del agua afluente en explotación normal (las cargas contaminantes aguas arriba de Ullibarri no son muy elevadas) por lo que es capaz de adaptarse sin excesivas complicaciones a un eventual deterioro de la calidad.

En cualquier caso, sería recomendable aumentar la frecuencia de los análisis físico-químicos y bacteriológicos en origen o a la entrada de planta cuando se sobrepase el umbral de inicio de sequía.

12 RELACIONES EXTERIORES

A continuación se presentan las personas y modos de contacto de los distintos organismos externos que guardan relación con la gestión de una posible emergencia en el sistema de suministro de AMVISA:

ORGANISMO	PERSONA DE CONTACTO	DIRECCIÓN	TELEFONO DE CONTACTO	CORREO ELECTRÓNICO
Confederación Hidrográfica del Ebro	Comisario de Aguas	Paseo de Sagasta 24-26 (50071) Zaragoza	976 711 000	
Consortio de Aguas de Bilbao-Bizkaia	Presidente/Gerente	San Vicente, 8 - Edificio Albia I (48001) Bilbao	944 873 100	
Iberdrola	Director de Explotación	Cardenal Gardoqui, 8 (48008) Bilbao	944 151 411	
Agencia Vasca del Agua	Director	Parque Tecnológico de Miñano Albert Einstein, 46-3ª planta 01510 Miñano Mayor (Álava)	945 011 700	
Diputación Foral de Álava	Diputado de Medio Ambiente	Plaza de la Provincia, s/n (01001) Vitoria-Gasteiz	945 181 818	
Diputación Foral de Bizkaia	Diputado de Medio Ambiente	Alameda Rekalde, 30 (48009) Bilbao	944 068 000	
Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz	Alcalde	Plaza de España, 1 (01001) Vitoria-Gasteiz	945 161 616	
Ayuntamiento de Bilbao	Alcalde	Plaza Ernesto Erkoreka, 1 (48007) Bilbao	944 204 200	
Ayuntamiento de Legutiano	Alcalde	Carmen, 10 (01170) Legutiano	945 455 010	
Ayuntamiento de Arrazua-Ubarrundia	Alcalde	Uribea, 12 (01520) Arrazua-Ubarrundia	945 299 516	
Ayuntamiento de Zigoitia	Alcalde	Bengolarra, 1 (01138) Zigoitia	945 464 041	
Osakidetza	Director General	Álava, 45 (01006) Vitoria - Gasteiz	945 006 000	

13 ACTUALIZACIÓN Y REVISIÓN DEL PLAN

El presente Plan de Emergencia debe constituir un documento permanentemente actualizado y operativo para su uso por todos los agentes implicados en la gestión de una sequía o avería grave en el sistema de abastecimiento al Área Metropolitana de Vitoria, tanto internos como externos a la organización de AMVISA, debiendo disponer en todo momento de ejemplares idénticos.

Para cumplir este objetivo se plantea la existencia de dos niveles de adecuación temporal y que son:

- Actualización ordinaria, consistente en la puesta al día de los elementos “volátiles” del Plan, fundamentalmente de los directorios de personal y que debe ser llevada a cabo anualmente. En ningún caso conlleva modificaciones en los principios básicos de Plan como umbrales, medidas, etc. No requiere comunicación por parte del titular a los organismos implicados.
- Revisión: en la que se replanteen, a la luz del conocimiento obtenido de la explotación real del sistema y de eventuales emergencias declaradas, aspectos fundamentales contenidos en el Plan. Estos cambios sustanciales necesitan de su comunicación por parte del titular a los organismos implicados.

En general, deberá preverse la revisión del Plan al menos cada 5 años o cuando se produzca alguna circunstancia concreta que haga sospechar su incorrecto funcionamiento o que altere de manera sustancial las condiciones reales del sistema de suministro. Entre éstas habrán de considerarse las siguientes:

- Modificación en la infraestructura de captación del recurso con la incorporación de nuevas fuentes de suministro o el descarte de alguna existente
- Cambios no previstos en la evolución de la demanda
- Ocurrencia de una sequía hidrológica extrema que pueda alterar la definición estadística de umbrales
- Constatación de problemas en la aplicación de medidas correctoras
- Cambio en la legislación aplicable.

Por lo tanto, mientras que las actualizaciones anuales conducen únicamente a la confirmación o cambio de elementos específicos, las revisiones implican una nueva edición completa del documento.

Desde el punto de vista de la garantía de utilización de la edición que en cada momento se encuentra vigente, se establece una numeración correlativa tanto de las correspondientes actualizaciones como de las revisiones generales, partiendo en ambos casos de la número 0 e

iniciando de nuevo el contador de las actualizaciones cuando se produzca una nueva revisión. De esta forma una determinada edición corresponderá a la actualización Nº X de la Revisión general Nº Y, debiéndose acompañar de las fechas respectivas de ejecución de cada una de ellas.

A continuación se presenta un cuadro para el control de cada una de las actualizaciones y revisiones a efectuar durante la explotación futura del sistema:

CONTROL DE MODIFICACIONES					
Rev. Nº	Fecha	Contenido	Act. Nº	Fecha	Contenido
0	Ago 09	Edición inicial	0	Ago 09	Edición inicial