



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

máster en ingeniería
hidráulica y medio ambiente
mihma

Título del trabajo fin de Máster:

**ESTUDIO DE LA RED DE
SUMINISTRO DE AGUA DE
RIEGO DE LA C.G.R. RIEGOS DE
LEVANTE (M.I.)
ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA
DE MEJORAS**

Intensificación:

HIDRÁULICA URBANA

Autor:

JOSEP PAGÉS SÁNCHEZ

Director:

PEDRO L. IGLESIAS REY

Fecha: *SEPTIEMBRE de 2014*



Título del trabajo fin de Máster:

**ESTUDIO DE LA RED DE SUMINISTRO DE AGUA DE RIEGO DE LA C.G.R. RIEGOS
DE LEVANTE (M.I.) ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA DE MEJORAS**

Autor: **PAGÉS SÁNCHEZ, JOSEP**

Tipo	A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>	Lugar de realización	VALENCIA,
Director	PEDRO L.	Fecha de lectura	SEPTIEMBRE 2014
Codirector 1	IGLESIAS REY		
Codirector 2			
Tutor			

Resumen:

La Comunidad General de Regantes Riegos de Levante (Margen Izquierda) gestiona, mantiene y explota sus instalaciones de riego desde su puesta en marcha en el año 1923. Con el paso del tiempo se han ido sustituyendo y mejorando las diferentes instalaciones, adecuándose a la evolución de la técnica y a los recursos disponibles.

Actualmente la comunidad de regantes presenta dos grandes esquemas hidráulicos, uno para el agua de concesiones del Río Segura y otro para el agua proveniente del Trasvase Tajo-Segura.

En este trabajo se realiza un estudio de todas las infraestructuras existentes de cada uno de los sistemas de riego, sus usos y demandas. Todas las estaciones de bombeo, embalses, canales principales de distribución, tuberías, etc. son representados en diferentes modelos matemáticos realizados con el programa Epanet donde se validan los resultados obtenidos de diferentes situaciones e hipótesis mediante métodos de calibración.

Se describe el problema actual existente en la gestión de la red de riego tradicional con agua de concesiones en el que los costes de explotación se han visto incrementados desde la puesta en marcha de las nuevas instalaciones. Asimismo, se proponen diferentes alternativas y se estudia la instalación de un aprovechamiento hidroeléctrico como solución.



Abstract:

The General Watering Community Riegos de Levante (Left Bank of Segura River) manages, maintains and exploits its irrigation facilities since its inception on 1923. Almost a hundred years later they have been replacing and improving their installations, adapting to changing of technology and available resources.

Currently the watering community has two large hydraulic diagrams, depending on the source of water (Segura River or Tajo-Segura water transfer).

This study presents all existing infrastructures of each irrigation systems, their uses and demands. Pumping stations, reservoirs, distribution channels, pipelines, etc. are represented in different mathematical models made with Epanet and the results obtained in the program can be checked and calibrated with different methods.

Is presented the current problem on the network management of traditional irrigation in which operating costs have increased since the launch of the new facilities. Also, different alternatives are proposed and the installation of a hydroelectric plant as a solution is studied.

Resum:

La Comunitat General de Regants Regs del Llevant (Marge Esquerre) gestiona, manté i explota les seues instal·lacions de reg desde la seua posada en marxa l'any 1923. Amb el pas del temps s'han anat substituint i millorant les diferents instal·lacions, adequant-se a l'evolució de la tècnica i als recursos disponibles.

Actualment la comunitat de regants presenta dos grans esquemes hidràulics, un per a l'aigua de concessions del Riu Segura i un altre per a l'aigua provinent del Transvasament Tajo-Segura.

En este treball es realitza un estudi de totes les infraestructures existents de cada un dels sistemes de reg, els seus usos i demandes. Totes les estacions de bombeig, embassaments, canals principals de distribució, canonades, etc. són representats en diferents models matemàtics realitzats amb el programa Epanet on es validen els resultats obtinguts de diferents situacions i hipòtesi per mitjà de mètodes de calibratge.

Es descriu el problema actual existent en la gestió de la xarxa de reg tradicional amb aigua de concessions en que els costos d'explotació s'han vist incrementats des de la posada en marxa de les noves instal·lacions. Així mateix, es proposen diferents alternatives i s'estudia la instal·lació d'un aprofitament hidroelèctric com a solució.



Palabras clave: *comunidad de regantes, estación de bombeo, canales, tuberías, aprovechamiento hidroeléctrico.*

Key words: *watering community, pumping station, water channel, pipeline, hydroelectric plant.*

Paraules Claus: *comunitat de regants, estació de bombeig, canal, canonades, aprofitament hidroelèctric.*

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	1
1.1 Historia de la comunidad de regantes	1
1.2 Integrantes de la C.G.R.R.L. (M.I.)	3
1.3 Superficie de riego	4
1.4 Presentación el problema	5
1.5 Objetivo del T.F.M.	5
2. Análisis de las infraestructuras existentes	7
2.1 Tipos de riego	7
2.2 Sistema de riego tradicional con agua de concesiones.....	7
2.2.1 Captación	7
2.2.2 Canal de transporte hacia la primera elevación	9
2.2.3 Elevaciones principales.	10
2.2.4 Evolución de las infraestructuras principales.....	13
2.2.4.1 Primera elevación.....	17
2.2.4.2 Segunda elevación	20
2.2.4.3 Tercera elevación.....	23
2.2.4.4 Cuarta elevación.....	23
2.2.4.5 Quinta elevación	23
2.2.4.6 Sexta elevación de Crevillente	26
2.2.5 Canal principal.....	30
2.2.5.1 Tramo 0. Toma-Primera elevación.....	30
2.2.5.2 Tramo 1. Primera-Segunda elevación	31
2.2.5.3 Tramo 2. Segunda-Tercera elevación	32
2.2.5.4 Tramo 4. Tercera-Cuarta elevación	33
2.2.5.5 Tramo 5. Cuarta-Quinta elevación	34
2.2.5.6 Tramo 6. Quinta aérea-Sexta elevación	34
2.2.6 Canales transversales de distribución.....	35
2.2.6.1 Primer Canal de Levante	35
2.2.6.2 Segundo Canal de Levante	36
2.2.6.3 Segundo Canal de Poniente.....	36
2.2.6.4 Tercer Canal de Levante	37
2.2.6.5 Cuarto Canal de Levante.....	37
2.2.6.6 Cuarto Canal de Poniente	38

2.2.7	Elementos reguladores de la red principal.....	39
2.2.7.1	Parque Natural "El Hondo"	39
2.2.7.1.1	Historia	39
2.2.7.1.2	Hidrología del medio.....	40
2.2.7.1.3	Problemas del medio	41
2.2.7.2	Balsa de la Tercera Elevación	41
2.2.7.3	Balsa de la Cuarta Elevación	42
2.2.7.4	Balsa de la Quinta Elevación	43
2.2.8	Telecontrol de las instalaciones	44
2.3	Sistema de riego tradicional con agua del A.T.S.....	45
2.3.1	Esquema hidráulico de funcionamiento.....	45
2.3.2	Infraestructura dañada	46
2.4	Sistema de riego modernizado	49
2.4.1	Embalse regulador	49
2.4.2	Tuberías principales	52
2.4.3	Estación de filtrado	52
2.4.4	Red secundaria de tuberías	54
2.4.4.1	Cabeceras de sector.....	56
2.4.4.2	Hidrantes.....	56
2.4.5	Telecontrol de las instalaciones	57
2.5	Infraestructura eléctrica.....	59
2.5.1	Antecedentes	59
2.5.2	Descripción general de la red eléctrica	59
3.	Funcionamiento del sistema	61
3.1	Introducción	61
3.2	Sistema de riego tradicional con agua de concesiones.....	61
3.3	Sistema de riego tradicional con agua del A.T.S.....	62
3.4	Simultaneidad de usos	62
3.4.1	Situación 1	63
3.4.2	Situación 2	65
3.5	Sistema de riego modernizado	67
3.6	Análisis del coste del agua.....	68
4.	Análisis de la demanda	69
4.1	Agua de concesiones	69
4.2	Agua del A.T.S.....	71

4.3	Distribución por canales.....	74
4.3.1	Primer Canal de levante.....	74
4.3.1.1	Segundo Canal de Levante	75
4.3.1.2	Segundo Canal de Poniente.....	76
4.3.1.3	Tercer Canal de Levante	77
4.3.1.4	Cuarto Canal de Poniente_Crevillente	81
4.3.1.5	Cuarto Canal de Poniente_Orihuela	82
4.4	Riego modernizado	83
5.	Problemática actual en el sistema de distribución de riego de agua de concesiones	84
5.1	Rotura galería 2ª a 4ª Elevación	84
5.1.1	Reparación de urgencia	85
5.1.2	Proyecto elevaciones 2ª a 4ª.....	86
5.1.2.1	Antecedentes.....	86
5.1.2.2	Limitaciones y condicionantes.....	87
5.1.2.3	Diseño de la solución	93
5.1.2.4	Nuevo esquema hidráulico	101
5.1.2.5	Otras mejoras.....	101
5.2	Tarifa eléctrica	102
5.2.1	Tarifa contratada originalmente.....	102
5.2.2	Facturación	103
5.2.3	Excesos de potencia	103
5.2.4	Nueva tarifa eléctrica provisional.....	104
5.3	Falta de nº de horas de bombeo en P-6.....	105
6.	Modelo matemático del sistema.....	106
6.1	Fases de generación del modelo	106
6.1.1	Recopilación de la información	106
6.1.1.1	Tuberías	106
6.1.1.2	Depósitos y balsas.....	107
6.1.1.3	Bombas	108
6.1.1.4	Demandas.....	108
6.1.1.5	Elementos de regulación	109
6.1.1.6	Consignas	109
6.1.2	Esqueletización de la red	110
6.2	Comprobación de resultados y validación del modelo.....	112
6.2.1	Bombeo a la cuarta elevación.....	112

7. Medidas adoptadas para tratar de paliar el déficit estructural	114
7.1 Traspaso de caudales entre balsas	114
7.2 Bombeo de carácter excepcional en periodos punta	118
8. Propuesta de soluciones y análisis de alternativas	120
8.1 Ampliación o construcción de nuevos elementos de regulación.....	120
8.1.1 Modelo de explotación diario.....	120
8.1.1.1 Hipótesis previa.....	120
8.1.1.2 Situación real	123
8.1.1.3 Hipótesis con depósito de mayor capacidad.....	126
8.2 Búsqueda de una fuente adicional de suministro eléctrico	128
9. Utilización de turbinas como fuente de suministro eléctrico	129
9.1 Esquema planteado	129
9.2 Tipología del aprovechamiento.....	129
9.3 Elementos de obra civil del aprovechamiento.....	130
9.3.1 Embalse de cabecera	130
9.3.2 Toma	130
9.3.3 Tuberías	131
9.4 Parámetros de diseño	131
9.4.1 Salto	131
9.4.2 Caudal de equipamiento	132
9.4.3 Selección de la turbina a instalar	139
9.5 Potencia de la central	140
9.6 Modelo matemático del sistema implementado con el aprovechamiento hidroeléctrico.....	141
9.6.1 Embalse de Crevillente	141
9.6.2 Red de tuberías	141
9.6.3 Estación de filtrado	142
9.6.4 Balsa de la Quinta Elevación.....	142
9.6.5 Turbina	143
9.6.6 Demandas.....	144
9.6.7 Esqueletización de la red	147
9.7 Resultados obtenidos	148
10. Evaluación de la solución propuesta.....	150
10.1 Identificación y evaluación de los costes de construcción.....	150
10.2 Identificación de beneficios	151
10.3 Valoración del beneficio obtenido	151

11. Legislación eléctrica aplicable. Ley 24/2013.....	154
11.1 Antecedentes	154
11.2 Disposiciones generales. Artículo 9: autoconsumo de energía eléctrica	155
11.3 Encaje legal de la solución adoptada	155
12. Conclusiones	157
13. Referencias bibliográficas	158

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Azud y Molino de San Antonio.....	7
Ilustración 2. Toma inicial.....	8
Ilustración 3. Esquema hidráulico en la toma inicial.....	8
Ilustración 4. Vista del azud y la captación.....	9
Ilustración 5. Azarbes de drenaje y canal de transporte.....	10
Ilustración 6. Bomba original conservada en museo.....	11
Ilustración 7. Bombas verticales instaladas a principios de los años 80.....	12
Ilustración 8. Primera Elevación y bombas existentes.....	17
Ilustración 9. Vista general de la instalación, nueva tubería instalada en el canal y bomba sumergible durante su instalación.....	20
Ilustración 10. Instalación en Quinta Elevación Aérea.....	24
Ilustración 11. Galería reversible.....	26
Ilustración 12. Colectores de impulsión a la salida de las bombas actuales.....	27
Ilustración 13. Vista aérea de los embalses del P.N. del Hondo.....	39
Ilustración 14. Centro de telemando.....	44
Ilustración 15. Llenado desde la red de modernización.....	46
Ilustración 16. Fotografías de la arqueta de rotura de carga anterior a la balsa de la Cuarta Elevación.....	47
Ilustración 17. Fotografías del dique y toma flotante.....	51
Ilustración 18. Vista del interior de la arqueta con válvulas de sobrevelocidad.....	52
Ilustración 19. Vista general de la estación de filtrado de la Quinta Elevación.....	53
Ilustración 20. Colectores de derivación y valvulería se seccionamiento.....	54
Ilustración 21. Cabecera de sector con válvulas automáticas.....	56
Ilustración 22. Arqueta de hidrante. Válvula automática, contador y telecontrol.....	57
Ilustración 23. Imágenes del sistema de telegestión.....	58
Ilustración 24. Desprendimientos en galería Segunda-Tercera.....	85
Ilustración 25. Reparación de urgencia de muros y solera.....	86
Ilustración 26. Fotografías de la tubería en canal previo picado para aumentar sección.....	88
Ilustración 27. Fotografías tubería instalada en by-pass de galería.....	89
Ilustración 28. Tubería y útil de carga.....	90
Ilustración 29. Fases de carga.....	91
Ilustración 30. Fases de transporte y colocación.....	92
Ilustración 31. Curva del sistema bombeando a la Tercera Elevación.....	96
Ilustración 32. Curva del sistema bombeando a la Cuarta Elevación.....	97
Ilustración 33. Vista del sistema de protección con válvulas anticipadoras de onda y ventosas.....	100

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Infraestructura hidráulica original.....	2
Figura 2. Esquema hidráulico original	11
Figura 3. Esquema hidráulico mod_1	13
Figura 4. Esquema hidráulico mod_2.....	14
Figura 5. Esquema hidráulico mod_3.....	14
Figura 6. Esquema hidráulico (hundimiento galerías)	14
Figura 7. Esquema hidráulico actual mod_4.....	15
Figura 8. Esquema en planta de las instalaciones existentes para el riego de concesiones	16
Figura 9. Curva bomba PL 7101 190 kW	18
Figura 10. Curva bomba PL 7081 100 kW	19
Figura 11. Curva bomba CP3531 680 kW	21
Figura 12. Curva bomba PL 7081 100 kW	22
Figura 13. Curva bombas CP 3602 460 kW	25
Figura 14. Curva bomba CP 3531 340 kW	28
Figura 15. Curva bomba CP 3312 140 kW	29
Figura 16. Esquema hidráulico red de riego tradicional con agua del A.T.S.	45
Figura 17. Esquema en planta de las instalaciones existentes para el riego tradicional con agua del A.T.S.....	48
Figura 18. Sección tipo del camino de servicio	54
Figura 19. Planta general de la red de modernización	55
Figura 20. Esquema eléctrico.....	60
Figura 21. Esquema general de la simultaneidad de usos. Situación 1	64
Figura 22. Esquema general de la simultaneidad de usos. Situación 2.....	66
Figura 23. Esquema general de la red de modernización	67
Figura 24. Volumen anual de agua de concesiones suministrada por año.....	69
Figura 25. Volumen anual de agua de concesiones distribuido por comunidades de base y año.....	70
Figura 26. Volumen anual de agua del A.T.S. suministrada por año.....	72
Figura 27. Volumen anual de agua del A.T.S. distribuido por comunidades de base y año	73
Figura 28. Distribución anual de agua de concesiones. Primer Canal de Levante.....	74
Figura 29. Distribución anual de agua del A.T.S. Primer Canal de Levante.....	74
Figura 30. Distribución anual de agua de concesiones. Segundo Canal de Levante ...	75
Figura 31. Distribución anual de agua del A.T.S. Segundo Canal de Levante	75
Figura 32. Distribución anual de agua de concesiones. Segundo Canal de Poniente ..	76
Figura 33. Distribución anual de agua del A.T.S. Segundo Canal de Poniente	76
Figura 34. Distribución anual de agua de concesiones. Tercer Canal de Levante.....	77
Figura 35. Distribución anual de agua del A.T.S. Tercer Canal de Levante.....	77
Figura 36. Situación actual y problemática del Tercer Canal de Levante	78
Figura 37. Esquema general propuesto para la futura modernización del Tercer Canal de Levante	79
Figura 38. Porcentaje de hidrantes activos respecto al total, desde su instalación.....	80
Figura 39. Distribución anual de agua de concesiones. Cuarto Canal de Poniente-Crevillente.....	81

Figura 40. Distribución anual de agua del A.T.S. Cuarto Canal de Poniente-Crevillente	81
Figura 41. Distribución anual de agua de concesiones. Cuarto Canal de Poniente-Orihuela.....	82
Figura 42. Distribución anual de agua del A.T.S. Cuarto Canal de Poniente-Orihuela...	82
Figura 43. Distribución anual de agua de modernización	83
Figura 44. Esquema hidráulico (hundimiento galerías)	84
Figura 45. Sección tipo de la conducción en la galería Tercera-Cuarta	90
Figura 46. Régimen permanente bombeando a la Cuarta Elevación	98
Figura 47. Envolvente de presiones tras paro repentino, sin protección.....	98
Figura 48. Evolución de las presiones en la estación de bombeo tras paro repentino, sin protección.....	98
Figura 49. Envolvente de presiones tras paro repentino, con protección	99
Figura 50. Evolución de las presiones en la estación de bombeo.....	99
Figura 51. Caudal a través de las válvulas anticipadoras de onda.....	99
Figura 52. Volumen de la bolsa de aire que ingresa en la ventosa junto a la estación de bombeo	99
Figura 53. Esquema hidráulico actual mod_4.....	101
Figura 54. Calendario energético peninsular 2014	102
Figura 55. Cubicación de la balsa de la Cuarta Elevación	107
Figura 56. Curvas reales de las bombas introducidas	108
Figura 57. Representación de los datos del caudalímetro electromagnético	108
Figura 58. Demanda asociada a una cabecera de canal.....	109
Figura 59. Representación del funcionamiento de las bombas	110
Figura 60. Modelo matemático general	111
Figura 61. Modelo matemático discretizado	111
Figura 62. Presión en la balsa antes de la calibración	112
Figura 63. Presión en la balsa después del primer ajuste.....	113
Figura 64. Presión en la balsa después del segundo ajuste	113
Figura 65. Estadísticas de calibración obtenidas por el modelo.....	113
Figura 66. Plano en planta de la arqueta de derivación situada junto a la balsa de la Tercera Elevación	114
Figura 67. Relación Kv y ángulo de apertura	115
Figura 68. Curva de pérdidas de carga introducida en el modelo	115
Figura 69. Regulación con 30° de apertura.....	116
Figura 70. Bombeo en hora punta por falta de capacidad.....	118
Figura 71. Nivel de las balsas Tercera y Cuarta con el modelo inicial	122
Figura 72. Nivel de la balsa Tercera Elevación con la situación real	124
Figura 73. Nivel de la balsa Cuarta Elevación con la situación real	125
Figura 74. Caudales aportados por las bombas	125
Figura 75. Nivel de balsa Tercera con el aumento de capacidad.....	126
Figura 76. Nivel de balsa Cuarta.....	127
Figura 77. Caudal impulsado por cada una de las bombas.....	127
Figura 78. Toma flotante y canal de descarga del Embalse de Crevillente	130
Figura 79. Distribución anual de agua del A.T.S. Tercer Canal de Levante.....	132
Figura 80. Curva de caudales clasificados en 8 horas de funcionamiento	133
Figura 81. Curva de caudales clasificados en 5 horas de funcionamiento	133
Figura 82. Curva de caudales clasificados en 4 horas de funcionamiento	133
Figura 83. Curva de caudales clasificados en 3 horas de funcionamiento	133

Figura 84. Curva de caudales clasificados en 2 horas de funcionamiento	134
Figura 85. Curva de caudales clasificados en 1 horas de funcionamiento	134
Figura 86. Curva de caudales clasificados en 3 horas de funcionamiento 2007-2013.	135
Figura 87. Curva de caudales clasificados en 2 horas de funcionamiento 2007-2013.	135
Figura 88. Curvas de caudales clasificados en 2 y 3 horas de funcionamiento Jun-Sept 2007-2013	138
Figura 89. Volumen diario medio distribuido meses junio-septiembre del periodo 2007- 2013	138
Figura 90. Ábaco de selección del tipo de turbina (Voest-Alpine)	139
Figura 91. Curva de capacidad Balsa Quinta Elevación	142
Figura 92. Curva característica de la turbina.....	143
Figura 93. Representación de los datos de los caudalímetros electromagnéticos 1L y 2L de modernización en el año 2013.....	144
Figura 94. Patrones de consumo 1L y 2L del año 2013 introducidos en el modelo anual	145
Figura 95. Patrón de consumo 3L del año 2013 introducido en el modelo anual.....	146
Figura 96. Modelo esquemático de la red	147
Figura 97. Evolución del caudal en la turbina a instalar con Q equipamiento 1,5 m ³ /s	148
Figura 98. Evolución de las presiones en la balsa de regulación del Tercer Canal de Levante	148
Figura 99. Evolución del caudal por la tubería principal de modernización	148
Figura 100. Evolución de las presiones en cabecera de los Segundos de Levante y Poniente.....	148
Figura 101. Evolución de las presiones en cabecera del Primero de Levante	149

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Hectáreas brutas actuales por comunidades de base	4
Tabla 2. Características técnicas Primera Elevación.....	17
Tabla 3. Características técnicas Segunda Elevación	20
Tabla 4. Características técnicas Quinta Elevación Aérea	24
Tabla 5. Características técnicas Sexta Elevación Crevillente	27
Tabla 6. Características técnicas tramo 1	30
Tabla 7. Características técnicas tramo 2	31
Tabla 8. Características técnicas tramo 3	32
Tabla 9. Características técnicas tramo 4	33
Tabla 10. Características técnicas tramo 5	34
Tabla 11. Características técnicas tramo 6	34
Tabla 12. Características técnicas Primer Canal de Levante.....	35
Tabla 13. Características técnicas Segundo Canal de Levante	36
Tabla 14. Características técnicas Segundo Canal de Poniente	36
Tabla 15. Características técnicas Tercer Canal de Levante.....	37
Tabla 16. Características técnicas Cuarto Canal de Levante	38
Tabla 17. Características técnicas Cuarto Canal de Poniente.....	38
Tabla 18. Ficha técnica. Balsa Tercera Elevación	41
Tabla 19. Curva de capacidad. Balsa Tercera Elevación.....	42
Tabla 20. Ficha técnica. Balsa Cuarta Elevación.....	42
Tabla 21. Curva de capacidad. Balsa Cuarta Elevación.....	43
Tabla 22. Ficha técnica. Balsa Quinta Elevación	43
Tabla 23. Curva de capacidad. Balsa Quinta Elevación	43
Tabla 24. Ficha técnica. Embalse de Crevillente	50
Tabla 25. Ficha técnica. Línea de filtrado con tipología de mallas	53
Tabla 26. Ficha técnica. Línea de filtrado con tipología de anillas.....	53
Tabla 27. Relación de presiones de trabajo en cada zona.....	56
Tabla 28. Sectorización según superficie modernizada.....	57
Tabla 29. Relación de equipos de transformación	59
Tabla 30. Precio de venta del agua en € por comunidades de base y tipología	68
Tabla 31. Distribución máxima de las aguas de la 1ª fase del Trasvase	71
Tabla 32. Funcionamiento de los equipos bombeando a la Tercera Elevación	95
Tabla 33. Funcionamiento de los equipos bombeando a la Cuarta Elevación.....	96
Tabla 34. Precios reflejados en contrato original.....	103
Tabla 35. Rugosidad absoluta asignada a las conducciones.....	107
Tabla 36. Pérdidas de carga en válvulas	109
Tabla 37. Consignas introducidas de marcha y paro de bombas.....	110
Tabla 38. Ratio energético bombeando a la Tercera Elevación	117
Tabla 39. Ratio energético bombeando a la Cuarta Elevación	117
Tabla 40. Incrementos energéticos porcentuales.....	117
Tabla 41. Secuencia de funcionamiento 17 de Junio de 2014	118
Tabla 42. Controles programados definidas en el modelo inicial	121
Tabla 43. Controles simples definidos en el modelo inicial.....	121
Tabla 44. Déficit medio previsto 17/6/2014.....	122
Tabla 45. Controles programados definidas en el modelo con la situación real.....	123

Tabla 46. Controles simples definidos en el modelo con la situación real	124
Tabla 47. Bombeo en horario fuera de P-6	125
Tabla 48. Controles programados definidas en el modelo con mayor capacidad de depósito	126
Tabla 49. Volumen disponible en balsa 5ª Elevación	135
Tabla 50. Cálculos estimativos si Q_{turb} 1,50 m ³ /s.....	136
Tabla 51. Cálculos estimativos si Q_{turb} 2 m ³ /s.....	136
Tabla 52. Cálculos estimativos si Q_{turb} 2,50 m ³ /s.....	137
Tabla 53. Rugosidad absoluta asignada a las conducciones.....	141
Tabla 54. Pérdidas de carga observadas en estación de filtrado	142
Tabla 55. Pérdidas de carga estimadas en estación de filtrado	142
Tabla 56. Rendimientos de la turbina para salto neto y décimos de caudal	143
Tabla 57. Ratios energéticos de las elevaciones.....	151
Tabla 58. Producciones obtenidas por m ³ turbinado	151
Tabla 59. Consumo anual incorporando la turbina.....	152
Tabla 60. Coste energético anual anterior a la incorporación de la turbina	152
Tabla 61. Coste energético anual posterior a la incorporación de la turbina.....	153

1. INTRODUCCIÓN

1.1 HISTORIA DE LA COMUNIDAD DE REGANTES

La Compañía de Riegos de Levante S.A. fue constituida en Madrid ante el Notario D. Camilo Ávila y Fernández y Fernández de Hinestrosa el día 5 de Junio de 1918 con la finalidad de utilizar el aprovechamiento de aguas públicas y privadas con destino a riegos y usos industriales, producción y explotación de electricidad y la explotación de las concesiones obtenidas y cualquiera otras que se puedan obtener, mediante la emisión de acciones. La 1ª de estas emisiones salió a la luz pública el día 18/XII/1918 y posteriormente, en nuevas fechas, se dieron otras ampliaciones de capital.

La Compañía tuvo, inicialmente, un carácter mixto, formada por capital español y extranjero, este último desembolsado básicamente por la Banca Dreyfus de Francia.

En este sentido, en el año 1918 y a iniciativa del ingeniero de caminos D. José María Serra y Alonso del Real se obtuvo la primera concesión para el aprovechamiento de las aguas procedentes del río Segura cerca de la desembocadura de Guardamar del Segura con un caudal de 2.500 litros por segundo. Posteriormente, el 28/III/1919 se obtuvo la concesión para el aprovechamiento de las aguas procedentes de los azarbes Señor, Reina, Culebrina, Acierto, Enmedio y Mayayo, con un caudal de 2.600 litros por segundo. Y por último, el 26 de Julio de 1922 se obtuvo la concesión para el aprovechamiento de 2.600 litros por segundo procedentes de la cola del río Segura. Todas estas concesiones fueron unificadas por decreto de fecha 9 de Febrero de 1946.

Para el aprovechamiento de estas concesiones fue necesario iniciar una obra magna de construcción de la infraestructura precisa mediante la construcción de la toma de Guardamar del Segura, el canal principal cuya extensión aproximada es de 22 km., canales de riego y distribución, seis elevaciones principales y otras secundarias. Dichas obras finalizaron en el año 1923 siendo inauguradas por S.M. Alfonso XIII quien, a su vez, fue accionista de esta Compañía.

Dada la ausencia de energía eléctrica, el proyecto llevaba asociado la construcción de una central hidroeléctrica en el término municipal de Calasparra y conocida como Central Hidroeléctrica de Almadenes. Llevaba asociada la construcción y tendido de una nueva línea eléctrica de transporte hasta el punto de suministro centralizado situado en un edificio junto a la estación del FFCC de Crevillente.

Así pues, aprovechando que la C.H. de Almadenes era fluyente, el régimen de funcionamiento de las estaciones de bombeo sería totalmente libre ya que la energía hidroeléctrica producida sería la que alimentaría al sistema de elevaciones.

Inicialmente las obras se construyeron para dotar de riego a la zona de Elche, Crevillente y Albaterra, extendiéndose posteriormente a la Huerta de Alicante y finalmente a Orihuela y su área de influencia por medio del 4º canal de poniente. Actualmente los municipios a los que dota de riego son: Orihuela, Benferri, Cox, Redovan, Callosa del Segura, Granja de Rocamora, Albaterra, San Isidro, Catral, Crevillente, Elche, Santa Pola, Alicante, Muchamiel, San Juan y Campello, en una extensión aproximada de 32.000 ha. (brutas) y 21.000 comuneros.

La Figura 1 representa la planta general de la infraestructura hidráulica original, donde se puede ver la desembocadura del Río Segura, el canal principal y los canales de distribución.

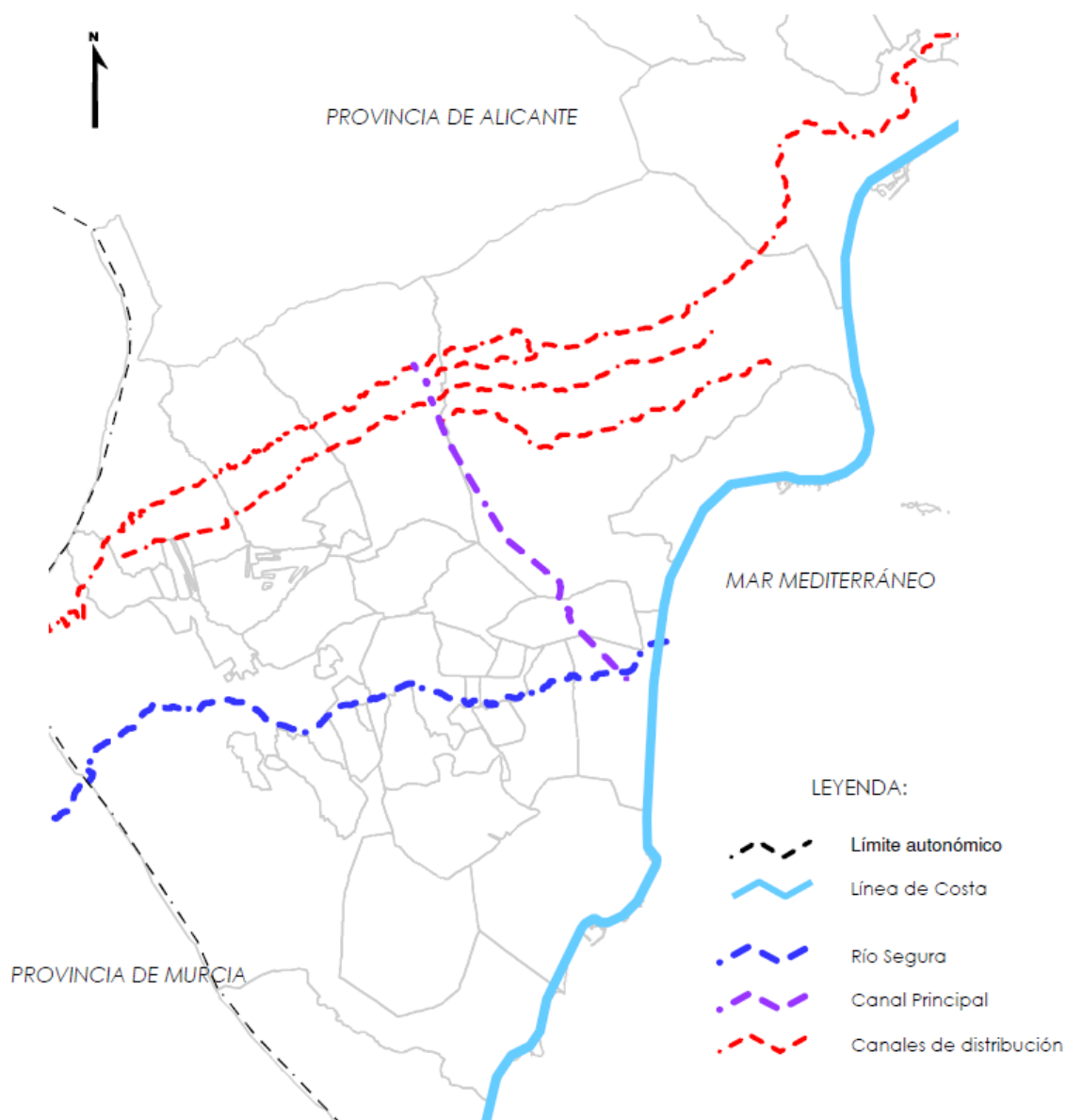


Figura 1. Infraestructura hidráulica original

Por su parte, la Comunidad General de Regantes Riegos de Levante (M.I.) -en adelante C.G.R.R.L.- fue creada por O.M. de 21 de Noviembre de 1940 y Decreto de 14 de Abril de 1942, agrupando a los propietarios y regantes que aprovechan las aguas elevadas por las instalaciones de la Compañía Riegos de Levante S.A. en la margen izquierda del río Segura para la defensa y el ejercicio de los derechos que, como usuario mantienen.

Unos años después de la Guerra Civil Española, se expropia a la Compañía de Riegos de Levante (capital judío) y se cede a Hidroeléctrica Española (actual Iberdrola).

Ante la inminencia de la llegada de los riegos procedentes del Acueducto Tajo-Segura (en adelante A.T.S.) la Comunidad se ve en la necesidad de proceder al rescate anticipado de las instalaciones, obras y concesiones de la Compañía (es decir, antes de que finalizara el plazo de la concesión administrativa - 99 años - de los que era titular la Compañía). Esto fue debido a que el Estado puso como condición para otorgar concesiones de las aguas del A.T.S. el que fueran entidades de derecho público (como las Comunidades de Regantes) por lo que se tuvo que proceder al rescate de las instalaciones de riego, quedándose la empresa eléctrica con los aprovechamientos hidroeléctricos.

Así se inicia el procedimiento de reconversión durante finales de la década de los 60 y principios de los 70 concluyendo con el otorgamiento de escritura pública de fecha 10/XII/1976 ante el notario D. José Caravias Villén en virtud de lo cual la C.G.R.R.L. adquiría los bienes, obras, derechos y obligaciones de los que la Compañía disponía en la margen izquierda del Río Segura.

1.2 INTEGRANTES DE LA C.G.R.R.L. (M.I.)

La zona de riego que domina la C.G.R.R.L. se encuentra situada en los siguientes municipios de la provincia de Alicante: Orihuela, Benferri, Cox, Redovan, Callosa del Segura, Granja de Rocamora, Albuera, San Isidro, Catral, Crevillente, Elche, Santa Pola, Alicante, Muchamiel, San Juan y Campello.

En la actualidad la C.G.R.R.L. funciona como una Comunidad General de Usuarios dividida en varias Comunidades, denominadas de Base, cuyas características generales son:

- Comunidad de Base El Canal: formada por las tierras dominadas por los canales denominados Segundo de Levante y Primero de Levante.
- Comunidad de Base Tercero de Levante: formada por las tierras dominadas por el Tercer Canal de Levante desde su cabecera en Crevillente hasta el túnel del Portichol en el municipio de Alicante.
- Comunidad de Base Sexta y Séptima de Elche: formada por las tierras dominadas por los canales denominados Sexta de Elche Levante, Sexta de Elche Poniente, Séptima de Elche Levante y Séptima de Elche Poniente. Estos canales son una derivación que se produce del Tercer Canal de Levante, a la altura del partidor 34, mediante dos elevaciones en serie denominadas Sexta y Séptima Elevación de Elche.
- Comunidad de Base Cuarto Canal de Levante y Séptima de la Peña: formada por las tierras dominadas por los canales Cuarto Canal de Levante y la Peña. Ésta última zona se encuentra en el norte de la Comunidad donde se elevan las aguas mediante una impulsión denominada Séptima Elevación de la Peña.

- Comunidad de Base de Bacarot: formada por las tierras dominadas por el Tercer Canal de Levante en la partida rural de Bacarot, en el Término Municipal de Alicante.
- Comunidad de Base del Sindicato de la Huerta de Alicante: formada por las tierras dominadas por el Tercer Canal de Levante en los Términos Municipales de Muchamiel, Campello y San Juan. Tiene una elevación intermedia.
- Comunidad de Base Crevillente: formada por las tierras dominadas por los canales Segundo Canal de Poniente y Cuarto Canal de Poniente que se encuentran en el Término Municipal de Crevillente. Además existe una franja de terreno dominada directamente desde el Canal del Trasvase Tajo Segura.
- Comunidad de Base Albalera: formada por las tierras dominadas por los canales Segundo Canal de Poniente y Cuarto Canal de Poniente que se encuentran en el Término Municipal de Albalera. Además existe una franja de terreno dominada directamente desde el Canal del Trasvase Tajo Segura.

Esta Comunidad de Base se desvinculó de la C.G.R.R.L. en el año 1994 y por lo tanto ya no computa su superficie en los derechos y obligaciones así como en el reparto del agua.

- Comunidad de Base Cuarto Canal de Poniente-Orihuela: formada por las tierras dominadas por los canales Cuarto Canal de Poniente que se encuentran en el Término Municipal de Orihuela y Rocamora. Esta última zona se encuentra en el norte de la Comunidad donde se elevan las aguas mediante una impulsión denominada Séptima Elevación de Rocamora.

1.3 SUPERFICIE DE RIEGO

Actualmente el número de hectáreas por cada una de las comunidades de base es, tal y como se refleja en la Tabla 1:

Tabla 1. Hectáreas brutas actuales por comunidades de base

COMUNIDAD DE BASE	HECTÁREAS (brutas)
EL CANAL	8.196
TERCERO LEVANTE	5.207
BACAROT	875
SEXTA Y SÉPTIMA DE ELCHE	2.418
HUERTA DE ALICANTE	1.822
CUARTO LEVANTE Y SÉPTIMA PEÑA	780

CREVILLENTE	1.972
CUARTO PONIENTE-ORIHUELA	5.581
TOTALES	26.851

Las hectáreas efectivas que se consideran teniendo en cuenta los descuentos por caminos, accesos y tierras en blanco son 25.000 Ha.

1.4 PRESENTACIÓN EL PROBLEMA

Hasta el año 2013, la comunidad de regantes tenía contratado una tarifa eléctrica que le permitía poner en funcionamiento sus instalaciones sin restricciones de horario, pudiendo elevar agua a cualquier hora y adaptándose totalmente a la demanda. A día de hoy, no se pueden asumir los costes de esta tarifa.

A este problema se le suma que la capacidad hidráulica se ha visto reducida con la puesta en marcha de una nueva instalación, ya que con las antiguas estaciones de bombeo se podían elevar mayores caudales que la actual, necesitándose por tanto más horas de funcionamiento y debiéndolo encajar dentro del nuevo tramo eléctrico contratado.

Desde la puesta en marcha de la nueva instalación en enero de 2014 se redujo el tramo horario eléctrico disponible, concentrándose en un periodo de tiempo muy reducido la capacidad de elevar el mismo volumen de agua de riego. Este cambio se debe principalmente al ajuste presupuestario en la partida de costes de explotación para poder así hacer frente a la amortización de la propia instalación.

1.5 OBJETIVO DEL T.F.M.

Aprovechando que trabajo como Ingeniero de Caminos, C. y P. para una empresa de ingeniería que presta sus servicios como asistencia técnica a la C.G.R.R.L. (M.I.) y habiendo participado en el equipo de redacción y dirección de las obras de los proyectos que se han desarrollado en los últimos años, he decidido analizar en este Trabajo Fin de Máster los problemas de explotación actualmente existentes así como proponer diferentes soluciones a éstos.

El objetivo del Trabajo Fin de Máster es tratar de encontrar una solución a la falta de capacidad de adaptarse a la demanda de agua de riego actual, debido a las restricciones tarifarias así como a la reducción de la capacidad hidráulica de las instalaciones existentes.

Este objetivo general se concreta en los siguientes objetivos específicos:

- Recopilación de datos e inventariado de las distintas infraestructuras hidráulicas (pasadas y presentes) de la C.G.R.R.L. (M.I.)
- Analizar las infraestructuras existentes en la C.G.R.R.L. (M.I.)

- Analizar el funcionamiento del sistema en su conjunto.
- Analizar las demandas, los recursos y los usos.
- Analizar las posibles alternativas y su viabilidad técnica y económica.
- Componer un modelo matemático que permita operar los diferentes sistemas, actuales y futuros.

2. ANÁLISIS DE LAS INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES

2.1 TIPOS DE RIEGO

En la actualidad existen tres tipos de riego basados en dos esquemas hidráulicos de toma y distribución y dependiendo de los dos tipos de agua de las que se tiene concesión administrativa, con instalaciones claramente diferenciadas en la C.G.R.R.L.

- Aguas de concesiones para el riego tradicional procedentes del Río Segura y azarbes de drenaje.
 - Red de gravedad.

- Aguas del Trasvase Tajo-Segura.
 - Red de gravedad.
 - Red presurizada (modernización)

2.2 SISTEMA DE RIEGO TRADICIONAL CON AGUA DE CONCESIONES

Corresponde a los caudales obtenidos concesionalmente que circulan por el Río Segura así como los drenajes de las zonas regables de la Vega Baja y que desembocan en Guardamar del Segura. Esta agua se conduce a través de una serie de canales y estaciones de bombeo para su distribución y riego por gravedad.

2.2.1 CAPTACIÓN

La captación del agua del Río Segura se realiza a través de un azud de derivación existente original del siglo XIV (Ilustración 1), construido junto al Molino de San Antonio (con su configuración neomudéjar) para moler harina.



Ilustración 1. Azud y Molino de San Antonio

Junto al azud se construyó una nueva toma regulada por compuertas (Ilustración 2) a través de la cual se deriva el agua hacia un canal de transporte del que se alimentará la primera de las elevaciones.



Ilustración 2. Toma inicial

Inicialmente (Ilustración 3) la toma se encontraba sobre el cauce original pero esto cambió cuando en los años 90 se trazó y construyó la nueva desembocadura del Río Segura.



Ilustración 3. Esquema hidráulico en la toma inicial

Con el nuevo trazado se construyó un nuevo azud de derivación regulado por compuertas situado aguas arriba en el que se derivan de manera continua por el viejo cauce un caudal de hasta 4.000 l/s. En caso de un caudal mayor, éste desbordaría y desembocaría por el nuevo cauce (Ilustración 4).

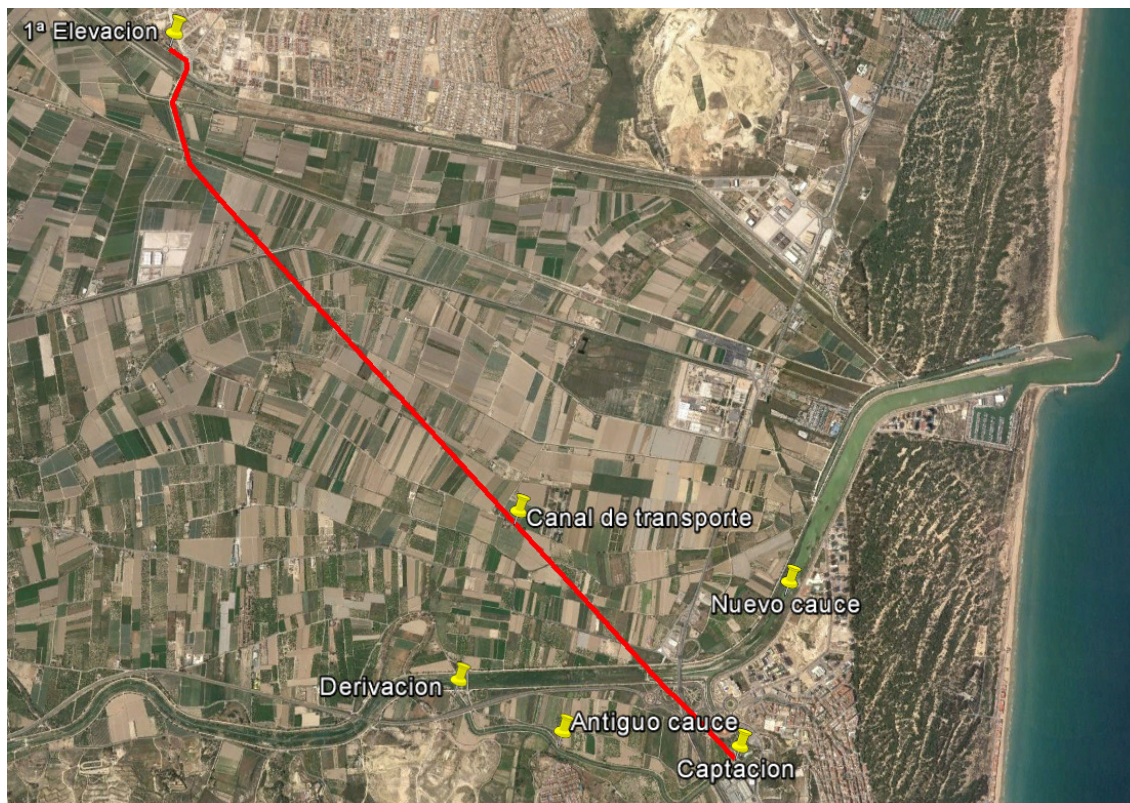


Ilustración 4. Vista del azud y la captación

2.2.2 CANAL DE TRANSPORTE HACIA LA PRIMERA ELEVACIÓN

Desde la toma inicial regulada por compuertas nace un canal (cota de solera +0,50 m.s.n.m.) de transporte, de hormigón en masa con capacidad para 7,70 m³/s y 5.114 m. de longitud que conduce el agua hasta la Primera Elevación.

El canal pasa bajo las azarbes de drenaje denominadas El Señor, La Reina, Culebrina, Enmedio, Acierto y Mayayo. Mediante unas compuertas existe la posibilidad de dejar caer el agua de las azarbes al canal para ser bombeado junto con el agua captada en la desembocadura (Ilustración 5).

Al final del canal existe una Primera Elevación y es en este punto donde se bombeará al Canal Principal, con una capacidad de hasta 8,90 m³/s.



Ilustración 5. Azarbes de drenaje y canal de transporte

2.2.3 ELEVACIONES PRINCIPALES.

- Elevaciones originales (año 1923)

El proyecto original utilizaba la tecnología de la época (principios del siglo XX) donde no se conocían muchos de los avances que hoy día damos por supuestos. La técnica tenía también sus limitaciones en cuanto a la obtención de los materiales y su coste, por lo que la magnitud de la obra en su conjunto puede considerarse histórica.

Los equipos instalados fueron bombas horizontales cuyo rodete lo hacía girar un motor eléctrico externo a la bomba acoplado mediante un eje. Como no existían cojinetes de empuje, la bomba se diseñaba con doble aspiración para compensar así los empujes del agua en el interior de la bomba (Ilustración 6).

Se disponía de manera independiente de una bomba de vacío que lograba cebar la voluta y permitía la aspiración mientras se arrancaba el equipo, logrando así que el agua ascendiera hasta el rodete.

Una vez presurizada, se bombeaba contra la válvula de compuerta que se encontraba cerrada y que poco a poco se abría hasta que el agua era elevada hacia el canal.

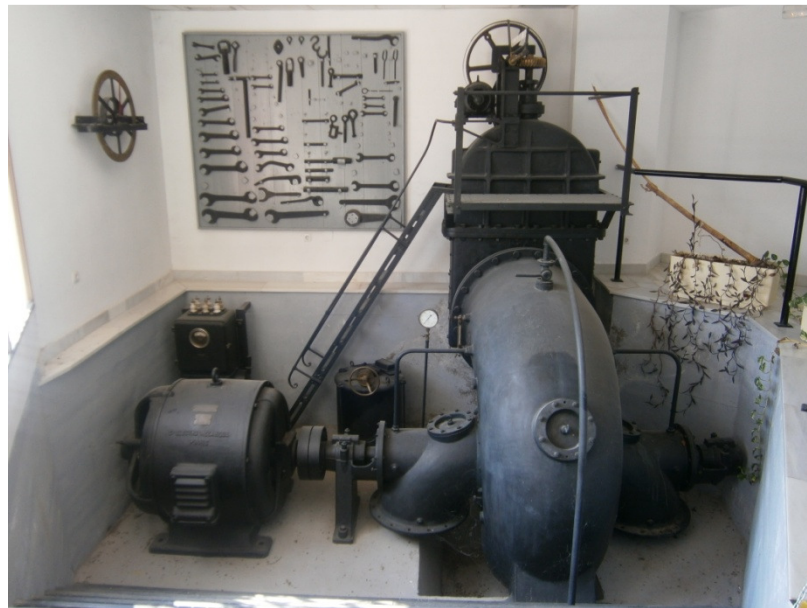


Ilustración 6. Bomba original conservada en museo

Una red principal de canales transportaba el agua entre las elevaciones mientras que existía una red secundaria de canales que distribuía el agua por zonas y dominaban las tierras que tenían por debajo de ellos (Figura 2).

Estos canales principales discurren a cielo abierto o en galerías, las cuales han ido quedando dañadas con el paso del tiempo.

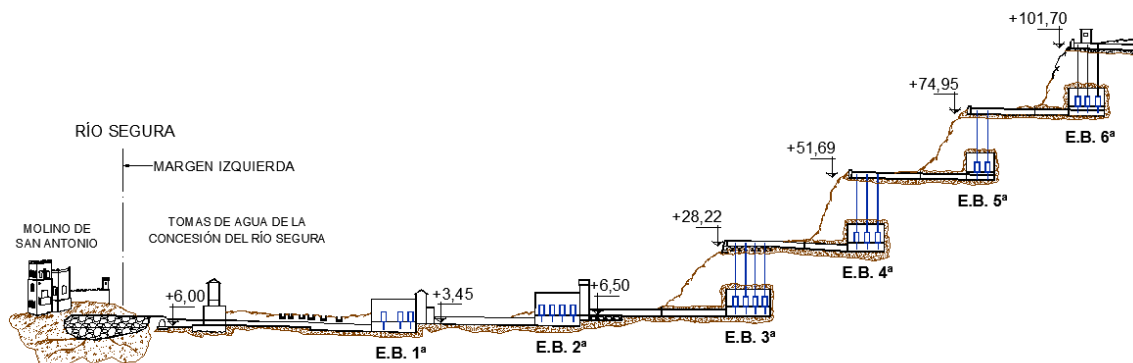


Figura 2. Esquema hidráulico original

- Sustitución de equipos (año 1981)

Entre finales de los 70 y principios de los 80 se llevó a cabo una remodelación de los equipos electromecánicos por parte del Ministerio de Obras Públicas a través de la Confederación Hidrográfica del Segura.

Este proyecto denominado "Proyecto de suministro y montaje de los equipos electromecánicos y de control centralizado de las estaciones principales (números 1 al

6) Riegos de Levante (Alicante)" tuvo un coste total de 1.526.181.109 Ptas. (actualmente más de 9 millones de €)

Estas nuevas bombas eran de hélice y eje vertical, el motor quedaba en la parte superior mientras que a lo largo del eje se disponían unos rodamientos y el sistema de lubricación (Ilustración 7).

Uno de los problemas que presentó este cambio fue que debido a la calidad de las aguas (aguas sucias que contenían cañas de carrizo y peces) se producían atasques en la aspiración generando torsiones en el eje que, junto con los rodamientos, terminaron inservibles a los pocos años de funcionamiento.

Asimismo la salinidad de las aguas elevadas acabaría destrozando toda la instalación, pues eran equipos para abastecimiento de agua dulce.



Ilustración 7. Bombas verticales instaladas a principios de los años 80

- Sustitución de equipos (año 2000)

Pasados unos años la Conselleria de Obras Públicas de la Comunitat Valenciana sustituyó los equipos nuevamente, esta vez por bombas sumergibles de aguas residuales.

Con este proyecto se sustituirían en una primera fase los equipos de la Primera, Segunda y Sexta Elevación. En las fases siguientes se pretendían sustituir el resto de equipos. También se incluía en este proyecto el diseño e instalación de un nuevo sistema de telemando que gestionaba todo el sistema.

Previamente (año 1999) y ante la urgencia de la situación, la propia C.G.R.R.L. trasladó una bomba desde la Primera Elevación hasta la Segunda Elevación y encargó la construcción e instalación inminente de otra bomba capaz de elevar $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Cabe destacar que estas bombas han funcionado durante más de 15 años sin incidencias. Esto ha sido posible gracias a la buena elección de los equipos así como a la evolución de la técnica. Al tratarse de bombas sumergibles el eje es mucho más corto que en las bombas de hélice y eje vertical, garantizando así que los posibles atasques debido a la entrada de cañas o peces no genere pares de torsión capaces de doblar el eje y dañar la bomba.

- Sustitución de equipos (año 2014)

Debido al derrumbamiento de una de las galerías, la C.G.R.R.L. se ve obligada a realizar una fuerte inversión en un proyecto que sustituya el canal por una tubería que permita by-passearla.

Esto implica cambiar las bombas de la Segunda Elevación por motobombas centrífugas y eliminar del esquema las elevaciones Tercera y Cuarta.

2.2.4 EVOLUCIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS PRINCIPALES

Independientemente de la tipología y el número de equipos instalados, durante el paso de los años se ha ido realizando una serie de actuaciones que han cambiado el esquema de funcionamiento de la instalación.

La primera actuación importante fue la construcción de dos grandes balsas de regulación en las cabeceras de los canales Segundo y Tercero (Figura 3).

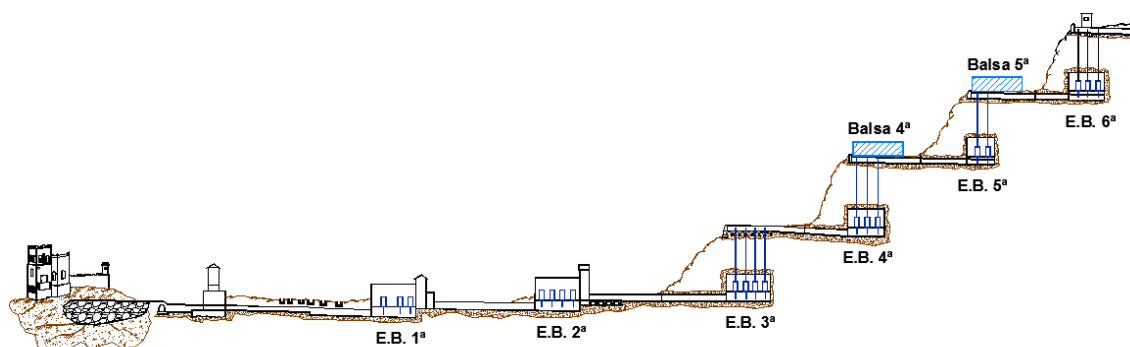


Figura 3. Esquema hidráulico mod_1

Posteriormente las elevaciones 5ª y 6ª desaparecen, siendo sustituidas por las elevaciones 5ª Aérea y 6ª de Crevillente, respectivamente (Figura 4).

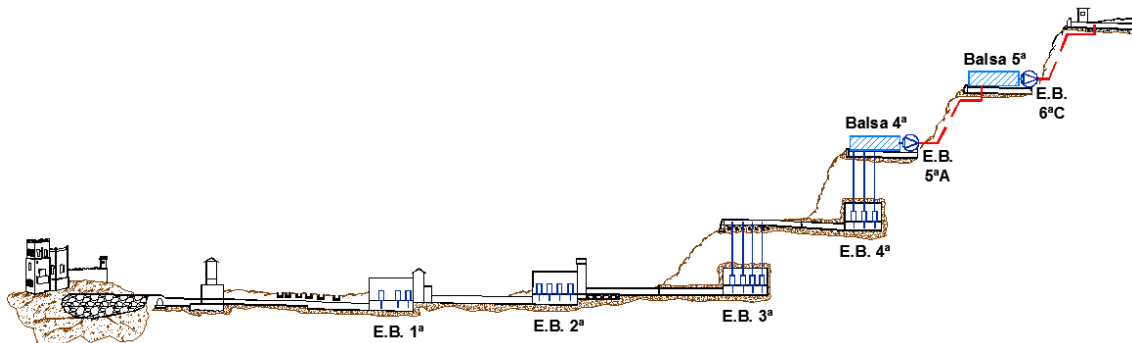


Figura 4. Esquema hidráulico mod_2

Años más tarde, se construye una pequeña balsa de regulación en la cabecera del Primer Canal de Levante (Figura 5).

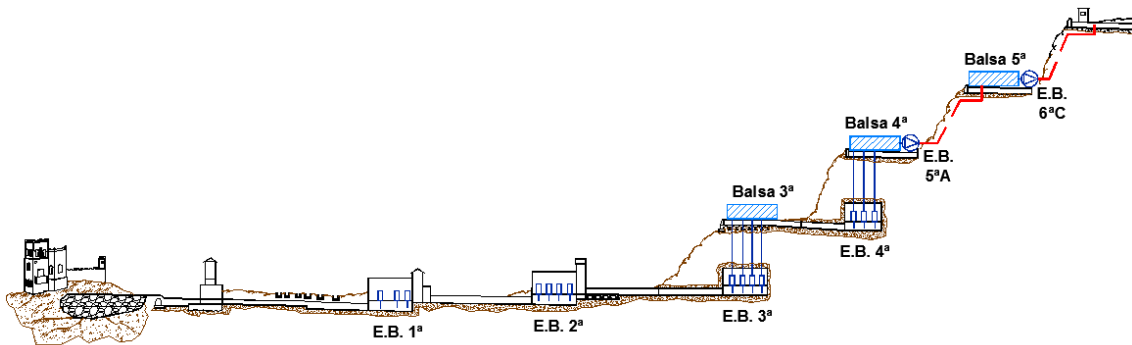


Figura 5. Esquema hidráulico mod_3

Recientemente, el esquema ha vuelto a cambiar drásticamente debido al hundimiento de las galerías que quedaban en funcionamiento (Figura 6) y la desaparición de las elevaciones Tercera y Cuarta. En el año 2014 se ha puesto en marcha el nuevo bombeo de la Segunda Elevación hasta las elevaciones Tercera y Cuarta (Figura 7).

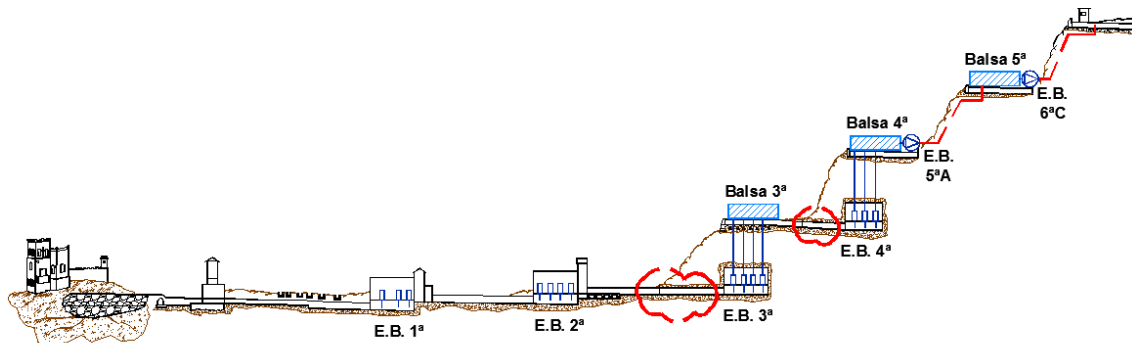


Figura 6. Esquema hidráulico (hundimiento galerías)

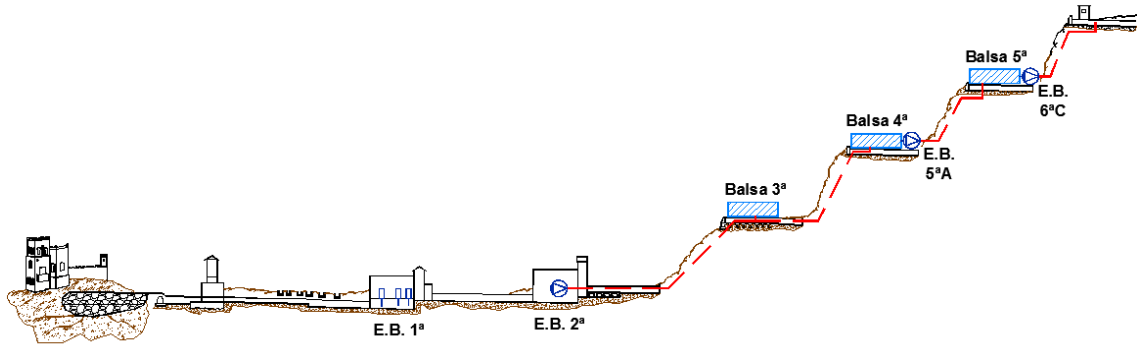


Figura 7. Esquema hidráulico actual mod_4

En la (Figura 8) se representa de manera esquemática la planta actual de la infraestructura hidráulica del sistema de elevaciones para el agua de concesiones.

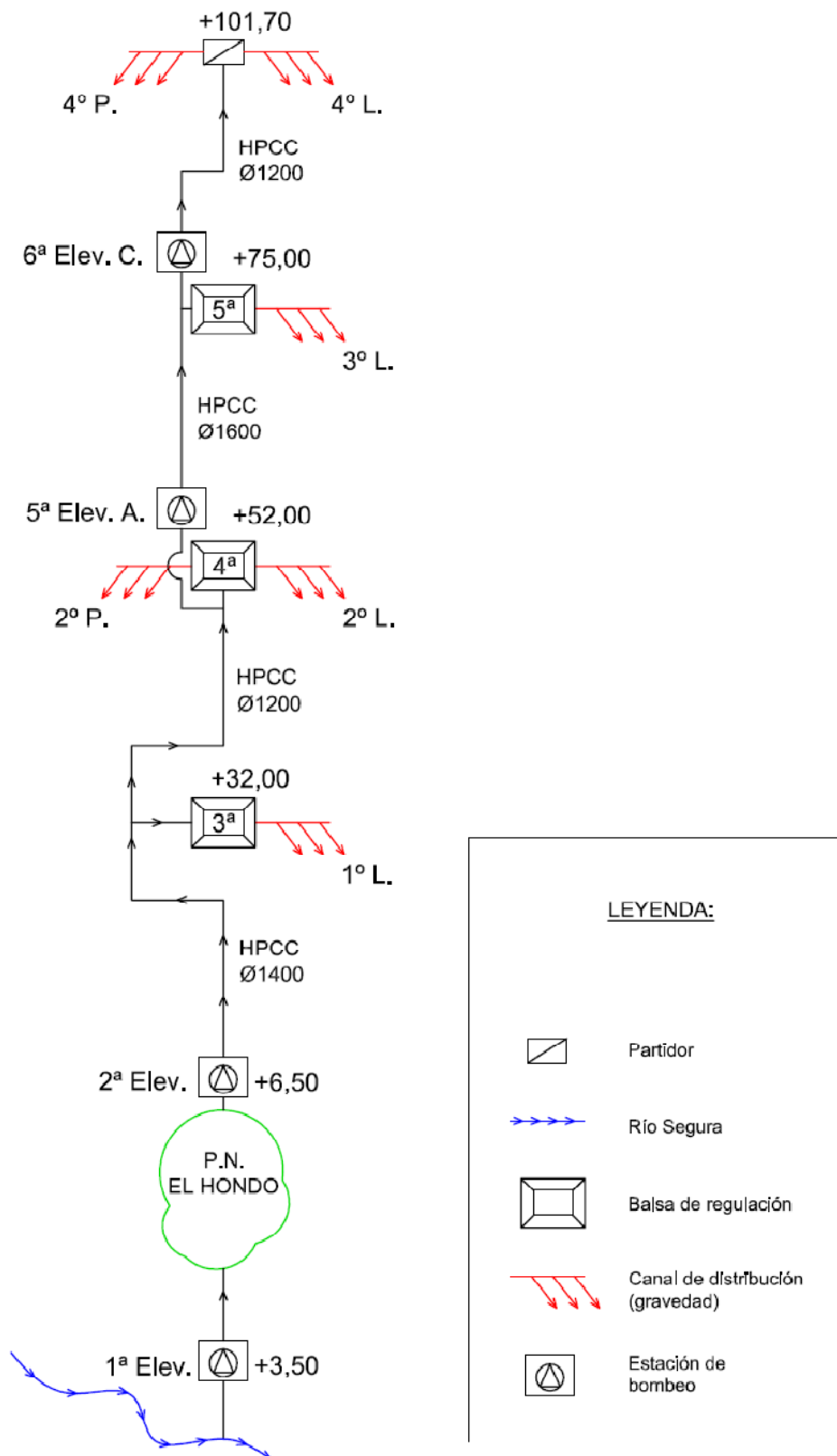


Figura 8. Esquema en planta de las instalaciones existentes para el riego de concesiones

2.2.4.1 PRIMERA ELEVACIÓN

La Primera Elevación eleva el agua hasta un nuevo canal de 7,70 m³/s de capacidad cuya solera en origen está a la cota +3,45 m.s.n.m. y una longitud de 10.827 m. conduciendo el agua hasta la Segunda Elevación.

Tabla 2. Características técnicas Primera Elevación

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INSTALACIÓN ACTUAL	
Desnivel geométrico (m.)	6,50
Capacidad de bombeo (m ³ /s)	8,30
Nº de bombas (Ud.)	4
Potencia instalada (kW)	290



Ilustración 8. Primera Elevación y bombas existentes

En la *ilustración 8* se muestran cuatro fotografías de la Primera Elevación. En la esquina inferior izquierda se puede ver la bomba conocida como el “Secherón” capaz de elevar hasta 5.000 l/s y que se pone en funcionamiento en periodos excepcionales, cuando el caudal por la desembocadura del Río Segura es muy grande. El resto de grupos son motobombas verticales sumergibles cuyas curvas características se muestran a continuación (Figura 9 y Figura 10).

Bomba

Column diameter 1200
 Suction Flange Diameter
 Impeller diameter 754,9 mm
 Number of blades 4

Motor

Motor # P0835.000 54-52-10AA-W 190KW
 Stator variant 1
 Frecuencia 50 Hz
 Tensión nominal 400 V
 Nº de polos 10
 Fases 3~
 Potencia nominal 190 kW
 Corriente nominal 415 A
 Corriente de arranque 1920 A
 Velocidad nominal 590 1/min

Factor de potencia
 1/1 Load 0,72
 3/4 Load 0,66
 1/2 Load 0,54
 Eficiencia
 1/1 Load 92,5 %
 3/4 Load 93,0 %
 1/2 Load 92,0 %

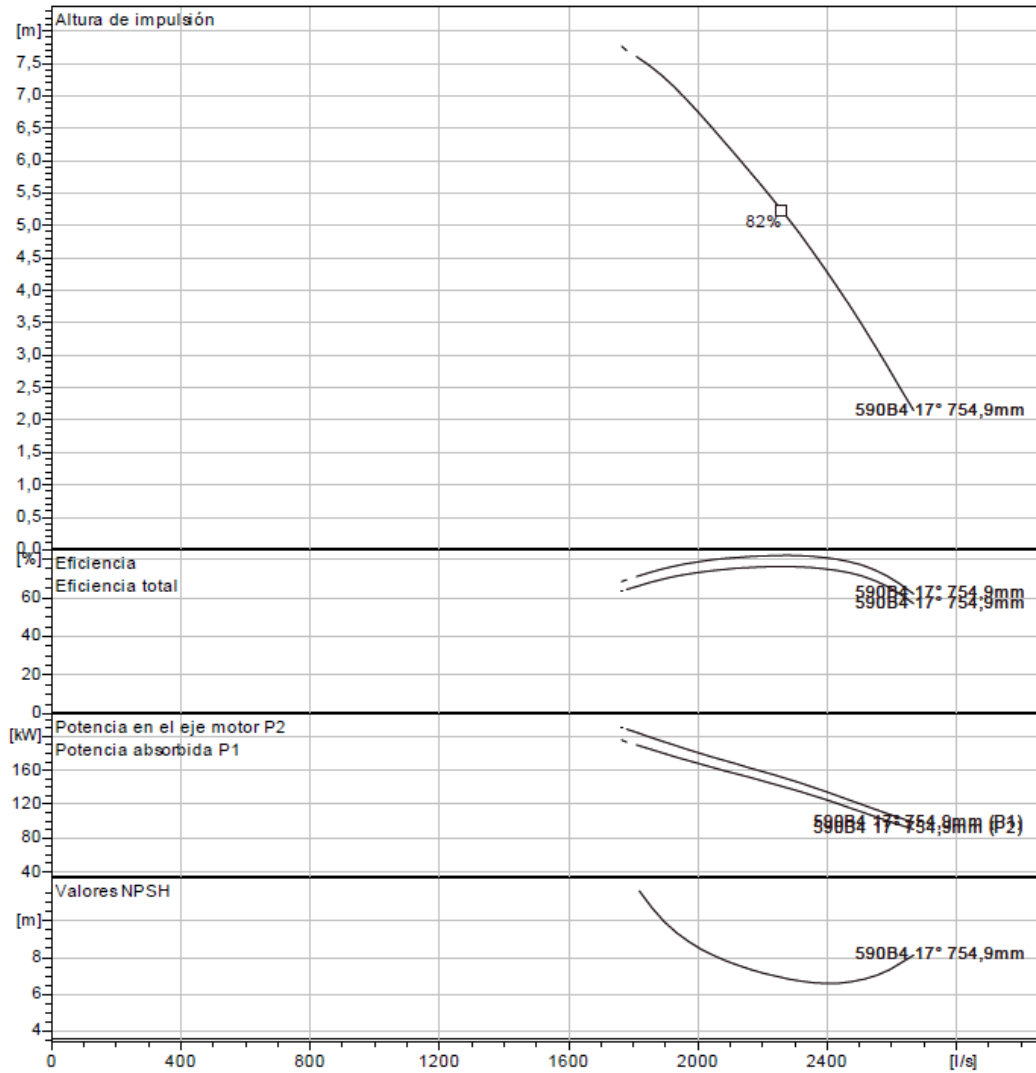


Figura 9. Curva bomba PL 7101 190 kW

Bomba

Column diameter 1000
Suction Flange Diameter
Impeller diameter 570 mm
Number of blades 4

Motor

Motor # P0705.000 43-30-8GA-W 100KW
Stator variant 1
Frecuencia 50 Hz
Tensión nominal 400 V
Nº de polos 8
Fases 3~
Potencia nominal 100 kW
Corriente nominal 227 A
Corriente de arranque 919 A
Velocidad nominal 730 1/min

Factor de potencia
1/1 Load 0,72
3/4 Load 0,66
1/2 Load 0,55
Eficiencia
1/1 Load 88,5 %
3/4 Load 89,0 %
1/2 Load 87,5 %

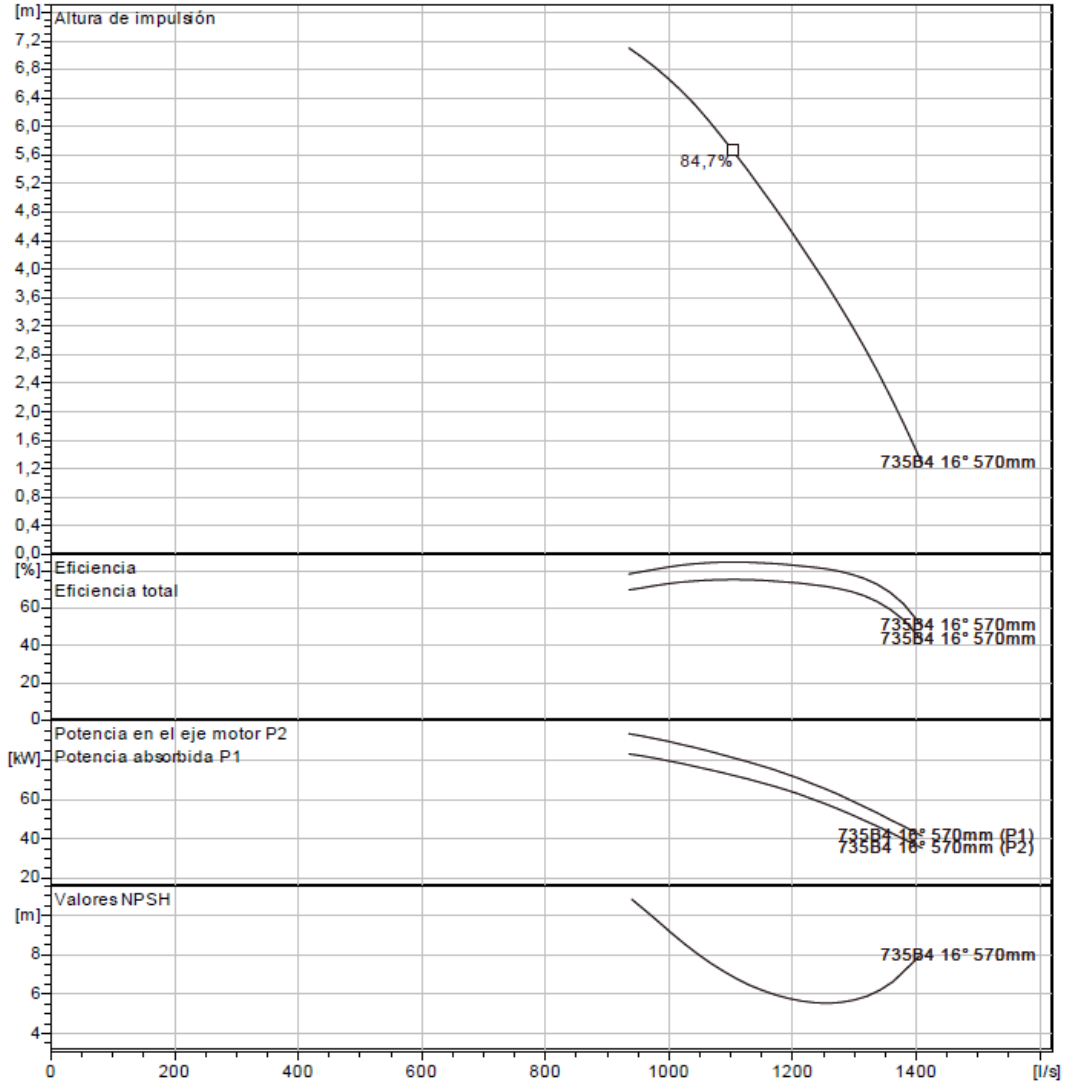


Figura 10. Curva bomba PL 7081 100 kW

2.2.4.2 SEGUNDA ELEVACIÓN

La Segunda Elevación era idéntica a la Primera Elevación y elevaba el agua hasta un nuevo canal de 7,70 m³/s de capacidad cuya solera en origen está a la cota +6,50 m.s.n.m. y una longitud de 2.077 m. (de los cuales 889 m. son en galería) conduciendo el agua hasta la Tercera Elevación.

En Enero de 2014 se puso en marcha la nueva instalación que permite impulsar el agua desde las elevaciones Segunda a Tercera y Segunda a Cuarta. Este proyecto cambia totalmente el esquema original al instalar una tubería de impulsión en lugar de las elevaciones verticales y canal de transporte.

Tabla 3. Características técnicas Segunda Elevación

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INSTALACIÓN ACTUAL	
Desnivel geométrico (m.)	33,50 51,14
Capacidad de bombeo (m ³ /s)	3,60 2,20
Nº de bombas (Ud.)	3
Potencia instalada (kW)	2.040



Ilustración 9. Vista general de la instalación, nueva tubería instalada en el canal y bomba sumergible durante su instalación

En la (Ilustración 9) se muestra la nueva instalación de la Segunda Elevación, uno de los grupos en su maniobra de instalación y el canal de transporte entubado con tubería DN 1400.

La (Figura 11) representa las curvas características de las tres nuevas motobombas sumergibles centrífugas instaladas en 2014.

Bomba		Motor		Factor de potencia	
Diam. de salida	500 mm	Motor #	C0965.000 66-92-6AA-W 680KW	1/1 Load	0,88
Suction Flange Diameter	600 mm	Stator variant	3	3/4 Load	0,87
Impeller diameter	670 mm	Frecuencia	50 Hz	1/2 Load	0,82
Number of blades	3	Tensión nominal	400 V	Eficiencia	
Diámetro interior	105 mm	Nº de polos	6	1/1 Load	96,0 %
		Fases	3~	3/4 Load	96,5 %
		Potencia nominal	680 kW	1/2 Load	96,5 %
		Corriente nominal	1160 A		
		Corriente de arranque	5990 A		
		Velocidad nominal	990 1/min		

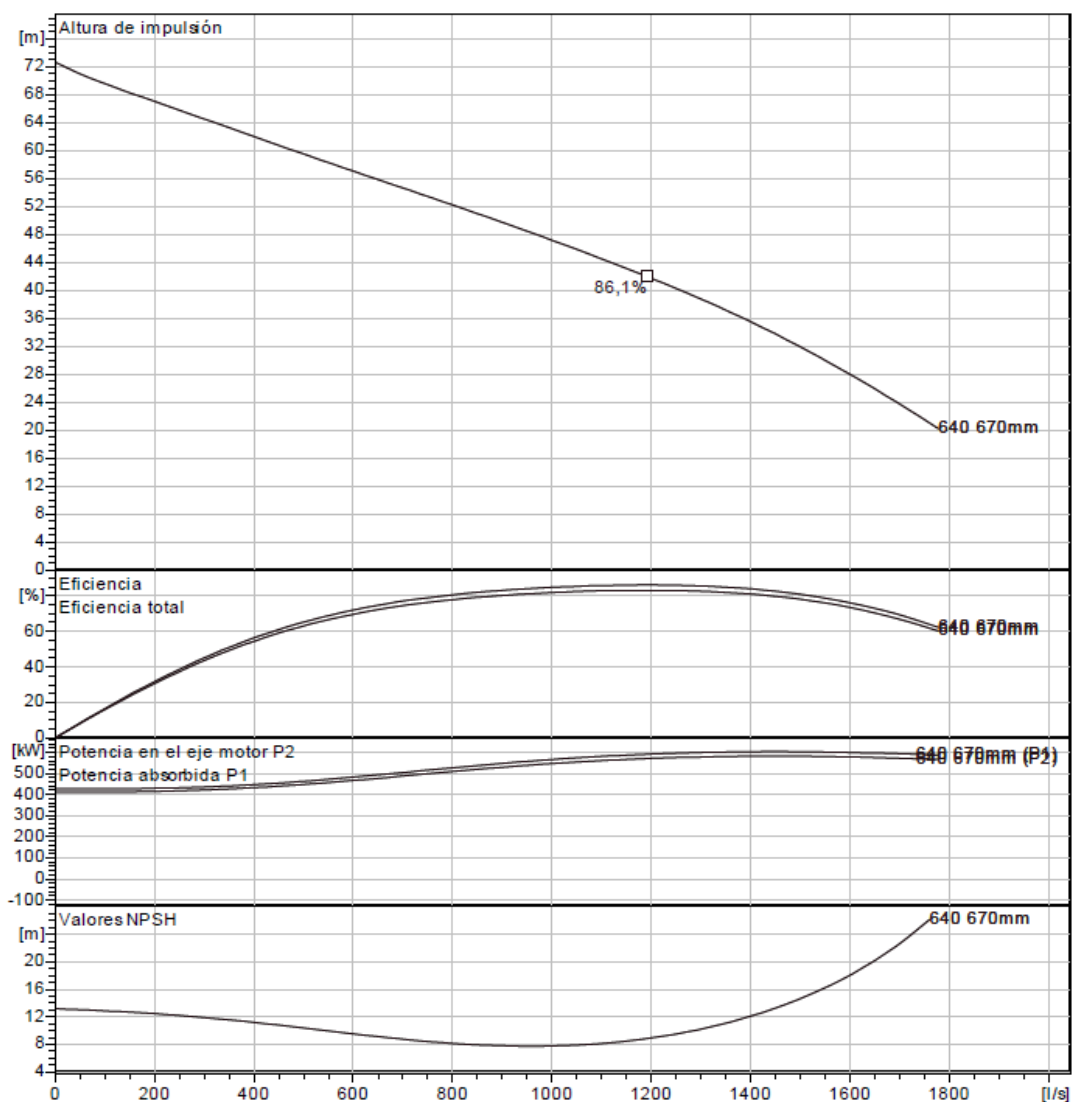


Figura 11. Curva bomba CP3531 680 kW

Existe una cuarta bomba que únicamente tiene una función ambiental, que servirá para el mantenimiento de la calidad de las aguas de los embalses del P.N. El Hondo.

Se presenta la curva característica del equipo en (Figura 12)

Bomba		Motor		Factor de potencia	
Column diameter	1000	Motor #	P0705.000 43-30-8GA-W 100KW	1/1 Load	0,72
Suction Flange Diameter		Stator variant	1	3/4 Load	0,66
Impeller diameter	570 mm	Frecuencia	50 Hz	1/2 Load	0,55
Number of blades	4	Tensión nominal	400 V	Eficiencia	
		Nº de polos	8	1/1 Load	88,5 %
		Fases	3~	3/4 Load	89,0 %
		Potencia nominal	100 KW	1/2 Load	87,5 %
		Corriente nominal	227 A		
		Corriente de arranque	919 A		
		Velocidad nominal	730 1/min		

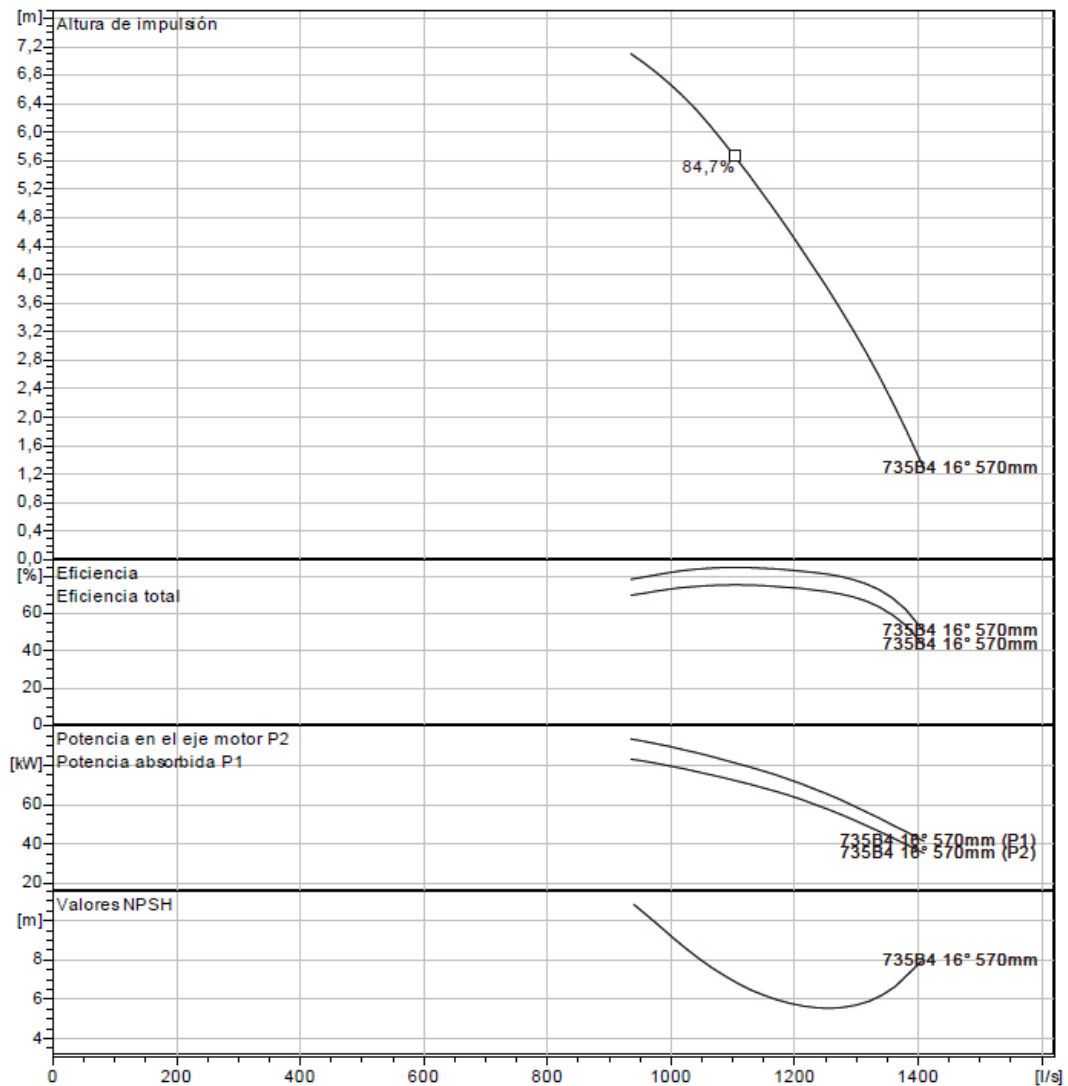


Figura 12. Curva bomba PL 7081 100 kW

2.2.4.3 TERCERA ELEVACIÓN

Al final de la galería existía una elevación denominada Tercera Elevación, donde se elevaba el agua hasta un canal de 5 m³/s de capacidad cuya solera en origen está a la cota +28,22 m.s.n.m. y una longitud de 1.299 m. (de los cuales 986 m. son en galería). Junto al vertedero de bombas de la Tercera Elevación y a la cota +28,61 m.s.n.m. nace transversalmente el Primer Canal de Levante.

Elevaba las aguas procedentes de la Segunda Elevación (a través del Canal Principal y galería en el tramo Segunda-Tercera) hasta el Canal Principal y galería (tramo Tercera-Cuarta).

La Tercera Elevación desaparece del nuevo esquema con la puesta en marcha en enero de 2014 de la nueva instalación que permite impulsar el agua desde las elevaciones Segunda a Tercera y Segunda a Cuarta.

2.2.4.4 CUARTA ELEVACIÓN

Al final de la galería existía una elevación denominada Cuarta Elevación, donde se elevaba el agua hasta una arqueta con cota de fondo de +51,69 m.s.n.m. desde donde nacen transversalmente los canales Segundo Canal de Levante y Segundo Canal de Poniente.

Elevaba las aguas procedentes de la Tercera Elevación (a través del Canal Principal y galería en el tramo Tercera-Cuarta) hasta el Canal Principal y galería (tramo Cuarta-Quinta)

La Cuarta Elevación desaparece del nuevo esquema con la puesta en marcha en enero de 2014 de la nueva instalación que permite impulsar el agua desde las elevaciones Segunda a Tercera y Segunda a Cuarta.

2.2.4.5 QUINTA ELEVACIÓN

Al final de la galería existía una elevación denominada Quinta Elevación, donde se elevaba el agua hasta una arqueta con cota de fondo de +74,95 m.s.n.m. desde donde nace transversalmente el Tercer Canal de Levante.

Debido a la poca capacidad de la galería original que conectaba las elevaciones Quinta y Sexta, a principios de los 80 se ejecutó una nueva impulsión denominada Quinta Elevación Aérea. A través de una tubería de HPCC DN1600 se impulsa el agua desde el vertedero de bombas de la Cuarta Elevación hasta una arqueta cuya solera está a la cota +74,95 m.s.n.m. donde nace el Tercer Canal de Levante.

Con la nueva obra de enero de 2014 se han trasladado las bombas existentes en las elevaciones Tercera y Cuarta a la Quinta Elevación Aérea.

Tabla 4. Características técnicas Quinta Elevación Aérea

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INSTALACIÓN ACTUAL	
Capacidad de bombeo (m ³ /s)	2,80
Nº de bombas (Ud.)	2
Potencia instalada (kW)	920



Ilustración 10. Instalación en Quinta Elevación Aérea

En la Ilustración 10 se muestra una fotografía tomada durante la instalación de los grupos reubicados desde la Tercera y Cuarta Elevación.

Bomba

Diam. de salida	600 mm
Suction Flange Diameter	800 mm
Impeller diameter	675 mm
Number of blades	4
Diámetro interior	126 mm

Motor

Motor #	C0935.000 66-76-8AD-W 460KW
Stator variant	38
Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal	400 V
Nº de polos	8
Fases	3~
Potencia nominal	460 kW
Corriente nominal	835 A
Corriente de arranque	4870 A
Velocidad nominal	745 1/min

Factor de potencia	
1/1 Load	0,83
3/4 Load	0,80
1/2 Load	0,72
Eficiencia	
1/1 Load	95,5 %
3/4 Load	95,5 %
1/2 Load	95,5 %

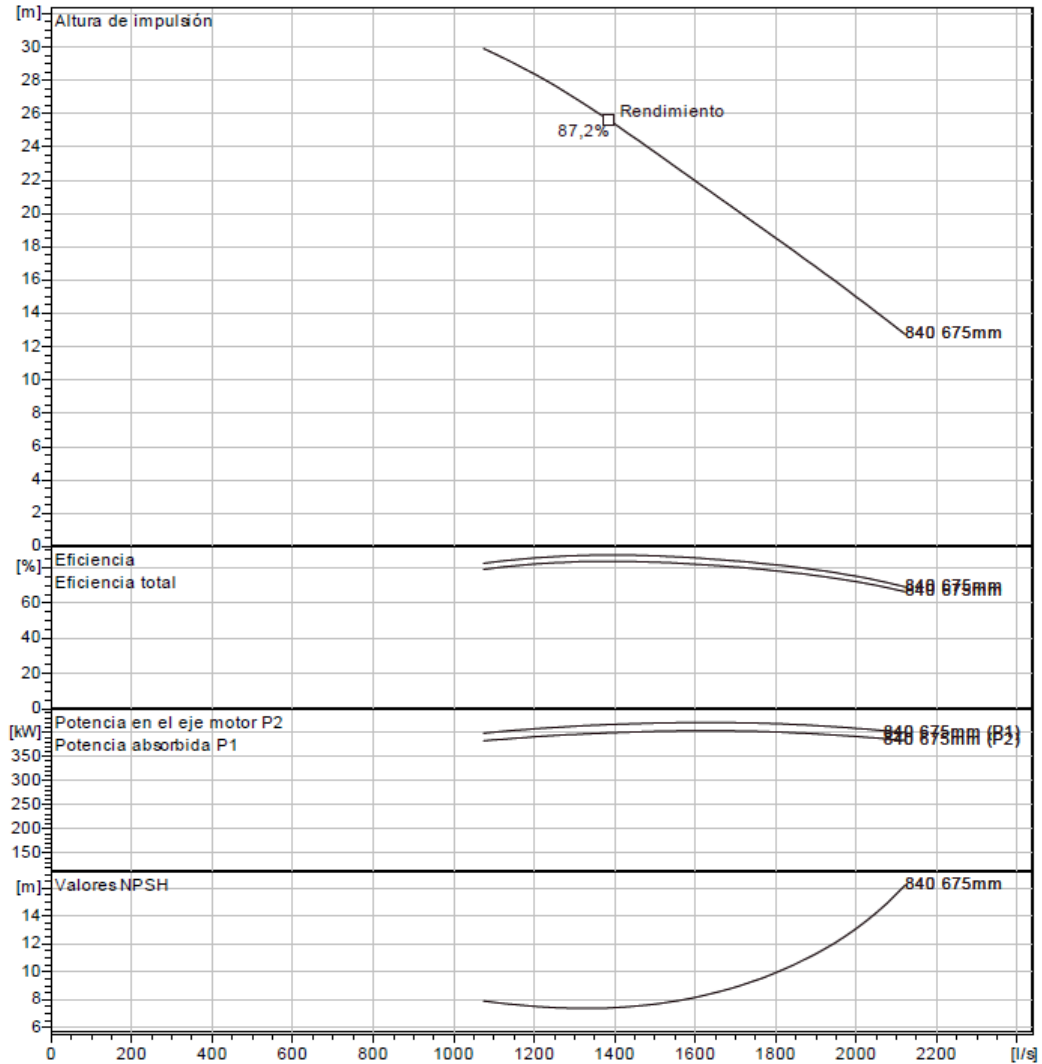


Figura 13. Curva bombas CP 3602 460 kW

La Figura 13 representa la curva característica de las dos bombas instaladas en la Quinta Elevación Aérea.

2.2.4.6 SEXTA ELEVACIÓN DE CREVILLENTE

De la misma arqueta donde nació el Tercer Canal de Levante, se iniciaba también una galería de 1.084 m. de longitud y escasa capacidad que conectaba con la cántara del bombeo de la Sexta Elevación. Al final de esta galería se elevaba el agua hasta una arqueta con cota de fondo de +101'70 m.s.n.m. desde donde nacen transversalmente el Cuarto Canal de Levante y Cuarto Canal de Poniente.

En los años 80 se construyó una galería reversible de 856 m. de longitud y 4.000 l/s (Ilustración 11) cuya solera se encuentra a la misma cota que el canal y que conduce el agua hasta la cántara de la nueva Sexta Elevación de Crevillente. La galería reversible se debía complementar con una gran balsa de regulación ubicada junto al Embalse de Crevillente (aprovechando la zona expropiada de donde se obtuvieron los materiales para construir el dique) y una turbino-bomba instalada en la cabecera de los Canales Cuarto de Levante y Poniente.

Este esquema hubiera permitido elevar agua por la noche (cuando la tarifa eléctrica era más económica) desde la Quinta Elevación (a través de la nueva galería, la Sexta Elevación de Crevillente y la turbino-bomba) hasta la balsa; durante el día (tarifa eléctrica más cara) se bajaría el agua desde la balsa hasta la cabecera del Tercer Canal de Levante previo turbinado y venta de la energía producida.

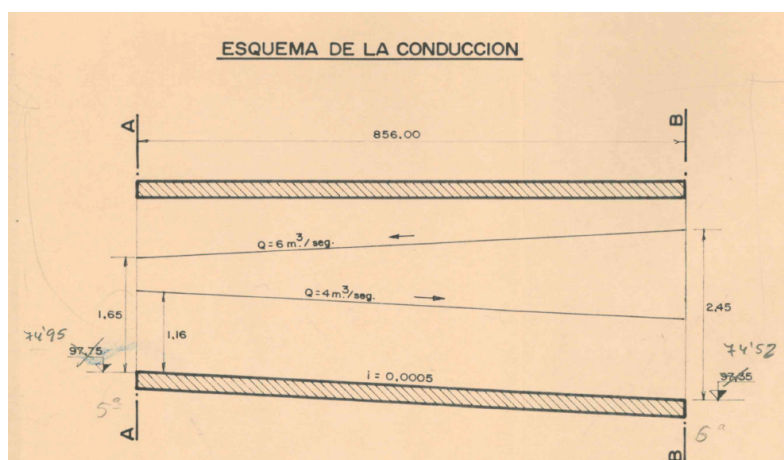


Ilustración 11. Galería reversible

En el año 2000 se instala una motobomba de 140 kW que ha sido la que ha estado en funcionamiento en los últimos años.

Con la nueva obra de enero de 2014 se ha trasladado la bomba existente en la Cuarta Elevación a la Sexta Elevación de Crevillente.

Tabla 5. Características técnicas Sexta Elevación Crevillente

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INSTALACIÓN ACTUAL	
Capacidad de bombeo (m ³ /s)	1,32
Nº de bombas (Ud.)	2
Potencia instalada (kW)	480

En la Ilustración 12 se observan los dos colectores de impulsión correspondientes a cada una de las bombas instaladas en la actualidad.



Ilustración 12. Colectores de impulsión a la salida de las bombas actuales.

La Figura 14 representa la curva característica de la bomba instalada en la Sexta Elevación de Crevillente, reubicada desde la Cuarta Elevación.

Bomba

Diam. de salida 500 mm
Suction Flange Diameter 600 mm
Impeller diameter 720 mm
Number of blades 3
Diámetro interior 105 mm

Motor

Motor # C0905.000 66-56-8AA-W 340KW
Stator variant 38
Frecuencia 50 Hz
Tensión nominal 380 V
Nº de polos 8
Fases 3~
Potencia nominal 340 kW
Corriente nominal 635 A
Corriente de arranque 3100 A
Velocidad nominal 740 1/min

Factor de potencia
1/1 Load 0,85
3/4 Load 0,84
1/2 Load 0,78
Eficiencia
1/1 Load 95,0 %
3/4 Load 95,5 %
1/2 Load 95,5 %

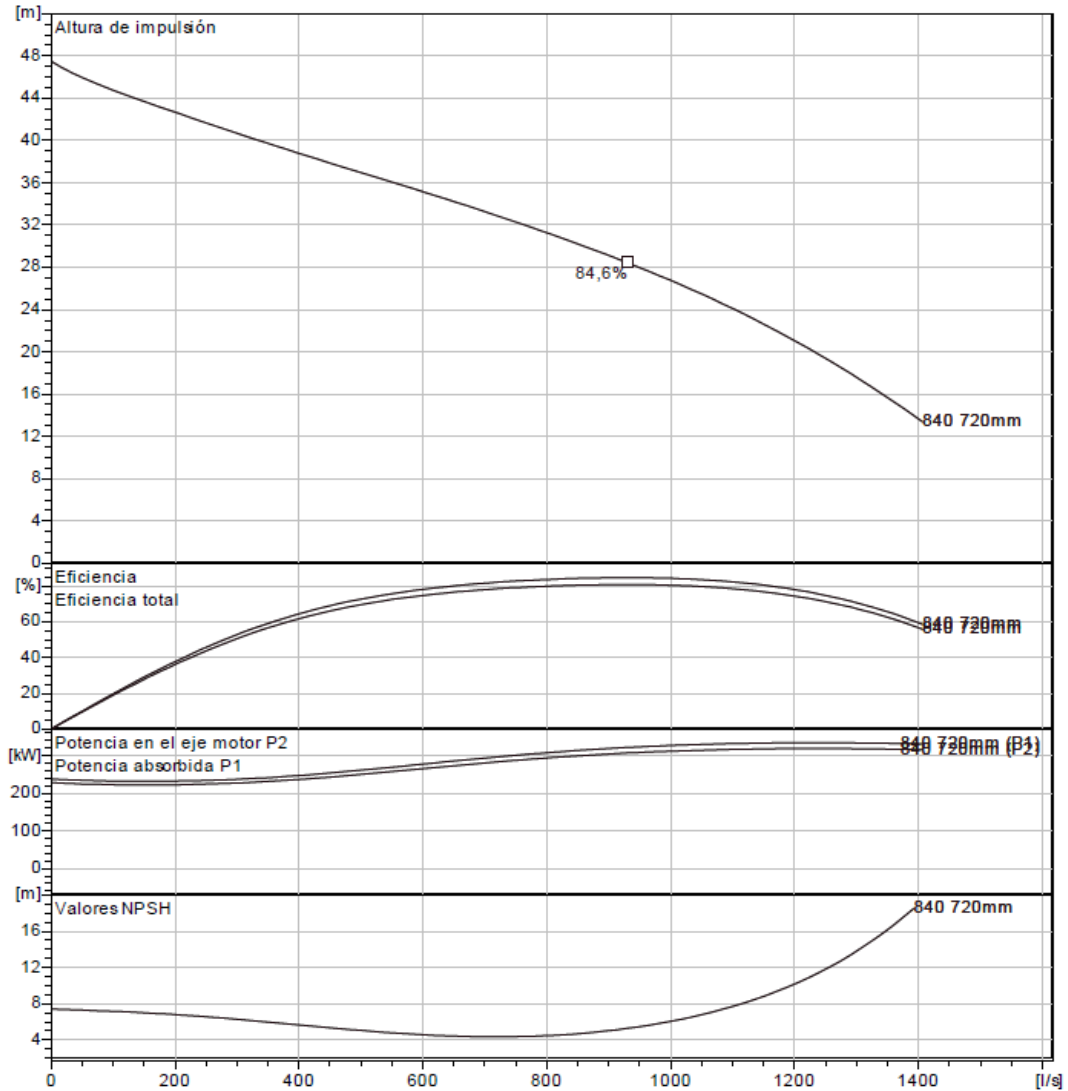


Figura 14. Curva bomba CP 3531 340 kW

Bomba

Diam. de salida	300 mm
Suction Flange Diameter	350 mm
Impeller diameter	520 mm
Number of blades	3
Diámetro interior	102 mm

Motor

Motor #	C0735.000 43-44-6BC-W 140KW
Stator variant	1
Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal	400 V
Nº de polos	6
Fases	3~
Potencia nominal	140 kW
Corriente nominal	268 A
Corriente de arranque	1540 A
Velocidad nominal	985 1/min

Factor de potencia	
1/1 Load	0,81
3/4 Load	0,76
1/2 Load	0,65
Eficiencia	
1/1 Load	93,0 %
3/4 Load	93,0 %
1/2 Load	92,5 %

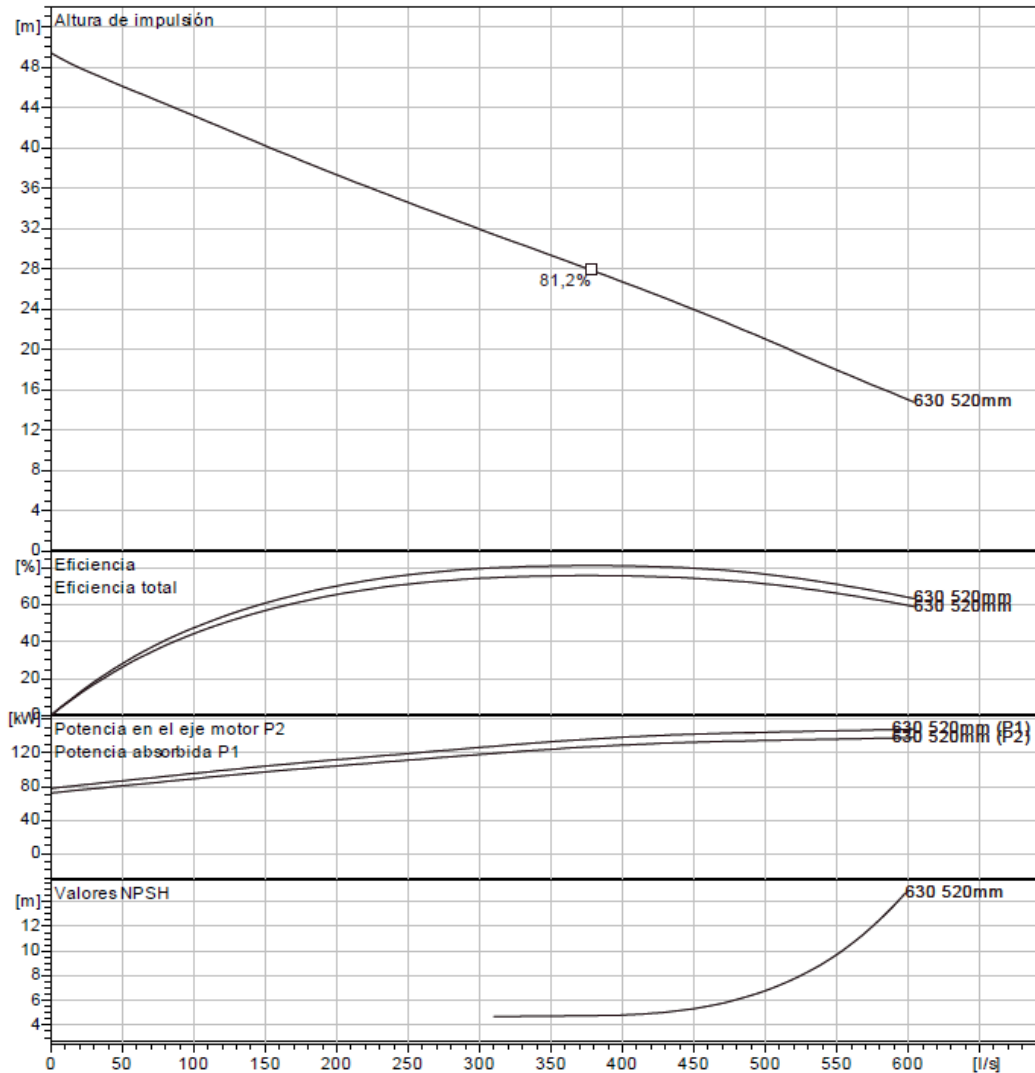


Figura 15. Curva bomba CP 3312 140 kW

La Figura 15 representa la curva característica de la bomba instalada en la Sexta Elevación de Crevillente en el año 2000.

2.2.5 CANAL PRINCIPAL

En las siguientes fichas se relacionan los diferentes tramos de Canal Principal.

2.2.5.1 TRAMO 0. TOMA-PRIMERA ELEVACIÓN

Tabla 6. Características técnicas tramo 1

Nº SUBTRAMO		1.1	
Subtramo	P.K.		
	Toma	3+700	
Longitud (m.)	3.700		
Pendiente (m./m.)	0.0005		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

Nº SUBTRAMO		1.2	
Subtramo	P.K.		
	3+680	4+380	
Longitud (m.)	700		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

Nº SUBTRAMO		1.3	
Subtramo	P.K.		
	4+380	5+114	
Longitud (m.)	734		
Pendiente (m./m.)	0.0003		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

2.2.5.2 TRAMO 1. PRIMERA-SEGUNDA ELEVACIÓN

Tabla 7. Características técnicas tramo 2

N° SUBTRAMO		2.1	
Subtramo	P.K.		
	5+114	9+828	
Longitud (m.)	4.714		
Pendiente (m./m.)	0.0003		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Pedestal		

N° SUBTRAMO		2.2	
Subtramo	P.K.		
	9+828	13+131	
Longitud (m.)	3.303		
Pendiente (m./m.)	0.0003		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Sobre terreno natural		

N° SUBTRAMO		2.3	
Subtramo	P.K.		
	13+131	15+941	
Longitud (m.)	2.810		
Pendiente (m./m.)	0.0003		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

2.2.5.3 TRAMO 2. SEGUNDA-TERCERA ELEVACIÓN

Tabla 8. Características técnicas tramo 3

N° SUBTRAMO		3.1	
Subtramo	P.K.		
	15+941	16+441	
Longitud (m.)	500		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Pedestal		

N° SUBTRAMO		3.2	
Subtramo	P.K.		
	16+441	17+129	
Longitud (m.)	688		
Pendiente (m./m.)	0.0005		
Capacidad (m ³ /s)	7		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

N° SUBTRAMO		3.3	
Subtramo	P.K.		
	17+129	18+018	
Longitud (m.)	889		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	7		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Galería		

El tramo 3 actualmente se encuentra en desuso ya que la nueva instalación conecta las elevaciones Segunda y Tercera con una tubería de hormigón postesado con camisa de chapa DN1400.

2.2.5.4 TRAMO 4. TERCERA-CUARTA ELEVACIÓN

Tabla 9. Características técnicas tramo 4

N° SUBTRAMO		4.1	
Subtramo	P.K.		
	18+018	18+175	
Longitud (m.)	157		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	5		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Pedestal		

N° SUBTRAMO		4.2	
Subtramo	P.K.		
	18+175	18+331	
Longitud (m.)	156		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	5		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Sobre terreno natural		

N° SUBTRAMO		4.3	
Subtramo	P.K.		
	18+331	19+317	
Longitud (m.)	986		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	5		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Galería		

El tramo 4 actualmente se encuentra en desuso ya que la nueva instalación conecta las elevaciones Tercera y Cuarta con una tubería de hormigón postesado con camisa de chapa DN1200.

2.2.5.5 TRAMO 5. CUARTA-QUINTA ELEVACIÓN

Tabla 10. Características técnicas tramo 5

Nº SUBTRAMO		5.1	
Subtramo	P.K.		
	19+317	19+528	
Longitud (m.)	211		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	3		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

Nº SUBTRAMO		5.2	
Subtramo	P.K.		
	19+528	20+395	
Longitud (m.)	867		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	3		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Galería		

El tramo 5 actualmente se encuentra en desuso ya que la instalación realizada a finales de los años 80 la sustituiría por una tubería de hormigón postesado con camisa de chapa DN1600.

2.2.5.6 TRAMO 6. QUINTA AÉREA-SEXTA ELEVACIÓN

Tabla 11. Características técnicas tramo 6

Nº SUBTRAMO		6.1	
Subtramo	P.K.		
	20+420	20+537	
Longitud (m.)	117		
Pendiente (m./m.)	0.0005		
Capacidad (m ³ /s)	1		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

Nº SUBTRAMO		6.2	
Subtramo	P.K.		
	20+537	21+479	
Longitud (m.)	942		
Pendiente (m./m.)	0.0005		
Capacidad (m ³ /s)	1		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Galería reversible		

2.2.6 CANALES TRANSVERSALES DE DISTRIBUCIÓN

Estos canales distribuyen por gravedad las aguas desde las derivaciones existentes en los diferentes tramos del Canal Principal hasta los partidores de riego que, después de aforar las aguas en vertederos de pared delgada, las introducen en la red secundaria de riego.

Los empleados de la C.G.R.R.L. gestionan la red de canales principales y de distribución hasta el vertedero aforador. En ese punto nace una extensa red de acequias y partidores, donde se mide el caudal suministrado a los regantes.

Los canales transversales transportan las aguas por gravedad con una pendiente media de 0,0005 m/m. Originalmente eran de forma trapezoidal y discurrían a cielo abierto, sin embargo en la actualidad éstos se han ido sustituyendo por tuberías de hormigón o por canales de hormigón en masa cubiertos.

Algunos de estos canales tienen elevaciones intermedias desde donde nacen otros canales de similares características. Los distintos canales existentes con sus obras singulares y sucesivas derivaciones son los descritos a continuación.

2.2.6.1 PRIMER CANAL DE LEVANTE

Tiene una longitud total de 20.297 m. y una capacidad variable desde 2.000 l/s en cabecera hasta 500 l/s en la cola. La zona que domina es la que se encuentra por debajo de las cotas +28,61 y +18,65 m.s.n.m.

Los primeros 7.608 m. comprendidos entre la cabecera y el Río Vinalopó, presentan un estado lamentable al ser uno de los dos tramos de canal que se encuentra sin reconstruir y el resto (hasta los 20.297 m.) está formado por una tubería telescópica de hormigón en masa con diámetros comprendidos entre 1.800 mm. y 1.000 mm. Paralelamente a este último tramo transcurre un camino de servicio de 5 m. de anchura.

Tabla 12. Características técnicas Primer Canal de Levante

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	20.297
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	2 - 0,50
Sección tipo	Diversa

2.2.6.2 SEGUNDO CANAL DE LEVANTE

Tiene una longitud total de 10.662 m. y una capacidad variable desde 1.700 l/s en cabecera hasta 500 l/s en la cola. La zona que domina es la comprendida entre las cotas +52,19 y +47'09 m.s.n.m.

Está formado por una tubería telescópica de hormigón armado con diámetros comprendidos entre 1.500 mm. y 1.000 mm. Paralelamente a este último tramo transcurre un camino de servicio de 5 m. de anchura.

En cabecera de canal se dispone de una balsa de regulación de 36.000 m³ de capacidad denominada "Balsa de la Cuarta Elevación"

Tabla 13. Características técnicas Segundo Canal de Levante

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	10.662
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	1,7 – 0,50
Sección tipo	Diversa

2.2.6.3 SEGUNDO CANAL DE PONIENTE

Tiene una longitud total de 12.700 m. y una capacidad variable desde 1.500 l/s en cabecera hasta 500 l/s en la cola. La zona que domina es la que se encuentra por debajo de las cotas +52,22 y +45,64 m.s.n.m.

El tramo comprendido entre la cabecera y el partidor 27, de 10.744 m. de longitud, se encuentra en estado lamentable al ser uno de los dos tramos de canal que se encuentra sin reconstruir y el resto está formado por una tubería telescópica de hormigón en masa con diámetros comprendidos entre 1.500 mm. y 1.000 mm. Paralelamente a este último tramo existe un camino de servicio de 5 m. de anchura.

La cola del canal se prolonga con el denominado Canalillo de Granja.

El Segundo de Canal de Levante comparte la balsa de cabecera descrita en el apartado anterior.

Tabla 14. Características técnicas Segundo Canal de Poniente

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	12.700
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	1,50 – 0,50
Sección tipo	Diversa

2.2.6.4 TERCER CANAL DE LEVANTE

Tiene una longitud total de 47.748 m. y una capacidad variable desde 4.000 l/s (de cabecera hasta el barranco de San Antón), 2.000 l/s hasta Bacarot, 1.000 l/s hasta Alicante y 500 l/s en la cola.

Las cotas que domina son las comprendidas entre la +74,94 m.s.n.m. en cabecera y la +64,25 m.s.n.m. en Bacarot, la zona de Bacarot y la Huerta de Alicante.

Está formado por un canal de sección variable de hormigón en masa cubierto con un forjado hasta Bacarot. Paralelamente a este canal transcurre un camino de servicio de 5 m. de anchura. Desde Bacarot hasta el final está formado por una tubería telescópica de hormigón en masa con diámetros de 1.200 mm. y 1.000 mm.

En cabecera de canal se dispone de una balsa de regulación de 38.000 m³ de capacidad denominada "Balsa de la Quinta Elevación"

En el partidor 35 se encuentra la Sexta Elevación de Elche que eleva las aguas desde el Tercer Canal de Levante hasta la cota +100,33 m.s.n.m. En este punto nacen dos canales denominados Sexta de Elche Poniente y Sexta de Elche Levante.

Además existe un embalse de 20.000 m³ de capacidad denominado "Balsa de la Sexta de Elche" donde encontramos una nueva elevación denominada Séptima Elevación de Elche que eleva las aguas hasta la cota +123'53 m.s.n.m. desde donde nacen los canales denominados Séptimo de Elche Poniente y Séptimo de Elche Levante. En cabecera de estos canales se dispone de un embalse de 100.000 m³ de capacidad denominado "Balsa de la Séptima de Elche"

En el partidor 117 se encuentra la Elevación de Muchamiel que eleva las aguas hasta la cota +100 m.s.n.m. donde se encuentra la balsa "El Pantanet", de 20.000 m³ de capacidad.

Tabla 15. Características técnicas Tercer Canal de Levante

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	47.748
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	4 – 0,50
Sección tipo	Diversa

2.2.6.5 CUARTO CANAL DE LEVANTE

Tiene una longitud total de 6.840 m. y una capacidad variable desde 900 l/s en cabecera hasta 300 l/s en el barranco de Barbasena. Las cotas que domina son las comprendidas entre la +101,70 y +98,28 m.s.n.m.

Está formado por una tubería telescópica de diámetros comprendidos entre 1.200 mm. y 600 mm. de hormigón en masa.

En el partidor 14 se encuentra la Séptima Elevación de la Peña, que eleva las aguas hasta la cota +138'30 m.s.n.m. donde nace el canal denominado "Canal de La Peña". Además existe una balsa de 76.000 m³ de capacidad.

Tabla 16. Características técnicas Cuarto Canal de Levante

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	6.840
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	0,90 – 0,30
Sección tipo	Diversa

2.2.6.6 CUARTO CANAL DE PONIENTE

Tiene una longitud total de 29.080 m. en dos tramos diferenciados. El primero está formado por un ovoide de hormigón en masa con una capacidad de 2.000 l/s desde cabecera hasta el partidor 70. El segundo tramo está formado por una tubería telescópica de hormigón en masa con una capacidad variable desde 1.500 l/s hasta 500 l/s.

Las cotas que domina son las comprendidas entre la +101,70 y la +92,07 m.s.n.m. (partidor 70); la +87,16 m.s.n.m.

En el partidor 70 se encuentra la Séptima Elevación de Rocamora, que eleva las aguas hasta la cota +134,17 m.s.n.m. desde donde nace un canal denominado Séptimo Canal de Rocamora. Además existen dos balsas de 65.000 y 20.000 m³ de capacidad.

Tabla 17. Características técnicas Cuarto Canal de Poniente

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	29.080
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	2 – 0,5
Sección tipo	Diversa

2.2.7 ELEMENTOS REGULADORES DE LA RED PRINCIPAL

2.2.7.1 PARQUE NATURAL "EL HONDO"

El Parque Natural de El Hondo (en adelante El Hondo) está situado entre las coordenadas 0° 43´ Oeste y 0° 49´ Oeste; 38° 9´ Norte y 38° 13´ Norte, situado en la Comarca del Bajo Vinalopó, entre los términos municipales de Elche y Crevillente, en la provincia de Alicante.

El Hondo es un humedal de morfología artificial ubicado en el ámbito de una llanura de inundación aluvial. El funcionamiento hídrico, en la mayoría de los casos, requiere intervención humana y aporte energético en forma de bombeo de agua.

Está formado por dos embalses reguladores de agua de riego, como núcleo principal y un conjunto periférico de hasta 11 charcas con finalidad cinegético-pesquera.

En la Ilustración 13 se muestra una fotografía aérea del Parque Natural.



Ilustración 13. Vista aérea de los embalses del P.N. del Hondo

2.2.7.1.1 HISTORIA

Durante el siglo XVII, el Cardenal D. Luis de Belluga y Moncada desarrolló su proyecto conocido como "Pías Fundaciones" donde desecaron 4.470 Has. de las zonas encharcadas del entorno oeste de la albufera de Elche.

En 1730 se fundan las poblaciones de Nuestra Señora de los Dolores, San Fulgencio y San Felipe de Nerí, destinadas a recoger a los colonos que han de cultivar las tierras desecadas. Por su parte y de forma paralela, D. Francisco Ponce de León, Láncaster y Cárdenas, Duque de Arcos, Maqueda y Nájera, Señor de Elche, obtiene la aprobación real para la fundación del poblado de San Francisco de Asís, lugar de establecimiento de los colonos que han de cultivar la 1000 hectáreas desecadas.

En el entorno que actualmente se enclava El Hondo se desarrollará una agricultura de plantas adaptadas a suelos salinos como alfalfa, algodón, cáñamo etc. La zona húmeda queda reducida a una pequeña charca temporal denominada "Bassa la Llarguera".

En 1932 la R.C.Riegos de Levante adquirió 1600 Has. de las tierras desecadas por la "Pías Fundaciones". Estas tierras se situaban en la antigua charca conocida como Bassa Llarguera. Ese mismo año comienza la construcción, totalmente manual, del embalse de Levante; en 1945 se construiría el de Poniente. En conjunto se inundan 1.100 Has.

Se trataba de una obra poco artificiosa ya que utiliza la depresión natural como vaso de embalse y se construyen diques o motas con los materiales extraídos de zanjas perimetrales a los embalses. Toda la construcción es manual, utilizándose un sistema de encofrado simple de estacas de madera y haces de cañas o carrizos; para la estabilización de los diques y defensa contra la erosión del oleaje se realizaron plantaciones de eucaliptos y cañas.

En la década de los 70, se efectuaron una serie de obras para encharcar de forma permanente los terrenos circundantes a los embalses. Se conforman un conjunto de charcas de aguas salobres entorno a las que se establecen 6 cotos cinegético-pesqueros. Es a partir de este momento cuando se configura la situación actual de El Hondo.

- Dos embalses reguladores de agua de riego.
- Once charcas de aguas salobres.
- Saladares en la periferia.

2.2.7.1.2 HIDROLOGÍA DEL MEDIO

El balance hídrico es muy deficitario, debido a las altas temperaturas estivales, las casi 3.000 horas de insolación anual y la escasez de precipitaciones. La capacidad evaporativa del ecosistema (evapotranspiración) es muy alta, llegando a superar los 1.000 mm año.

Hidrológicamente, El Hondo se divide en dos subunidades:

- Los embalses: dependen únicamente de las aportaciones del Río Segura y los drenajes de la Vega Baja. Los volúmenes captados las últimas décadas han sido muy variables con puntas de hasta 100 Hm³/año hasta la sequía extrema en los años 93 y 94 del pasado siglo.
- Las charcas: dependen de los caudales aportados por aguas de escorrentía y drenaje de tierras de cultivo, las procedentes del acuífero superficial mediante bombeos y la presencia de pequeños manantiales que incrementan los niveles.

El desagüe del humedal se efectúa mediante dos vías:

- La elevación de los volúmenes para riego a través de la Segunda Elevación y el Canal Principal.

- El azarbe de Dalt, que canaliza las aguas de las charcas hasta el mar.

2.2.7.1.3 PROBLEMAS DEL MEDIO

- Escasas aportaciones de recursos hídricos del sistema hídrico del Segura y sus azarbes.
- Alta salinización de las aguas elevadas por la Primera Elevación con salinidades medias superiores a los 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Altos procesos evaporativos superiores a 1.000 mm año.

Todos estos condicionantes inciden en un alto contenido en sales de las aguas embalsadas; la salinidad media de las aguas contenidas en los embalses de El Hondo medidas a lo largo de los últimos 5 años es de 6.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que determina una salinidad media total de 4,5 g/l. (incluidas todas las sales).

2.2.7.2 Balsa de la Tercera Elevación

En el año 2007 se construyó una balsa de regulación junto al Canal Principal (a la salida de la Tercera Elevación) de 16.000 m³ de capacidad en la que se almacenaba el volumen necesario a través del bombeo de la Tercera Elevación (tras su remodelación del año 2006) que captaba el agua directamente desde la galería Segunda-Tercera.

La salida de las bombas estaba conectada con una tubería de hormigón armado DN1000 montada sobre el Canal Principal que llegaba a la balsa. Junto a la balsa existía una "T" con una válvula que regulaba el caudal hacia la balsa o hacia el Canal Principal para continuar su recorrido hacia la Cuarta Elevación.

Tabla 18. Ficha técnica. Balsa Tercera Elevación

FICHA TÉCNICA		
Volumen (m ³)	16.000	
Situación	Coordenadas UTM (H-30 ETRS-89)	
	X= 694.851,80	Y= 4.232.898,55
Tipología	Hormigón armado	
Cota de fondo (m.s.n.m.)	32,22	
Cota de coronación (m.s.n.m.)	37,97	
Cota de aliviadero (m.s.n.m.)	37,47	
Talud interior	1H:1V	

Con la nueva obra puesta en marcha en 2014, la función de la balsa sigue siendo la misma (almacenar parte de los caudales bombeados desde la Segunda Elevación y que se distribuirán por el Primer Canal de Levante)

También existe una conexión a la red principal de riego de modernización que permite llenar la balsa para los periodos en los que el Primer Canal de Levante riegue con agua del A.T.S.

Tabla 19. Curva de capacidad. Balsa Tercera Elevación

ALTURA (M.)	VOLUMEN (M ³)
0	0
1	3.047,6
2	6.095,2
3	9.142,9
4	12.190,5
5	15.238,1
5,25	16.000

2.2.7.3 Balsa de la Cuarta Elevación

En los años 50 se construyó una balsa de regulación junto al Canal Principal (a la salida de la Cuarta Elevación) de casi 37.800 m³ de capacidad en la que se almacenaba el volumen necesario, bombeado a través del bombeo de la Cuarta Elevación (hasta la arqueta donde nacen los canales Segundo de Levante y Poniente) y regulado por compuertas; mediante las diferentes bombas que captaban el agua directamente desde la galería Tercera-Cuarta.

Tabla 20. Ficha técnica. Balsa Cuarta Elevación

FICHA TÉCNICA	
Volumen (m ³)	37.800
Situación	Coordenadas UTM (H-30 ETRS-89)
	X=694.418 Y=4.234.027
Tipología	Hormigón en masa
Cota de fondo (m.s.n.m.)	52,24
Cota de coronación (m.s.n.m.)	55,74
Cota de aliviadero (m.s.n.m.)	55,57
Talud interior	Variable

Con la nueva obra puesta en marcha en 2014, la función de la balsa sigue siendo almacenar parte de los caudales bombeados desde la Segunda Elevación y que se distribuirán por los Canales Segundo de Levante y Segundo de Poniente así como el rebombeo a través de la Quinta Elevación Aérea)

También existe una conexión a la red principal de suministro de agua del A.T.S. para riego tradicional, realizada en los años 70 y que permite llenar la balsa para los periodos en los que los Canales Segundo de Levante y Poniente rieguen con agua del Trasvase.

Tabla 21. Curva de capacidad. Balsa Cuarta Elevación

ALTURA (M.)	VOLUMEN (M ³)
0	0
0,53	4.320
1	9.720
1,51	15.660
1,98	21.060
2,49	27.000
3	32.940
3,33	37.800

2.2.7.4 Balsa de la Quinta Elevación

En los años 50 se construyó una balsa de regulación junto al Canal Principal (a la salida de la Quinta Elevación) de 36.590 m³ de capacidad en la que se almacenaba el volumen necesario, bombeado a través del bombeo de la Quinta Elevación (hasta la arqueta donde nace el Tercer Canal de Levante) y regulado por compuertas directamente desde la galería Cuarta-Quinta.

Esta balsa se puede considerar el núcleo de distribución de agua del A.T.S. para todas las comunidades de base.

Tabla 22. Ficha técnica. Balsa Quinta Elevación

FICHA TÉCNICA	
Volumen (m ³)	36.590
Situación	Coordenadas UTM (H-30 ETRS-89)
	X= 693.997 Y= 4.235.025
Tipología	Hormigón en masa
Cota de fondo (m.s.n.m.)	74,95
Cota de coronación (m.s.n.m.)	80,15
Cota de aliviadero (m.s.n.m.)	79,95
Talud interior	Variable

También existe una conexión a la red principal de suministro de agua del A.T.S. para riego tradicional, realizada en los años 70 que permite llenar la balsa para los periodos en los que el Tercer Canal de Levante riega con agua del Trasvase.

Tabla 23. Curva de capacidad. Balsa Quinta Elevación

ALTURA (M.)	VOLUMEN (M ³)
1	6.000
2	13.878
3	21.870
4	30.132
5	36.590

2.2.8 TELECONTROL DE LAS INSTALACIONES

Lógicamente con el proyecto original no se incluía ningún elemento que permitiera operar telemáticamente las instalaciones.

Fue en la remodelación de las instalaciones del año 1981 cuando se diseñó un gran sistema de telecontrol vía cable, gobernado desde un puesto central junto a la Quinta Elevación (Ilustración 14).

Era un proyecto muy ambicioso pues permitía conocer los niveles en cada uno de los embalses, maniobrar compuertas, arrancar y parar las bombas, etc. Desgraciadamente solo llegó a funcionar durante las primeras semanas tras la puesta en marcha de las instalaciones y se quedó en desuso.



Ilustración 14. Centro de telemando

Posteriormente, dentro de las obras del año 1995 se creó una nueva red de telecontrol mediante radiofrecuencia gobernada desde un puesto central y capaz de controlar todas las maniobras necesarias para el funcionamiento de las instalaciones.

Esta red ha sido mantenida hasta hoy, ampliándose con nuevas actuaciones y haciéndola cada vez más robusta y fiable.

2.3 SISTEMA DE RIEGO TRADICIONAL CON AGUA DEL A.T.S.

En el tramo final del Canal del Post-Trasvase Tajo-Segura se encuentra un aforador (vertedero de pared delgada) que mide los caudales que entran en el sistema hidráulico de la C.G.R.R.L.

El agua suministrada puede derivarse a una estación de bombeo que la eleva hasta el Embalse de Crevillente o bien introducirse en la red presurizada de regadío tradicional de agua del A.T.S. (Ilustración 16).

Para el funcionamiento de la red de riego tradicional con agua del A.T.S. se operaba presurizando la red principal y llenando las balsas de regulación. La distribución en los canales secundarios era idéntica a la distribución del agua de concesiones.

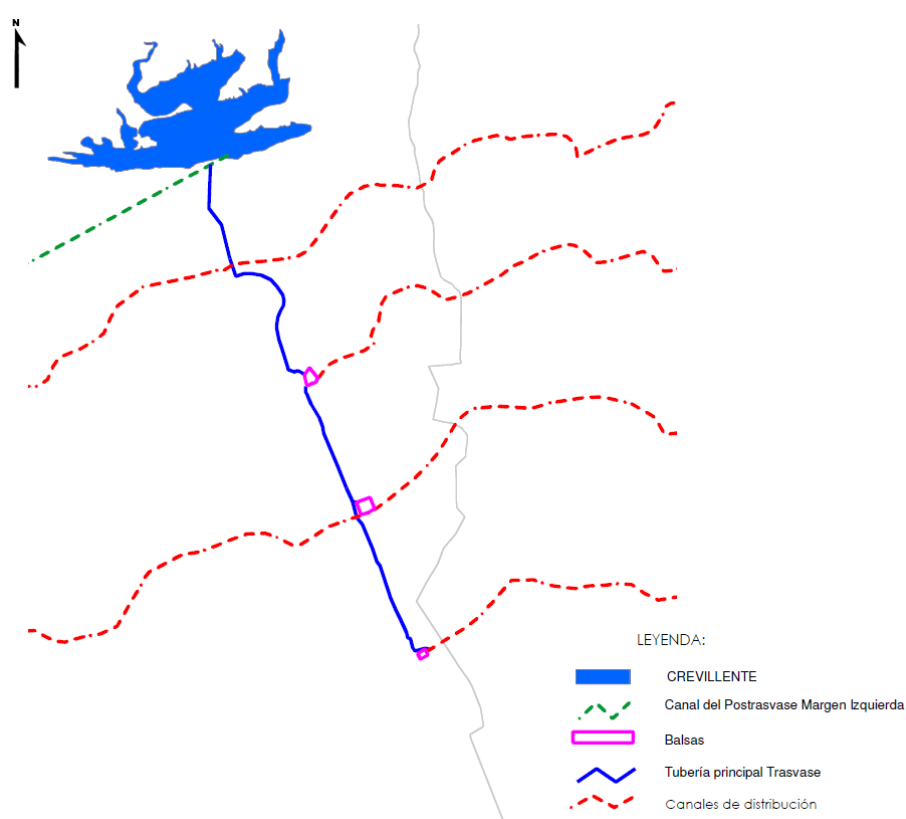


Figura 16. Esquema hidráulico red de riego tradicional con agua del A.T.S.

2.3.1 ESQUEMA HIDRÁULICO DE FUNCIONAMIENTO

Creada a finales de los años 70, esta red se compone de dos tuberías de hormigón pretensado DN1200 que suministra el agua del A.T.S. a los canales de distribución. La energía potencial existente en la cabecera de la red principal se disipa mediante unas arquetas de rotura de carga y válvulas accionadas manualmente. Desde sus inicios esta red ha presentado numerosos problemas obligando a repararla constantemente y dejando temporalmente fuera de servicio el sistema.

No obstante, se ha contado desde siempre con las balsas de regulación de la Cuarta y Quinta Elevación, con capacidad suficiente para disminuir el impacto que estos desabastecimientos pudieran ocasionar. Posteriormente (año 2007) se construyó la balsa de la Tercera Elevación que, con una capacidad menor de regulación, podría también laminar estos problemas.

2.3.2 INFRAESTRUCTURA DAÑADA

En la actualidad las tuberías de la red principal presentan diferentes patologías muy costosas de reparar, derivado no por su complejidad sino por la ubicación de los puntos afectados así como el gran número de éstos.

Tan grave es el problema que en el año 2012 se ejecutó de urgencia una acometida a la tubería principal de modernización para poder llenar la balsa de la Tercera Elevación con agua del A.T.S. pues la tubería original que debía alimentar al Primer Canal de Levante estaba totalmente colapsada, con afecciones incluso a la línea de FFCC Alicante-Murcia. (Ilustración 15).



Ilustración 15. Llenado desde la red de modernización

Las balsas de la Cuarta y Quinta Elevación siguen llenándose mediante las tuberías originales y válvulas reductoras, las cuales han sido reparadas en numerosas ocasiones debido a que no son válvulas adecuadas para el uso que se le está dando.

Esto implica que constantemente se produzcan roturas en esas arqueta, además de las incalculables pérdidas de agua.

En la ilustración 16 se muestran cuatro fotografías correspondientes a una de las arquetas de rotura de carga. Se puede observar la válvula de mariposa utilizada

(totalmente deteriorada) y el vertedero de pared delgada en el que se miden los caudales entrantes a la balsa.



Ilustración 16. Fotografías de la arqueta de rotura de carga anterior a la balsa de la Cuarta Elevación

En la Figura 17 se representa de manera esquemática la planta actual de la infraestructura hidráulica del sistema de riego tradicional con agua del A.T.S.

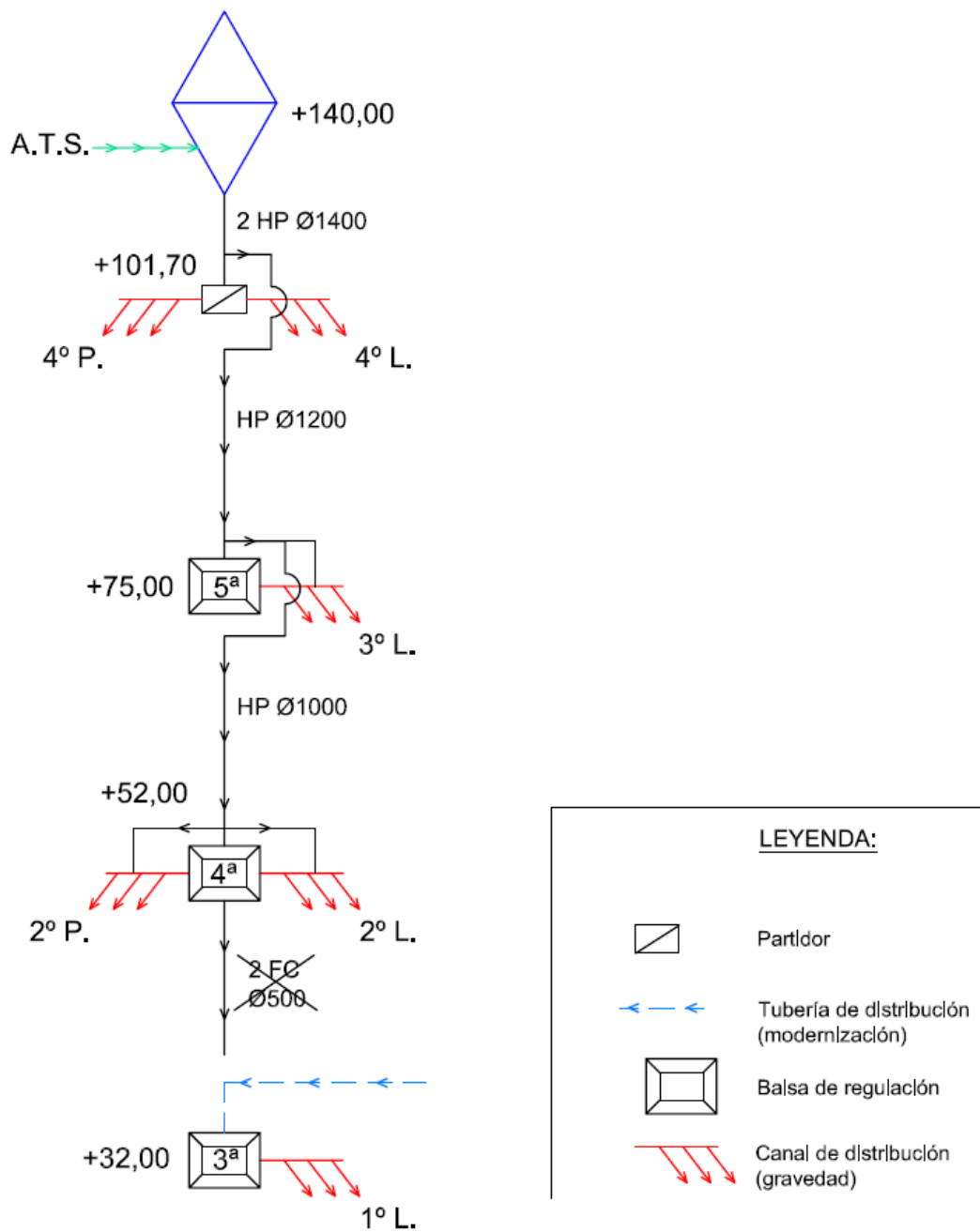


Figura 17. Esquema en planta de las instalaciones existentes para el riego tradicional con agua del A.T.S.

2.4 SISTEMA DE RIEGO MODERNIZADO

Debido al déficit de agua tanto en la cantidad como en la calidad así como la garantía de suministro, y acogiendo al Plan Nacional de Regadíos, la C.G.R.R.L. comenzó a modernizar sus instalaciones hace más de 10 años. Además, el sistema de riego existente no hacía rentable ningún tipo de parcelas al poseer una superficie mínima que no permitía la modernización de la explotación agrícola.

Existía un criterio unánime entre los comuneros de la necesidad de implantar en la zona un cambio en el sistema de riego que permitiera una mejora de la estructura productiva de las explotaciones agrarias, contribuyendo a un aumento de la productividad y de los rendimientos de los cultivos. También se tuvo en cuenta la necesidad de un ahorro efectivo de agua así como un control de los caudales consumidos.

En cuanto a la calidad de las aguas de las distintas procedencias existen diferencias notables. El agua del A.T.S. es de muy buena calidad; el agua de concesiones del Río Segura es de muy mala calidad, (el punto de toma está junto a la desembocadura, con altas concentraciones de sales y nitritos que influyen desfavorablemente en los cultivos de la zona, especialmente en los cítricos, y terminan salinizando el suelo).

La introducción de nuevas tecnologías de riego es una exigencia para una mejor gestión y racionalización de los recursos disponibles, por lo que la implantación de un sistema de riego localizado, automatizado e informatizado, ha de ser una constante en las actuaciones presentes y futuras, representando la tendencia actual en la evolución de los sistemas de riego.

Se trata pues de optimizar la distribución y uso del agua, a fin de disminuir los costes de explotación y conseguir su utilización más eficiente, mediante la construcción de una red presurizada en toda la zona que permita disponer en cada parcela de agua filtrada y a presión, además de controlar el volumen consumido por cada regante que dispondrá de un hidrante de riego en cada parcela.

Actualmente las comunidades de base modernizadas son:

- El Canal (8.196 hectáreas)
- Cuarto de Levante y Séptima de la Peña (780 hectáreas)

2.4.1 EMBALSE REGULADOR

La presa de Crevillente y su embalse se localizan en la Hoja 893 (Elche) del Servicio Geográfico del Ejército, a escala 1:50.000, en su edición de 1997. La presa cierra el Barranco del Bosch o de La Garganta, a unos 6 km. aguas arriba de su desembocadura en la Laguna de El Hondo. Las coordenadas geográficas de la intersección del eje de la presa con el Barranco del Bosch son las siguientes:

- U.T.M.: X=693.330 ; Y=4.236.370

La presa está emplazada en la intersección de la antigua carretera CN-330 con el barranco del Bosch, en el término municipal de Crevillente, provincia de Alicante.

El embalse de Crevillente se construyó en el año 1985 sobre una superficie de 108 hectáreas con una capacidad máxima aproximada de 13 Hm³. Sus características técnicas son las siguientes:

Tabla 24. Ficha técnica. Embalse de Crevillente

FICHA TÉCNICA	
Tipo	Materiales sueltos
Talud de aguas arriba	2,35/1 (H/V)
Materiales	Tierras, escolleras, gravas y arcillas
Talud de aguas abajo	2,60/1 (H/V)
Altura sobre el cauce	54,50 m.
Cota de coronación	147,50 m.
Longitud de coronación	360 m.
Ancho de coronación	12,50 m.
Volumen total de material	1.100.000 m ³ .
Capacidad	13 Hm ³ .

Tiene la función de regular una parte de los caudales transportados por el Canal del Postravase de la Margen Izquierda para suministrar una parte de las demandas de regadío de la C.G.R.R.L.

Su escasa cuenca vertiente y sus reducidas aportaciones no habrían justificado nunca la construcción de este embalse que actúa prácticamente como un depósito de regulación en la cola del Canal del Post-Trasvase (Margen Izquierda).

Tras un largo proceso administrativo y burocrático así como diferentes proyectos y modificaciones, las obras se terminaron en marzo de 1986, cumpliendo con el plazo finalmente estipulado y recepcionado definitivamente el 22 de Julio de 1987.

La entrada de los caudales de aportación se produce a través de una impulsión existente en el final del Canal del Postravase Tajo-Segura. Esta elevación termina en una galería que atraviesa el vaso por su coronación y termina en un aliviadero y una escollera de protección.

La salida del agua se realiza a través de una toma flotante que oscila en función del nivel del agua y que está conectada a la red principal de modernización, previo paso por unas válvulas de sobrevelocidad que dispararían por emergencia en caso de una rotura aguas abajo de la red.

En la Ilustración 17 se muestran dos fotografías que corresponden al dique del embalse y a la toma flotante por la cual se alimenta la red de modernización.



Ilustración 17. Fotografías del dique y toma flotante

2.4.2 TUBERÍAS PRINCIPALES

La actual red de modernización se compone de los siguientes elementos:

- Acometida al embalse de Crevillente:

A la salida del embalse se dispone de una arqueta con dos válvulas de sobrevelocidad que actúan automáticamente cuando el caudal trasegado es mayor del consignado, entendiéndose que hay una rotura aguas abajo y evitando que se vacíe el embalse (Ilustración 18).



Ilustración 18. Vista del interior de la arqueta con válvulas de sobrevelocidad

- Conducción General:

Esta conducción tiene su toma en la acometida del embalse de Crevillente mediante dos tuberías de PRFV DN 1.600 mm. hasta la Estación de Filtrado de la 5ª Elevación, continúa con dos tuberías de PRFV DN 1.300 mm. hasta el origen de los canales Segundo de Levante y Segundo de Poniente y, por último, continúa con una tubería PRFV DN 1.200 mm. hasta el inicio del Primer Canal de Levante.

Esta conducción general, en sus diferentes tramos, alimenta las tuberías secundarias de modernización ya instaladas. Las futuras zonas que se modernicen también se alimentarán de esta conducción general.

2.4.3 ESTACIÓN DE FILTRADO

Junto a la Quinta Elevación, antes del nacimiento del ramal principal del Tercer Canal de Levante, existe una estación de filtrado para uso general de todas las zonas modernizadas (Ilustración 19).



Ilustración 19. Vista general de la estación de filtrado de la Quinta Elevación

Se compone de dos líneas de filtrado, una de mallas y otra de anillas (Tabla 25 y Tabla 26).

Tabla 25. Ficha técnica. Línea de filtrado con tipología de mallas

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Tipología	Mallas
Capacidad l/s)	2.000
Filtrado (μm)	125
Nº tambores	8

Tabla 26. Ficha técnica. Línea de filtrado con tipología de anillas

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Tipología	Anillas
Capacidad l/s)	2.000
Filtrado (μm)	125
Nº líneas	8

Las dos líneas de filtros son autolimpiantes y funcionan en continuo, haciendo más o menos lavados en función del caudal trasegado. El agua de rechazo se vierte a la balsa de la Quinta Elevación situada a pocos metros y será destinada al riego tradicional.

2.4.4 RED SECUNDARIA DE TUBERÍAS

A la salida de la estación de filtrado se produce la bifurcación para cada una de las comunidades de base (Ilustración 20)



Ilustración 20. Colectores de derivación y valvulería se seccionamiento

Agua abajo de esta arqueta nacen las tuberías secundarias de la comunidad de base que actualmente está modernizada* (El Canal). Estas tuberías corresponden con los canales Primero y Segundo de Levante, quedando ubicadas bajo el camino de servicio existente paralelo al canal de riego tradicional.

*La comunidad de regantes 4º Canal de Levante y 7ª de la Peña está modernizada pero es independiente del esquema descrito, ya que se encuentra a una cota superior al embalse de Crevillente y dispone de una estación de bombeo, filtrado y red de tuberías propia.

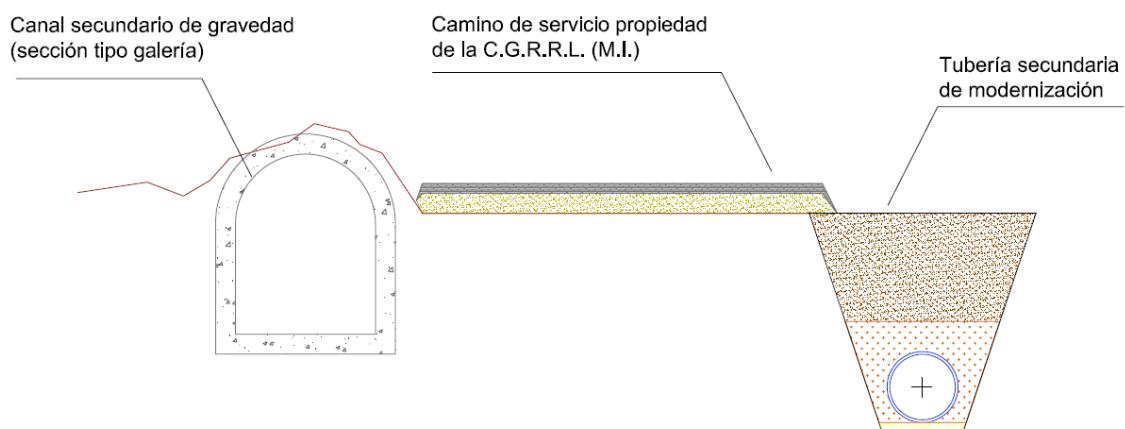


Figura 18. Sección tipo del camino de servicio

En la Figura 18 se representa una de las secciones tipo del camino de servicio por el que discurren tanto los canales secundarios de riego tradicional como las tuberías secundarias de modernización.

La tipología de estas conducciones es diversa dependiendo de la zona. En el Segundo Canal de Levante todos los tramos son de PRFV (DN800-DN500); en el Primer Canal de Levante encontramos el primer tramo de PRFV DN1200, el segundo tramo FD DN1000 y el tercer tramo ACERO (DN 800-500).

En la Figura 19 se reflejan las zonas modernizadas y las tuberías secundarias de distribución, todos conectados al embalse de Crevillente.

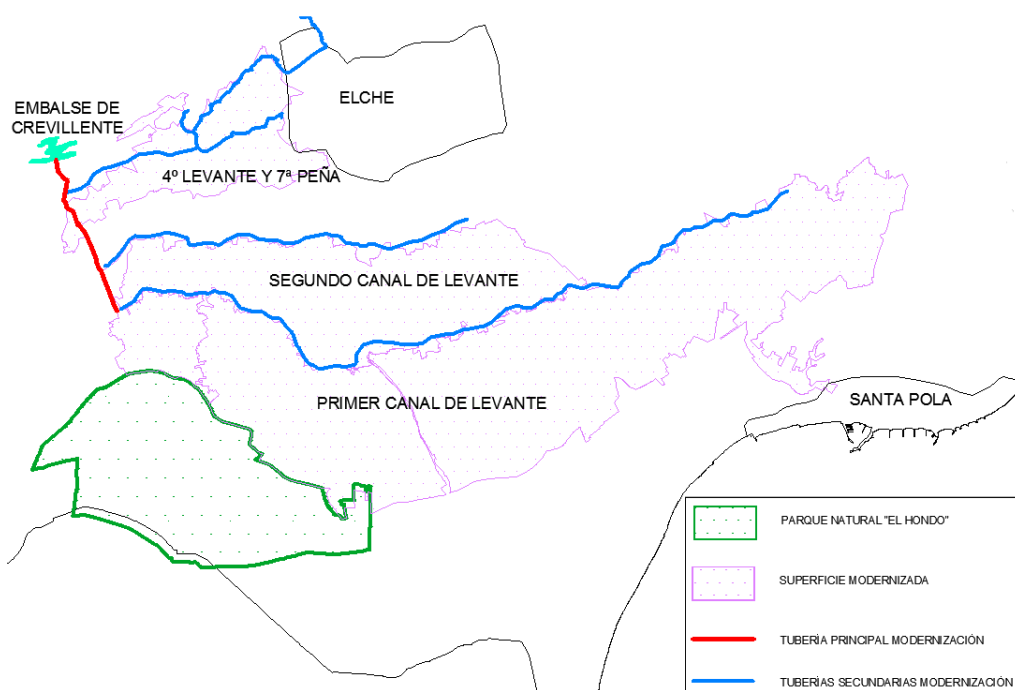


Figura 19. Planta general de la red de modernización

2.4.4.1 CABECERAS DE SECTOR

Debido a la gran superficie que abarca la Modernización de los Regadíos de la C.G.R.R.L. se diseñó la red a partir de la división de la superficie de riego por zonas, que coinciden sensiblemente con la delimitación de las diferentes comunidades de base y sus canales de riego.

Cada una de estas zonas tiene una superficie aproximada de 100 hectáreas y depende de una cabecera de sector, que se alimenta directamente de la red secundaria de tuberías.

Es en este punto donde se reduce la presión (mediante una válvula hidráulica pilotada) y se mide el caudal (a través de un caudalímetro electromagnético) para distribuir a través de la red terciaria o de distribución. Esta red ramificada de tuberías de PE100 es de la que toman directamente los hidrantes y está compuesta por tuberías con diámetros comprendidos entre DN800 y DN75.

Las válvulas reductoras trabajan de manera autónoma en función del caudal que se esté regando. La consigna es dejar aguas abajo de la válvula reductora una presión de 4 atm. por lo que tendremos la siguiente relación de presiones de trabajo: (Tabla 27).

Tabla 27. Relación de presiones de trabajo en cada zona

Zona	Reducción de presión (atm.)
1º Levante	10-4
2º Levante	8-4



Ilustración 21. Cabecera de sector con válvulas automáticas

2.4.4.2 HIDRANTES

Los hidrantes instalados constan de:

- Acometida a la red de PE100 mediante "T" de derivación o collarín
- Válvula de corte

- Ventosa
- Filtro cazapiedras
- Contador con emisor de pulsos
- Válvula hidráulica pilotada de asiento plano con pilotos limitadores de caudal y reductores de presión con apertura mediante solenoide
- Estación remota de control de hidrante

El caudal máximo a regar en cada parcela se obtiene multiplicando por 2'3 l/s la fracción de superficie que se riega en un turno (superficie efectiva).

Previamente se divide la parcela en sectores, según la superficie (Tabla 28)

Tabla 28. Sectorización según superficie modernizada

SUPERFICIE (ha)	Nº de sectores
0-2	1
2-4	2
4-65	3
>65	4



Ilustración 22. Arqueta de hidrante. Válvula automática, contador y telecontrol

2.4.5 TELECONTROL DE LAS INSTALACIONES

La instalación existente contempla el establecimiento de un sistema para el control de los hidrantes así como la apertura y cierre de válvulas y medición de los valores de la instrumentación adicional colocada.

El sistema está compuesto por los subsistemas siguientes:

- Centro de Control (CC).
- Sistema de Control Sectorial (SCS).
- Sistema de Protección (SP).
- Sistema Hidrante (SH).

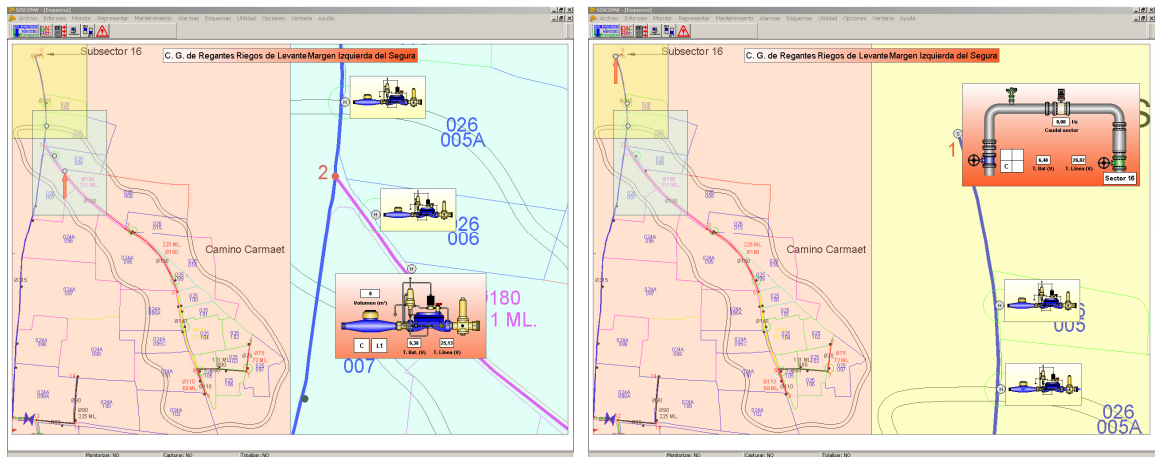


Ilustración 23. Imágenes del sistema de telegestión

El enlace desde el CC hasta cada SCS se establece vía radio mientras que el enlace de este último con cada SH se realiza con cable unifilar de 2 conductores y alcance máximo de 10 Km, pudiendo establecerse redundancia con 4 conductores.

La alimentación en baja tensión a las cabeceras de los distintos sectores se realiza desde el punto de entronque con la compañía eléctrica suministradora. El tendido de cable eléctrico se realizó sobre postes a lo largo de todo el camino de servicio.

Desde cada cabecera de sector y en la misma zanja que las tuberías de la red ramificada se tendió un cable de 2 hilos y tensión de seguridad.

En las oficinas de la comunidad de regantes se centraliza toda la gestión de la red, pudiendo actuar de manera remota sobre cada hidrante o cabecera de sector.

2.5 INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA

2.5.1 ANTECEDENTES

Hablar de la red de riego tradicional implica abordar su esquema de suministro eléctrico.

Como se ha comentado anteriormente, inicialmente se obtenía la energía eléctrica necesaria para los bombeos a través del salto hidroeléctrico de Almadenes y mediante una línea de transporte se alimentaba toda la red de elevaciones de modo que podían funcionar a la demanda, debido al carácter fluyente del aprovechamiento y obviamente no se debía pagar por esta energía.

Casi cien años después la realidad es otra, pues el 100% de la energía eléctrica necesaria para las elevaciones proviene de la compañía suministradora. Este hecho, marcado con la tendencia al alza del precio del kWh, y los múltiples cambios en la legislación están haciendo muy costosa la explotación de la red de riego tradicional.

La situación se agrava todavía más cuando actualmente no existe una tarifa especial para uso agrícola y el tratar de adecuar las potencias contratadas en función de la época del año está penalizado económicamente.

2.5.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA RED ELÉCTRICA

Desde la empresa suministradora se alimenta una subestación eléctrica que la C.G.R.R.L. tiene en propiedad junto a la Cuarta Elevación. La tensión de entrada es 66 kV. y se transforma a 6 kV.

A partir de esta subestación eléctrica y paralelo al camino de servicio de las tuberías principales se tiende una línea eléctrica que llega a cada una de las estaciones de bombeo (salvo la Primera Elevación), donde se transforma de 6 kV. a las diferentes tensiones de trabajo de los equipos (Tabla 29).

Tabla 29. Relación de equipos de transformación

Estación de bombeo	Relación de transformación	Nº transformadores	kVA
Segunda	6 kV-690 V	1	2.500
Quinta Aérea	6 kV-400 V	2	800
Sexta de Crevillente	6 kV-400 V	1	800

La Primera Elevación tiene su propia subestación eléctrica y es totalmente independiente del esquema general del resto de instalaciones.

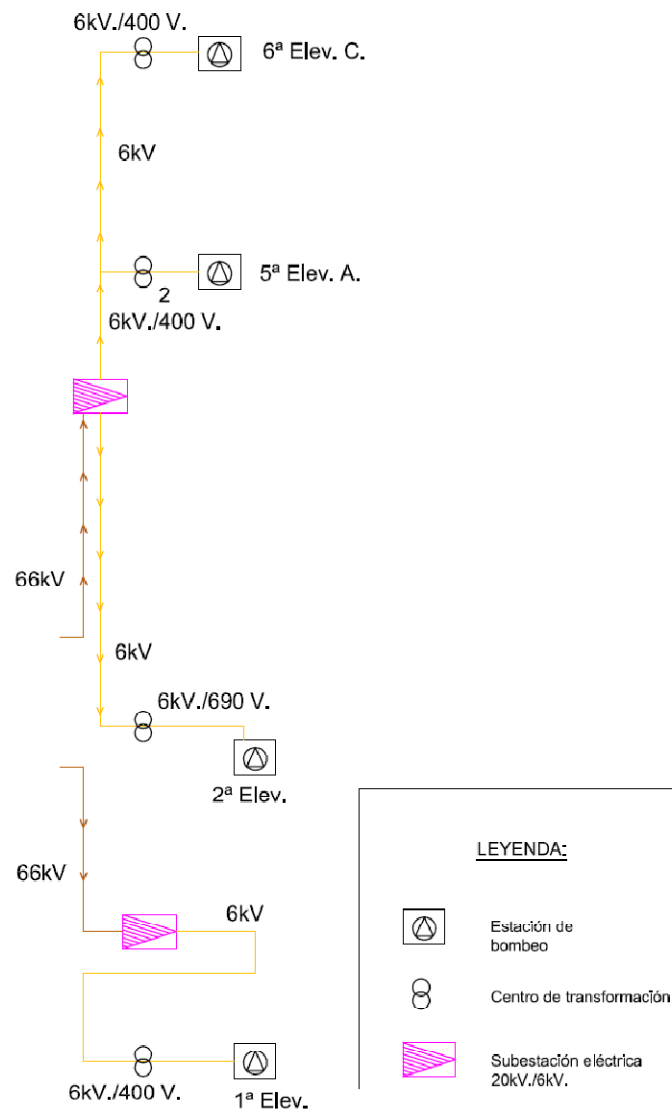


Figura 20. Esquema eléctrico

El esquema representado en la Figura 20 muestra las instalaciones eléctricas que suministran energía eléctrica a las estaciones elevadoras. Se puede comprobar la independencia de la Primera Elevación con respecto al resto de instalaciones y la conectividad entre las elevaciones Segunda, Quinta Aérea y Sexta de Crevillente.

3. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

3.1 INTRODUCCIÓN

La falta de recursos ha sido siempre el principal problema de la Comunidad de Regantes debido, entre otros, a la gran superficie regable así como la alta demanda de agua de riego de los cultivos implantados en la zona.

Con la puesta en marcha del Canal del Post-Trasvase Tajo-Segura se produce un cambio fundamental en el funcionamiento de la Comunidad de Regantes. Por un lado se complementa el déficit hídrico sufrido durante décadas mientras que implícitamente se consigue un agua de calidad antes desconocida. Muchos regantes mantienen sus cultivos de palmeras y granados con el agua de concesiones mientras que otros deciden apostar por los cítricos, por ejemplo.

Por consiguiente el esquema hidráulico de funcionamiento sufre un desdoblamiento, pues se conservan ambos sistemas de riego y se hacen funcionar de manera independiente.

3.2 SISTEMA DE RIEGO TRADICIONAL CON AGUA DE CONCESIONES

Aunque durante diferentes épocas de funcionamiento se han producido múltiples situaciones socio-políticas, económicas y la técnica ha evolucionado muchísimo; el esquema hidráulico principal se ha mantenido hasta la fecha. Con una serie de elevaciones, canales principales y secundarios de transporte, numerosas acequias y balsas de regulación se ha abastecido toda la demanda de la superficie regable durante casi 100 años.

Es la propia Comunidad de Regantes quien hace las ventas del agua que se va a distribuir de manera anticipada. Así, se programan las elevaciones hasta cada uno de los canales principales (o balsas de regulación en su defecto), se preparan los turnos de riego por secciones en diferentes canales y se coordinan los repartos en diferentes partidos hasta que finalmente llega el agua al regante.

Una vez captada el agua desde la desembocadura del Río Segura y transportada hasta la Primera Elevación, se eleva al Canal Principal y se transporta hasta los embalses del P.N. El Hondo. Debido a la diversidad de caudales que el río puede aportar en función de la época del año, en meses húmedos se intenta almacenar el mayor volumen posible en El Hondo para poder disponer de esa agua en época seca.

Cuando todo el servicio está organizado se prepara el agua almacenada en El Hondo para subirla a elevaciones superiores y distribuirla. Esto se debe al carácter fluyente de la Primera Elevación, entendiéndose como “desacoplada” del resto del sistema.

3.3 SISTEMA DE RIEGO TRADICIONAL CON AGUA DEL A.T.S.

En este tipo de riego el inicio del sistema lo marca el Canal del Post-Trasvase, cuando por él circula el caudal que se suministra desde la Confederación Hidrográfica del Segura.

Al ser el final del canal, toda el agua debe ser dirigida hacia un punto de almacenamiento (elevarla al Embalse de Crevillente o inyectarla en la red principal)

Una vez en la red principal, las diferentes arquetas de rotura de carga van disipando la energía potencial y finalmente se descarga en las balsas de la Quinta, Cuarta o Tercera (este último tramo ya en desuso debido a la rotura de las dos tuberías de FC500)

Desde las balsas de regulación se alimentan los canales de distribución y el servicio de reparto y riego es idéntico al del sistema de riego tradicional con agua de concesiones.

Del mismo modo se hace con la venta del agua, previo pago del precio correspondiente a un volumen determinado (se sirven "horas de agua" equivalente a 180 m³) y en el vertedero aforador de los regantes se miden caudales de 50 o 100 l/s.

Este sistema de prepago facilita no sólo la organización de los turnos y personal sino que es crucial para la programación de las elevaciones en horarios de tarifa eléctrica económica y por otro lado evita la difícil gestión de los impagados.

3.4 SIMULTANEIDAD DE USOS

Uno de los principales problemas que se plantea en el sistema de distribución es el cambio de uso en un mismo canal. No debemos olvidar que el agua de concesiones puede contener una salinidad cercana a 4.000 µS/cm. por lo que un riego de este agua en un cultivo no preparado para ello puede ser devastador.

De un modo simplista se puede decir que estas aguas no llegan a mezclarse de manera significativa, por varios motivos:

- Discurren por un canal o tubería cuya sección relativamente es muy pequeña.
- El transporte en el sentido longitudinal del canal hace que su mezcla sea difícil de lograr.
- El tiempo de retención o de viaje de estas aguas es muy corto impidiendo una mezcla completa.

Es por ello y para no crear una red de canales duplicada (técnicamente y económicamente inviable) se distribuyen los dos tipos de agua alternativamente en función de la demanda. Generalmente se riegan los canales Primero de Levante y Segundo de Levante y Segundo de Poniente con un tipo de agua durante un periodo de dos semanas, mientras que los canales Tercero de Levante, Cuarto de Levante y Cuarto de Poniente utilizan agua de la otra fuente.

3.4.1 SITUACIÓN 1

En el siguiente esquema general (Figura 21) se representa la situación 1, en los que el agua de concesiones se distribuye por los canales Primero de Levante, Segundo de Levante y Segundo de Poniente mientras que en el resto se sirve agua del A.T.S.

En esa situación se opera de la siguiente manera:

La Segunda Elevación trabaja de 00:00 h. a 08:00 h. ininterrumpidamente siguiendo la secuencia:

- Llenado de la balsa de la Tercera Elevación.
- Llenado de la balsa de la Cuarta Elevación.
- Llenado de la balsa de la Tercera Elevación(*)

(*) Como el canal de distribución y los diferentes brazales se han quedado descargados desde el riego anterior, en cuanto la balsa alcanza cierto nivel de agua, se comienza a llenar el canal de distribución mientras se realiza el llenado la balsa ya que su capacidad es muy limitada y faltaría volumen para todo el servicio.

Mientras tanto, el Tercer Canal de Levante y los Cuartos de Levante y Poniente riegan con agua del A.T.S.

Debido a la mayor capacidad de la balsa de la Quinta Elevación, se cuenta con algo de regulación más para el Tercer Canal de Levante. Esto es importante ya que se evita depender de la disponibilidad del servicio del Canal del Post-Trasvase (sería impensable para los volúmenes que se manejan)

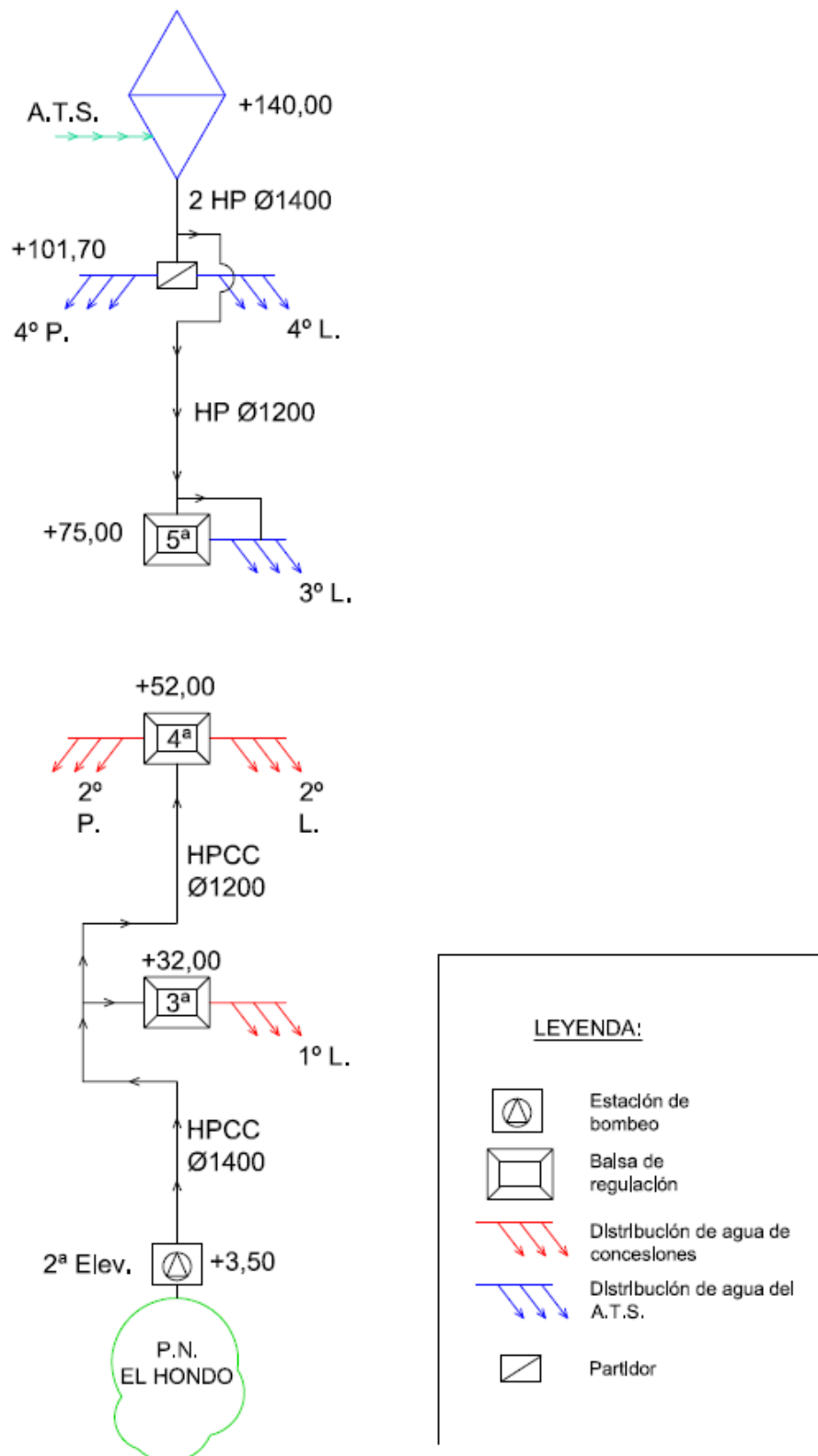


Figura 21. Esquema general de la simultaneidad de usos. Situación 1

3.4.2 SITUACIÓN 2

En el siguiente esquema general (Figura 22) se representa la situación 2, en los que el agua de concesiones se distribuye por los canales Tercero de Levante, Cuarto de Levante y Cuarto de Poniente mientras que en el resto se sirve agua del A.T.S.

En esta situación se opera de la siguiente manera:

La Segunda Elevación trabaja de 00:00 h. a 08:00 h. ininterrumpidamente elevando agua hasta la arqueta que conecta con la Quinta Elevación aérea, la cual rebombee de manera acompasada los caudales que le llegan.

Esto se hace posible con el uso de variadores de frecuencia y sondas de nivel ultrasónicas que regulan el nivel en la cántara evitando que el agua desborde. En caso de una parada brusca de la Quinta Elevación aérea, el sistema de telemando envía una señal a la Segunda Elevación deteniendo todos los equipos.

La Quinta Elevación aérea vierte el agua en la arqueta de la que se alimenta la Sexta Elevación de Crevillente, la cual rebombee el agua al partididor que divide el Cuarto Canal de Levante y el Cuarto Canal de Poniente.

En este caso también se dispone de un variador de frecuencia y sonda de nivel ultrasónica que regula los niveles y se adapta al caudal que recibe sin que se produzcan desbordamientos.

Por otro lado, tenemos los canales Primero y Segundo de Levante y Segundo de Poniente que riegan con agua del A.T.S. Este agua ha pasado por la balsa de la Cuarta Elevación y por la de la Tercera, en este último caso a través de la toma realizada en la red de modernización debido a la rotura de las dos tuberías de fibrocemento DN500.

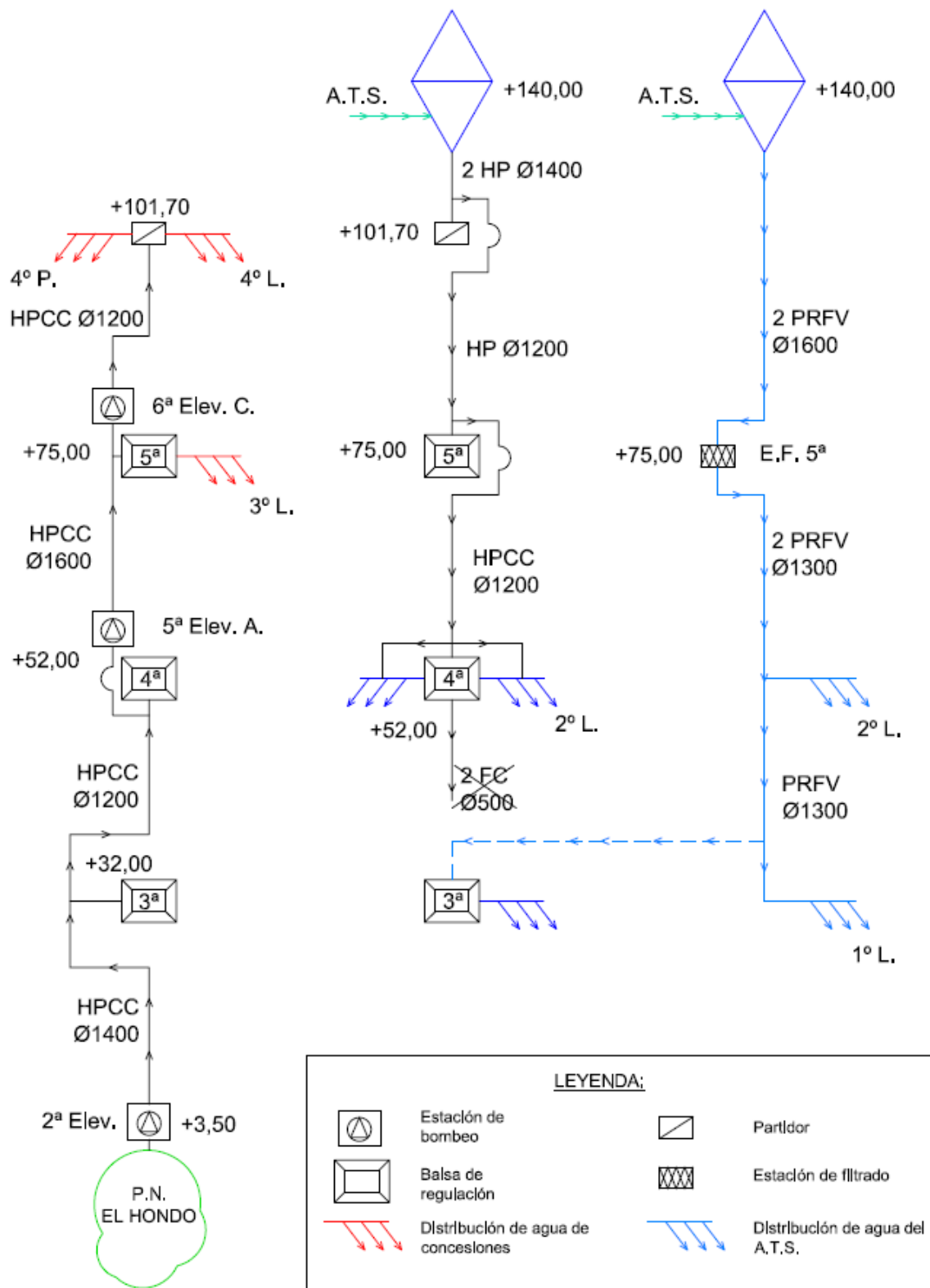


Figura 22. Esquema general de la simultaneidad de usos. Situación 2

3.5 SISTEMA DE RIEGO MODERNIZADO

Las hipótesis de diseño de la red de modernización estaban basadas en la sectorización de las parcelas y en un sistema de distribución por turnos para garantizar las presiones en todos los puntos de la red.

Estas premisas de partida se basaban en que, tarde o temprano, la modernización de toda la C.G.R.R.L. (M.I.) sería una realidad aunque es cierto que actualmente se han paralizado todos los procesos de modernización del resto de comunidades de base debido a la coyuntura económica que vivimos.

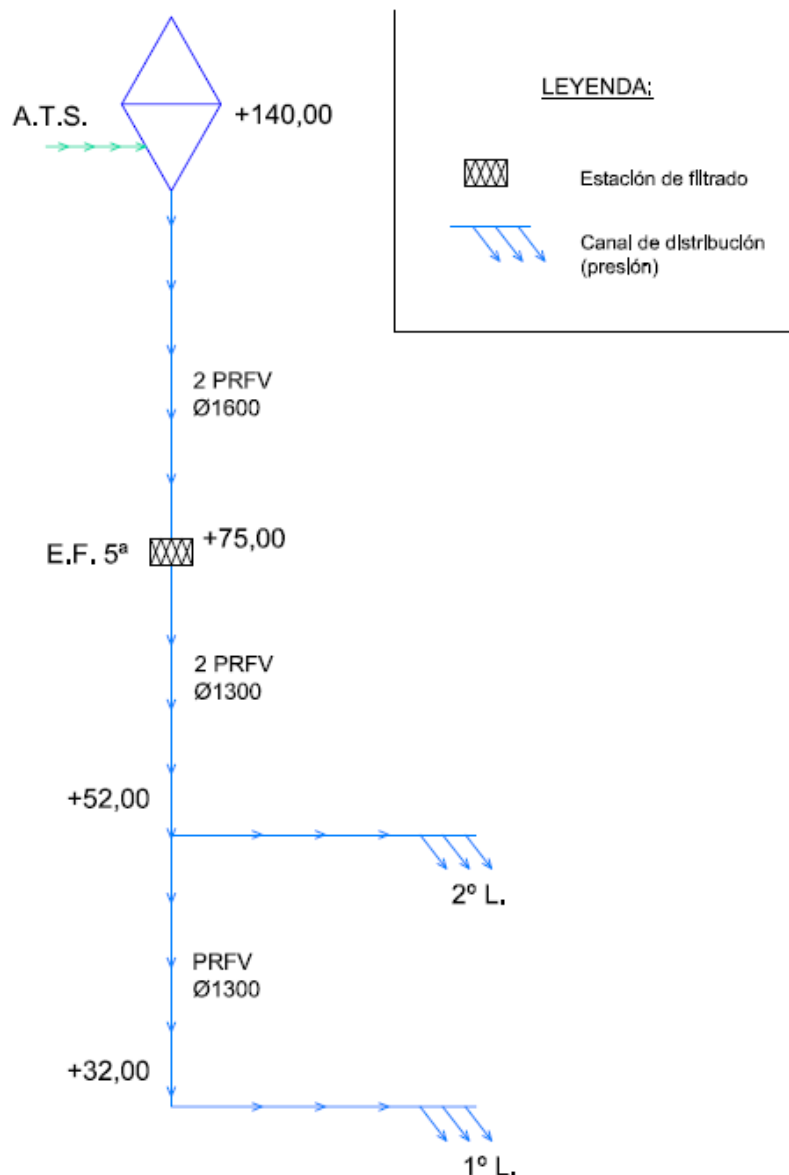


Figura 23. Esquema general de la red de modernización

En el esquema representado en la Figura 18 se puede ver la red de modernización y los canales Primero y Segundo de Levante, previo filtrado en la Quinta Elevación.

3.6 ANÁLISIS DEL COSTE DEL AGUA

Históricamente las unidades de medida de caudal y de volumen no se han correspondido con los habituales o normalizados por el sistema internacional. Los volúmenes de agua se miden por "horas de agua" que corresponde a 180 m³ y los caudales se miden por "tallas de agua" que corresponde a 50 l/s.

Estas medidas no son fruto de la casualidad sino que llevan implícitas una serie de connotaciones tales como:

- La tendencia de toda estandarización es buscar números fáciles de manejar y operaciones sencillas.
- Se utilizan fracciones más cortas (p.ej. 200 horas en lugar de 36.000 m³)
- Servir un riego de "una talla" durante una hora corresponde a "una hora de agua", que es lo que realmente se pide en la venta previa del agua.

Como es lógico, los precios de venta del agua se corresponden con "horas de agua" y en ellos se repercuten diferentes conceptos, en función de la comunidad de base a la que afecte.

Para las aguas de concesiones, estos conceptos incluyen los costes energéticos de elevar el agua desde la toma de la desembocadura del Río Segura hasta cada uno de los canales de distribución. También se incluye el coste de mantenimiento de las infraestructuras principales (estaciones de bombeo, canales, tuberías) y las infraestructuras secundarias (canales de distribución). La mano de obra del personal encargado de distribuir el agua, trabajar en las elevaciones, abrir los partidores, etc. también se incluye en los costes.

En el caso de aguas del A.T.S. se incluyen los mismos conceptos salvo el coste eléctrico, ya que no existen elevaciones porque la cota de llegada del Trasvase es superior a la de las cabeceras de los canales de distribución. Solo existe un bombeo en la zona del Cuarto Canal de Levante, y es por eso por lo que se refleja en el precio un incremento respecto al resto.

Tabla 30. Precio de venta del agua en € por comunidades de base y tipología

COMUNIDAD DE BASE	RIEGO TRADICIONAL	
	CONCESIONES	TRASVASE
PRIMER CANAL	22,00	43,00
SEGUNDO CANAL LEVANTE	25,00	43,00
SEGUNDO CANAL PONIENTE	28,00	46,00
TERCER CANAL	27,00	40,00
CUARTO CANAL LEVANTE	31,00	48,00
CUARTO CANAL PONIENTE	31,00	34,00

Además, la comunidad del Cuarto Canal de Levante no dispone de gente suficiente para distribuir el agua, por lo que se tiene que buscar operarios de otras comunidades que trabajan de manera excepcional y suponiendo esto un incremento de precio considerable en la partida de explotación.

4. ANÁLISIS DE LA DEMANDA

4.1 AGUA DE CONCESIONES

(Fuente: C.H.S)

La incertidumbre es característica en lo que respecta a la disponibilidad de recurso de agua en la cuenca del Segura, con un régimen pluviométrico marcadamente mediterráneo, donde las aportaciones hídricas hacen que los recursos disponibles sean claramente insuficientes (déficit estructural). Sea por causas naturales o como consecuencia de cambios climáticos provocados por la actividad humana, estos episodios particularmente secos parecen haberse hecho más frecuentes y persistentes en los últimos tiempos. Sirvan como muestra de sequías pluviométricas de larga duración la registrada entre los años hidrológicos 1979/80 y 1984/85, o la que se inició al principio de la década de los 90 y finalizó en 1995.

La evolución histórica del agua de concesiones del Río Segura es muy clara, siendo cada vez menor el caudal circulante debido a múltiples factores como son, entre otros:

- La mayor regulación de la cuenca.
- La puesta en marcha de nuevas zonas de regadío.
- La disminución de las aportaciones.

Según los datos de la Comunidad de Regantes, es en el año 1975 donde la serie histórica se puede considerar fiable, representada en la Figura 24.

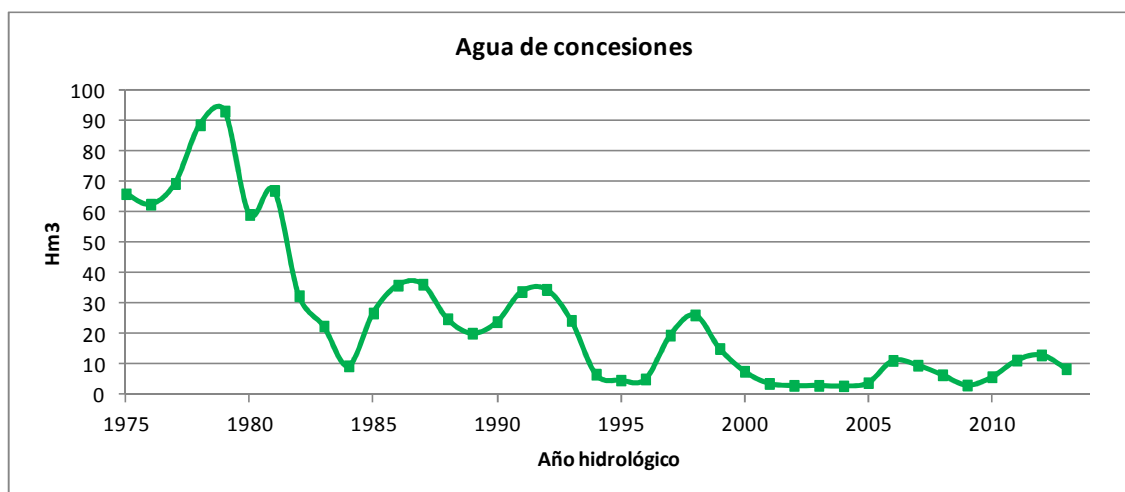


Figura 24. Volumen anual de agua de concesiones suministrada por año

Esta gráfica muestra el volumen total anual suministrado, pero se pueden extraer varias conclusiones evidentes:

- Se comprueba que en épocas hidrológicamente favorables la demanda aumenta debido a la garantía existente.

- Se puede observar la fuerte tendencia a la baja que se produjo en la demanda debido a la llegada del Traspase Tajo-Segura. De un año a otro la reducción fue de un 63% (93 frente a 59 Hm³)
- En la actualidad la demanda ha disminuido ya que la modernización de los campos ha permitido la puesta en marcha de muchas pequeñas parcelas que nunca hubieran sido rentables con el agua de concesiones.

Para realizar el estudio de los volúmenes distribuidos anualmente he decidido centrarme en los últimos siete años, tratando de ver cómo se comportaba la tendencia hasta el inicio de los procesos de modernización y cómo ha evolucionado desde éstos.

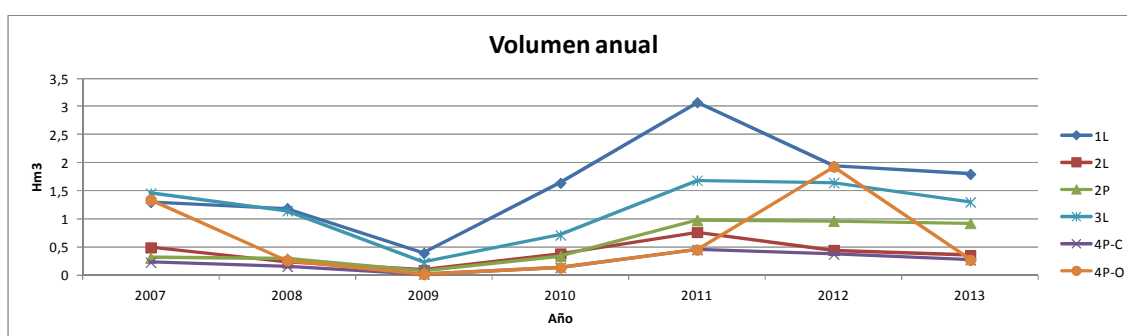


Figura 25. Volumen anual de agua de concesiones distribuido por comunidades de base y año

A simple vista se observa (Figura 25) una distribución homogénea en función de las diferentes comunidades de base, con algún descenso o subida significativos dependiendo de la época seca o húmeda.

En los siguientes apartados se analizarán los datos por comunidades de base, viendo cómo ha ido afectando a la demanda de agua de riego en función de las diferentes situaciones o coyunturas sufridas durante los años de estudio.

Hay que tener en cuenta que los propios regantes conocen la disponibilidad y calidad del agua de concesiones, pues se toman muestras diarias y se mide el caudal que desemboca de manera continua. Esto hace que sea la propia comunidad de regantes quien decida (si es posible) elevar agua de concesiones para su almacenamiento en El Hondo o bien para su riego directamente (rara vez ocurre).

Ya que el recurso se encuentra en un medio fluvial y depende de múltiples factores, no se tendrá disponibilidad siempre que se quiera, entrando la otra fuente de suministro (agua del A.T.S.) en juego y distorsionando las previsiones o estimaciones que se pudieran plantear.

4.2 AGUA DEL A.T.S.

(Fuente: Propuesta del Proyecto del Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura)

La política hidráulica de posguerra apartó las iniciativas de trasvases intercuenca y orientó su actuación hacia la construcción de embalses de regulación y el desarrollo de los planes de aprovechamientos propios de las cuencas. Una vez la mayoría de infraestructuras previstas estuvieron realizadas, surgió de nuevo la posibilidad de considerar los trasvases.

En la segunda mitad de la década de los 60 se retomaron e impulsaron por la Dirección General de Obras Hidráulicas los estudios básicos sobre posibles trasvases, fundamentalmente llevados a cabo por el Centro de Estudios Hidrográficos, y se revisaron los recursos hídricos de las cuencas, el potencial hidroeléctrico, la viabilidad económica de las transformaciones en riego y el potencial de regadíos, etc.

Por orden ministerial de Obras Públicas de 30 de julio de 1966 se ordenó la redacción de los proyectos de obras para corregir el desequilibrio hidráulico, dando como resultado el "Anteproyecto General del Aprovechamiento Conjunto de los recursos hídricos del centro y sureste de España, complejo Tajo-Segura", que marcaba las líneas maestras de las futuras actuaciones en cuanto a grandes transferencias intercuenca, y fundamentaba el trasvase Tajo-Segura.

El Anteproyecto establecía la derivación y conducción al sureste de un volumen máximo de 600 Hm³ anuales procedentes del Tajo, que podría incrementarse en 400 Hm³ más, cuando se cumplieran las previsiones del Anteproyecto en cuanto a disponibilidades de caudales excedentes.

Entre los años 1972 y 1974 se sucedieron diferentes Decretos del Ministerio de Agricultura por los que se realizaron las declaraciones de interés nacional de las distintas zonas regables de la cuenca que se verían afectadas por el futuro trasvase

Finalmente, la Ley 52/1980, de régimen económico, estableció las normas técnicas de explotación, referidas a volúmenes y caudales, y la distribución territorial y por usos, de las aguas trasvasadas. Esta distribución, definida en la disposición adicional primera de la Ley, se incluyó en la tabla que se muestra (Tabla 31).

Tabla 31. Distribución máxima de las aguas de la 1ª fase del Traspase

ZONA	HM3/AÑO
Vega alta y media del Segura	65
Regadíos de Mula y su comarca	8
Lorca y valle del Guadalentín	65
Riegos de Levante, margen izquierda y derecha, vegas bajas del Segura y saladares de Alicante	125
Campo de Cartagena	122
Valle del Almanzora en Almería	15
Total regadíos	400
Para abastecimiento urbano:	110

Pérdidas (15%):	90
	TOTAL: 600

Tras esta asignación legal global, se concretaron sucesivamente la distribución en comarcas y sectores mediante las actuaciones conjuntas de Obras Públicas con el IRYDA mediante los correspondientes Planes Coordinados, redactados por las diferentes Comisiones Técnicas Mixtas entre 1980 y 1986. Las zonas de riego del trasvase quedaron configuradas mediante perímetros cerrados, en cuyo interior se determinaron las zonas no regables por la calidad de las tierras o las condiciones topográficas.

Tras entrar en vigor la Ley de Aguas en el año 1986, se elaboró el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura en 1998 aprobado por el Real Decreto 1664/1998, de 24 julio. Este Plan Hidrológico conforma un marco donde se establece una ordenación de los usos del agua en el ámbito de la cuenca.

Este Plan Hidrológico estará en vigor hasta el año 2015 donde deberá estar aprobado el nuevo Plan Hidrológico de Cuenca que abarcará el periodo 2015-2021.

El sistema hidráulico diseñado y puesto en marcha a finales de los años 70 era radicalmente opuesto al conocido hasta ahora con el riego de aguas de concesiones pero a la vez tenía una gran similitud en su concepción.

El Canal del Post-Trasvase terminaba en la parte más oriental del término municipal de Crevillente cercano con el límite territorial con la ciudad de Elche. A su llegada, a la cota +120 m.s.n.m. se medía el agua con un vertedero aforador tras el que se iniciaba una red principal de tuberías que derivaba en otra red secundaria y finalmente se distribuía a través de las conducciones existentes del riego tradicional con agua de concesiones.

Desde su llegada, el agua del A.T.S. supuso una revolución en la C.G.R.R.L. pues cubrió el déficit hídrico existente y supuso un cambio en la calidad del agua de riego que permitió introducir muchos cultivos que antes eran imposibles de regar.

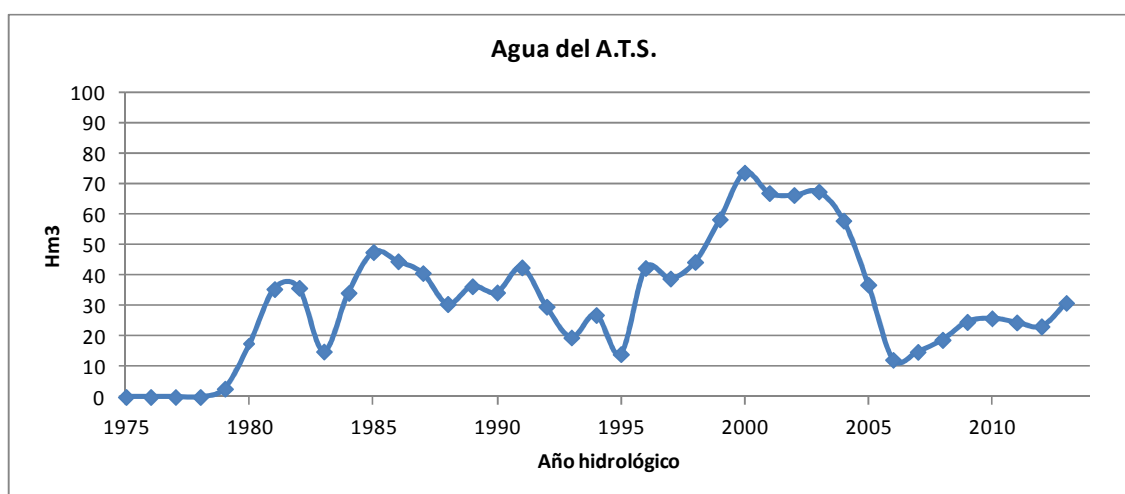


Figura 26. Volumen anual de agua del A.T.S. suministrada por año

Tal y como muestra la Figura 26, la demanda fue incrementando hasta alcanzar su máximo histórico cerca de los 75 Hm³ en el año 2000.

Eventualmente también se comprueba un descenso acusado en la demanda cuando, en épocas húmedas en las que el Río Segura transporta mucho caudal, se aprovecha para disponer un agua de menor precio utilizando la de concesiones.

El suministro de agua del A.T.S. no ha dependido siempre de la demanda, sino que se ha visto influenciado por los diferentes cambios legislativos desarrollados a lo largo de los años.

Con la entrada en vigor de las nuevas normas de explotación del Trasvase Tajo-Segura, parece que se vaya dar garantías a un trasvase que es fundamental para el sector agrícola en las provincias de Alicante, Murcia y Almería.

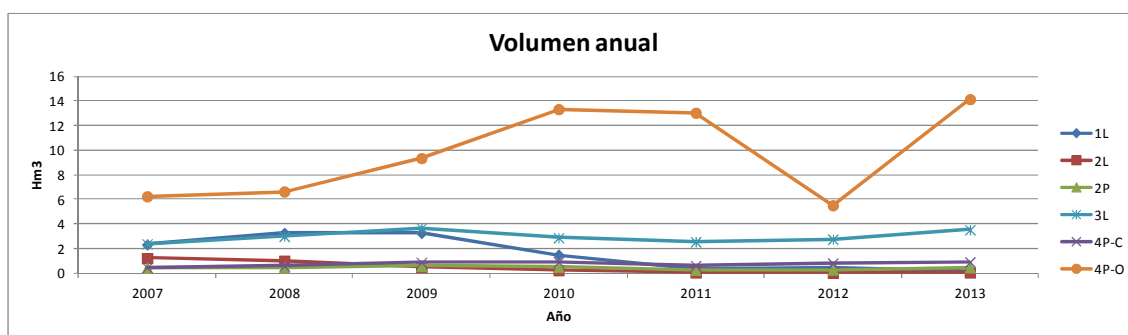


Figura 27. Volumen anual de agua del A.T.S. distribuido por comunidades de base y año

Analizando los volúmenes anuales por comunidades de base (Figura 27) destaca de manera clara la comunidad del Cuarto Canal de Poniente-Orihuela. Esto es debido a que esta comunidad ha mantenido su estructura inicial, siendo grandes fincas las que no se han disgregado y conservan grandes explotaciones agrícolas.

4.3 DISTRIBUCIÓN POR CANALES

4.3.1 PRIMER CANAL DE LEVANTE

Con respecto al agua de concesiones, se comprueba que el Primer Canal de Levante es el que mayor volumen riega. Esto es debido a su gran superficie y a la tipología de los cultivos presentes en esta zona, siendo principalmente huertos de palmeras, granados y hortalizas.

Entre junio de 2009 y mayo de 2010 se completó el proceso de modernización de esta comunidad de base y cuyas tierras no han tenido un fuerte desarrollo urbanístico, con lo que se han mantenido cultivadas (o sin cultivar) durante los años en los que otras zonas se veían convertidas en urbanas.

El precio del agua de concesiones también influye notablemente ya que es un agua que solo tiene que pasar por dos estaciones de bombeo, por lo que el coste de explotación es mucho menor.

Aunque para este estudio no se han incluido datos de la campaña actual, la demanda está siendo ligeramente superior a la del año anterior, ya que las temperaturas son mayores y nos encontramos en un periodo muy seco (de los más fuertes en los últimos 100 años según fuentes de AEMET).

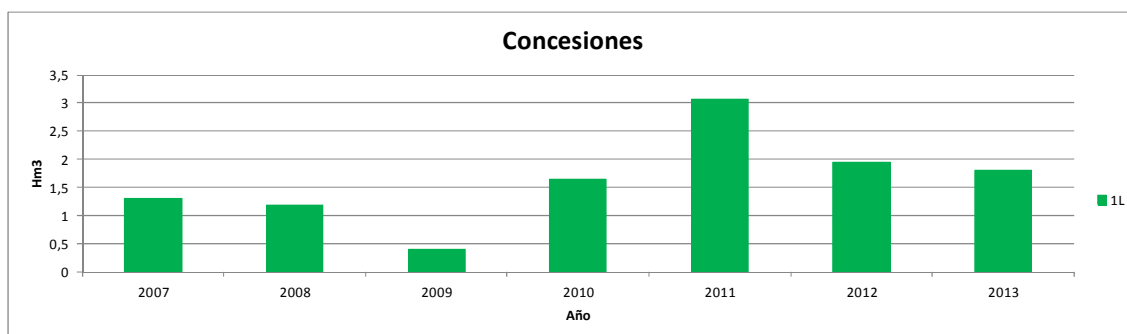


Figura 28. Distribución anual de agua de concesiones. Primer Canal de Levante

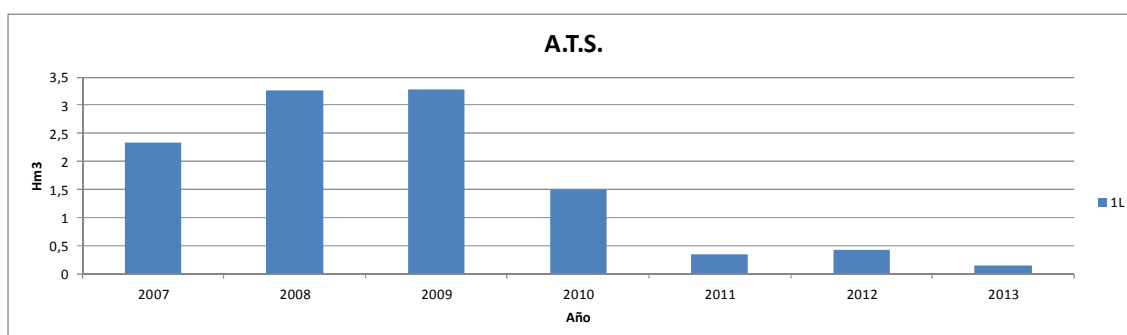


Figura 29. Distribución anual de agua del A.T.S. Primer Canal de Levante

4.3.1.1 SEGUNDO CANAL DE LEVANTE

En el Segundo Canal de Levante se terminaron las obras de modernización a finales de 2007, poniéndose en marcha en enero de 2008. Su evolución en estos últimos años ha sido a la baja, no superándose los dos últimos años los 0,5 Hm³.

Aunque para este estudio no se han incluido datos de la campaña actual, la demanda es idéntica a la del año 2013.

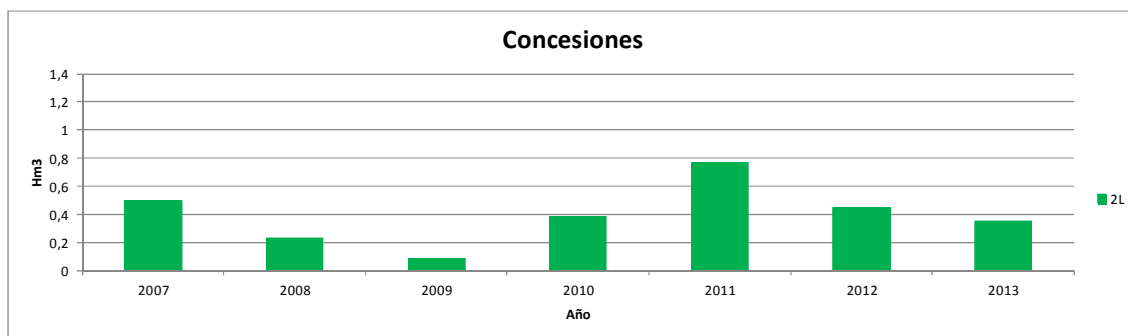


Figura 30. Distribución anual de agua de concesiones. Segundo Canal de Levante

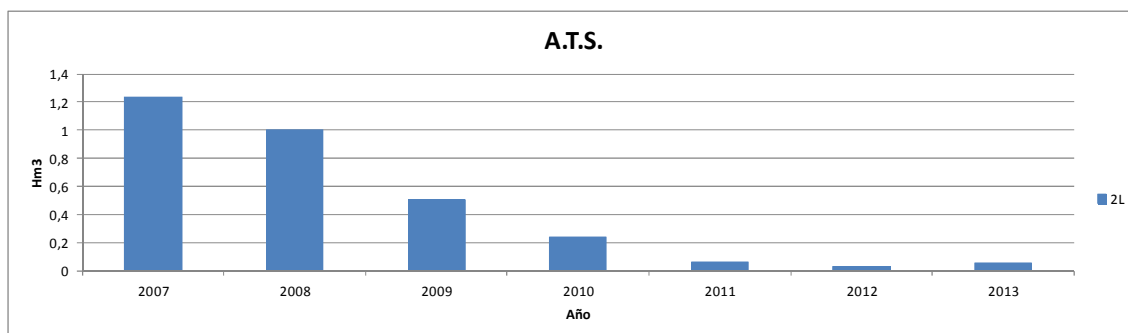


Figura 31. Distribución anual de agua del A.T.S. Segundo Canal de Levante

Como se puede comprobar, cada vez está más en desuso el riego tradicional con agua del A.T.S. pues la gran mayoría de comuneros han apostado por la modernización.

4.3.1.2 SEGUNDO CANAL DE PONIENTE

El Segundo Canal de Poniente es el más estable de todos ya que sus tierras no han sido modernizadas y no han sufrido un cambio de uso, con lo que esta pequeña comunidad de base mantiene sus riegos anualmente en 1 Hm³.

Por la idiosincrasia de sus agricultores y el bajo ratio (superficie/nº de parcelas) es muy poco probable que la comunidad de base de Crevillente se vea inmersa en un proceso de modernización. A esto hay que sumarle la falta de financiación autonómica, estatal y europea necesaria para la puesta en marcha de una obra de tal magnitud y con la que sí contaron sus comunidades vecinas.

Se puede estimar, por tanto, que el consumo de agua de concesiones se mantendrá estable a medio plazo.

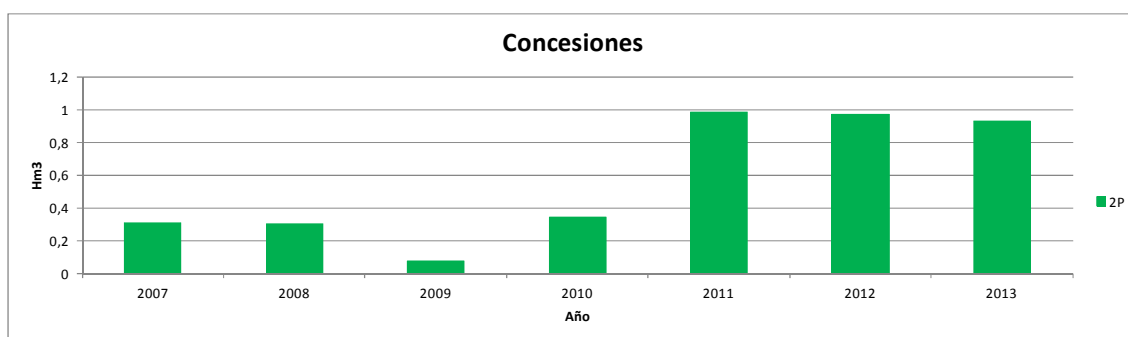


Figura 32. Distribución anual de agua de concesiones. Segundo Canal de Poniente

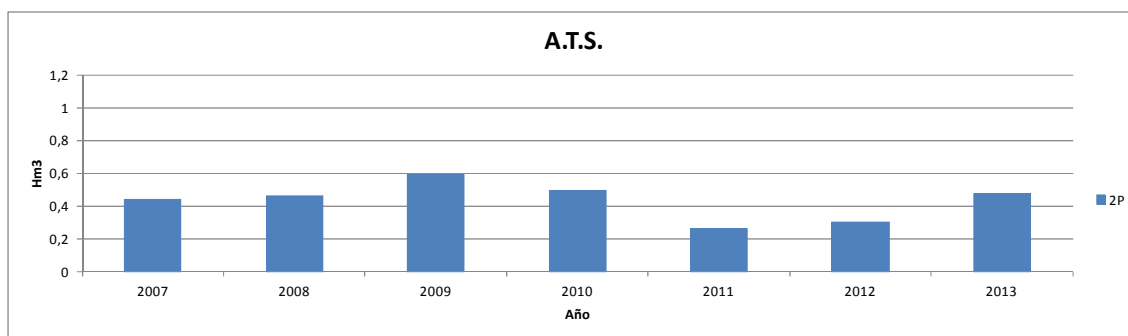


Figura 33. Distribución anual de agua del A.T.S. Segundo Canal de Poniente

4.3.1.3 TERCER CANAL DE LEVANTE

Es la comunidad de base que mayor volumen de agua de concesiones riega por detrás del Primer Canal de Levante. Su superficie se ha visto disminuida a lo largo de los años tras los diversos procesos de urbanización de los términos municipales de Elche y Alicante.

No obstante, su superficie se encuentra consolidada actualmente ya que los nuevos desarrollos urbanísticos previstos en los planes generales están fuera del perímetro regable.

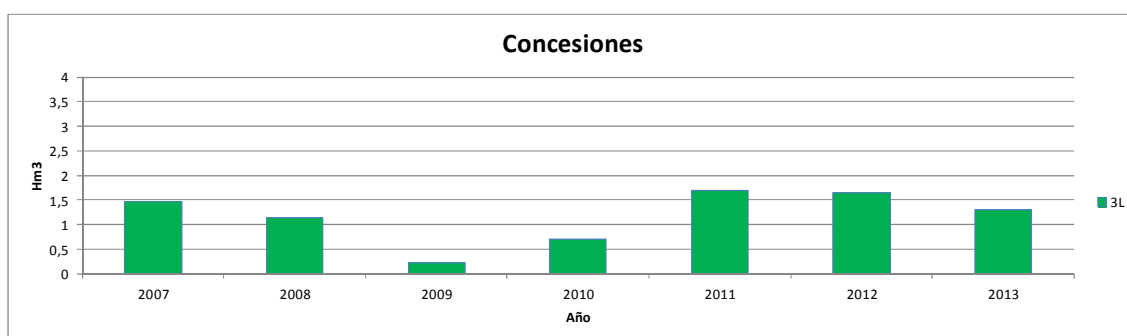


Figura 34. Distribución anual de agua de concesiones. Tercer Canal de Levante

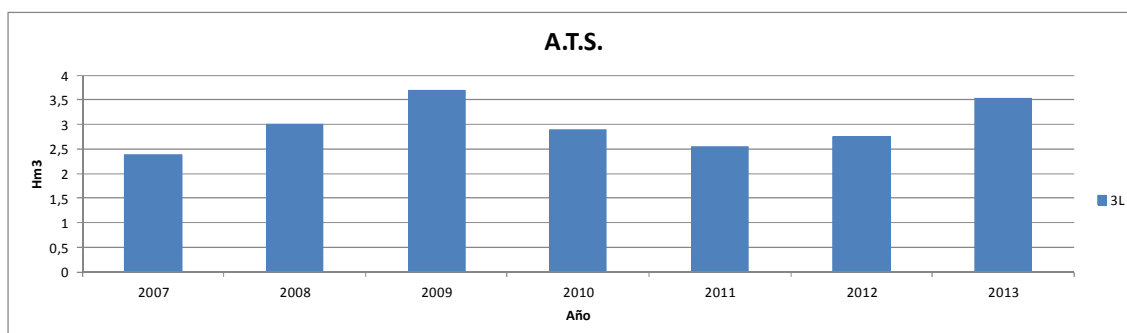


Figura 35. Distribución anual de agua del A.T.S. Tercer Canal de Levante

Esta comunidad de base estuvo a punto de modernizarse en 2010 pero finalmente no llegó a acometer las obras por falta de financiación; los proyectos están redactados y puede que a medio-largo plazo se ejecuten.

El gran inconveniente de la modernización del Tercer Canal de Levante es que por la falta de previsión durante los años de expansión de las ciudades de Elche y Alicante, el día que quieran modernizarse tendrá que acometer un sistema algo diferente al planteado en otras comunidades.

Esto es debido a que originalmente (principios del siglo XX) el Tercer Canal de Levante discurría por la parte sur del casco urbano de Elche y norte de Alicante. A lo largo de los años se ha ido modificando la sección del canal original (ahora está entubado) pero no su traza, por lo que a día de hoy sería impensable ejecutar una conducción principal de modernización de diámetro aproximadamente 1200 mm. a una presión de 7 atmósferas por debajo de las calles de la ciudad.

Una de las alternativas del futuro trazado de la nueva tubería principal de modernización tendría que ser by-passeando la zona sur de Elche y norte de Alicante, lo cual implica unos costes de implantación importantes así como los desvíos de todos los servicios existentes de dos ciudades considerables.

Esta alternativa se presenta en la Figura 36.

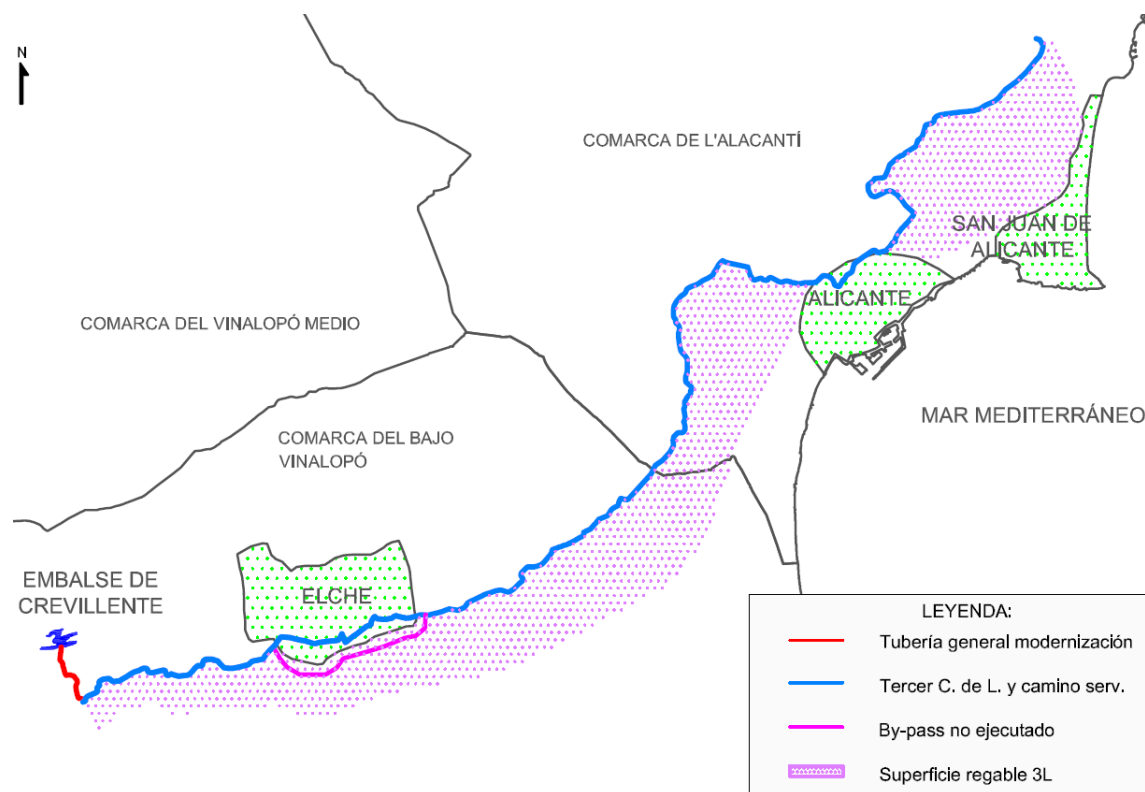


Figura 36. Situación actual y problemática del Tercer Canal de Levante

La otra posibilidad, mucho más factible, sería distribuir el agua de modernización a través de la tubería actual (en lámina libre) hasta pasar el casco urbano de Elche y una vez pasado éste, construir una estación de bombeo que eleve las aguas hasta una nueva balsa que alimente a toda la nueva red presurizada de modernización del Tercer Canal de Levante (Figura 37).

Con respecto al T.M. de Alicante, la nueva tubería de presión podría instalarse bajo la carretera conocida como "Vía Parque" pues hay una franja de terreno dispuesta para ello.

El esquema de funcionamiento sería el siguiente:

- Desde el embalse de Crevillente se vertería a la balsa de la Quinta Elevación (cabecera del Tercer Canal de Levante) por la tubería principal de modernización existente.
- El agua seguiría circulando por el canal actual pero una vez pasado el casco urbano, se bombearía desde la estación de bombeo proyectada hasta un nuevo embalse de regulación situado a la cota suficiente para que la nueva red de modernización tenga la presión adecuada.

- Bajo el camino de servicio existente del Tercer Canal de Levante se instalaría una tubería de presión así como las cabeceras de sector de la red de modernización. A partir de las cabeceras de sector se crearía una red secundaria de suministro a las parcelas tal y como se tiene en las otras comunidades modernizadas.
- La superficie existente entre la cabecera del Tercer Canal de Levante y la futura estación de bombeo tendría que modernizarse desde la tubería secundaria del Segundo Canal de Levante (ya instalada)

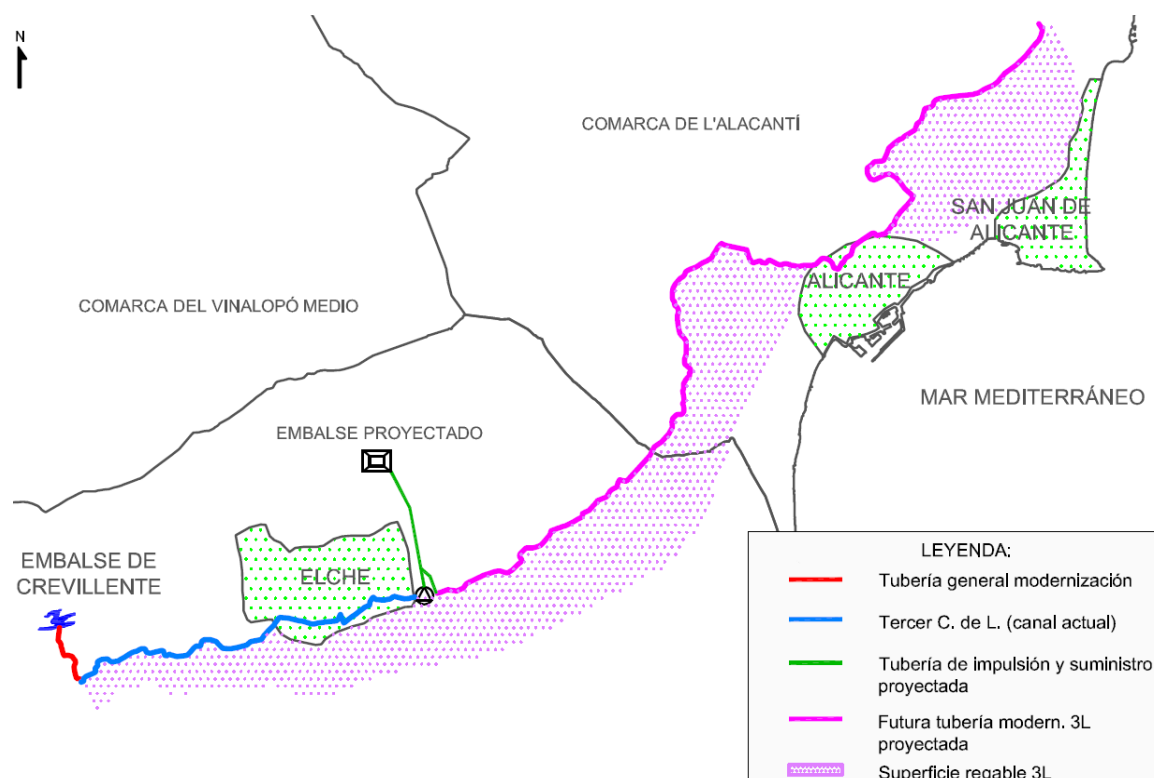


Figura 37. Esquema general propuesto para la futura modernización del Tercer Canal de Levante

A partir de ese momento, la comunidad de base Tercer Canal de Levante se deberá plantear si realmente le interesa mantener el sistema de riego de concesiones ya que deberían seguir compaginando los usos del canal de transporte y soportando las implicaciones que ello conlleva.

No obstante (y con la experiencia observada en otras comunidades de base) se puede pensar que una vez iniciado el proceso de modernización, éste será imparable y la gran mayoría de los comuneros accedan a instalarlo en sus parcelas dejando el riego con agua de concesiones eliminado. En la (Figura 38) vemos la evolución de los hidrantes activados desde la puesta en marcha respecto al número total de comuneros de cada comunidad de base modernizada.

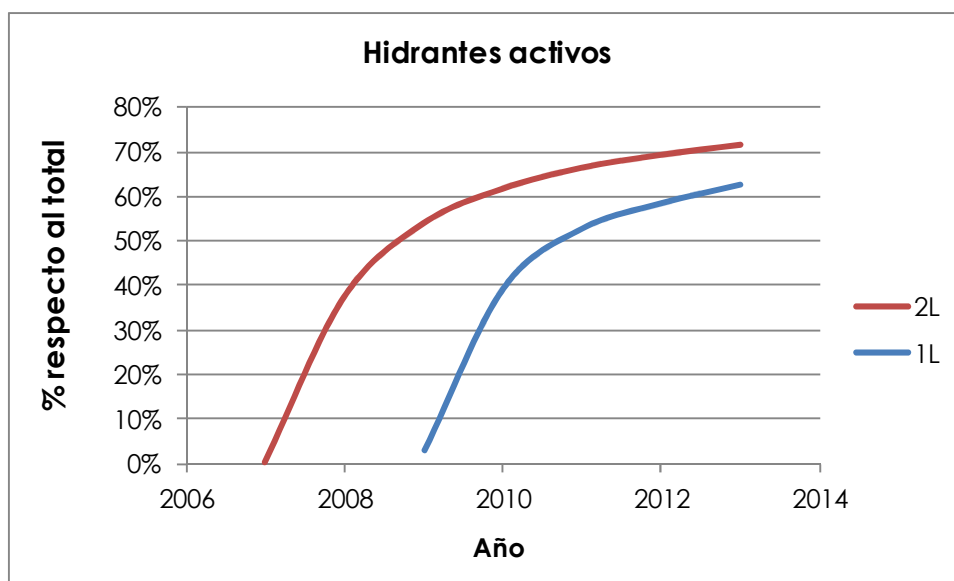


Figura 38. Porcentaje de hidrantes activos respecto al total, desde su instalación

Por otro lado, viendo los volúmenes demandados de agua de concesiones de los últimos años se puede observar la tendencia a la baja de este tipo de agua, además del coste diferencial con otras comunidades por la mayor altura necesaria en los bombeos.

Uno de los motivos de este cambio de tendencia es que los cultivos plantados en esa zona han evolucionado hacia variedades que necesitan buena calidad de agua en detrimento del agua de concesiones.

Así pues, las estimaciones de demanda de agua del A.T.S. para el Tercer Canal de Levante tras su futura modernización se acercan a los 6 Hm³/año.

4.3.1.4 CUARTO CANAL DE PONIENTE_CREVILLENTE

Esta zona riega principalmente del A.T.S. ya que se disparan los costes de explotación debido a la energía que es necesaria para elevar el agua hasta la cota de su canal de distribución. En el periodo 2007-2013 se distribuyeron 1,6 Hm³.

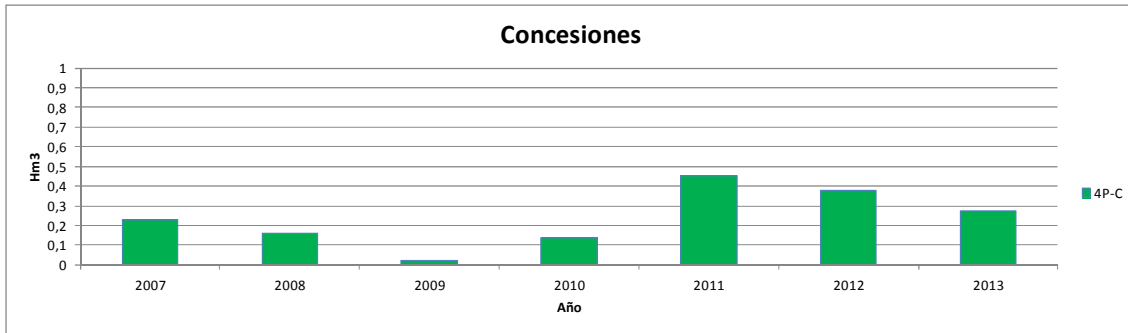


Figura 39. Distribución anual de agua de concesiones. Cuarto Canal de Poniente-Crevillente

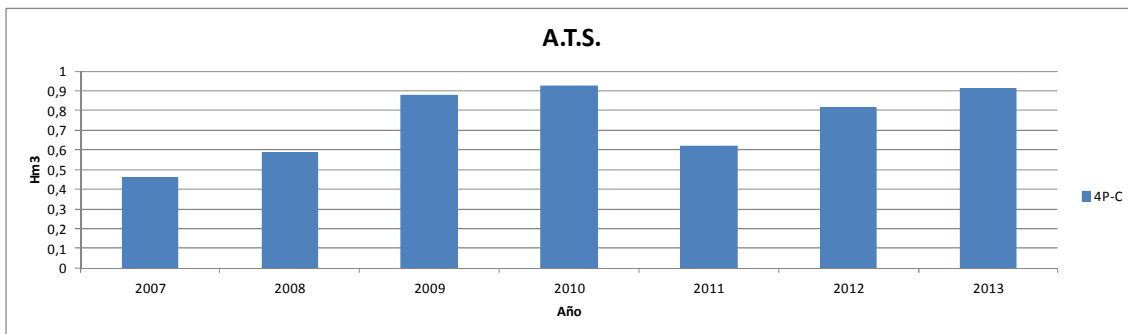


Figura 40. Distribución anual de agua del A.T.S. Cuarto Canal de Poniente-Crevillente

4.3.1.5 CUARTO CANAL DE PONIENTE_ORIHUELA

Esta zona riega principalmente del A.T.S. ya que se disparan los costes de explotación debido a la energía que es necesaria para elevar el agua hasta la cota de su canal de distribución. En el periodo 2007-2013 (descontando el año 2012*) se distribuyeron 2,5 Hm³ frente a los 14,2 Hm³ del A.T.S.

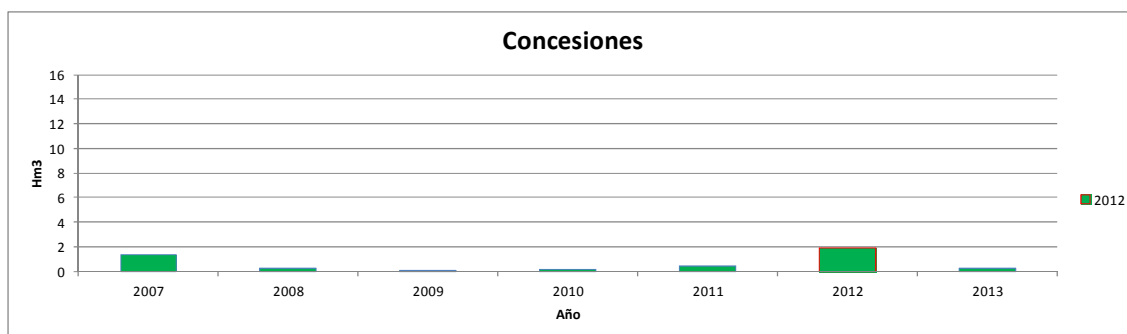


Figura 41. Distribución anual de agua de concesiones. Cuarto Canal de Poniente-Orihuela

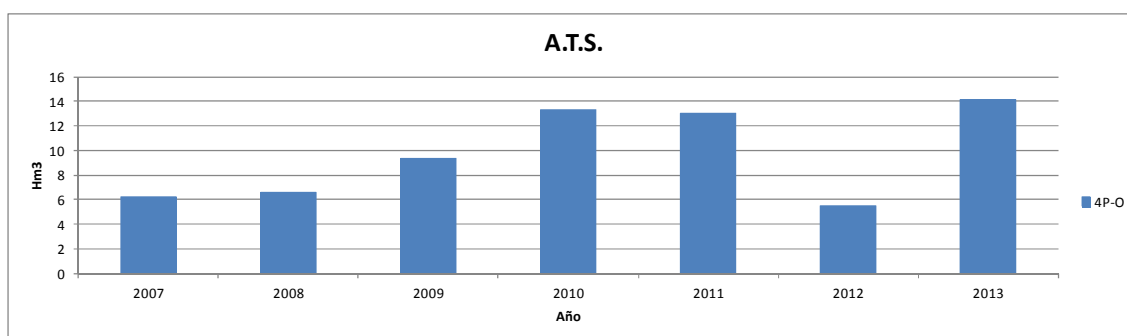


Figura 42. Distribución anual de agua del A.T.S. Cuarto Canal de Poniente-Orihuela

*Nota: El 19 de junio de 2012 se produjo un derrumbe en el túnel del Trasvase Tajo-Segura a su paso por el T.M. de Ulea. Mediante una reparación de urgencia, se pudo restablecer parcialmente el servicio al mes siguiente pero el caudal era inferior a los 4 m³/s por lo que la mayoría de la dotación fue destinada al abastecimiento, por ser prioritario. Posteriormente, a finales del mes de abril de 2013 se dio por finalizada la obra de reparación del túnel y se pudo restablecer el servicio de manera regular. Durante esta crisis hídrica la C.H.S. derivó las aguas antes del túnel al Río Segura y la C.G.R.R.L. elevó durante esos meses las aguas a través de su sistema de elevaciones hasta poder regar el Cuarto Canal de Poniente-Orihuela como si de agua de concesiones se tratase.

En la Figura 41 se puede observar en color rojo que el año 2012 el consumo de agua de "concesiones" se disparó, aunque realmente era agua del A.T.S.

Por otro lado, estas grandes explotaciones llevaron a cabo con sus propios medios unas obras de conversión y transformación del sistema de riego, modernizándose hace más de 20 años. Esto era posible ya que al ser grandes fincas, tenían espacio suficiente para construir una balsa particular y un sistema de riego por goteo que multiplicó sus producciones y les hacía cada vez más competitivos.

4.4 RIEGO MODERNIZADO

La C.G.R.R.L. (M.I.) ha sido una de las primeras que comenzó el proceso de modernización de sus regadíos a raíz del Plan Nacional de Regadíos que empezó a elaborarse a partir del año 1994.

Desde el inicio de las obras de las conducciones generales así como las primeras obras de instalación de las tuberías secundarias y red terciaria, la expectación por ver la evolución de este nuevo sistema era máxima.

Aunque muchos de los regantes se oponían a la modernización por el simple hecho del miedo a lo desconocido, por presentar una actitud inmovilista o bien por otros intereses particulares; y una vez pasado el tiempo, es cuando se puede echar la vista atrás y comprobar que el éxito de la modernización es total.

Los datos más sencillos de obtener para la comunidad de regantes (como es el agua distribuida en uno y otro sistema de riego) son los que demuestran el ascenso imparable de la modernización de los riegos de esta comunidad que pretende seguir con este proceso en cuanto la coyuntura económica mejore.

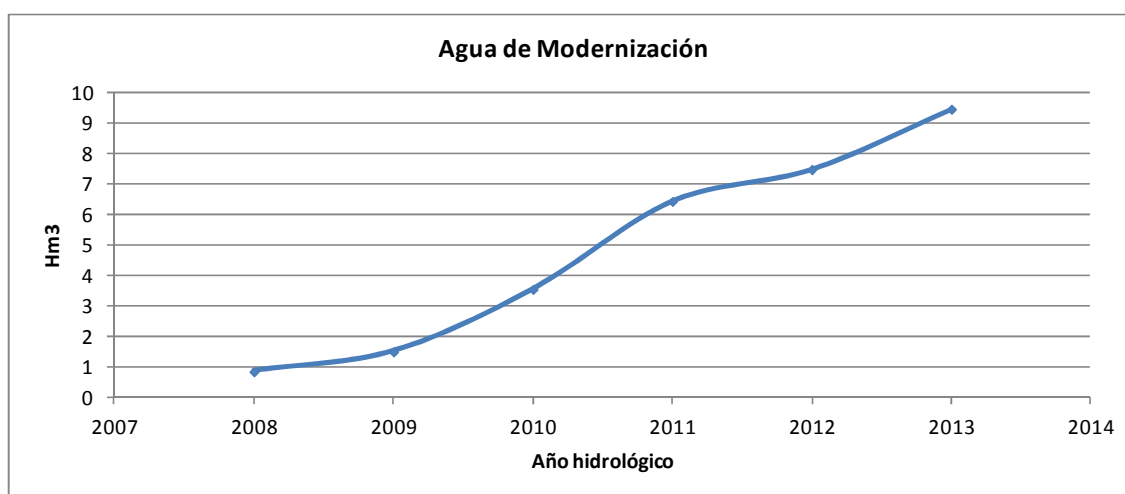


Figura 43. Distribución anual de agua de modernización

Si nos fijamos en la Figura 43 observamos la fuerte tendencia al alza del volumen demandado anualmente, si bien es cierto que en términos de superficie solo se ha modernizado un 28% del total.

5. PROBLEMÁTICA ACTUAL EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE RIEGO DE AGUA DE CONCESIONES

5.1 ROTURA GALERÍA 2ª A 4ª ELEVACIÓN

Para poder derivar las aguas de concesiones embalsadas en El Hondo hasta los canales de riego se han de utilizar varias estaciones de bombeo, construidas a principios del siglo pasado, con tipología de canales abiertos, galerías subterráneas y tuberías de impulsión verticales (en aquella época el acero era muy caro y la mano de obra muy barata).

Los canales y galerías se degradaron de forma acelerada en los últimos años, hasta tal punto que los tramos entre la Segunda, Tercera y Cuarta Elevación se encuentran inservibles, condicionando el servicio de agua de riego en toda la Comunidad de Regantes Figura 44.

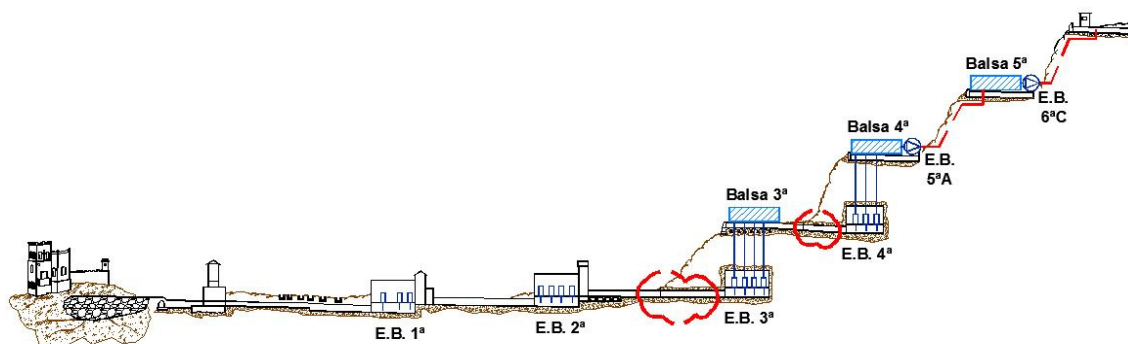


Figura 44. Esquema hidráulico (hundimiento galerías)

En marzo de 2011 la galería de la Segunda a la Tercera Elevación, de 850 m. de longitud presentaba la solera totalmente levantada y los cajeros de los muros se estaban desprendiendo. En el tramo central (Ilustración 24) se observan dos grandes desprendimientos laterales, de muy difícil reparación, que impiden el paso del agua. Asimismo la galería de la Tercera a la Cuarta Elevación, de 1.014 m. de longitud tiene la solera dañada y aparecen desprendimientos en los muros.

Desde un primer momento la renovación de los canales y de las galerías fue descartada por el elevadísimo coste (más de cuatro veces la solución finalmente propuesta), así como el no existir garantía de duración al tratarse de la reparación de una obra ejecutada originalmente hace casi cien años. También se consideró que el plazo de ejecución sería superior a dos años debido a los bajísimos rendimientos en los túneles e imposibilitaba el riego con agua de concesiones en toda la C.G.R.R.L.



Ilustración 24. Desprendimientos en galería Segunda-Tercera

5.1.1 REPARACIÓN DE URGENCIA

Por parte de los servicios técnicos de la Comunidad de Regantes, en Mayo de 2011 se declaró en estado de ruina la galería de la Segunda a la Tercera Elevación. No obstante, para poder salvar la campaña de riego, se propuso realizar una pequeña reparación en la zona más dañada.

Esta reparación de urgencia consistió en la extracción de todo el material derrumbado, estabilización y relleno de las cavernas aparecidas, construcción de los nuevos muros de mampostería y enlucido del tramo afectado de galería (Ilustración 25).

Posteriormente a la reparación se decidió inspeccionar la galería de la Tercera a la Cuarta Elevación para comprobar su estado. Toda la galería tenía la solera fisurada y

la bóveda ya presentaba desprendimientos importantes. Los cajeros de los muros se encontraban desprendidos, confirmándose nuevamente que era un riesgo continuar con el riego siguiendo el esquema actual de canales y galerías.



Ilustración 25. Reparación de urgencia de muros y solera

5.1.2 PROYECTO ELEVACIONES 2ª A 4ª

5.1.2.1 ANTECEDENTES

Tras salvar la campaña de riego de 2011, desde la C.G.R.R.L. se nos encarga a los técnicos la redacción de un proyecto constructivo que sustituya el canal y la galería, por una tubería que conecte la estación de bombeo de la Segunda Elevación con las balsas de la Tercera y Cuarta Elevación.

La construcción de este proyecto denominado "Proyecto para la sustitución de los equipos electromecánicos y conducciones de las elevaciones Segunda a Cuarta, de las obras de mejora y modernización del regadío de la C.G.R.R.L. Fase III. Términos municipales de Elche y Crevillente" fue aprobado por la Junta General de Gobierno de la C.G.R.R.L. y obtuvo la aprobación ambiental por parte de la Conselleria de Infraestructures, Territori i Medi Ambient el 30 de septiembre de 2011.

Debido a la coyuntura económica del momento, la no existencia de subvenciones y con un presupuesto total de 4.309.775,58 € las obras no comienzan hasta febrero de 2013, cuando es la propia Comunidad de Regantes quien, con recursos propios, hace frente al 100% del importe de la obra.

5.1.2.2 LIMITACIONES Y CONDICIONANTES

La aprobación ambiental marcaba una serie de directrices a seguir en el diseño final del proyecto debido, principalmente, a que la estación de bombeo se encuentra dentro del P.N. de El Hondo.

Entre las restricciones de mayor trascendencia definidas en la resolución, se encontraban:

- A. Que la estación de bombeo debía permanecer intacta en su ubicación, estructura y estética:

Esto implicó que no se pudieran colocar más de 3 bombas en el interior del edificio, ya que no existe hueco para ninguna más.

Por otro lado y debido a las dimensiones del edificio, no se podría pensar en colocar calderines antiarriete en su interior para proteger la futura instalación frente al golpe de ariete y tampoco sería posible en el exterior.

- B. Que el trazado de la tubería en los primeros 800 m. (zona dentro del perímetro del parque) debía quedar alojada en el antiguo canal, evitando así el realizar una zanja de gran dimensión en el camino de acceso al parque (Ilustración 26).

Con esta restricción se limita el diámetro de la tubería y directamente la capacidad hidráulica de la instalación, pues el diámetro de la tubería no podía ser mayor de DN1400. Con todo ello, los primeros 200 m. de canal tuvieron que picarse para que la tubería quedase apoyada perfectamente.



Ilustración 26. Fotografías de la tubería en canal previo picado para aumentar sección.

Aparte de los condicionantes impuestos, existían otras limitaciones inherentes a las infraestructuras existentes tales como:

- C. Debido al derrumbamiento de la galería Segunda-Tercera había que by-passearla (Ilustración 27):

Esto se decidió hacerlo 50 m. antes de la boca de entrada de ésta y enterrar la tubería bajo el camino de servicio y cruzando bajo la carretera comarcal CV-875 a su paso

por la pedanía de Matola. Todo el resto del primer tramo (hasta la balsa de la Tercera Elevación) se trazó bajo el mismo camino de servicio.



Ilustración 27. Fotografías tubería instalada en by-pass de galería

- D. Los primeros 400 m. del segundo tramo se colocará la tubería en el canal hasta la llegada a la galería, entubándola y cruzando bajo las vías del ferrocarril Elche-Murcia:

Este punto no se podría describir como un condicionante sino como una limitación importantísima en el diseño y concepción del proyecto ya que de haber optado por no entubar este tramo de galería, los trámites administrativos para cruzar una tubería bajo las vías de una línea de ferrocarril nos hubieran llevado directamente a la inviabilidad del proyecto, no sólo por su coste (realizar una hincada de 400 m. a 20 m. de profundidad con un diámetro de camisa exterior de 1600 mm. para poder introducir una tubería de 1200 mm.) sino por su dilatación en el tiempo.

Fue una decisión arriesgada pues la sección de la galería era de 2x1.60 m. más una bóveda de 1 m. y el peso de cada tubo, con una longitud de 6 m., era de más de 7 toneladas.

Además, condicionaba totalmente la capacidad hidráulica del sistema pues no podría instalarse una tubería mayor de DN1200 (Figura 45).

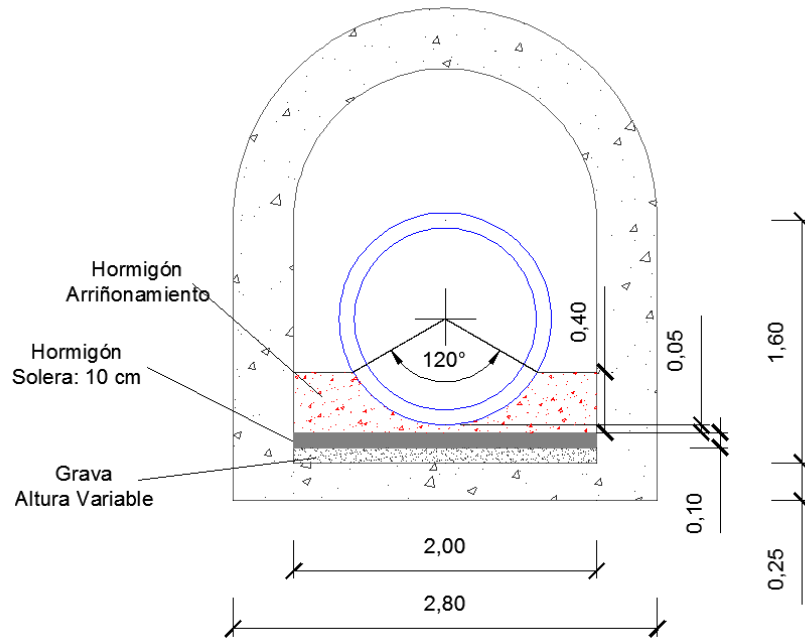


Figura 45. Sección tipo de la conducción en la galería Tercera-Cuarta

La instalación de estos 64 tubos fue posible gracias al diseño de un útil que cargaba los tubos en el exterior de la galería, los transportaba hacia el interior y procedía a su montaje ayudado por un tractor (Ilustración 28).



Ilustración 28. Tubería y útil de carga



Ilustración 29. Fases de carga

En estas fases el útil se introduce a través del tubo y lo carga sobre la viga, siendo actuado por un sistema oleohidráulico manejado por un operario (Ilustración 29).



Ilustración 30. Fases de transporte y colocación

Una vez cargado se desplaza hacia el interior de la galería empujado por un tractor de pequeñas dimensiones. Cuando se coloca el tubo en el interior, el tractor retrocede para repetir la operación (Ilustración 30).

E. La estaciones de bombeo Tercera y Cuarta desaparecen:

Como consecuencia de lo descrito en el punto anterior, también se observó que la galería existente entre la Tercera y Cuarta elevación presentaba zonas donde los hastiales de los muros ya estaban empezando a desprenderse.

Esto obligaba a plantearse la posibilidad de realizar una impulsión en dos etapas: Segunda-Tercera y Segunda-Cuarta. No era nada descabellado pues desde el punto de vista de la explotación de la futura red, se eliminarían dos elevaciones (Tercera y Cuarta) con lo que se podrían disminuir los costes de explotación y mantenimiento.

5.1.2.3 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

La única solución técnicamente viable consistió en la construcción de una nueva impulsión desde la Segunda Elevación a las Elevaciones Tercera y Cuarta, formada por:

- Tubería de impulsión:

Esta nueva tubería de impulsión está dividida en dos tramos. El primero conectará la Segunda Elevación con la Balsa de la Tercera Elevación, con una longitud total de 2.100 m. En los primeros 1.050 m. quedará alojada en el canal a cielo abierto existente y posteriormente en zanja para librar el tramo de galería derruida.

El segundo tramo conectará las Balsas de la Tercera y Cuarta Elevación, siendo la longitud del tramo 1.150 m. En este caso, se entuban 400 m. de galería existente y no dañada para salvar la línea de FFCC cercana. Pasado este punto, se busca la salida a superficie, discurriendo nuevamente en zanja hasta llegar a la Balsa de la Cuarta Elevación.

Con respecto a la tipología de tubería se decidió que fuera de hormigón postesado con camisa de chapa, por sus características de:

- Solución competitiva para grandes diámetros.
- Baja rugosidad absoluta a largo plazo.
- Estabilidad frente a las aguas salinas.
- Posibilidad de trabajar a altas presiones interiores y exteriores.
- No se ve afectada por depresiones.
- Ausencia de incrustaciones en sus paredes que disminuyan la capacidad de transporte.

Partiendo de los condicionantes explicados anteriormente, se calculó el caudal que podría trasegar la tubería fijando previamente una velocidad de 1,5 m/s.

$$Q_1 = 1,50 \cdot \frac{\pi \cdot 1,4^2}{4} = 2,31 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = 1,50 \cdot \frac{\pi \cdot 1,2^2}{4} = 1,70 \text{ m}^3/\text{s}$$

Estos caudales son totalmente insuficientes para los volúmenes que se manejan en la distribución, por lo que se tomó la decisión de elevar el caudal y asumir una mayor velocidad en las tuberías con los riesgos que ello conlleva.

Con todo esto, se fijaron unos caudales mínimos a satisfacer, siendo:

- Q_Segunda-Tercera: 3,60 m³/s
- Q_Segunda-Cuarta: 2,10 m³/s

Ahora las velocidades serían de:

$$V_1 = 3,60 / \frac{\pi \cdot 1,4^2}{4} = 2,34 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_2 = 2,10 / \frac{\pi \cdot 1,2^2}{4} = 1,85 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Pérdidas de carga de la instalación:

Se utilizaron métodos tradicionales de cálculo, utilizando la expresión de Darcy:

$$h_l = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

f: coeficiente de fricción de Darcy

h_l: pérdida de carga (en unidades de longitud)

L: longitud de la tubería

D: diámetro interior de la tubería

v: velocidad media

El coeficiente de fricción de Darcy se calcula mediante la fórmula de Colebrook-White, cuya expresión es la siguiente:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right]$$

Donde:

f: coeficiente de fricción de Darcy

ε : rugosidad absoluta de la tubería

D: diámetro interior de la tubería

Re: número de Reynolds

La rugosidad absoluta de las conducciones de hormigón postesado con camisa de chapa que se adopta es 0,10 mm.

Respecto a las pérdidas localizadas a lo largo de la conducción de impulsión, se considera que son un 10% de las pérdidas continuas por fricción. Aquí se tienen en cuenta las pérdidas localizadas asociadas a la propia estación de bombeo, correspondientes a los codos, válvulas y demás elementos desde la salida de las bombas hasta la conexión con la conducción de impulsión y su llegada a las balsas.

- Nuevo equipo de bombeo:

Estudiando distintos valores de caudal, obtenemos los correspondientes de pérdida de carga en función de la tubería escogida.

Con ello se confeccionan las tablas de pérdidas correspondientes, que al combinarlas con las longitudes equivalentes de los elementos integrantes y los desniveles a salvar, nos permite obtener los puntos de Q/Hm necesarios para construir la curva del sistema de las conducciones.

Combinando esta curva con la de trabajo de las bombas objeto de estudio, conoceremos los puntos de trabajo reales de la instalación.

Los grupos instalados son 3 motobombas sumergibles FLYGT modelo CP 3531.965, diámetro del impulsor 670 mm, salida de voluta 500 mm., motor eléctrico en jaula de ardilla, con una potencia al eje de 680 Kw, a 995 rpm, In 725 A , a 690 V y 50 Hz.

El funcionamiento del sistema según el número de bombas que estén en funcionamiento será, bombeando a la Tercera Elevación:

Tabla 32. Funcionamiento de los equipos bombeando a la Tercera Elevación

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
Qu (l/s)	1330	1272x2 = 2544	1190x3 = 3570
Hman (mca)	38,0	40,0	42,4
PABS/EJE (Kwbomba)	604 / 582	2 x 603 / 582	3 x 596 / 575
η_{hidr} (%)	85,3	85,9	86,2

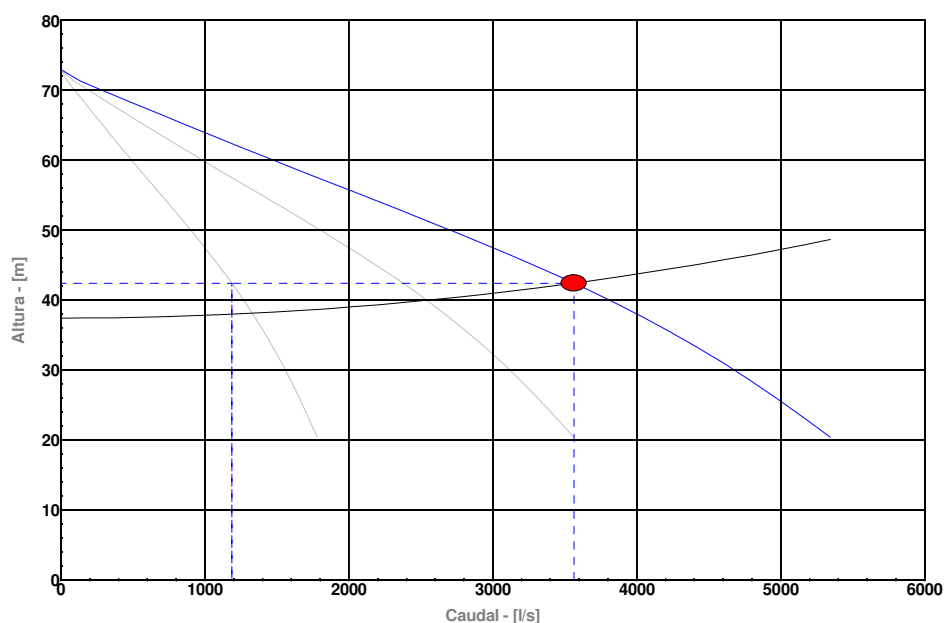


Ilustración 31. Curva del sistema bombeando a la Tercera Elevación

En la Ilustración 31 se muestra la curva resistente del sistema y la intersección con las diferentes curvas de las bombas en función del número de equipos que funcionen en paralelo.

El funcionamiento del sistema según el número de bombas que estén en funcionamiento será, bombeando a la Cuarta Elevación:

Tabla 33. Funcionamiento de los equipos bombeando a la Cuarta Elevación

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
Qu (l/s)	860	786 x 2 = 1572	700 x 3 = 2100
Hman (mca)	51,0	52,8	55
PABS/EJE (Kwbomba)	544 / 524	2 x 528 / 509	3 x 510 / 491
η_{hidr} (%)	82,1	80,1	77,0

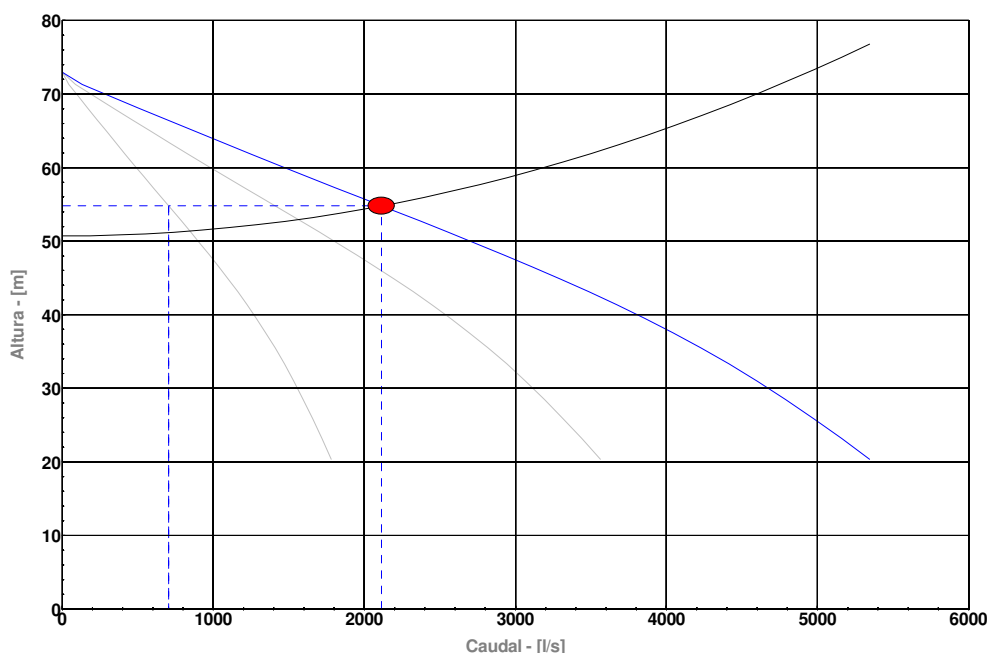


Ilustración 32. Curva del sistema bombeando a la Cuarta Elevación

En la Ilustración 32 se muestra la curva resistente del sistema y la intersección con las diferentes curvas de las bombas en función del número de equipos que funcionen en paralelo.

- Régimen transitorio de la instalación:

Descartando una maniobra brusca de las válvulas de seccionamiento que gobiernan la instalación (derivando el caudal a una balsa u otra), el estudio se centra en una parada brusca del bombeo por un fallo eléctrico.

Tras unos primeros cálculos estimativos y entendiendo la complejidad del sistema así como su solución, se decidió aparcar los métodos tradicionales de cálculo y realizar un modelo matemático para su estudio. Este modelo fue realizado mediante el software de simulación de transitorios Surge 2000 desarrollado por la universidad de Kentucky, USA.

Las dos situaciones estudiadas son: parada brusca con la impulsión de todo el caudal a la Tercera Elevación y parada brusca con la impulsión de todo el caudal a la Cuarta Elevación cuarta con las tres bombas a pleno rendimiento en ambos casos.

Los datos arrojados por el programa y posteriormente analizados son los siguientes:

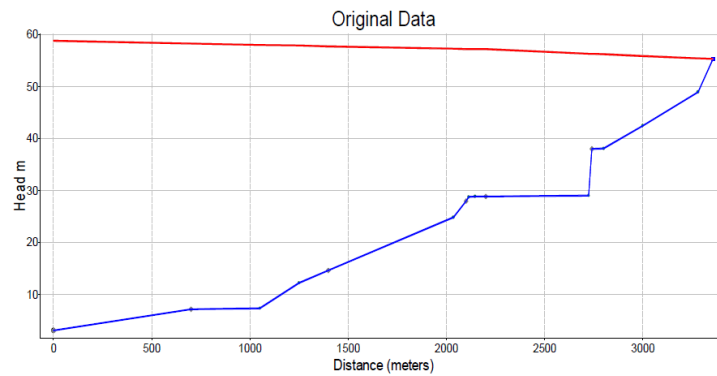


Figura 46. Régimen permanente bombeando a la Cuarta Elevación

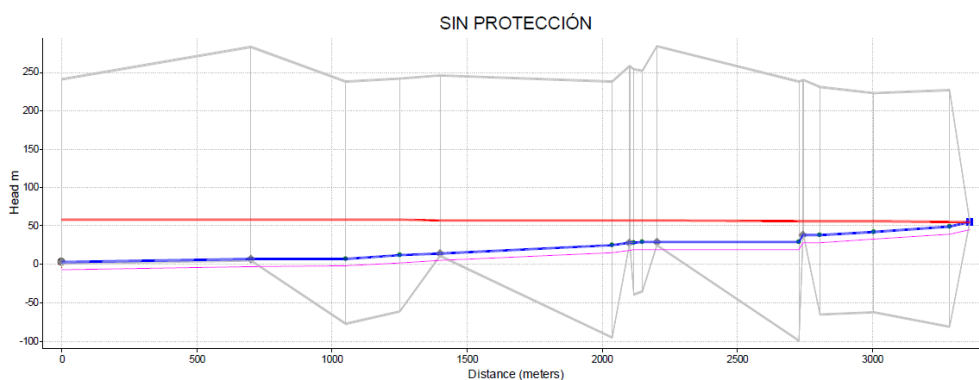


Figura 47. Envoltura de presiones tras paro repentino, sin protección

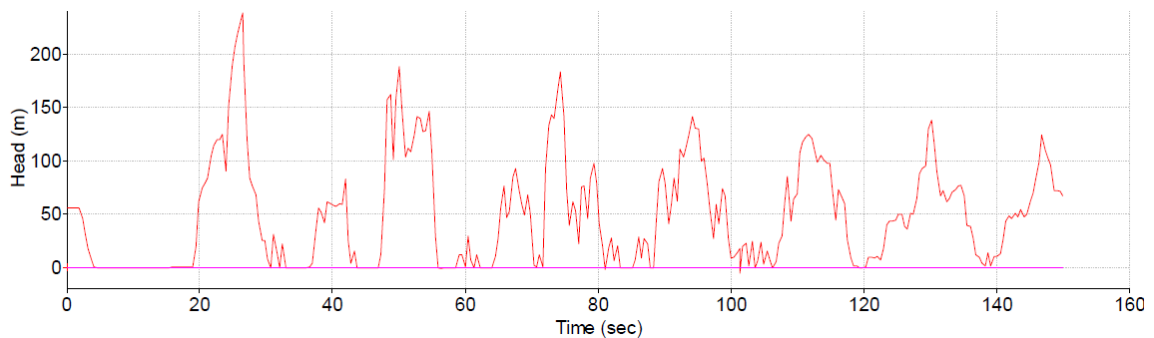


Figura 48. Evolución de las presiones en la estación de bombeo tras paro repentino, sin protección

Para proteger esta instalación se planteó en un primer momento colocar calderines antiarriete para que inyectaran agua cuando cayera la presión en la estación de bombeo pero se descartó esta solución debido a que los calderines eran enormes y no se podían instalar en el entorno del Parque Natural. Su mantenimiento es complejo y ante un fallo de éstos, lo sencillo sería desconectarlos y bombear sin protección.

Se optó por estudiar el sistema de protección mediante válvulas anticipadoras de onda y ventosas de gran capacidad (Ilustración 33) y restrictor a la salida, resultando lo siguiente:

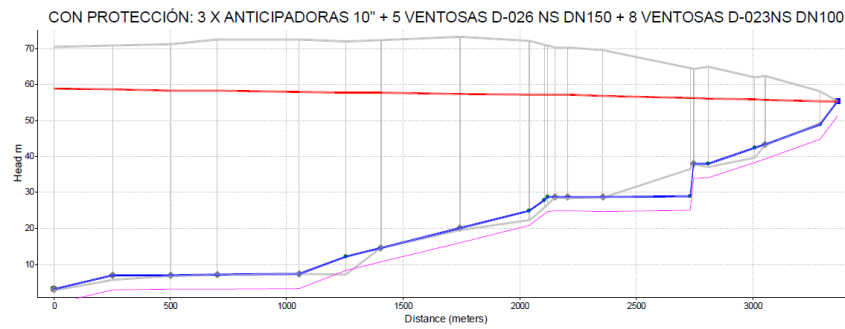


Figura 49. Envolvente de presiones tras paro repentino, con protección

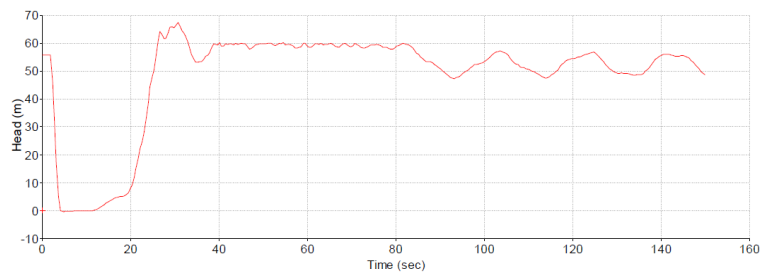


Figura 50. Evolución de las presiones en la estación de bombeo

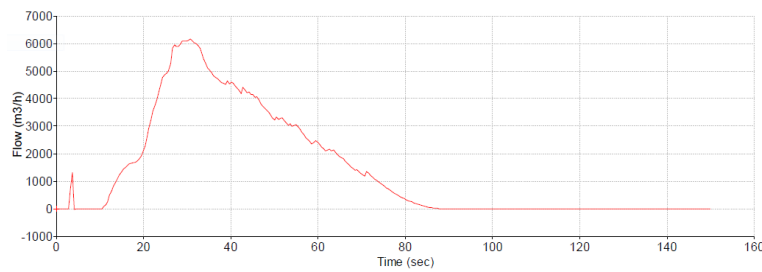


Figura 51. Caudal a través de las válvulas anticipadoras de onda

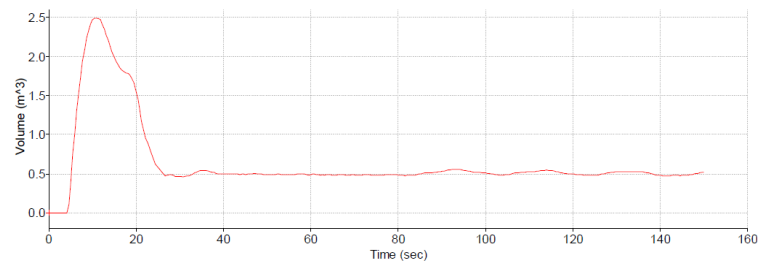


Figura 52. Volumen de la bolsa de aire que ingresa en la ventosa junto a la estación de bombeo



Ilustración 33. Vista del sistema de protección con válvulas anticipadoras de onda y ventosas

5.1.2.4 NUEVO ESQUEMA HIDRÁULICO

Con la puesta en marcha de estas nuevas instalaciones se logrará unificar en un único bombeo la elevación de los mayores volúmenes que son los que riegan los Canales Segundo (Levante y Poniente) y Primero de Levante.

Es significativo el cambio del sistema de distribución por canales de transporte a tuberías presurizadas, debido a las filtraciones y mermas que se producían en la infraestructura original. También se mejora el sistema de distribución al implementar un sistema de automatismo teledirigido que gobierne todas las instalaciones.

Así pues, desde el nuevo bombeo se podrá elevar el volumen necesario a una u otra balsa de riego, que son cabecera de la red de distribución secundaria del riego tradicional (Figura 53).

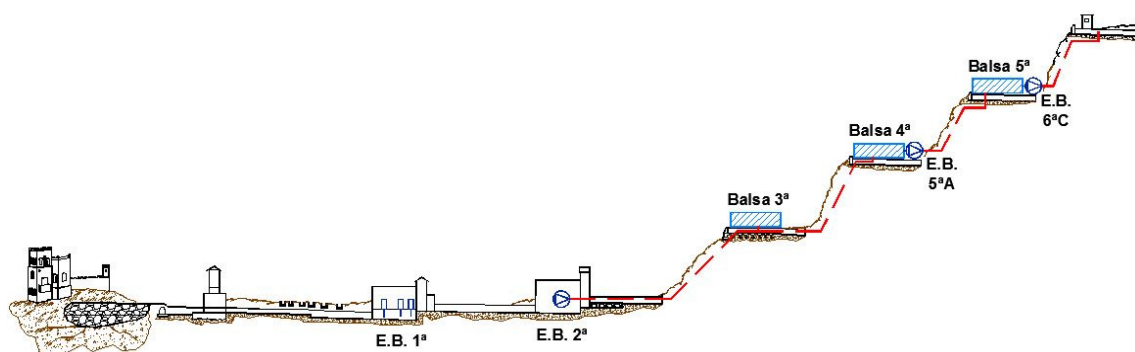


Figura 53. Esquema hidráulico actual mod_4

5.1.2.5 OTRAS MEJORAS

- Los rendimientos energéticos llegarán a estar por encima del 80% frente al 60-65% anterior.
- Se disminuirán las pérdidas de agua en las galerías sustituyéndolas por tuberías que garanticen una total estanquidad.
- Eliminar las paradas en el servicio de distribución por los derrumbes en las galerías.
- Al existir la posibilidad de regulación en todas las impulsiones es posible la regulación automática de todo el nuevo sistema. Esto permite el funcionamiento enseriado de las distintas elevaciones sin los continuos arranques y paradas actuales.
- Disminuir los costes de mantenimiento de las instalaciones.

5.2 TARIFA ELÉCTRICA

Como hemos visto, los volúmenes demandados de agua de concesiones dependen de muchos factores como por ejemplo la época del año, las lluvias acaecidas en el tiempo, la disponibilidad de agua de concesiones, la calidad de ésta, etc.

Lo interesante sería poder adaptar el régimen de tarifa eléctrica a la demanda de agua de riego, ahorrando así muchos costes de explotación, facilitando la distribución y aumentando el volumen de agua servida.

También hay que destacar que con el restrictivo contrato eléctrico existente ajustado a las nuevas reglamentaciones, solamente se permite un cambio de régimen tarifario anual y no se estima que esto pueda cambiar. También influye la carencia de una tarifa eléctrica “agrícola” que no penalice a grandes consumidores como son las comunidades de regantes de todo el territorio, entendiéndose el sector agrícola como un sector estratégico y motor de la economía de muchas regiones.

5.2.1 TARIFA CONTRATADA ORIGINALMENTE

Si analizamos el calendario energético (Figura 54) así como la tarifa eléctrica contratada originalmente, vemos que nos penaliza de manera severa si salimos del rango de las 00:00 - 08:00 h. de lunes a viernes y del fin de semana completo (tramo P-6).

El mes de agosto es el único mes del año en el que podemos disponer de energía económica ya que durante las 24 h. de todos los días es periodo valle (P-6). Hay que destacar que la máxima demanda anual de agua, e implícitamente la máxima demanda de energía eléctrica, se produce no solamente en el mes de agosto sino durante los meses de mayo, junio, julio, septiembre y octubre.

	0_1	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	6_7	7_8	8_9	9_10	10_11	11_12	12_13	13_14	14_15	15_16	16_17	17_18	18_19	19_20	20_21	21_22	22_23	23_24
Enero	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Febrero	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Marzo	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
Abril	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Mayo	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
1ª Quincena Junio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
2ª Quincena Junio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2
Julio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2
Agosto, Sab, Dom y Festivos Nacionales	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
Septiembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
Octubre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Noviembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
Diciembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2

Figura 54. Calendario energético peninsular 2014

Si atendemos ahora al precio de la energía y los términos de potencia (Tabla 34) que se pagan a la distribuidora con la que la comunidad de regantes tiene contratada la energía, vemos una fuerte penalización en los precios fuera del tramo P-6.

Hasta hace unos meses, la comunidad de regantes disponía de un contrato que se dividía en seis tramos, y cuyos precios se representan a continuación:

- P1 = 60 kW.
- P1 a P5 = 2.500 kW.
- P6 = 3.800 kW.

Tabla 34. Precios reflejados en contrato original

Periodo	Término de Potencia €/kW y mes	Término de Energía €/kWh
1	1,846529	0,07965
2	0,924064	0,06096
3	0,676261	0,04793
4	0,676261	0,04621
5	0,676261	0,04827
6	0,308554	0,03620

Estos precios no incluyen el impuesto sobre la electricidad, el I.V.A. y se repercutirán los costes regulados que pueda facturar la distribuidora, como son la reactiva, excesos de potencia, alquiler de equipo de medida, etc.

5.2.2 FACTURACIÓN

Tal y como marca la legislación, para cada uno de los períodos tarifarios aplicables a las tarifas, se contrata una potencia, aplicable durante todo el año. El término de facturación de potencia será el sumatorio resultante de multiplicar la potencia a facturar en cada período tarifario, que se define más adelante, por el término de potencia correspondiente, según la fórmula siguiente: $FP = \sum t_{pi} \times P_{fi}$

- P_{fi} = potencia a facturar en el período tarifario i , expresada en kW.
- t_{pi} = precio anual del término de potencia del período tarifario i .

En estas tarifas el control de la potencia demandada se realiza por medio de las mediciones cuarto-horarias de los equipos de medida y se factura directamente la potencia contratada en cada uno de los 6 períodos.

5.2.3 EXCESOS DE POTENCIA

En el Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre se definen las penalizaciones por Excesos de Potencia.

En el caso de las tarifas P-6 el control de la potencia demandada se realizará por medio de las mediciones cuarto horarias de los equipos de medida.

La potencia a facturar en cada período tarifario será la potencia contratada. En el caso de que la potencia demandada sobrepase en cualquier período horario la potencia contratada en el mismo, se procederá, además, a la facturación de todos y

cada uno de los excesos registrados en cada período, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$F_{EP} = \sum_{i=1}^{i=6} K_i \times 1,4064 \times A_{ei}$$

Donde:

Ki = coeficiente que tomará los siguientes valores dependiendo del período tarifario i:

Período	1	2	3	4	5	6
Ki	1	0,5	0,37	0,37	0,37	0,17

El exceso de potencia (Aei) se calculará de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$A_{ei} = \sqrt{\sum_{j=1}^{j=n} (P_{dj} - P_{ci})^2}$$

Donde:

Pdj = potencia demandada en cada uno de los cuartos de hora del período i en que se haya sobrepasado Pci.

Pci = potencia contratada en el período i en el período considerado.

Estas potencias se expresarán en kW y los excesos de potencia se facturarán mensualmente.

5.2.4 NUEVA TARIFA ELÉCTRICA PROVISIONAL

De manera provisional, aprovechando que se disponía del cambio permitido anualmente en la tarifa eléctrica y tratando de negociar una mejor tarifa eléctrica con distintos suministradores para la campaña 2014-2015, la comunidad de regantes ha cambiado su potencia contratada en los tramos P1-P5, variando también los precios reflejados anteriormente. Además, ya no se tiene un coste fijo de la energía sino que se accede al mercado libremente "pull".

El nuevo contrato también se divide en seis periodos:

- P1 = 60 kW.
- P1 a P5 = 500 kW.
- P6 = 3.800 kW.

La selección de las potencias contratadas en los diferentes tramos respondían a diversos criterios como por ejemplo, pensando que no se iban a exceder las potencias contratadas en cada tramo. También se trataba de buscar un equilibrio entre los costes fijos por términos de potencia y el volumen de agua que se iba a distribuir durante la campaña.

Este punto es clave pues se debe de poner en consonancia los volúmenes de demanda esperados (no conocidos) y las potencias instaladas (conocidas) para toda la campaña sin salir del periodo P-6.

La situación de equilibrio en la que se compensa el exceso de potencia con el término de potencia contratado debería tratarse en un estudio de mayor envergadura y no es objeto de este trabajo por dos razones fundamentales:

- La negociación con diferentes proveedores eléctricos es tediosa y dilatada en el tiempo, atendiendo además a otros factores que entran en juego como por ejemplo el tipo de facturación, la forma de pago, etc.
- Dentro de esa negociación, los precios correspondientes a los términos de potencia y energía varían significativamente por lo que las opciones son múltiples y deben ser estudiadas con detenimiento.

5.3 FALTA DE N° DE HORAS DE BOMBEO EN P-6

Como se ha descrito anteriormente, debido a la disminución en la capacidad de bombeo de la Segunda Elevación por motivos de diseño de las instalaciones (obligado en parte por la resolución ambiental) desde la puesta en marcha de la nueva instalación se están presentando graves problemas en la distribución de la C.G.R.R.L.

También ha sido clave el cambio de tarifa eléctrica contratada, siendo esta nueva tarifa muy reducida en cuanto a número de horas disponibles en periodo valle con potencia suficiente para mover grandes volúmenes de agua. Aunque desde un primer momento se estimó que podría suponer un problema importante para la distribución en los meses de mayor consumo, era una circunstancia casi obligatoria debido a que el capital invertido en la construcción de las instalaciones era 100% proveniente de los recursos propios de la comunidad de regantes y debía reducir sus costes de explotación para poder pasarlos a la partida de amortización del préstamo correspondiente.

Todo esto ha derivado en que, dado que el Primer Canal de Levante tiene un déficit medio diario de capacidad de almacenamiento de entre 7.000 y 15.000 m³ en los meses de mayor consumo, se tiene que aportar más volumen bombeando desde la Segunda Elevación en periodo punta, saltándose las restricciones horarias y pagando la correspondiente penalización.

Desafortunadamente, este déficit debe suplirse cuando la tarifa eléctrica está en su precio más alto, siendo a media mañana. Esto se produce porque la balsa comienza a vaciarse (el servicio de distribución comienza a las 08:00 h.) y la franja horaria de mayor riego queda entorno a las 10:00-19:00 h.

6. MODELO MATEMÁTICO DEL SISTEMA

Una vez conocidas las instalaciones existentes y su funcionamiento se propone el desarrollo de un modelo matemático que permita operar en diferentes escenarios para así poder realizar una propuesta de mejoras y validar su funcionamiento. Este modelo cuasiestacionario se ha realizado con el programa informático EPANET, versión 2.0.

No se trata de un modelo georreferenciado, sino de un modelo energético con el cual se pueden simular las estaciones de bombeo, conducciones y elementos de regulación en diferentes escenarios. Para ello se estudiarán de manera aislada algunos elementos o situaciones reales, comprobando que coinciden los datos arrojados por el programa con la realidad. También se analizará el sistema como un conjunto de subsistemas para conocer el funcionamiento real y poder estudiar diferentes propuestas de mejora.

6.1 FASES DE GENERACIÓN DEL MODELO

El desarrollo del modelo se ha centrado únicamente sobre la parte presurizada, introduciendo los datos relativos a balsas de regulación, grupos de bombeo, tuberías, válvulas, compuertas y consignas que regulan y ordenan el funcionamiento del sistema.

Esto ha sido motivado puesto que no tiene sentido introducir la red de canales de distribución ya que no aportan más información que la que nos puedan dar los registros de sus caudalímetros ubicados en cabecera.

6.1.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Toda la elaboración de un modelo matemático requiere una primera fase de recopilación de la información necesaria para ello, a veces un tanto tediosa debido al gran volumen documental existente y que hay que cribar para su utilización eficiente.

Afortunadamente y debido a que he participado en la redacción del proyecto y la dirección de obra de la instalación puesta en marcha en enero de 2014 ha sido fácil el obtener toda la información necesaria.

Para el desarrollo del modelo se han necesitado los datos relativos a conducciones, elementos de regulación (válvulas), bombas, balsas, consumos, etc. que se describirán en los siguientes apartados.

6.1.1.1 TUBERÍAS

Para la representación de las tuberías se han definido los diámetros, longitudes, materiales y puntos significativos de éstas, obtenidos en los perfiles longitudinales y secciones de los datos existentes en los proyectos "as built".

Las rugosidades definidas en la Tabla 35 se han obtenido de los manuales técnicos de los fabricantes de las conducciones y han sido contrastados con la "Guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión, del Cedex".

Tabla 35. Rugosidad absoluta asignada a las conducciones

Material	K (mm)
Hormigón	0,10
Acero	0,05
PRFV	0,05

Además se ha considerado en cada caso un coeficiente de pérdidas menores correspondiente a cambios de alineación, piezas especiales, etc.

6.1.1.2 DEPÓSITOS Y BALSAS

Se ha introducido la curva de cubicación de las balsas (Figura 55), cotas de solera, niveles máximo y mínimo así como el nivel inicial correspondiente con cada simulación.

En todas las situaciones la entrada de agua se realiza por el fondo, por lo que no ha sido necesario emular una entrada por coronación mediante válvulas sostenedoras de presión.

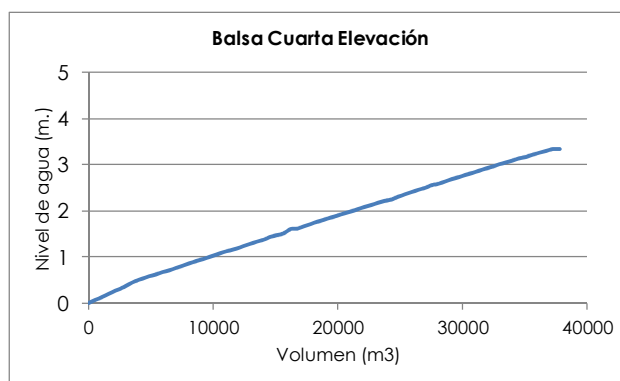


Figura 55. Cubicación de la balsa de la Cuarta Elevación

6.1.1.3 BOMBAS

La introducción de las curvas de las bombas no se ha hecho según los datos teóricos del fabricante ya que de todos los grupos se conocen las curvas reales o "test report" de prueba en fábrica, tratándose de reproducir fielmente el comportamiento de las bombas en sus diferentes puntos de trabajo. También se han introducido las curvas de rendimiento reales de cada una de las bombas (Figura 56).

Respecto a su funcionamiento y gracias al sistema de telecontrol instalado en todas las elevaciones, se conoce con precisión el tiempo de funcionamiento de cada grupo o la frecuencia a la que estaba trabajando, entre otros.

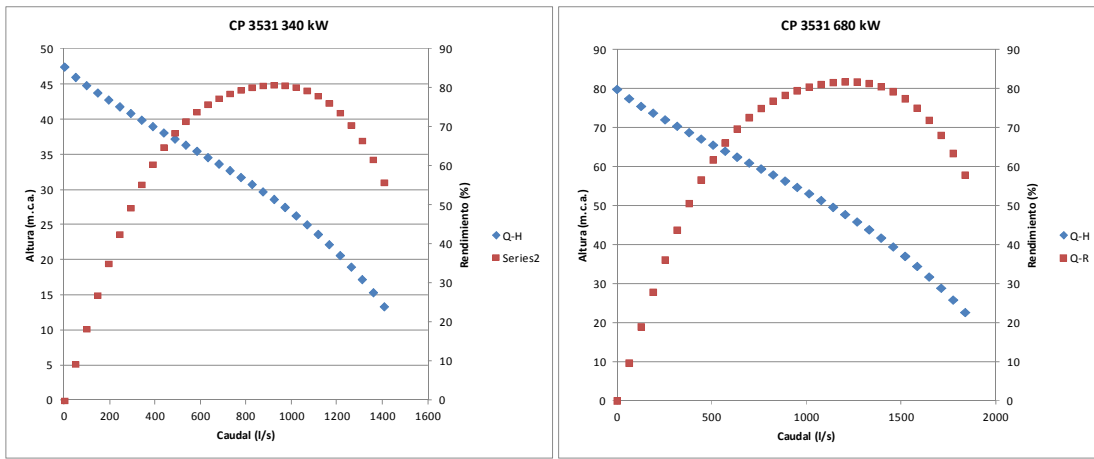


Figura 56. Curvas reales de las bombas introducidas

6.1.1.4 DEMANDAS

Las demandas de cada uno de los puntos de suministro se han modelado con una tabla de patrones de consumo referidas a su caudal medio, a partir de los valores extraídos de la base de datos del caudalímetro (Figura 57).

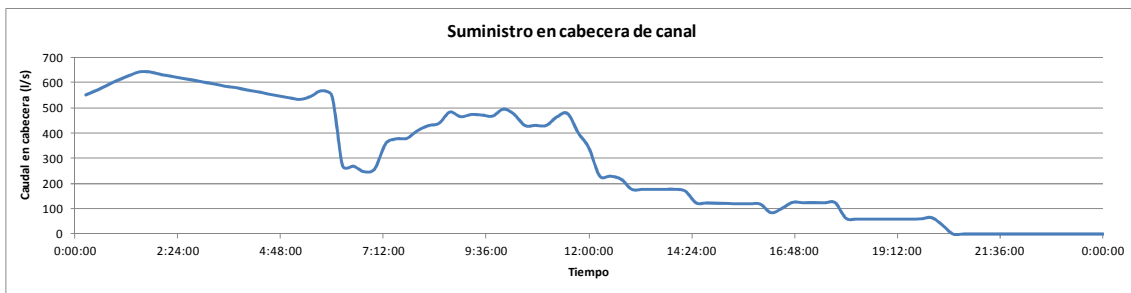


Figura 57. Representación de los datos del caudalímetro electromagnético

Los pares de valores caudal-tiempo importados desde la base de datos del sistema de telecontrol se representan como una demanda del nudo correspondiente a la cabecera de canal Q (t) (Figura 58).

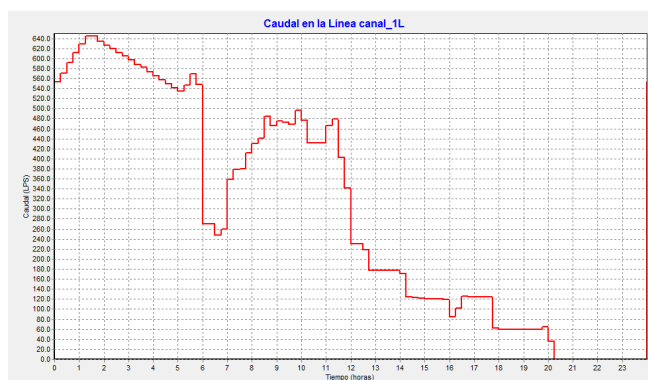


Figura 58. Demanda asociada a una cabecera de canal

6.1.1.5 ELEMENTOS DE REGULACIÓN

Las válvulas se han modelado como válvulas de regulación, introduciendo el coeficiente de pérdidas menores "k" correspondiente al Kv asociado para el grado de apertura seleccionado. Lo mismo se ha hecho con las válvulas de retención (Tabla 36).

Se ha comprobado, con el manómetro existente aguas abajo de las válvulas la pérdida de carga que éstas generan. Aunque la precisión no es métrica, parece que corresponden los valores calculados de pérdida de carga con la real.

Tabla 36. Pérdidas de carga en válvulas

Tipo de válvula	Diámetro nominal (mm.)	Kv(90°)	Coef. pérdidas (k)
Mariposa	700	30.000	0,42
Mariposa	1000	65.000	0,37
Retención	700	30.000	0,42
Retención	800	39.000	0,42

6.1.1.6 CONSIGNAS

Para cada una de las situaciones modeladas y para asegurar el buen funcionamiento del modelo, se ha ido introduciendo las consignas de marcha y paro de las bombas en función de la hora a la que funcionan.

La precisión de los valores de arranque y paro de bombas es de segundos con lo que se puede lograr una reproducción fiel del verdadero funcionamiento en cada caso (Figura 59 y Tabla 37).

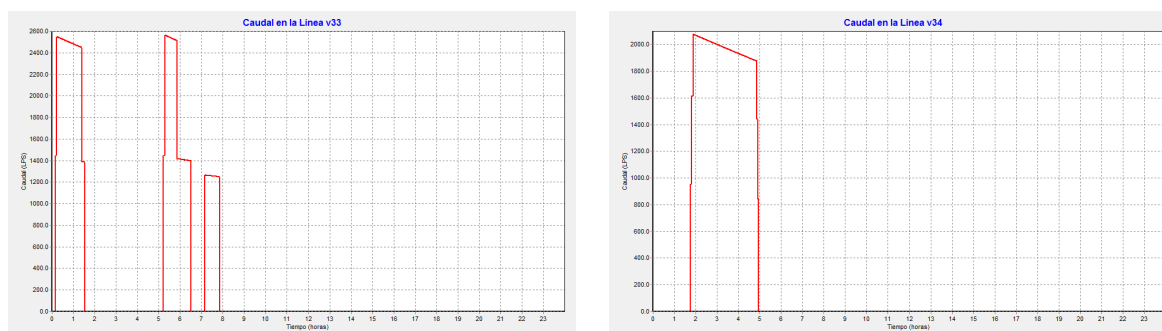


Figura 59. Representación del funcionamiento de las bombas

Tabla 37. Consignas introducidas de marcha y paro de bombas

Fecha	Hora	Funcionamiento
09/06/2014	0:00:00	0
09/06/2014	1:53:15	1
09/06/2014	4:00:00	1
09/06/2014	4:52:14	0

También se controla la apertura y cierre de la válvula 3 cuando se quiere bombear a la balsa de la Cuarta Elevación.

La válvula 4 no hace falta consignarla pues la diferencia de alturas entre las balsas hace que el agua no llegue a la Cuarta Elevación cuando se está bombeando a la Tercera Elevación.

6.1.2 ESQUELETIZACIÓN DE LA RED

Se ha tratado de realizar un modelo muy sencillo para facilitar su operatividad pero que a la vez permita reflejar con detalle el comportamiento real del sistema. En este sentido, por ejemplo, se ha desacoplado la Primera Elevación ya que su aporte al modelo energético de la problemática a estudiar es nulo.

Donde se ha centrado el esfuerzo ha sido en introducir con determinación el número de elementos, nudos y líneas que realmente podían influir en el comportamiento o servirían para comprobar la bondad del modelo.

Es por ello que, una vez desarrollado el modelo inicial que incluye el conjunto de todas las instalaciones existentes objeto de este estudio (Figura 60), éste ha derivado en otros modelos más reducidos con los que era más fácil trabajar (Figura 61). Se facilita así la tarea de manejar tantos elementos como en el general.

La posibilidad de trabajar con modelos menores ha sido únicamente gracias a las características de la red, pues se trata de bombeos enseriados con balsas de regulación y canales que se alimentan desde éstas o en directo desde el bombeo por lo que las posibilidades son múltiples.

6.2 COMPROBACIÓN DE RESULTADOS Y VALIDACIÓN DEL MODELO

Debido a que los valores de los parámetros introducidos tienen un carácter teórico (la rugosidad de las tuberías entre otros) se pasa ahora a una fase de la elaboración del modelo que es fundamental para su manejo posterior que es la validación y calibración. Los resultados arrojados por el programa son contrastados por los datos obtenidos en campo a través de transductores de presión, caudalímetros en las impulsiones y sondas de nivel ultrasónicas, todos ellos centralizados y almacenados por el sistema de telecontrol en la base de datos.

Para facilitar la tarea de validación del modelo global, he optado por utilizar diferentes modelos simplificados y operar con ellos de modo que se reprodujeran situaciones ya vividas y de las que se disponían los datos para su comprobación.

A continuación se desarrolla el método para calibrar uno de los modelos reducidos:

6.2.1 BOMBEO A LA CUARTA ELEVACIÓN

El día 20 de Mayo de 2014 la balsa de la Cuarta Elevación tenía un nivel inicial de 2,96 m. y se disponía a dar servicio a los canales Segundo de Levante y Poniente.

El servicio de distribución comenzó a las 01:00 h. mientras que el bombeo Segunda-Cuarta empezó a las 00:34 h. hasta que la balsa a las 03:32 h. Antes de las 08:00 h. se volvió a bombear durante 40 minutos para dejar un pequeño volumen como margen de seguridad ya que ese día la planificación de volúmenes se había hecho muy ajustada. Cuando llega el final del servicio de distribución a las 20:00 h. se queda la balsa totalmente vacía.

Introduciendo en el modelo un archivo de calibración correspondiente a los datos almacenados por la sonda de nivel ultrasónica $Z(t)$ real y representando la presión en el nudo correspondiente a la balsa $Z(t)$ modelo, podemos ver cómo el comportamiento es muy similar al real aunque con un desfase en las alturas de la lámina de agua considerable (Figura 62).

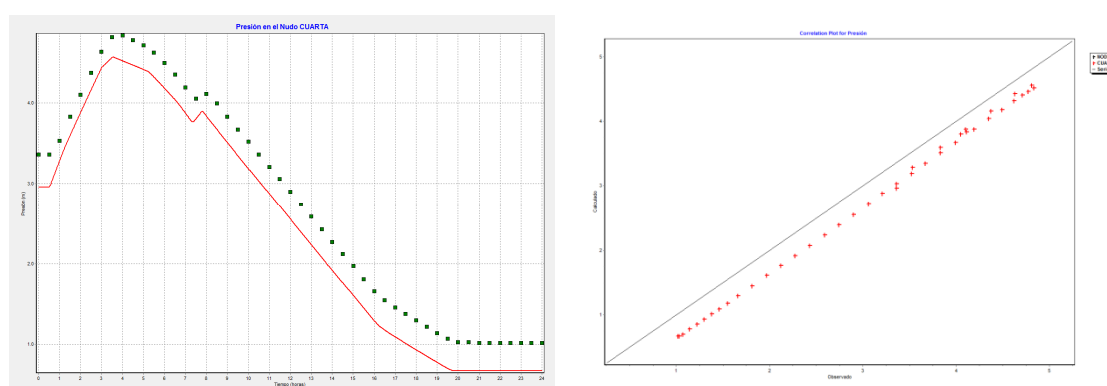


Figura 62. Presión en la balsa antes de la calibración

Este desfase se debía a que la posición relativa de la sonda ultrasónica no estaba perfectamente definida pero fue solucionado posteriormente. A partir de este momento todas las mediciones de esa sonda ultrasónica se han corregido para evitar

así diferencias posteriores. En la Figura 63 se comprueba que el comportamiento del modelo mejora significativamente.

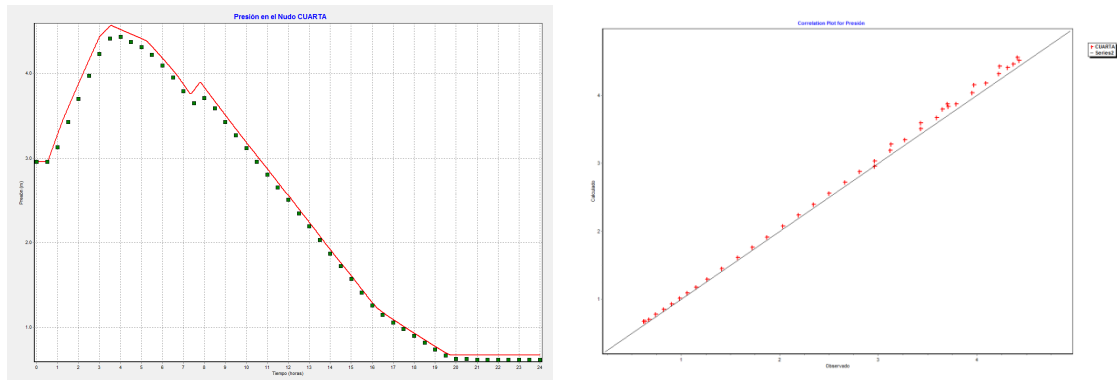


Figura 63. Presión en la balsa después del primer ajuste

Una vez se ha obtenido un ajuste de los parámetros de comparación, el modelo se corrige parcialmente ajustando los coeficientes de pérdidas menores de manera que, probando diferentes valores, se acota la solución definitiva y se valida la solución (Figura 64).

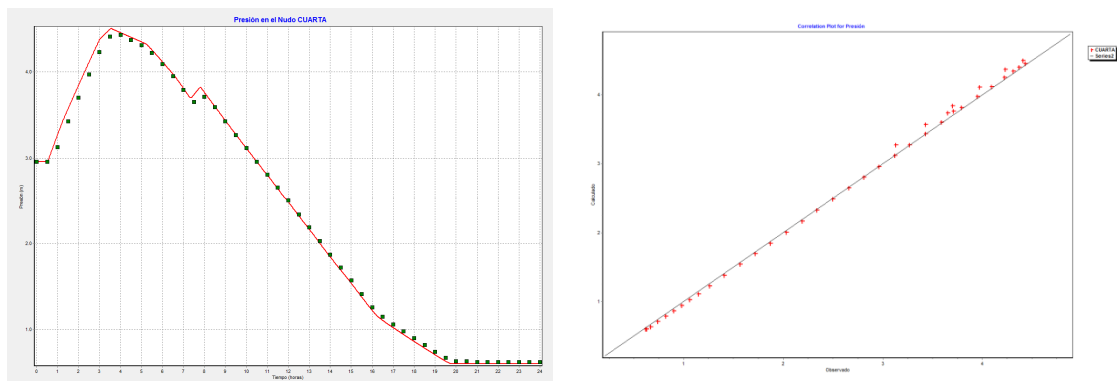


Figura 64. Presión en la balsa después del segundo ajuste

Estadísticas de Calibración para Presión

Localización	Nº Observ Obs	Calc Media	Media	RMS Error	RMS Error
CUARTA	48	2.40	2.41	0.039	0.055
Sistema de Red	48	2.40	2.41	0.039	0.055

Correlación entre los Términos: 0.000

Figura 65. Estadísticas de calibración obtenidas por el modelo

7. MEDIDAS ADOPTADAS PARA TRATAR DE PALIAR EL DÉFICIT ESTRUCTURAL

Hasta la fecha, desde la comunidad de regantes se han puesto en marcha diferentes estrategias para tratar de paliar el déficit estructural sufrido, aunque la efectividad de las mismas se pone en entredicho debido a que estas maniobras han llevado asociado otros problemas que se describen a continuación.

7.1 TRASPASO DE CAUDALES ENTRE BALSAS

La primera medida que se intentó poner en marcha fue el traspaso de agua desde la balsa de la Cuarta Elevación hasta la balsa de la Tercera Elevación, ya que la primera tiene mayor capacidad y se puede llenar en horas valle. En periodo punta, se transferiría agua desde una balsa a otra por la misma conducción de impulsión aprovechando el desnivel favorable existente. Desde el primer momento se planteó como una solución técnicamente viable ya que se pueden laminar las horas puntas de consumo compensándolas con horas de bombeo en periodo nocturno, además de que es una solución empleada en multitud de instalaciones similares.

Cuando el bombeo de la Segunda Elevación entra en funcionamiento, el agua se deriva a una u otra balsa mediante un juego de válvulas de mariposa DN1000 instaladas en una arqueta de derivación situada junto a la Tercera Elevación (Figura 66).

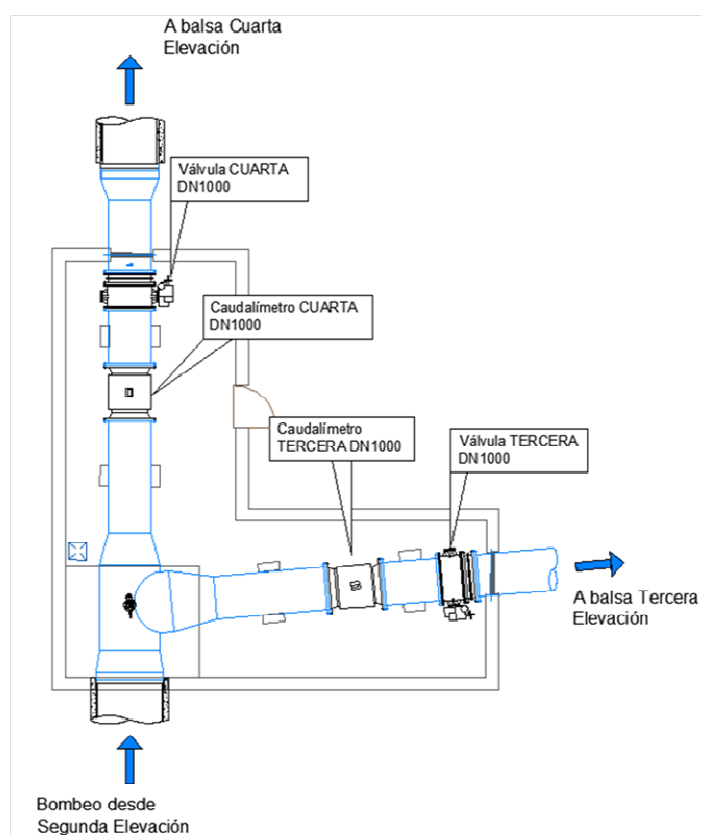


Figura 66. Plano en planta de la arqueta de derivación situada junto a la balsa de la Tercera Elevación

Estas válvulas, pese a que su motorreductor está preparado para regulación, no son las más adecuadas para realizar este tipo de maniobras debido a la magnitud de los caudales manejados, los diámetros de éstas y la diferencia de altura geométrica entre una y otra balsa.

No obstante, se analizó la gráfica de pérdidas de carga del fabricante de la válvula (Figura 67) y se obtuvo una curva de pérdidas (Figura 68) que se podría introducir en un modelo matemático muy esquemático para su estudio con diferentes grados de apertura.

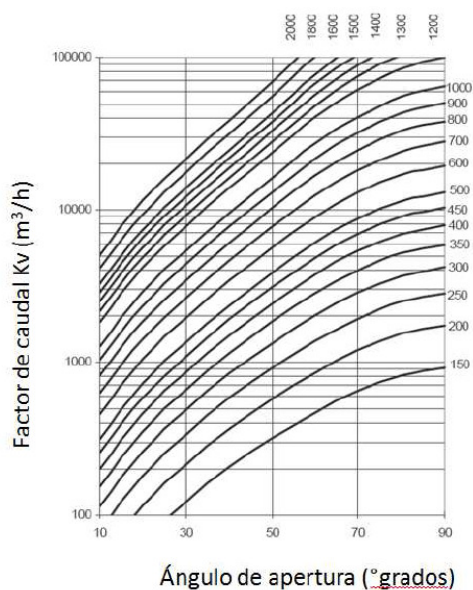


Figura 67. Relación K_v y ángulo de apertura

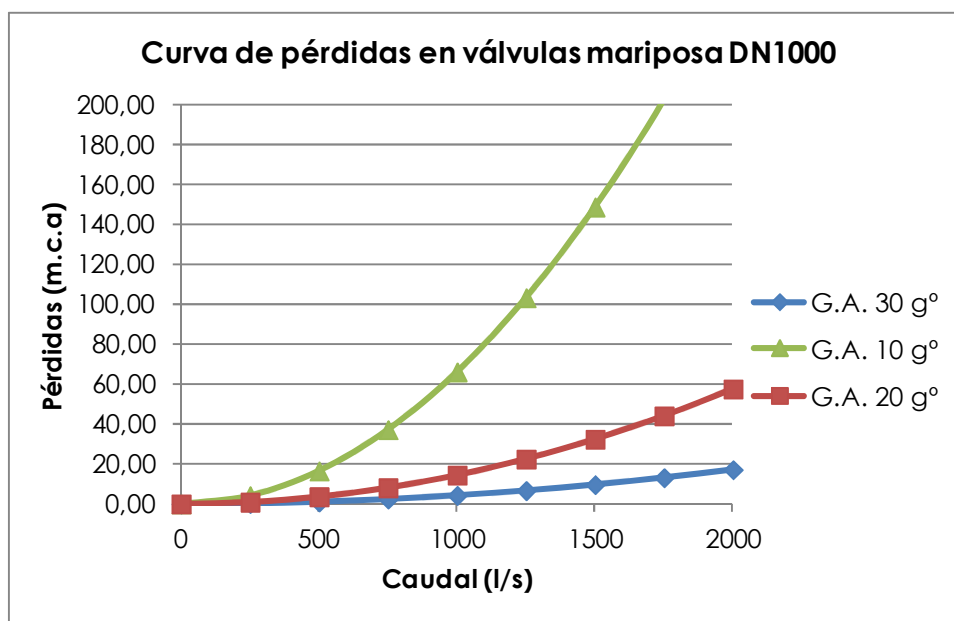


Figura 68. Curva de pérdidas de carga introducida en el modelo

Mediante la utilización de un modelo matemático reducido y simplificado, introduciendo las balsas de la Tercera y Cuarta elevación con los niveles mínimo y máximo respectivamente, la tubería DN1200 y las dos válvulas de mariposa, se ha podido analizar las diferentes situaciones y estudiar los diferenciales de presión aguas arriba y aguas abajo de las válvulas.

Teniendo en cuenta que el fabricante de la válvula limita el diferencial de presión según la expresión $(P_2 \geq 0,7 * P_1 - 2,80)$ para evitar la cavitación de la válvula, se comprueba que no hay una posible regulación con estas válvulas para la hipótesis planteada. También se limita la apertura mínima de la válvula a 30° por lo que no se puede probar con un menor grado de apertura.

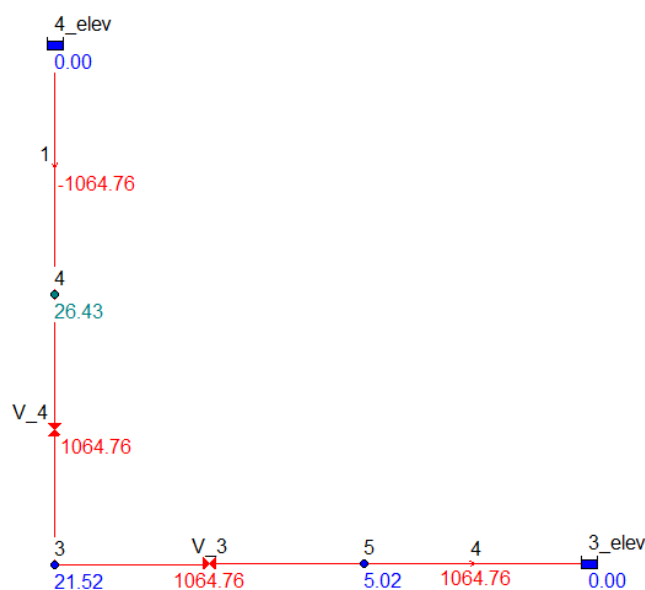


Figura 69. Regulación con 30° de apertura

Se comprueba en el modelo (Figura 69), que el diferencial de presión aguas arriba y aguas abajo de la válvula V_3 es de 16,50 m.c.a. y esto difiere de la consigna marcada:

$$5,02 \geq 0,7 * 21,52 - 2,80$$

No obstante los datos arrojados por el modelo y considerando que las curvas de las válvulas son fruto de aproximaciones a las que se llega por extrapolación de resultados ensayados en válvulas de menor diámetro y en unas condiciones ideales, se realizó un ensayo presencial en el que se probaron diferentes grados de apertura en las dos válvulas durante unos 40 min.

El resultado de la prueba fue que se producía un ruido tremendo en las válvulas y se oían explosiones debidas a la cavitación, por lo que se descartó totalmente esta solución.

Por otro lado, se presentaba un problema de gestión para la propia comunidad de regantes ya que los costes de explotación que se aplican para componer el precio de venta del agua en el Primer Canal de Levante tendrían una penalización

correspondiente al incremento de altura geométrica entre las dos balsas así como las pérdidas de carga en la impulsión.

Si hablamos de términos energéticos, se puede calcular fácilmente el ratio kWh/m³ reflejado en la Tabla 38 y

Tabla 39.

Tabla 38. Ratio energético bombeando a la Tercera Elevación

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
Qu (l/s)	1330	2544	3570
Hman (mca)	38	40	42,4
PABS/EJE (Kwbomba)	604 / 582	2 x 603 / 582	3 x 596 / 575
ηhidr (%)	85,3	85,9	86,2
kWh/m ³	0,1261	0,1317	0,1391

Tabla 39. Ratio energético bombeando a la Cuarta Elevación

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
Qu (l/s)	860	1572	2100
Hman (mca)	51	52,8	55
PABS/EJE (Kwbomba)	544 / 524	2 x 528 / 509	3 x 510 / 491
ηhidr (%)	82,1	80,1	77
kWh/m ³	0,1757	0,1866	0,2024

Claramente se observa el diferencial que se debe añadir al agua que debe elevarse a la balsa de la Cuarta Elevación para posteriormente bajarse a la Tercera Elevación.

Este incremento supone en términos energéticos un incremento de hasta un 45% (Tabla 40) por lo que se considera totalmente inviable.

Tabla 40. Incrementos energéticos porcentuales

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
kWh/m ³ (Bombeo 3º)	0,1261	0,1317	0,1391
kWh/m ³ (Bombeo 4º)	0,1757	0,1866	0,2024
Incremento	39%	42%	45%

7.2 BOMBEO DE CARÁCTER EXCEPCIONAL EN PERIODOS PUNTA

Actualmente la comunidad de regantes está poniendo en marcha los grupos fuera de horario valle para tratar de paliar el déficit existente, asumiendo los sobrecostes derivados de las penalizaciones por exceso de potencia y repercutiéndolos proporcionalmente por m³.

En la Figura 70 se representa el nivel de la balsa de la Primera Elevación y el caudal circulante por la cabecera del Primer Canal de Levante el día 17 de Junio.

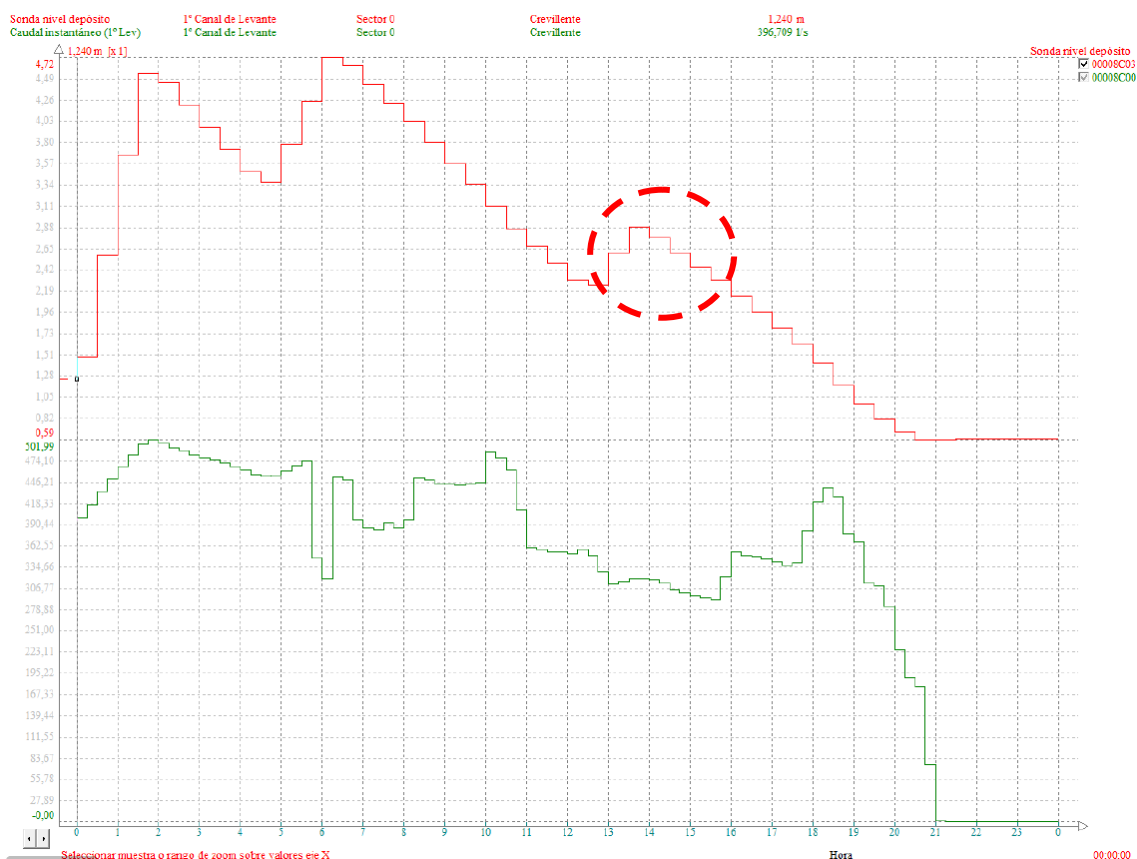


Figura 70. Bombeo en hora punta por falta de capacidad

La secuencia de ese día fue la reflejada en la Tabla 41:

Tabla 41. Secuencia de funcionamiento 17 de Junio de 2014

HORARIO	MANIOBRA BOME
00:00 – 01:30	Llenado balsa Tercera
01:30 – 05:00	Llenado balsa Cuarta
05:00 – 06:00	Llenado balsa Tercera
06:00 – 13:00	-
13:00 – 14:00	Llenado balsa Tercera
14:00 – 21:00	-

Durante una hora se estuvo bombeando a la Tercera Elevación con un grupo, con un consumo aproximado de 600 kW y cuya penalización se reflejó debidamente en la

factura eléctrica. Dicha penalización se puede calcular tal y como se describió anteriormente.

Exceso de potencia:

$$A_e = \sqrt{600 - 500)^2} = 100 \text{ kW}$$

Facturación del exceso de potencia registrado:

$$F_{EP} = 1 \times 1,4064 \text{ €/kW} \times 100 \text{ kW} = 140,64 \text{ €}$$

Término de energía:

$$T_{E(P1)} = 600 \text{ kWh} \times 0,079652 \text{ €/kWh} = 47,79 \text{ €}$$

Estos costes deben incrementarse porcentualmente en concepto de peajes, impuestos sobre electricidad e I.V.A. además del correspondiente término de potencia de todos los periodos contratados ese mes. Una vez se tienen los costes de este exceso de potencia de 1 h. deberían repercutirse en el volumen asociado a 1 hora de funcionamiento del equipo y finalmente al m³ distribuido.

Lamentablemente esta es la solución provisional que se ha adoptado mientras se negocia una nueva tarifa de precios y potencias, pensando en la campaña 2015-2016.

8. PROPUESTA DE SOLUCIONES Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

8.1 AMPLIACIÓN O CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS ELEMENTOS DE REGULACIÓN

Para paliar el déficit existente en la distribución del agua de riego (principalmente en el Primer Canal de Levante) se ha planteado en muchas ocasiones, por ejemplo, el construir una nueva balsa o depósito de regulación en cabecera. Este nuevo depósito permitiría almacenar el agua necesaria para riego en las horas donde la energía eléctrica es más barata y poder disponer de ese volumen para las horas en las que el régimen tarifario eléctrico se convierte en prohibitivo.

Se desarrollan a continuación diferentes modelos que representan la explotación llevada a cabo durante la campaña y diferentes posibles soluciones.

8.1.1 MODELO DE EXPLOTACIÓN DIARIO

8.1.1.1 HIPÓTESIS PREVIA

Un día del pasado mes de junio se retomaba el servicio de distribución de agua de concesiones tras un periodo prolongado con suministro de agua del A.T.S. lo que implicaba una gran demanda y necesidad urgente de riego para los comuneros.

Este servicio se vio comprometido ya que las dos balsas se encontraban vacías y había que llenarlas en las 8 horas de P-6, mientras que la demanda del Primer Canal de Levante sería de unos 43.000 m³ y la de los canales Segundo de Levante y Poniente era también importante.

Desde un primer momento se supo que era imposible realizar esta operación con los grupos disponibles, teniendo en cuenta la capacidad reducida de la balsa de la Tercera Elevación y la ya explicada limitación horaria.

La maniobra que se realizó fue dejar llenas las dos balsas a las 08:00 h. y comenzar la distribución del Primer Canal de Levante (de manera excepcional) desde las 00:00 h. ya que se sabía la urgencia del riego. En el momento en que la balsa de la Tercera Elevación se quedase vacía por completo (sería aproximadamente a primera hora de la tarde) se tenía la orden de volver a elevar el volumen necesario para continuar el riego sin que repercutiera a la explotación del canal. Esto supuso tener que bombear fuera de turno (con la consiguiente penalización) pero se trató de ajustar a que fuera dentro de un tramo lo menos agresivo posible.

La segunda quincena del mes de junio dispone sólo de tramos P-6, P-2 y P-1 por tanto debíamos ajustarnos al tramo P-2, que era en las franjas 08:00-11:00 h. y 19:00-24:00 h. para sufrir la menor penalización posible.

Se realizó una simulación completa de 24 h. en la que se reprodujo el llenado previsto de las balsas y el consumo del Primer Canal de Levante con el caudal marcado por el personal de explotación (600 l/s); el consumo en los canales Segundo de Levante y Poniente era de 300 y 400 l/s respectivamente.

Para ello se establecieron unos controles programados y simples definidos en la Tabla 42 y Tabla 43:

Tabla 42. Controles programados definidas en el modelo inicial

RULE 1	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 1 then link v33 status is open and link v34 status is closed and pump b21 status is open and pump b22 status is open and pump b23 status is open	Este control programado fuerza el arranque de las bombas si el nivel de la balsa de la Tercera Elevación se encuentra por debajo de 1 m. siempre y cuando se encuentre en periodo P-6. Se prioriza el llenado de la balsa de la Tercera Elevación con las válvulas v33 y v34.
RULE 2	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level above 5 then link v33 status is closed and link v34 status is open	Una vez que la balsa de la Tercera Elevación está llena, las válvulas cambian su posición para iniciar el llenado de la balsa de la Cuarta Elevación.
RULE 3	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank CUARTA level above 3.2 then link v34 status is closed and link v33 status is open	Cuando se llena la balsa de la Cuarta Elevación, cambian las posiciones de las válvulas para volver a llenar la balsa de la Tercera Elevación.
RULE 4	Consigna utilizada
if system clocktime > 7.20 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 5 and tank TERCERA level above 4 then pump b22 status is closed and pump b23 status is closed	Los últimos cuarenta minutos antes de que termine el periodo P-6, prioriza el llenado de la balsa de la Tercera Elevación con una única bomba, dejando así el nivel al máximo antes de las 8 h.

Tabla 43. Controles simples definidos en el modelo inicial

Controles definidos	Consigna utilizada
link b21 closed at clocktime 8 am link b22 closed at clocktime 8 am link b23 closed at clocktime 8 am	Pase lo que pase, las bombas se apagan a las 8 h. para no excedernos de potencia fuera de P-6.

Cuando la balsa de la Cuarta alcanza su nivel máximo, la balsa de la Tercera ya se ha descargado parcialmente. En ese momento se vuelve a llenar la balsa de la Tercera. Asimismo, antes de llegar a las 08:00 h. y puesto que a esa hora el nivel de la Tercera se tiene que quedar al máximo, se deja funcionando un solo grupo (Figura 71).

A las 08:00 h. se apagan los equipos hasta las 00:00 h. del día siguiente, por lo que para no entrar en déficit, el volumen dispuesto en las balsas deberá ser mayor o igual al que se pretende distribuir.

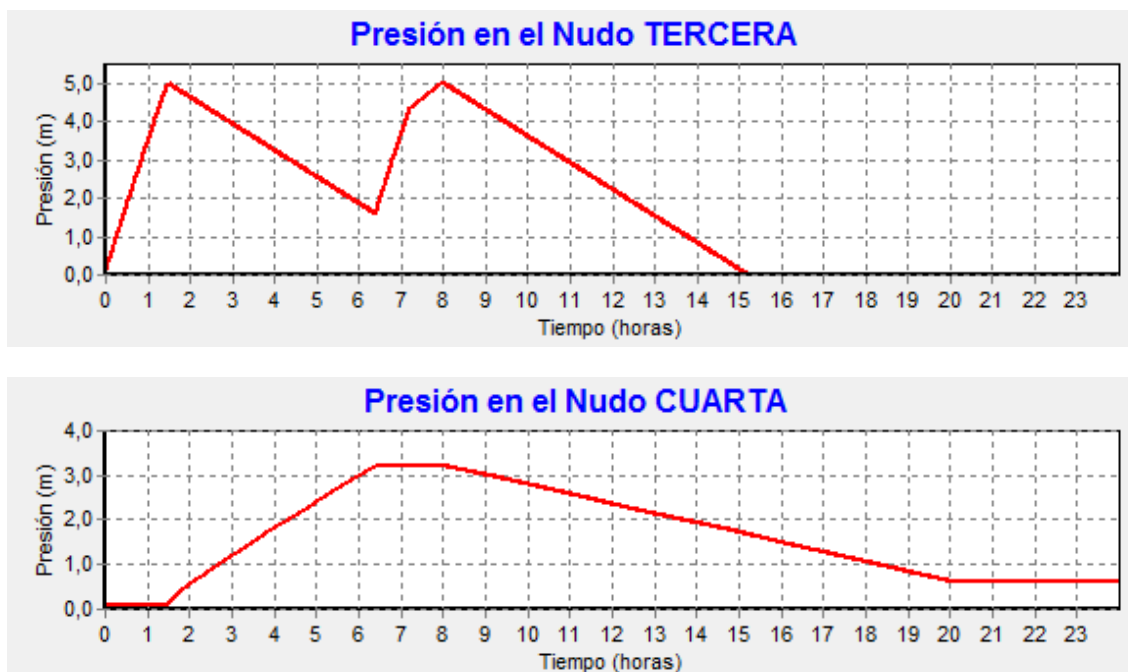


Figura 71. Nivel de las balsas Tercera y Cuarta con el modelo inicial

Aunque las consignas dispuestas priorizan el llenado de la balsa de la Tercera Elevación, vemos que a las 15:12 h. se detiene el proceso por falta de nivel en la balsa que alimenta el Primer Canal de Levante, existiendo un déficit medio de 12.528 m³ tal y como se muestra en la Tabla 44:

Tabla 44. Déficit medio previsto 17/6/2014

Caudal demandado (l/s)	Hora	Volumen (m3)
600	15:12	1.728
600	16:00	2.160
600	17:00	2.160
600	18:00	2.160
600	19:00	2.160
600	20:00	2.160
	Total	12.528

8.1.1.2 SITUACIÓN REAL

En este apartado se va a reflejar la situación real de ese día, con bombeos en horario fuera de P-6 pero cumpliendo el programa de riego. El tiempo de la simulación son 24 h.

Para ello, los patrones de demanda se introducen partiendo de los registros de caudalímetros instalados en cabecera de los canales Primero de Levante y los Segundos de Levante y Poniente. El valor introducido es el Q (t) desde las 00:00 h. hasta la finalización del riego a las 20:00 h.

Se establecieron unos controles programados y simples definidos en la Tabla 45 y Tabla 46:

Tabla 45. Controles programados definidas en el modelo con la situación real

RULE 1	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 1 then link v33 status is open and link v34 status is closed and pump b21 status is open and pump b22 status is open and pump b23 status is open	Este control programado fuerza el arranque de las bombas si el nivel de la balsa de la Tercera Elevación se encuentra por debajo de 1 m. siempre y cuando se encuentre en periodo P-6. Se prioriza el llenado de la balsa de la Tercera Elevación con las válvulas v33 y v34.
RULE 2	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 2 am and tank TERCERA level above 4.99 then link v33 status is closed and link v34 status is open	Si antes de las 02:00 h. la balsa de la Tercera Elevación está llena, las válvulas cambian su posición para iniciar el llenado de la balsa de la Cuarta Elevación.
RULE 3	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 7 am and tank CUARTA level above 3.32 then link v34 status is closed and link v33 status is open	Si antes de las 07:00 h. se llena la balsa de la Cuarta Elevación, cambian las posiciones de las válvulas para volver a llenar la balsa de la Tercera Elevación.
RULE 4	Consigna utilizada
if system clocktime > 5 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 1 then link v33 status is open and link v34 status is closed	Si entre las 05:00 y las 08:00 h. el nivel en la balsa de la Tercera Elevación es inferior a 1 m. las válvulas vuelven a cambiar su posición y se reanuda el llenado.
RULE 5	Consigna utilizada
if system clocktime > 7 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level above 4.6 then pump b22 status is closed and pump b23 status is closed	Si entre las 07:00 y las 08:00 h. el nivel de la balsa de la Tercera Elevación alcanza los 4,60 m. se apagan dos grupos y se llena sólo con uno.

RULE 6	Consigna utilizada
if system clocktime > 9 am and system clocktime <= 11 am and tank TERCERA level below 3.8 then pump b21 status is open	Si entre las 09:00 y las 11:00 h. el nivel de la balsa de la Tercera Elevación desciende de 3,80 m. se arranca un grupo para su llenado.
RULE 7	Consigna utilizada
if system clocktime > 9 am and system clocktime <= 11 am and pump b21 status is open and tank TERCERA level above 4.99 then pump b21 status is closed	Si entre las 09:00 y las 11:00 h. el nivel de la balsa de la Tercera Elevación alcanza el máximo, la bomba se apaga.
RULE 8	Consigna utilizada
if pump b21 status is open and pump b22 status is closed and pump b23 status is closed and tank TERCERA level below 3 and tank TERCERA level above 1.1 then pump b21 status is closed	En el momento en que solo funcione un grupo y el nivel de la balsa de la Tercera Elevación se encuentre entre 3 y 1,10 m. la bomba se apagará. (consigna vinculado a un control simple)

Tabla 46. Controles simples definidos en el modelo con la situación real

Controles definidos	Consigna utilizada
link b21 closed at clocktime 8 am link b22 closed at clocktime 8 am link b23 closed at clocktime 8 am	Pase lo que pase, las bombas se apagan a las 8 h. para no excedernos de potencia fuera de P-6.
link b21 closed at clocktime 11 am	Pase lo que pase, el grupo que funciona fuera del tramo P-6 se apagará cuando termina el periodo P-2
link b21 open if node TERCERA below 0.2	Cuando el nivel de la balsa de la Tercera Elevación descienda de 0,20 m. arrancará un grupo.

La Figura 72 y Figura 73 representan los niveles de las balsas:

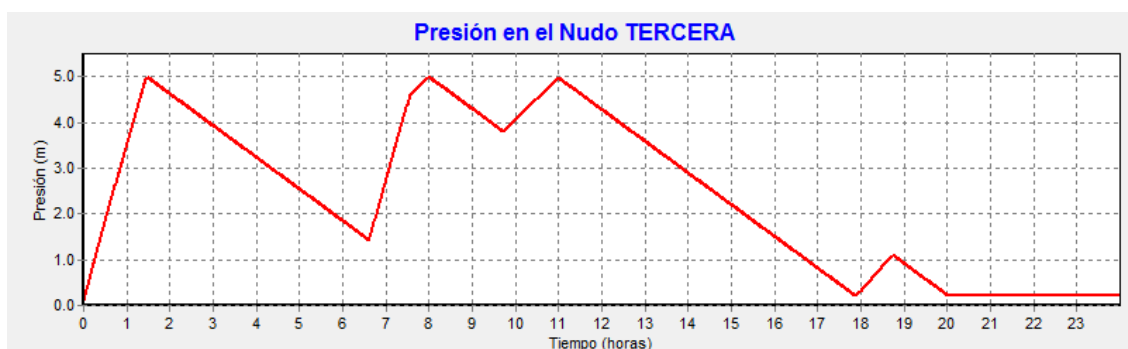


Figura 72. Nivel de la balsa Tercera Elevación con la situación real

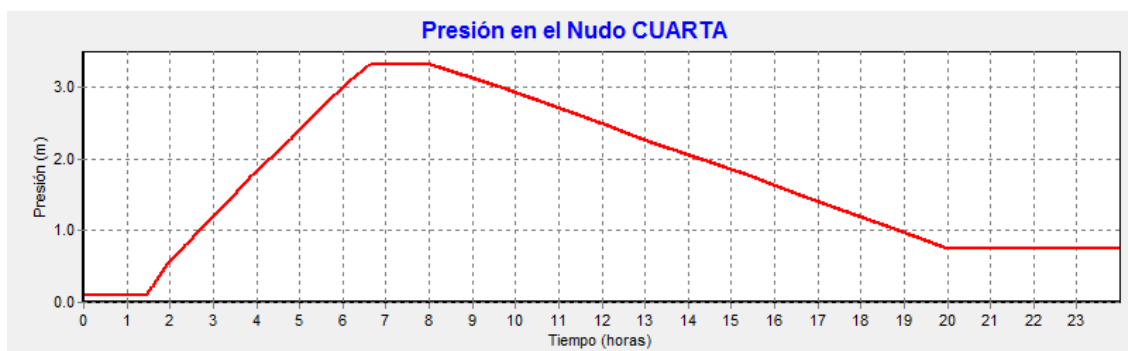


Figura 73. Nivel de la balsa Cuarta Elevación con la situación real

Las figuras presentadas a continuación, muestran el caudal aportado por cada grupo a lo largo de ese día (Figura 74):

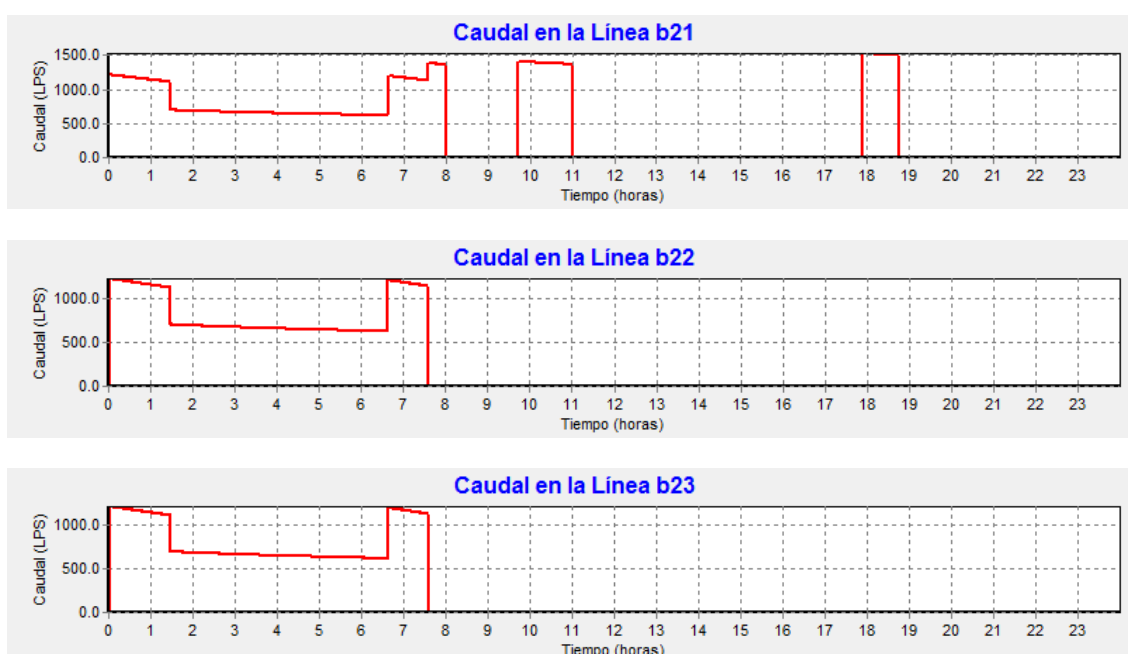


Figura 74. Caudales aportados por las bombas

Si analizamos el caudal aportado por la bomba b21 vemos que termina el llenado de la balsa de la Tercera a las 08:00 h. y vuelve a funcionar en periodo P-2 (entre las 08:00 y las 11:00 h.) Posteriormente vuelve a aportar caudal pero esta vez se tiene que utilizar parte del periodo P-1 ya que el nivel baja por debajo del límite de seguridad, fijado en 0,20 m.

Tabla 47. Bombeo en horario fuera de P-6

Tramo horario (h:min)	Periodo eléctrico	Q medio (l/s)	Volumen (m³)
09:43-10:59	P-2	1.389	6.333
17:54-18:44	P-1	1.515	4.545
		Total	10.878

En la Tabla 47 se define el tiempo de funcionamiento de la bomba que trabaja fuera del periodo P-6, con un volumen total aportado de 10.878 m³.

8.1.1.3 HIPÓTESIS CON DEPÓSITO DE MAYOR CAPACIDAD

Ahora vamos a representar una situación con la hipótesis de ampliar la capacidad de la balsa de la Tercera Elevación 13.000 m³ a un total de 28.590 m³.

Para ello se establecen unas consignas definidas en la Tabla 48:

Tabla 48. Controles programados definidas en el modelo con mayor capacidad de depósito

RULE 1	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 1 then link v33 status is open and link v34 status is closed and pump b21 status is open and pump b22 status is open and pump b23 status is open	Este control programado fuerza el arranque de las bombas si el nivel de la balsa de la Tercera Elevación se encuentra por debajo de 1 m. siempre y cuando se encuentre en periodo P-6. Se prioriza el llenado de la balsa de la Tercera Elevación con las válvulas v33 y v34.
RULE 2	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level above 4.99 then link v33 status is closed and link v34 status is open	Una vez que la balsa de la Tercera Elevación está llena, las válvulas cambian su posición para iniciar el llenado de la balsa de la Cuarta Elevación.
RULE 3	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank CUARTA level above 3 then link v34 status is closed and link v33 status is open	Cuando el nivel en la balsa de la Cuarta Elevación llega a 3 m. se cambian las posiciones de las válvulas para volver a llenar la balsa de la Tercera Elevación.

En la Figura 75 se representa el nivel de la balsa Tercera, y se observa que con el aumento de capacidad planteado se cubriría el déficit existente con estas hipótesis y se lograría aprovechar al máximo las 8 h. de bombeo en periodo P-6.

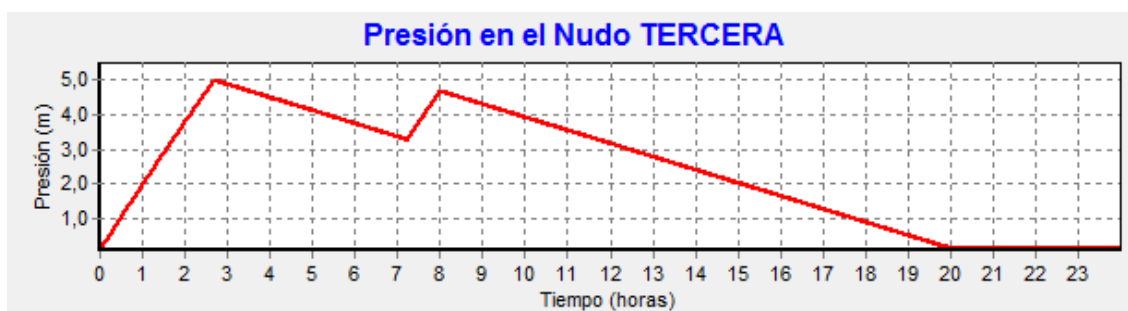


Figura 75. Nivel de balsa Tercera con el aumento de capacidad

Lo mismo ocurre con el nivel de la balsa de la Cuarta Elevación (Figura 76):



Figura 76. Nivel de balsa Cuarta

El sistema de consignas diseñado hace que el comportamiento de las bombas sea el siguiente, reflejado en la (Figura 77):



Figura 77. Caudal impulsado por cada una de las bombas

Uno de los principales inconvenientes implícitos en esta alternativa es el entorno urbano en el que se emplazaría la balsa ya que la zona de cabecera se encuentra rodeada de viviendas unifamiliares, fábricas, restaurantes e infraestructuras. El rechazo social a la construcción de este elemento es absoluto, además administrativamente tendría una gran complejidad conseguir los permisos necesarios para poder ejecutarla.

Con las balsas ya existentes no existe este problema ya que socialmente se consideran totalmente implantadas. Otro problema importante es que la comunidad de regantes no dispone de terreno en propiedad donde poder ejecutar esta balsa, teniendo que acometer la obra previa compra de la parcela correspondiente.

Esta alternativa queda descartada por los motivos expuestos.

8.2 BÚSQUEDA DE UNA FUENTE ADICIONAL DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

Pocas son las fuentes alternativas de obtención de energía eléctrica en un entorno casi urbano como es el que nos ocupa.

La energía solar ha sido en los últimos años la principal opción para disminuir los costes energéticos en pequeños bombeos aunque con muchas limitaciones importantísimas como son los dos parámetros fundamentales en esta situación:

- Superficie/Potencia (m^2 instalación/kW)
- Precio/Superficie ($\text{€}/\text{m}^2$ instalación)

Aunque la técnica ha evolucionado bastante en los últimos años, los ratios de superficie/producción que se manejan actualmente son cercanos a $30\text{m}^2/1\text{kW}$ para paneles con dispositivos de giro en el eje horizontal N-S y que aumentan la eficiencia notablemente. Esto hace que para poder utilizar un solo grupo de la Segunda Elevación tengamos que disponer al menos de una instalación de 20.000 m^2 .

En cuanto al coste de implantación de todo el sistema, este tipo de instalación puede costar sobre $3\text{€}/\text{W}$, por lo que el monto total puede ser aproximadamente $2.000.000\text{ €}$. Además hay que disponer de un terreno con la superficie adecuada y las condiciones ideales para esta instalación.

El funcionamiento de este sistema sería el conocido "bombeo solar directo" que consiste en elevar agua contra la balsa que se dispone. Se evitaría así la instalación de baterías que encarecerían la solución pero se tendría que adaptar el consumo de las bombas con variadores de frecuencia. Esto podría ser una limitación en nuestro caso ya que sólo se dispone de un variador de frecuencia para los tres grupos de la Segunda Elevación.

También hay que considerar que es un material con gran susceptibilidad de ser robado o dañado debido a la acción vandálica.

Considerando los argumentos expuestos, se desecha esta opción como alternativa a la búsqueda de una fuente adicional de suministro eléctrico.

9. UTILIZACIÓN DE TURBINAS COMO FUENTE DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

La utilización de turbinas para la obtención de energía eléctrica es una alternativa para producir energía "limpia" y se ha visto impulsada en los últimos años desde la propia Administración, quien ha asegurado la rentabilidad económica de muchos pequeños aprovechamientos hidroeléctricos. Si bien es cierto que con la nueva legislación eléctrica se pone freno a la obtención de grandes beneficios económicos derivados del impulso por mejorar y diversificar la obtención de energía, hay otros aspectos que seguirán resultando interesantes como son la investigación y desarrollo de elementos mecánicos e infraestructuras así como el "know how" que se ha generado alrededor de este mercado.

Por otro lado, actualmente las minicentrales eléctricas en España se caracterizan por no superar los 10 MW. de potencia instalada. Aunque el principio físico sea el mismo, las diferencias entre los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos y las grandes centrales convencionales nacen desde el mismo momento de su concepción y diseño; desde los volúmenes y caudales que se manejan hasta la tipología de sus obras o incluso las potencias equipadas serán objeto de diferentes estudios, diseños y construcciones.

9.1 ESQUEMA PLANTEADO

Uno de los objetivos de este trabajo era tratar de encontrar una alternativa a la difícil situación relativa a la tarifa eléctrica que sufre actualmente la C.G.R.R.L. (M.I.) y que le impide, por los motivos ya expuestos, distribuir los volúmenes deseados de aguas de concesiones a unos precios razonables. Aprovechando las infraestructuras existentes para poder encajar una solución técnica y económicamente razonable, se plantea el uso de turbinas como fuente de suministro alternativo en las horas en las que la tarifa eléctrica es más cara.

Analizando detenidamente la red hidráulica, los diferentes orígenes, calidad y usos finales que se le da al agua de riego que distribuye la comunidad de regantes, aparece un esquema muy claro que debemos valorar: **aprovechar la energía potencial del agua almacenada en el Embalse de Crevillente para su uso como riego tradicional o en lámina libre y emplear esa energía obtenida en bombear agua de concesiones en las horas de mayor coste energético.**

9.2 TIPOLOGÍA DEL APROVECHAMIENTO

Tal y como definen los profesores D. Luis Cuesta Diego y D. Eugenio Vallarino en su libro Aprovechamientos hidroeléctricos, existe un esquema mixto entre las presas de derivación y conducción por canal, que son las presas de embalse con un nivel variable y conducción totalmente en presión de manera que se comunica el embalse con la central. Así se aprovecharía el desnivel proporcionado por la presa y ganado por la conducción además de poder regular el caudal turbinado para aumentar la cantidad y calidad de la energía generada.

9.3 ELEMENTOS DE OBRA CIVIL DEL APROVECHAMIENTO

9.3.1 EMBALSE DE CABECERA

Como se ha descrito anteriormente, el Embalse de Crevillente es una presa de materiales sueltos de 13 Hm³ de capacidad cuyo uso es exclusivo de la comunidad de regantes. Su gran capacidad de almacenamiento garantiza el suministro de toda la red de riego con agua del A.T.S. durante gran parte del año.

La entrada de agua al embalse se realiza a través de un canal de descarga que vierte a la cota +147,50 m.s.n.m. sobre una escollera recebada con hormigón para disipar la energía y evitar erosiones sobre el talud.

9.3.2 TOMA

La toma flotante actual desde la que se alimenta toda la red de modernización es una gran estructura metálica articulada en un extremo que le permite bascular en función del nivel de agua del embalse, ayudado por la flotabilidad que le proporciona el otro extremo y desde el cual se capta el agua.

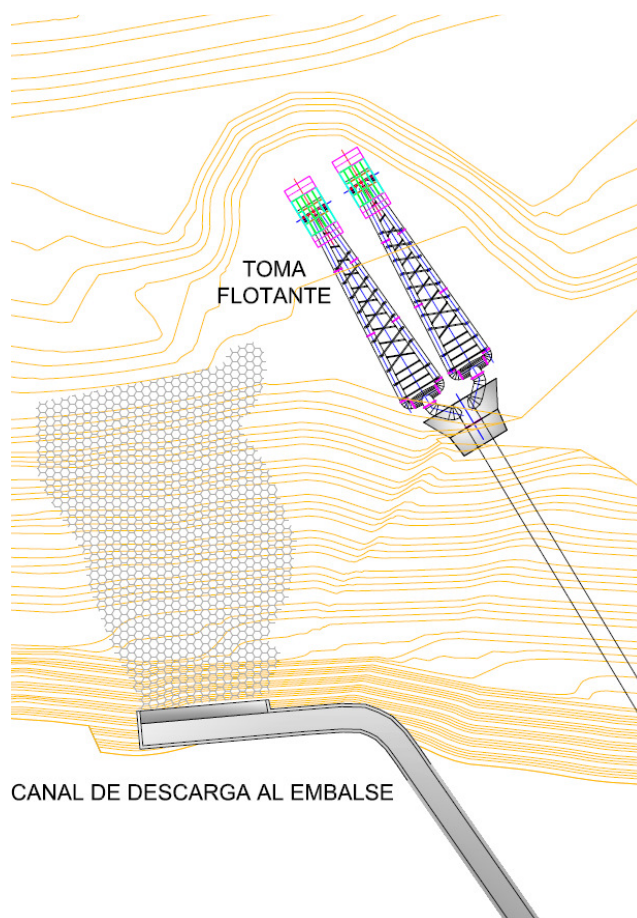


Figura 78. Toma flotante y canal de descarga del Embalse de Crevillente

Es una gran ventaja que la entrada de agua esté separada de la salida, así la toma flotante capta el agua totalmente decantada, evitando así la entrada de sólidos que puedan dañar todos los elementos mecánicos que se encuentran aguas abajo, como es en este caso la turbina.

En la toma nace una tubería de acero DN2000 que atraviesa el cuerpo del dique y cuyo seccionamiento está gobernado por un juego de válvulas especiales dispuestas a tal efecto. Aguas abajo de este dispositivo de seguridad se inicia la red principal de modernización de la comunidad de regantes, descrito anteriormente en el apartado 2.4.2 y que incluye las válvulas de sobrevelocidad existentes en el inicio de las dos tuberías de PRFV DN1600.

9.3.3 TUBERÍAS

Peculiaridades aparte, este aprovechamiento hidroeléctrico consta de todos los elementos necesarios para su cometido. Las tuberías principales que alimentan la red de modernización serán asemejadas a tuberías forzadas ya que transportan el agua desde la cámara de carga o embalse hasta la turbina salvando el desnivel necesario.

Su timbraje es suficiente para soportar el régimen de trabajo de la central ya que están diseñadas para las mismas condiciones (el funcionamiento de la turbina no deja de ser un nudo de consumo en cabecera de una red).

Por otro lado y debido a que el diseño inicial de la red de modernización se basó en el consumo de toda la superficie regable (25.000 hectáreas), las infraestructuras existentes se encuentran actualmente en un estado de sobredimensionamiento. Esto juega a nuestro favor ya que las pérdidas de carga existentes a lo largo de la conducción son mínimas.

9.4 PARÁMETROS DE DISEÑO

La potencia instalada en un aprovechamiento y por tanto la energía disponible para la generación durante un tiempo "t" es directamente proporcional a dos variables:

- Caudal que se turbinada.
- Salto disponible.

9.4.1 SALTO

El salto es la diferencia de nivel entre la toma y la reposición del caudal turbinado, diferenciándose el salto bruto (H_b), salto útil (H_u) y salto neto (H_n).

El salto bruto es la diferencia entre las láminas de agua en la toma y el punto de descarga; el salto útil es la diferencia entre la lámina de agua en la cámara de carga y el nivel de desagüe de la turbina; el salto neto es el resultado de restar al salto útil las pérdidas de carga debidas al paso del agua por los diferentes elementos.

En nuestro caso, debemos tener en cuenta que el nivel del embalse de Crevillente es variable en función del volumen almacenado pero existe una razón fundamental para

considerarlo como un valor fijo en los cálculos a realizar y no es más que la tendencia por parte de la comunidad de regantes a tener el embalse a un nivel constante de +140 m.s.n.m. aproximadamente.

La razón fundamental es que durante el invierno se aporta más volumen del que consume la red para preparar así la campaña de riego donde la demanda se dispara.

Así se garantiza que si hay cualquier problema de suministro por parte del A.T.S. durante la campaña de riego, la red no se vea desabastecida.

9.4.2 CAUDAL DE EQUIPAMIENTO

Como se ha descrito anteriormente en el apartado 4.3.1.3 las demandas actuales de la comunidad de base Tercer Canal de Levante son anualmente superiores a 3 Hm³ (Figura 79) y la tendencia es al alza debido a la disminución de la calidad y cantidad de agua de concesiones, a la puesta en marcha de nuevas explotaciones agrarias que permanecían abandonadas y a la tipología de la red principal de la futura modernización de esta comunidad de base (ver Figura 37)

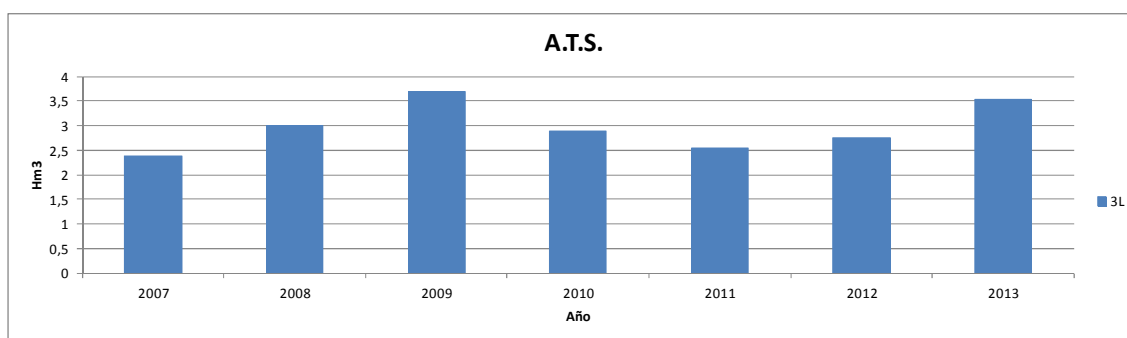


Figura 79. Distribución anual de agua del A.T.S. Tercer Canal de Levante

Independientemente del volumen potencial turbinable se tienen que considerar otros factores muy importantes:

- Este agua debe satisfacer la demanda diaria de los regantes del Tercer Canal de Levante.
- La capacidad de la balsa de la Quinta Elevación donde se restituirá el caudal turbinado es limitada, aunque se puede simultanear la turbinación y el suministro.
- El canal de riego tiene capacidad de transporte limitada.

Asumiendo estas premisas, se ha optado por estudiar los volúmenes diarios distribuidos desde los años 2007 a 2013 y evaluar diferentes escenarios, en los que se llenase la balsa con el volumen total diario en un número determinado de horas que serían las horas de funcionamiento de la turbina.

En las siguientes gráficas (Figura 80 a Figura 85) se representan las curvas de caudales clasificados para los escenarios de 8, 5, 4, 3, 2, 1 horas de llenado de la balsa (y funcionamiento de la turbina) respectivamente.

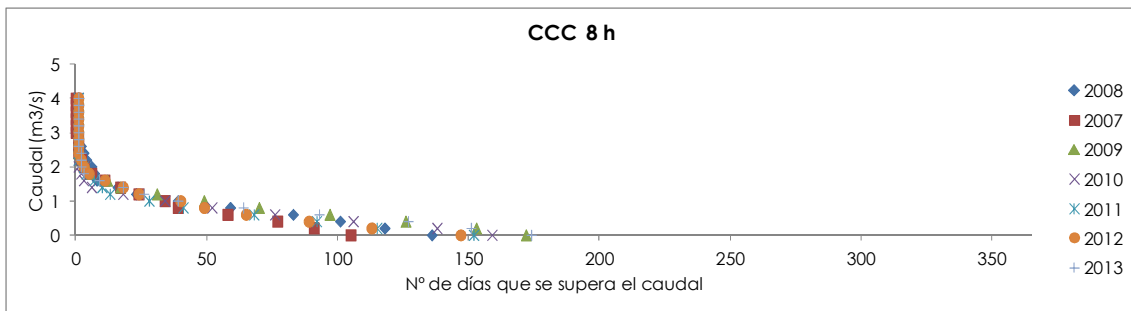


Figura 80. Curva de caudales clasificados en 8 horas de funcionamiento

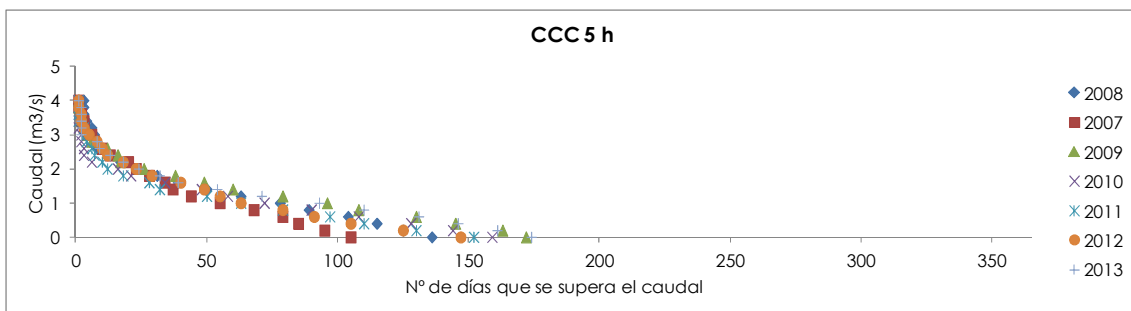


Figura 81. Curva de caudales clasificados en 5 horas de funcionamiento

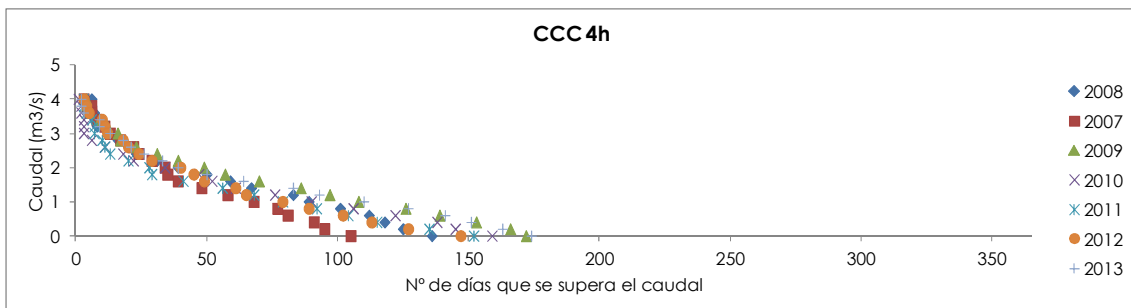


Figura 82. Curva de caudales clasificados en 4 horas de funcionamiento

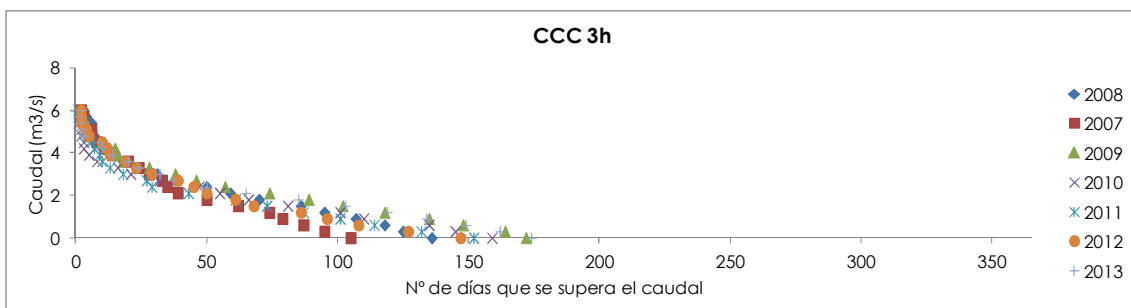


Figura 83. Curva de caudales clasificados en 3 horas de funcionamiento

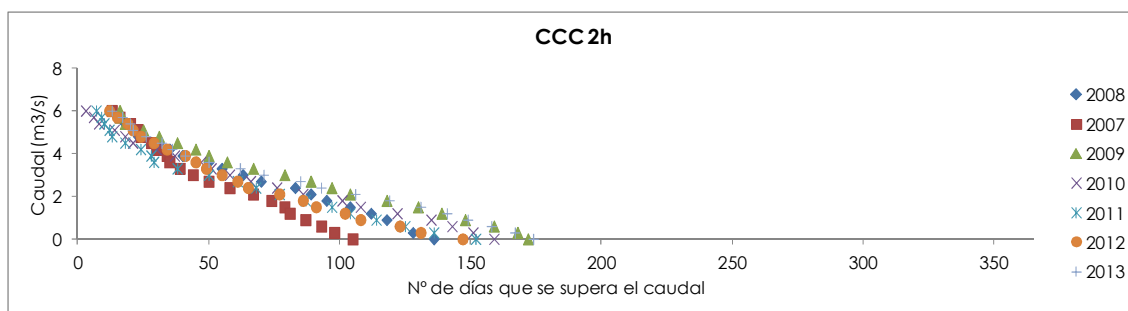


Figura 84. Curva de caudales clasificados en 2 horas de funcionamiento

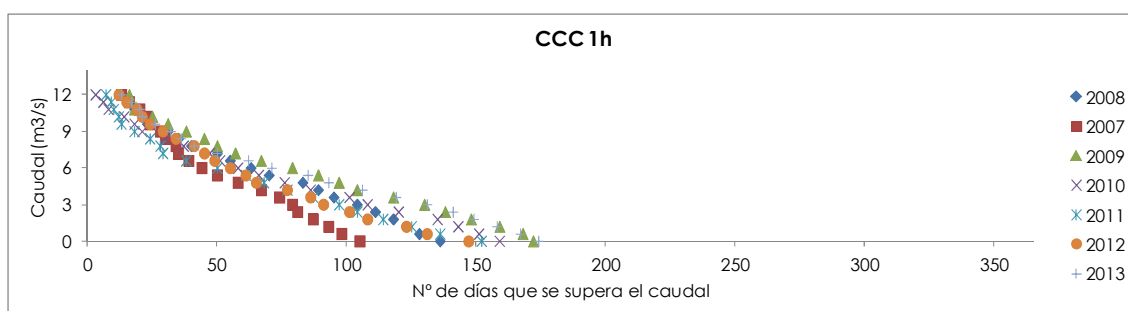


Figura 85. Curva de caudales clasificados en 1 hora de funcionamiento

Estas curvas de caudales clasificados indican el número de días del año que se superan diferentes caudales en función del número de horas de funcionamiento de la turbina.

El caudal de equipamiento se establece a partir de la curva de caudales clasificados elegida y trataremos de seleccionar un caudal que quede dentro de un rango marcado por los Q80 y Q100, siendo el Q80 el caudal demandado durante 80 días al año y el Q100 el que se demanda durante 100 días al año (en un determinado escenario que dependerá del nº de horas de funcionamiento). Esto es un método habitual en centrales hidroeléctricas convencionales, en las que se tienen en cuenta otros parámetros como por ejemplo el caudal ecológico del río. Pero por otro lado, un caudal de equipamiento comprendido entre Q80 y Q100 supone asegurar la capacidad de turbinar al menos durante 3 meses al año y afortunadamente los meses de mayor demanda de agua en el Tercer Canal de Levante (turbinado) coincide con los meses de mayor demanda de agua en el Primer Canal de Levante (bombeo) por lo que disponibilidad y demanda se acoplan en el tiempo.

Esta metodología puede servir en nuestro caso como una aproximación a la solución definitiva, pero hay que estudiar el problema de manera inversa para ajustar el caudal de equipamiento a las necesidades demandadas ya que nuestra función no va a ser vender energía sino producir la necesaria para cubrir nuestro déficit.

El déficit diario existente en el Primer Canal de Levante se encuentra entorno a los 10.000 m³ en los meses de mayor consumo, con puntas cercanas a 15.000 m³. Considerando que una hora de funcionamiento de uno de los grupos de la Segunda Elevación equivale a elevar 4.788 m³ a la balsa de la Tercera Elevación, tendremos cubierto el déficit punta en un periodo de tiempo de 3 horas aproximadamente.

Veamos ahora cómo sería la curva de caudales clasificados si toda la demanda diaria se turbinase durante 3 y 2 horas, de media entre los años 2007 y 2013 de la serie histórica estudiada (Figura 86 y Figura 87):

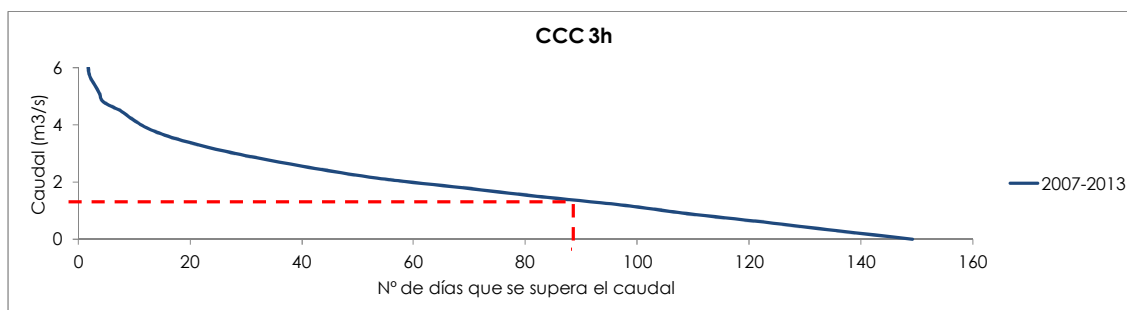


Figura 86. Curva de caudales clasificados en 3 horas de funcionamiento 2007-2013

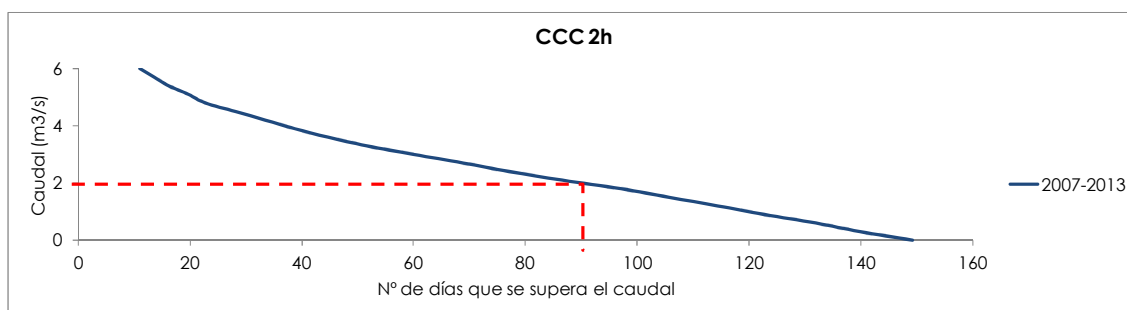


Figura 87. Curva de caudales clasificados en 2 horas de funcionamiento 2007-2013

Estas dos figuras nos indican que nuestro caudal a equipar puede estar entorno a los 1,5 -2 m³/s ya que nos garantiza que durante 90 días al año vamos a poder suministrar la demanda del Tercer Canal de Levante en un periodo de 2 o 3 horas.

Debemos comprobar (Tabla 49) que en esas 2 horas de funcionamiento con un caudal turbinado de 2 m³/s no se supere un volumen de 36.000 m³ que es la capacidad de la balsa, ya que podría darse una situación desfavorable en la que no se quisiera regar durante el día y se tendría que almacenar el volumen turbinado en la balsa (rara vez ocurriría).

Tabla 49. Volumen disponible en balsa 5ª Elevación

Horas funcionamiento turbina	Q equipado (m ³ /s)	Volumen turbinado (m ³)	V. disponible balsa 5ª Elev. (m ³)
1	2	7.400	28.800
2	2	14.400	21.600
3	2	21.600	14.400
4	2	28.800	7.200

Una vez tenemos predimensionado el caudal de equipamiento, se calcula la potencia generada, el nº de horas de funcionamiento de la turbina y el bombeo, así como los volúmenes potenciales que se podrán elevar a cada una de las balsas en función del nº de bombas puestas en marcha (Tabla 50, Tabla 51, Tabla 52)

Con ello se comprobará a partir de qué volumen diario de riego del Tercer Canal de Levante se cubrirá el déficit que buscamos, en función del caudal turbinado.

Cuando la potencia generada sea inferior a la potencia de una o varias bombas en paralelo, se marcará la celda con las letras "P.I." y cuyo significado será "potencia insuficiente".

Se ha tenido en cuenta en estos cálculos un salto neto de 65 m.c.a. y unos rendimientos de 0,85 para la parte mecánica y 0,95 para la parte eléctrica. (Estos rendimientos son genéricos por lo que el cálculo definitivo se realizará con los valores de la turbina escogida).

Tabla 50. Cálculos estimativos si Q_turb 1,50 m³/s

Vol. 3L (m ³)	Q turb (m ³ /s)	Pot gen. (kW)	Nº h. funci.	Nº h. bombeo	Q bombeado (m ³ /s)				V. potencial a elevar (m ³)			
					2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a		2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a	
					1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b
2000	1,5	727	0,37	0,37	1,33	2,54	0,86	1,57	1773	P.I.	1147	P.I.
4000	1,5	727	0,74	0,74	1,33	2,54	0,86	1,57	3547	P.I.	2293	P.I.
6000	1,5	727	1,11	1,11	1,33	2,54	0,86	1,57	5320	P.I.	3440	P.I.
8000	1,5	727	1,48	1,48	1,33	2,54	0,86	1,57	7093	P.I.	4587	P.I.
10000	1,5	727	1,85	1,85	1,33	2,54	0,86	1,57	8867	P.I.	5733	P.I.
12000	1,5	727	2,22	2,22	1,33	2,54	0,86	1,57	10640	P.I.	6880	P.I.
14000	1,5	727	2,59	2,59	1,33	2,54	0,86	1,57	12413	P.I.	8027	P.I.
16000	1,5	727	2,96	2,96	1,33	2,54	0,86	1,57	14187	P.I.	9173	P.I.
18000	1,5	727	3,33	3,33	1,33	2,54	0,86	1,57	15960	P.I.	10320	P.I.
20000	1,5	727	3,70	3,70	1,33	2,54	0,86	1,57	17733	P.I.	11467	P.I.
22000	1,5	727	4,07	4,07	1,33	2,54	0,86	1,57	19507	P.I.	12613	P.I.
24000	1,5	727	4,44	4,44	1,33	2,54	0,86	1,57	21280	P.I.	13760	P.I.
26000	1,5	727	4,81	4,81	1,33	2,54	0,86	1,57	23053	P.I.	14907	P.I.
28000	1,5	727	5,19	5,19	1,33	2,54	0,86	1,57	24827	P.I.	16053	P.I.
30000	1,5	727	5,56	5,56	1,33	2,54	0,86	1,57	26600	P.I.	17200	P.I.

Tabla 51. Cálculos estimativos si Q_turb 2 m³/s

Vol. 3L (m ³)	Q turb (m ³ /s)	Pot gen. (kW)	Nº h. funci.	Nº h. bombeo	Q bombeado (m ³ /s)				V. potencial a elevar (m ³)			
					2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a		2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a	
					1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b
2000	2	969	0,28	0,28	1,33	2,54	0,86	1,57	1330	P.I.	860	P.I.
4000	2	969	0,56	0,56	1,33	2,54	0,86	1,57	2660	P.I.	1720	P.I.
6000	2	969	0,83	0,83	1,33	2,54	0,86	1,57	3990	P.I.	2580	P.I.
8000	2	969	1,11	1,11	1,33	2,54	0,86	1,57	5320	P.I.	3440	P.I.

10000	2	969	1,39	1,39	1,33	2,54	0,86	1,57	6650	P.I.	4300	P.I.
12000	2	969	1,67	1,67	1,33	2,54	0,86	1,57	7980	P.I.	5160	P.I.
14000	2	969	1,94	1,94	1,33	2,54	0,86	1,57	9310	P.I.	6020	P.I.
16000	2	969	2,22	2,22	1,33	2,54	0,86	1,57	10640	P.I.	6880	P.I.
18000	2	969	2,50	2,50	1,33	2,54	0,86	1,57	11970	P.I.	7740	P.I.
20000	2	969	2,78	2,78	1,33	2,54	0,86	1,57	13300	P.I.	8600	P.I.
22000	2	969	3,06	3,06	1,33	2,54	0,86	1,57	14630	P.I.	9460	P.I.
24000	2	969	3,33	3,33	1,33	2,54	0,86	1,57	15960	P.I.	10320	P.I.
26000	2	969	3,61	3,61	1,33	2,54	0,86	1,57	17290	P.I.	11180	P.I.
28000	2	969	3,89	3,89	1,33	2,54	0,86	1,57	18620	P.I.	12040	P.I.
30000	2	969	4,17	4,17	1,33	2,54	0,86	1,57	19950	P.I.	12900	P.I.

Tabla 52. Cálculos estimativos si Q_turb 2,50 m³/s

Vol. 3L (m ³)	Q turb (m ³ /s)	Pot gen. (kW)	Nº h. funci.	Nº h. bombeo	Q bombeado (m ³ /s)				V. potencial a elevar (m ³)			
					2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a		2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a	
					1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b
2000	2,5	1212	0,22	0,22	1,33	2,54	0,86	1,57	1064	2035	688	1258
4000	2,5	1212	0,44	0,44	1,33	2,54	0,86	1,57	2128	4070	1376	2515
6000	2,5	1212	0,67	0,67	1,33	2,54	0,86	1,57	3192	6106	2064	3773
8000	2,5	1212	0,89	0,89	1,33	2,54	0,86	1,57	4256	8141	2752	5030
10000	2,5	1212	1,11	1,11	1,33	2,54	0,86	1,57	5320	10176	3440	6288
12000	2,5	1212	1,33	1,33	1,33	2,54	0,86	1,57	6384	12211	4128	7546
14000	2,5	1212	1,56	1,56	1,33	2,54	0,86	1,57	7448	14246	4816	8803
16000	2,5	1212	1,78	1,78	1,33	2,54	0,86	1,57	8512	16282	5504	10061
18000	2,5	1212	2,00	2,00	1,33	2,54	0,86	1,57	9576	18317	6192	11318
20000	2,5	1212	2,22	2,22	1,33	2,54	0,86	1,57	10640	20352	6880	12576
22000	2,5	1212	2,44	2,44	1,33	2,54	0,86	1,57	11704	22387	7568	13834
24000	2,5	1212	2,67	2,67	1,33	2,54	0,86	1,57	12768	24422	8256	15091
26000	2,5	1212	2,89	2,89	1,33	2,54	0,86	1,57	13832	26458	8944	16349
28000	2,5	1212	3,11	3,11	1,33	2,54	0,86	1,57	14896	28493	9632	17606
30000	2,5	1212	3,33	3,33	1,33	2,54	0,86	1,57	15960	30528	10320	18864

Comparamos los valores destacados en las tablas y vemos que cuanto mayor sea el caudal de equipamiento, mayor es el volumen necesario a turbinar para poder elevar con un grupo el volumen marcado como objetivo (10.000-15.000 m³), pero tendríamos energía disponible que se perdería. En el caso de utilizar dos bombas, lógicamente el volumen necesario a turbinar para cumplir el déficit disminuye. Por ello, vamos a tratar de buscar un caudal de equipamiento que nos permita utilizar dos bombas en paralelo para no sólo cubrir el déficit objetivo sino que nos ayude directamente a producir la energía necesaria para elevar gran parte de los volúmenes demandados.

Lo primero que debemos considerar es que los valores anteriormente calculados han sido fruto de utilizar series anuales completas, pero puede que nos arroje algo más de información si desagregamos estas series anuales y las agrupamos, por ejemplo, en los meses de junio a septiembre.

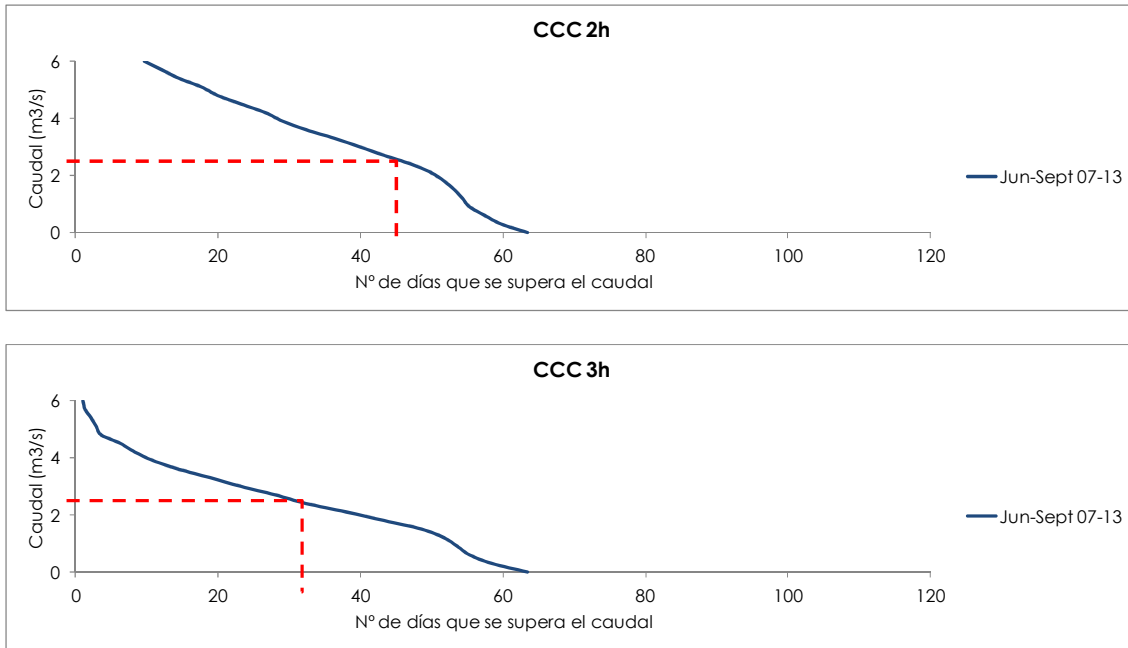


Figura 88. Curvas de caudales clasificados en 2 y 3 horas de funcionamiento Jun-Sept 2007-2013

Estas dos gráficas (Figura 88) refuerzan la teoría de aumentar el caudal de equipamiento y permitir así mayor aprovechamiento de la instalación.

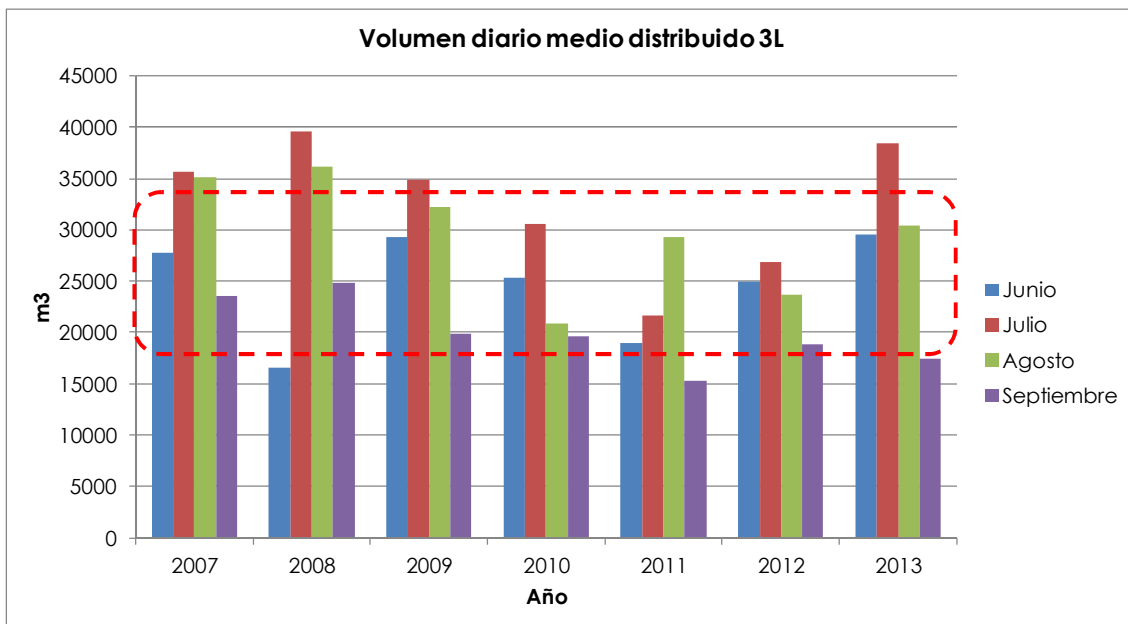


Figura 89. Volumen diario medio distribuido meses junio-septiembre del periodo 2007-2013

Se comprueba también que durante los meses de junio a septiembre de la serie 2007-2013, el volumen diario distribuido en cabecera del Tercer Canal de Levante presenta valores tendentes a los 20.000-35.000 m³ (Figura 89) asegurando también la demanda del recurso necesaria.

Antes de concluir este punto se debe reflexionar en que un caudal de equipamiento determinado no tiene que verse obligado siempre a ser el caudal de funcionamiento ya que la gran ventaja de las turbinas que puedan encajar en esta solución presentan valores de rendimientos muy altos para caudales diferentes al de diseño. Esto implica que si no podemos disponer del 100% del caudal nominal de diseño, al menos podamos aprovechar el caudal disponible con rendimientos que nos permitan utilizar una bomba.

De todos los casos estudiados, se define como referencia un caudal de equipamiento de 2,50 m³/s.

9.4.3 SELECCIÓN DE LA TURBINA A INSTALAR

Para preseleccionar el tipo de turbina a instalar, se utiliza un ábaco genérico de uso habitual y que aparece en multitud de publicaciones. Con ello se determina el tipo de turbina en función del caudal y la altura.

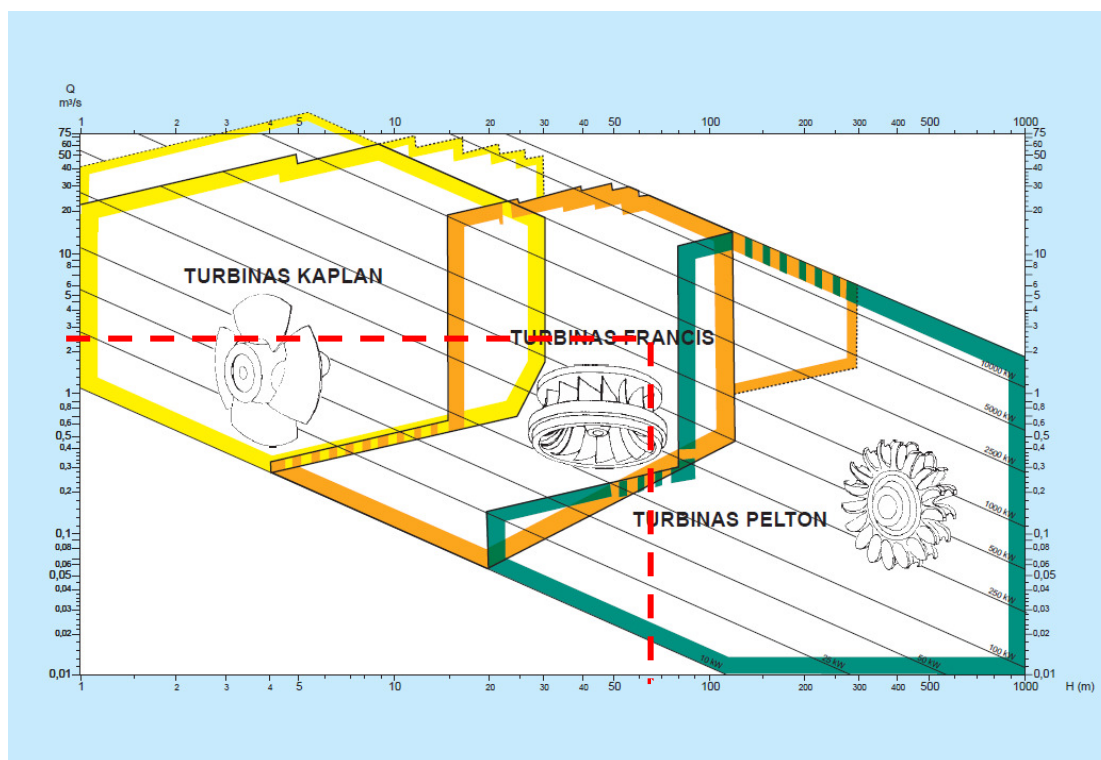


Figura 90. Ábaco de selección del tipo de turbina (Voest-Alpine)

Se selecciona una turbina Francis, siendo su tipología turbina de reacción. Normalmente tienen la entrada radial en el rodete y la salida es axial.

La gran ventaja de esta tipología es que mantiene unos rendimientos aceptables con una variabilidad de caudal de hasta el 40% del caudal nominal.

9.5 POTENCIA DE LA CENTRAL

La potencia eléctrica teórica que puede generar la central, viene dada por la expresión:

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H_n$$

donde:

P: Potencia instalada en kW

Q: Caudal en m³/s

H_n: Salto útil en m

Sin embargo la potencia útil a la salida de la central es igual a:

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H_n \cdot e$$

siendo $e = \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr}$

donde:

e: Factor de eficiencia de la central

η_t : Rendimiento de la turbina

η_g : Rendimiento del generador

η_{tr} : Rendimiento del transformador

(Puede tomarse como factor de eficiencia de la central un valor 0,85)

$$\text{Potencia útil} = 9,81 \cdot 2,50 \cdot (140 - 77,45) \cdot 0,85 = 1.303,93 \text{ kW}$$

Se toma como cota absoluta de restitución el nivel medio de la balsa:

$$\text{Nivel de restitución} = 74,95 + \left(\frac{5}{2}\right) = 77,45 \text{ m.s.n.m.}$$

Con estos 1.303 kW útiles nos aseguramos el funcionamiento en paralelo de dos bombas CP3531 de la Segunda Elevación, cuyo consumo conjunto es cercano a los 1.200 kW.

9.6 MODELO MATEMÁTICO DEL SISTEMA IMPLEMENTADO CON EL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO

Ahora que conocemos todos los problemas presentados anteriormente y sabemos el alcance de la solución definitiva, pasamos a desarrollar un nuevo modelo matemático que permita operar en diferentes escenarios para así comprobar la validez de la propuesta.

Este nuevo modelo se rige según las mismas premisas que los modelos presentados anteriormente, no siendo por tanto un modelo georreferenciado, sino un modelo energético con el cual se puede simular la red de modernización, la turbina a implementar y alguna parte necesaria de la red de riego tradicional.

También se trata de comprobar la pérdida de carga en las tuberías principales de modernización, para asegurarnos que la caída de presión en cabecera de esta red como consecuencia de la utilización puntual de la turbina no lleva asociada distorsiones en el funcionamiento de la red.

Se obtendrá con ello el par de valores caudal turbinado-pérdidas de carga generadas en la turbina y a partir de estos datos se elaborará una tabla con la que podremos conocer los resultados del aprovechamiento en términos energéticos.

Las fases de generación de este modelo reducido son las mismas que las descritas en el *apartado 6.1* y sus principales componentes son:

9.6.1 EMBASLE DE CREVILLENTE

Como se ha expuesto en el *apartado 9.4.1* el embalse de Crevillente se va a introducir en el modelo como un embalse con nivel constante, a la cota +140 m.s.n.m.

Este punto es la cabecera de la red y se considera como de capacidad infinita ya que durante la campaña de riego se aporta constantemente un volumen de agua que no influirá en el comportamiento de la red, pues se igualan entradas con salidas.

9.6.2 RED DE TUBERÍAS

Para la representación de las tuberías se han definido los diámetros, longitudes, materiales y puntos significativos de éstas, obtenidos en los perfiles longitudinales y secciones de los datos existentes en los proyectos "as built".

Las rugosidades definidas (Tabla 53) se han obtenido de los manuales técnicos de los fabricantes de las conducciones y han sido contrastados con la "Guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión, del Cedex".

Tabla 53. Rugosidad absoluta asignada a las conducciones

Material	K (mm)
Acero	0,05
PRFV	0,05

Además se ha considerado en cada caso un coeficiente de pérdidas menores correspondiente a cambios de alineación, piezas especiales, etc.

9.6.3 ESTACIÓN DE FILTRADO

La estación de filtrado de la Quinta Elevación, con sus dos módulos, está preparada para un caudal máximo de 4 m³/s. La pérdida de carga observada en el régimen de funcionamiento actual (con caudales máximos de 2 m³/s) se muestra a continuación:

Tabla 54. Pérdidas de carga observadas en estación de filtrado

Caudal (l/s)	Pérdida de carga (m.c.a.)
0	0
1000	5
2000	10

Ya que la estación de filtrado nunca ha sobrepasado los 2 m³/s no se conoce con certeza el valor de las pérdidas de carga para caudales mayores. No obstante, hay que pensar que la tubería que conecta la red principal con la turbina está conectada justo aguas arriba de la estación de filtrado por lo que la caída de presión por este elemento no habrá que tenerla en cuenta. Se estima que la caída de presión para caudales mayores de 2000 l/s actuales será:

Tabla 55. Pérdidas de carga estimadas en estación de filtrado

Caudal (l/s)	Pérdida de carga (m.c.a.)
3000	20
4000	30

9.6.4 Balsa DE LA QUINTA ELEVACIÓN

Se ha introducido la curva de cubicación de la balsa (Figura 91), cota de solera, nivel máximo y mínimo así como el nivel inicial correspondiente con cada simulación.

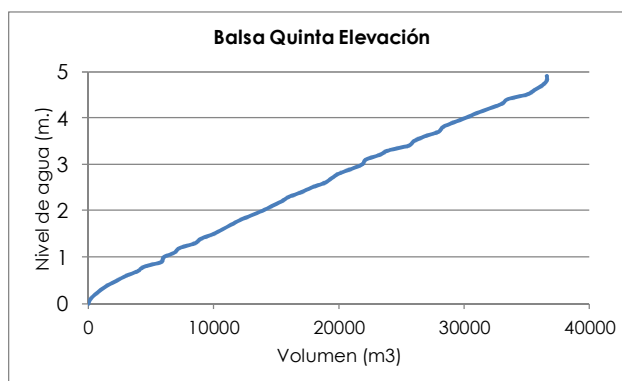


Figura 91. Curva de capacidad Balsa Quinta Elevación

9.6.5 TURBINA

La introducción de las curvas características de la turbina se ha realizado según los datos teóricos que el fabricante ha facilitado.

- Salto neto nominal: 65 m.
- Caudal: 2,5 m³/s.
- Potencia: 1.401,67 kW.

La turbina se ha representado en el modelo como una válvula de propósito general asociada a una curva de pérdidas que representa los valores del fabricante.

Tabla 56. Rendimientos de la turbina para salto neto y décimos de caudal

Rendimiento (%)	Décimos de caudal
88,00%	10/10
89,30%	9/10
89,70%	8/10
89,60%	7/10
88,60%	6/10
86,30%	5/10
82,30%	4/10

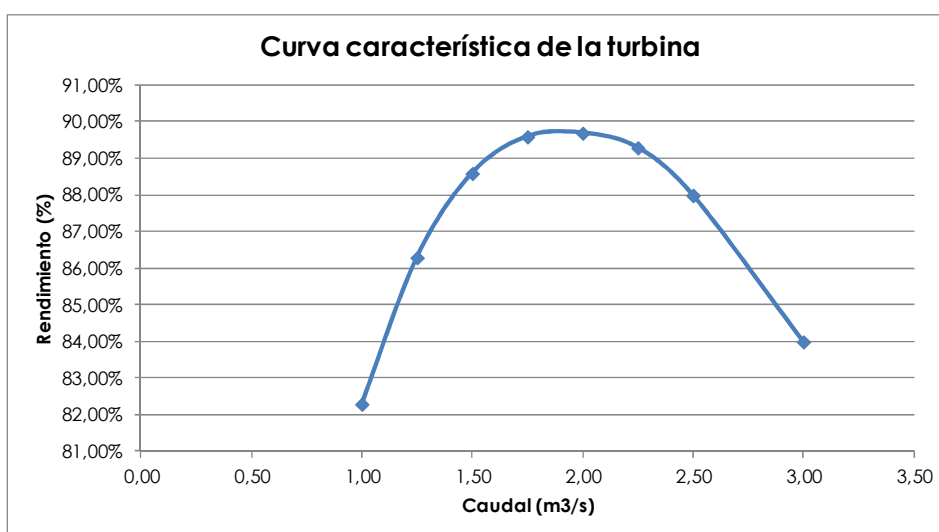


Figura 92. Curva característica de la turbina

9.6.6 DEMANDAS

Se ha representado un año completo del sistema, con las demandas anuales de toda la modernización y el riego con agua del Trasvase del Tercero de Levante (año 2013).

Si observamos el registro anual de los caudalímetros de modernización del Primero y Segundo de Levante (Figura 93) podemos ver que presentan tres matices que se van a comentar a continuación.

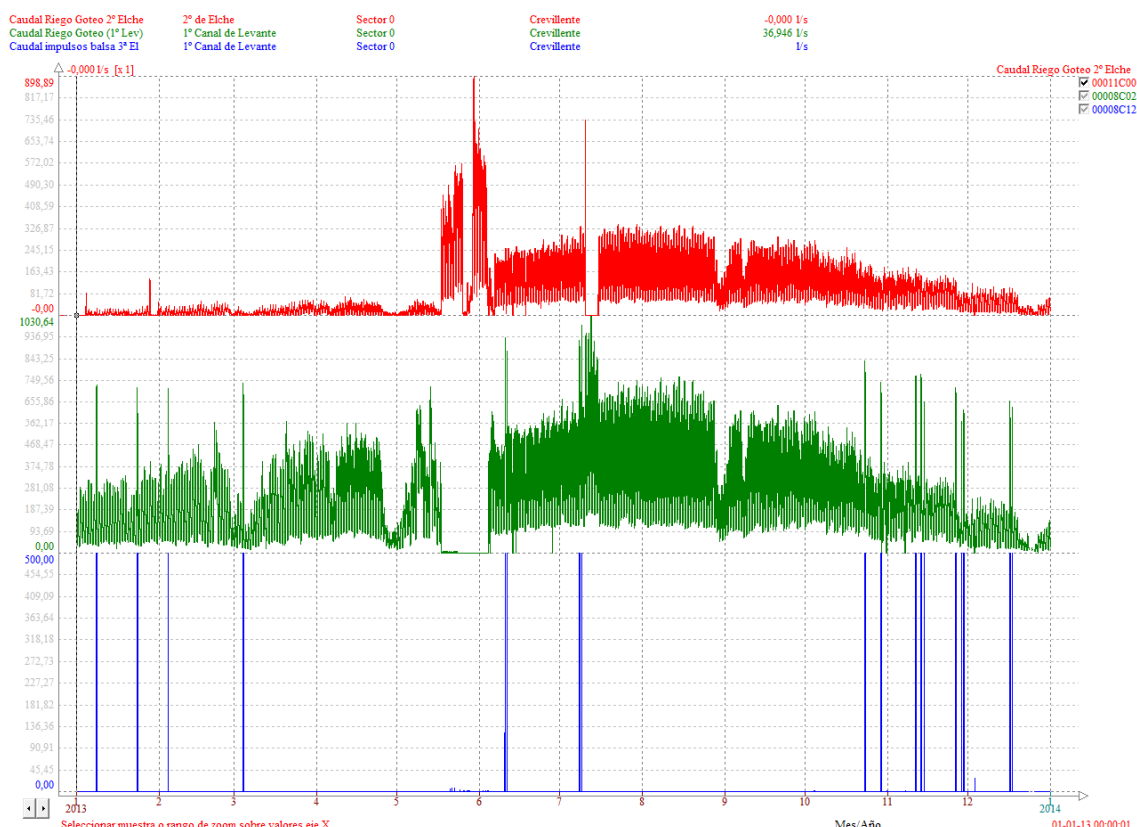


Figura 93. Representación de los datos de los caudalímetros electromagnéticos 1L y 2L de modernización en el año 2013

El primero de ellos es que los registros puntuales de color azul y de muy corto periodo de tiempo son los llenados de la balsa de la Tercera Elevación que se realizan como consecuencia de la infraestructura dañada y que se ha explicado en el apartado 2.3.2

Estos registros han sido medidos en el caudalímetro dispuesto a la entrada de la balsa pero también se registran en el caudalímetro 1L por lo que deben ser descontados de este último. Una vez realizada esta tarea de tratamiento de datos se genera un patrón de consumo con un intervalo horario ya que el programa no soporta tal cantidad de datos.

El segundo que podemos extraer de la Figura 93 es que hay un periodo de tiempo en el que el caudal del Primero de Levante se interrumpe y el del Segundo de Levante se dispara. Esto no es ninguna distorsión sino que es producto de una rotura producida en la tubería principal del Primero de Levante. Gracias a que las dos redes están

conectadas por dos colectores centrales (normalmente cerrados) existe el suministro alternativo y se garantiza el suministro.

El último matiz es algún pico puntual y de muy corto periodo de tiempo que presentan los registros 1L y 2L y que no coinciden con el suministro alternativo ni con el llenado de la balsa; pues son roturas que se producen en la red y hasta que son detectadas y aislado el tramo en concreto, el caudal se dispara (saliéndose fuera de todo rango habitual) como consecuencia de la rotura. Estos valores no se van a desagregar del patrón, pues representan situaciones reales que se pueden durante la explotación diaria de la red.

Siguiendo el mismo procedimiento que en los modelos anteriores, se generan los patrones de consumo asociados a cada una de las demandas (Figura 94).

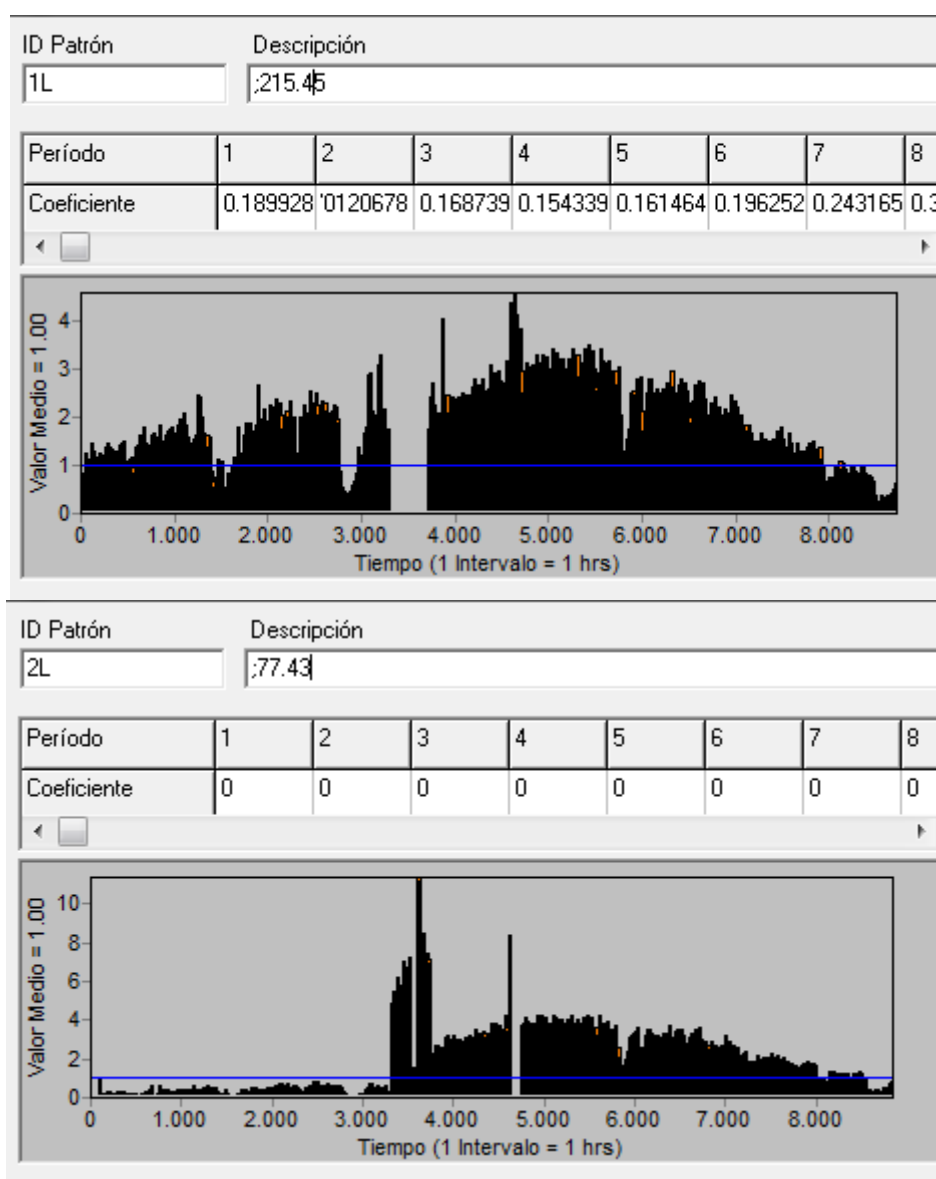


Figura 94. Patrones de consumo 1L y 2L del año 2013 introducidos en el modelo anual

El patrón de consumo del Tercero de Levante tendrá que ser modelado en este caso de diferente forma, ya que no es un consumo constante en el tiempo sino que se reduce a un cierto número de horas al día, en días concretos.

Se ha propuesto un patrón de consumo igual a distribuir el volumen diario en doce horas de servicio (08:00-20:00 h.) que es el horario habitual de trabajo (Figura 95).

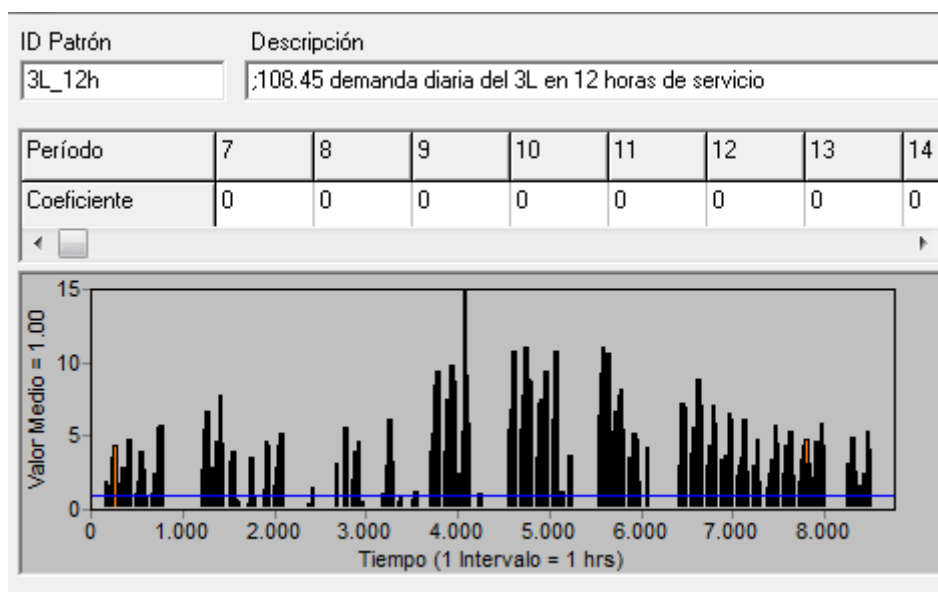


Figura 95. Patrón de consumo 3L del año 2013 introducido en el modelo anual

En cambio, el funcionamiento de la turbina sólo se produce durante un periodo más corto, para poder así equipar un caudal mayor. La balsa de la Quinta Elevación será el vínculo que armonizará los caudales turbinados con los distribuidos, por lo que se establece una consigna en la turbina para que funcione durante tres horas al día y sólo cuando la balsa permanezca entre ciertos niveles.

No debemos olvidar que la comunidad de base Segundo Canal de Poniente todavía no está modernizada pero su futura modernización dependerá de las tuberías principales por lo que también debemos considerarlo como un nudo de consumo. Viendo la semejanza entre los patrones de consumo del Segundo y Primero de Levante, se asume como válido el de uno de ellos (Segundo de Levante) pero la demanda base se corrige proporcionalmente a la superficie..

9.6.7 ESQUELETIZACIÓN DE LA RED

Se ha tratado de realizar un modelo muy sencillo para facilitar su operatividad pero que a la vez permita reflejar con detalle el comportamiento real del sistema (Figura 96):

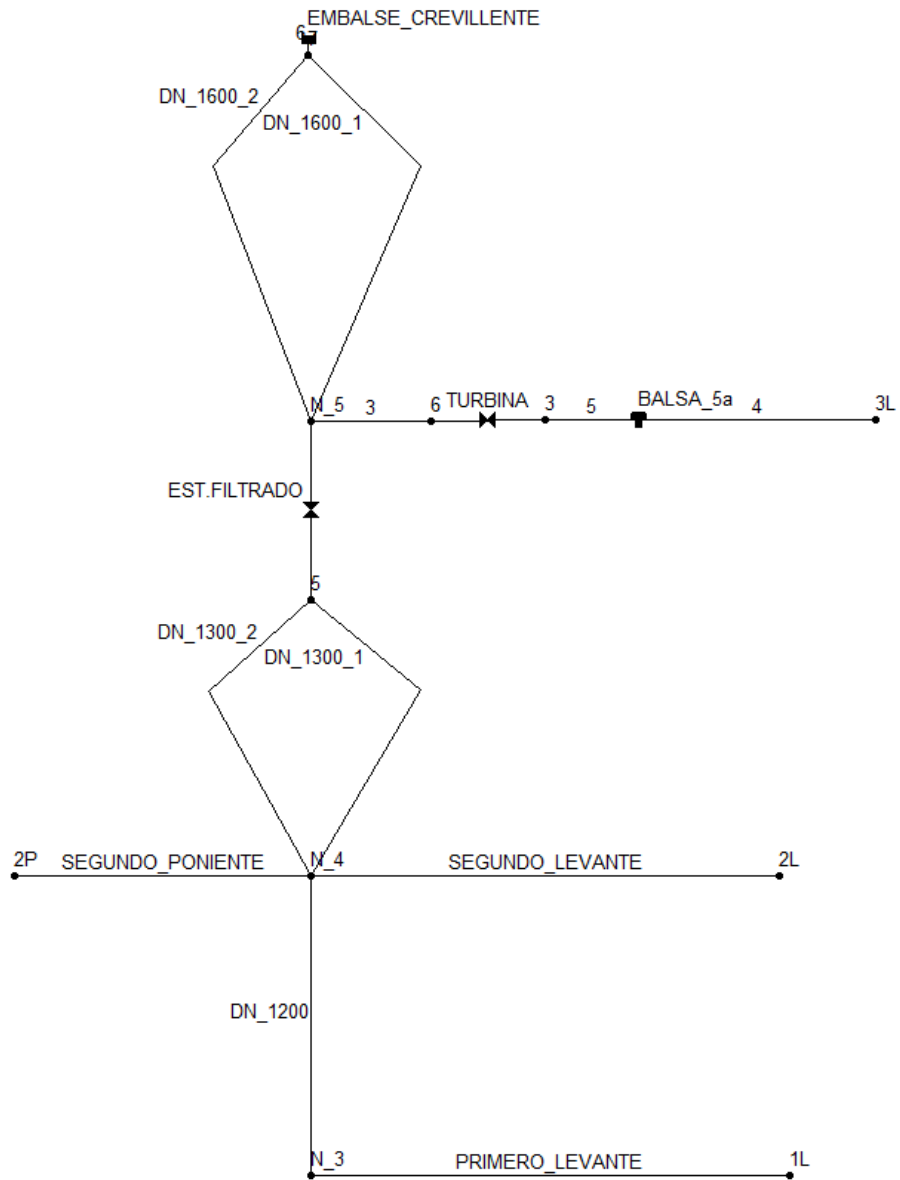


Figura 96. Modelo esquemático de la red

9.7 RESULTADOS OBTENIDOS

En las siguientes figuras (Figura 97, Figura 98, Figura 99) se representan los meses de julio y agosto de 2013 y se observa el comportamiento de la turbina, la balsa y su distribución en cabecera del Tercer Canal de Levante.

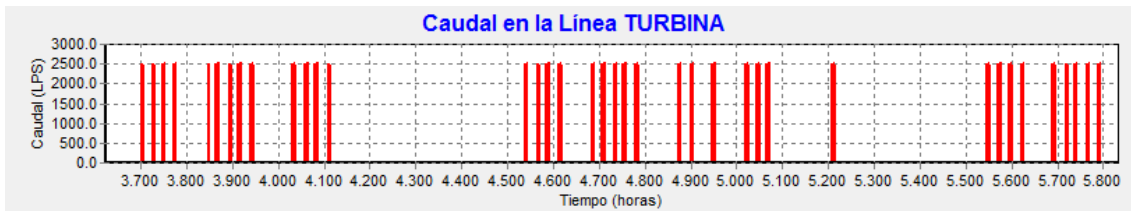


Figura 97. Evolución del caudal en la turbina a instalar con $Q_{\text{equipamiento}} 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$

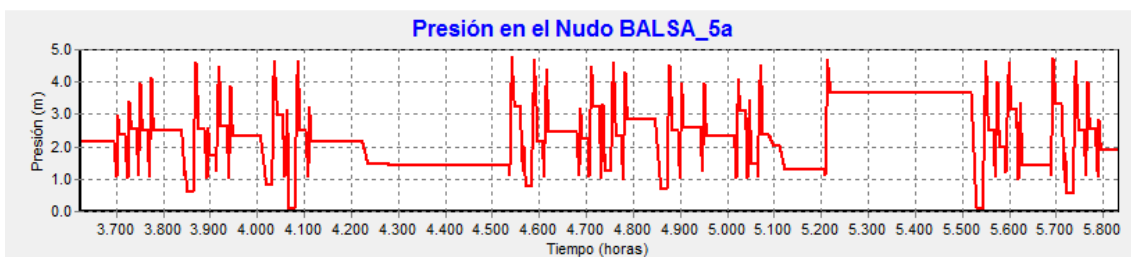


Figura 98. Evolución de las presiones en la balsa de regulación del Tercer Canal de Levante

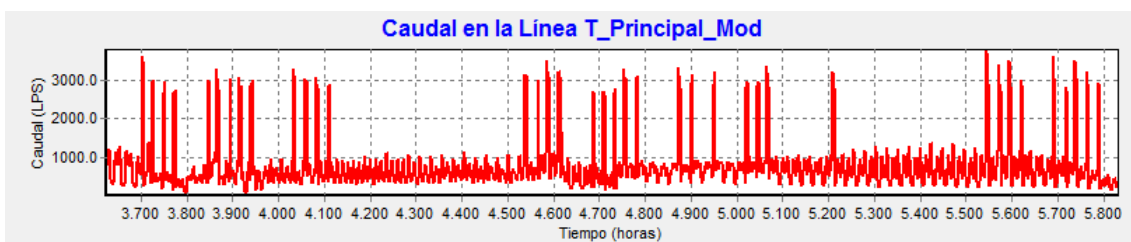


Figura 99. Evolución del caudal por la tubería principal de modernización

Atendiendo ahora a las presiones en los nudos que representan las cabeceras de las tuberías secundarias de modernización (nudos N_3 y N_4) vemos que la caída de presión es insignificante y no afecta, por tanto, la simultaneidad de caudales que pueda ocurrir durante las 8.760 horas del modelo estudiado (Figura 100, Figura 101).

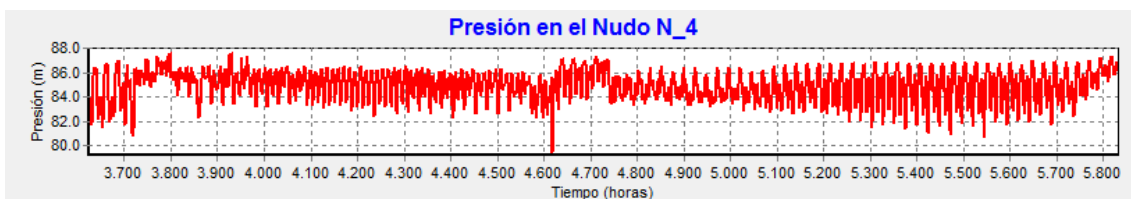


Figura 100. Evolución de las presiones en cabecera de los Segundos de Levante y Poniente

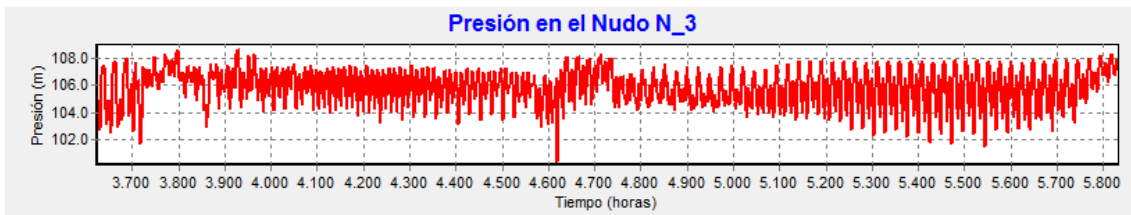


Figura 101. Evolución de las presiones en cabecera del Primero de Levante

Se comprueba por tanto que la caída de presión producida por la instalación de la turbina y el consumo de las zonas modernizadas es inferior a la máxima establecida para que la red de modernización funcione en condiciones óptimas. Asimismo se asegura un buen funcionamiento del sistema propuesto incluso con la hipótesis de modernización del Segundo Canal de Poniente.

10. EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

En este apartado se tratará de identificar si la solución propuesta puede ser viable o no, pero teniendo claro que no tratamos de realizar un análisis financiero en el que se determine una rentabilidad económica fruto de la obtención de beneficios.

Se trata pues de dilucidar si la solución propuesta puede ser interesante no sólo para la solución del problema de déficit existente sino para disminuir el coste de explotación derivado del alto consumo energético del sistema.

10.1 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS COSTES DE CONSTRUCCIÓN

Puesto que la intención de este trabajo no es ni mucho menos la redacción de un proyecto constructivo y teniendo en cuenta el carácter académico con el que debe ser tomado el estudio, los costes de la medida implantada se analizan de manera grosera para poder llegar a concluir si el planteamiento sería o no rentable a largo plazo.

Según la oferta* aportada por la empresa suministradora, los equipos electromecánicos ascienden a un total de 300.000 €, incluyendo:

- Turbina Francis, eje horizontal.
- Central oleohidráulica.
- Alternador.
- Válvula de mariposa.
- Sistema de by-pass.
- Montaje y pruebas.

*Nota: Las empresas dedicadas a este sector suelen ser bastante reservadas en los datos aportados en sus ofertas y más aún cuando el fin último no implica ningún interés comercial, como es este caso; de ahí la precariedad de los datos aportados.

También se ha acudido a una empresa especializada en instalaciones eléctricas de este tipo y aporta una solución a la conexión de los equipos con la red eléctrica existente, centro de transformación y equipos auxiliares por un total de 100.000 €.

Con respecto a la obra civil necesaria para la instalación del grupo se considera que conlleva diferentes actuaciones valoradas en 200.000 €, y que se enumeran a continuación:

- Acometida a la red principal de modernización aguas arriba de la estación de filtrado.
- Demolición parcial del muro de la balsa de la Quinta Elevación y ejecución de foso para la instalación de la calderería, la turbina y la obra de retorno.
- Instalación de los equipos.
- Ejecución de caseta auxiliar para la instalación de los cuadros eléctricos y resto de aparamenta.
- Elementos de seguridad.

Los costes de mantenimiento se estiman en 6.000 €/año.

10.2 IDENTIFICACIÓN DE BENEFICIOS

Tal y como se ha expuesto anteriormente, la puesta en marcha de un sistema de aprovechamiento hidroeléctrico y la utilización de esa energía para alimentar los equipos electromecánicos de la Segunda Elevación, lleva asociadas tres componentes fundamentales en la búsqueda de la rentabilidad del nuevo sistema:

- No se demandará energía fuera de periodo valle (si así fuera, sería sin exceder la potencia contratada).
- Disminuirá la energía consumida ya que se detrae un gran volumen del total anual a elevar desde la Segunda Elevación.
- Se podrá reducir la potencia contratada en los diferentes periodos ya que toda la demanda se podrá cubrir en P-6 incluso con menores potencias.

10.3 VALORACIÓN DEL BENEFICIO OBTENIDO

Tomando como referencia de estudio el año 2013 y analizando las diferentes tarifas eléctricas aplicables, podemos comparar y evaluar los resultados obtenidos antes y después de la incorporación del aprovechamiento hidroeléctrico.

De los 4,66 Hm³ de agua de concesiones distribuida, el 38,65 % corresponde al Primer Canal de Levante (bombeo Segunda-Tercera) y el resto a los canales Segundos de Levante y Poniente, Tercero de Levante y Cuarto de Poniente. Estos porcentajes son los valores a partir de los cuales se reparten proporcionalmente los costes eléctricos.

Los ratios energéticos utilizados son:

Tabla 57. Ratios energéticos de las elevaciones

Elevación	kWh/m ³
Segunda-Tercera	0,1317
Segunda-Cuarta	0,20

Veamos ahora qué volumen útil se puede disponer en cada una de las balsas cuando turbinamos un metro cúbico de agua en la Quinta Elevación:

Tabla 58. Producciones obtenidas por m³ turbinado

m ³ turbinado	m ³ bombeado 2 ^a -3 ^a	m ³ bombeado 2 ^a -4 ^a
1	1,0176	0,6288

Si consideramos un porcentaje de utilización del 80% (relaciona las horas de funcionamiento de la Segunda Elevación con respecto a las horas de funcionamiento de la turbina, debido a paradas o labores de mantenimiento) se estima que todo el volumen del Primer Canal de Levante del año 2013 se pudiera disponer con 47.475 kWh que serían utilizados en el periodo P-6 y solamente con 2 grupos; el resto de energía se aportaría con el aprovechamiento hidroeléctrico.

Lo mismo ocurre para el resto del volumen que se distribuye a las otras comunidades de base, pero en este caso solo consideramos un porcentaje de utilización del 5%.

Tabla 59. Consumo anual incorporando la turbina

Canales	Volumen (m ³)	kWh/m ³	kWh/año	% Utilización	E. cons (kWh)
Primero de L.	1.802.385	0,1317	237.374	0,80	47.475
Resto	2.861.235	0,2000	572.247	0,05	543.635

Valoramos en las siguientes tablas el coste total reflejado en la factura que tendría de elevar el volumen del año 2013 a los diferentes canales con la situación anterior y posterior a la incorporación de la turbina.

Tabla 60. Coste energético anual anterior a la incorporación de la turbina

TÉRMINO ENERGÍA				TÉRMINO ENERGÍA		
P	E. cons (kWh)	Precio (€/kWh)	Coste E. (€)	E. cons (kWh)	Precio (€/kWh)	Coste E. (€)
1	0		0,00	0		0,00
2	0		0,00	0		0,00
3	0		0,00	0		0,00
4	0		0,00	0		0,00
5	0		0,00	0		0,00
6	237.374	0,055	13055,58	572.247	0,055	31473,59
			13.055,58 €			31.473,59 €
TÉRMINO POTENCIA				TÉRMINO POTENCIA		
P	P. cont (kW)	Precio (€/kW/mes)	Coste T.P. (€)	P. cont (kW)	Precio (€/kW/mes)	Coste T.P. (€)
1	60	1,846529	1329,50	60	1,846529	1329,50
2	500	0,924064	5544,38	500	0,924064	5544,38
3	500	0,676261	4057,57	500	0,676261	4057,57
4	500	0,676261	4057,57	500	0,676261	4057,57
5	500	0,676261	4057,57	500	0,676261	4057,57
6	3800	0,308554	14070,06	3800	0,308554	14070,06
			33.116,65 €			33.116,65 €
	Coste E. (1L)		12.793,32 €	Coste E. (Resto)		20.333,62 €
IMPUESTO ELECTRICIDAD				IMPUESTO ELECTRICIDAD		
	4,864%		1.321,58 €			2.648,75 €
	S_TOTAL FACTURA 1L		27.170,47 €	S_TOTAL FACTURA Resto		54.455,95 €
	IVA		5.705,80 €	IVA		11.435,75 €
	TOTAL 1L		32.876,27 €	TOTAL Resto		65.891,70 €
				TOTAL ANUAL		98.767,97 €

En la Tabla 60 se reflejan los costes energéticos teniendo en cuenta las potencias contratadas actualmente y un precio medio del kWh en periodo P-6 de 0,055 €.

Tabla 61. Coste energético anual posterior a la incorporación de la turbina

TÉRMINO ENERGÍA				TÉRMINO ENERGÍA			
P	E. cons (kWh)	Precio (€/kWh)	Coste E. (€)	E. cons (kWh)	Precio (€/kWh)	Coste E. (€)	
1	0		0,00	0		0,00	
2	0		0,00	0		0,00	
3	0		0,00	0		0,00	
4	0		0,00	0		0,00	
5	0		0,00	0		0,00	
6	47.475	0,055	2611,12	543.635	0,055	29899,91	
			2.611,12 €			29.899,91 €	
TÉRMINO POTENCIA				TÉRMINO POTENCIA			
P	P. cont (kW)	Precio (€/kW/mes)	Coste T.P. (€)	P. cont (kW)	Precio (€/kW/mes)	Coste T.P. (€)	
1	60	1,846529	1329,50	60	1,846529	1329,50	
2	60	0,924064	665,33	60	0,924064	665,33	
3	60	0,676261	486,91	60	0,676261	486,91	
4	60	0,676261	486,91	60	0,676261	486,91	
5	60	0,676261	486,91	60	0,676261	486,91	
6	1400	0,308554	5183,71	1400	0,308554	5183,71	
			8.639,26 €			8.639,26 €	
		Coste E. (1L)	3.337,44 €			Coste E. (Resto)	5.304,50 €
IMPUESTO ELECTRICIDAD				IMPUESTO ELECTRICIDAD			
	4,864%		304,13 €				1.799,89 €
	S_TOTAL FACTURA 1L		6.252,69 €	S_TOTAL FACTURA Resto			37.004,30 €
	IVA		1.313,06 €	IVA			7.770,90 €
	TOTAL 1L		7.565,75 €	TOTAL Resto			44.775,21 €
				TOTAL ANUAL			52.340,96 €

En la Tabla 61 se calculan los costes energéticos asumiendo la bajada del término de potencia y reduciendo drásticamente el consumo del bombeo hacia el Primer Canal de Levante.

La gran ventaja de esta solución radica en la reducción drástica de los términos de potencia contratados en cada periodo, pues es el concepto que más penaliza la factura eléctrica actualmente.

Se reduciría por tanto la factura eléctrica anualmente en un 52,90%.

11. LEGISLACIÓN ELÉCTRICA APLICABLE. LEY 24/2013

11.1 ANTECEDENTES

Actualmente el Sector Eléctrico se rige según la nueva Ley 24/2013, de 26 de octubre aunque todavía no se ha desarrollado el Real Decreto correspondiente.

La presente Ley tiene como finalidad básica establecer la regulación del sector eléctrico garantizando el suministro eléctrico con los niveles necesarios de calidad y al mínimo coste posible, asegurar la sostenibilidad económica y financiera del sistema y permitir un nivel de competencia efectiva en el sector eléctrico, todo ello dentro de los principios de protección medioambiental de una sociedad moderna.

La nueva ley se enmarca también en un contexto de integración de los mercados eléctricos europeos. En este sentido, la ley tiene en cuenta la normativa europea de aplicación en el sector eléctrico, en particular, la Directiva 2009/72/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de julio de 2009 sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad, que fue transpuesta por el Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. También tiene en cuenta el marco europeo de intercambios transfronterizos de electricidad fijado por el Reglamento (CE) n.º 714/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio de 2009, relativo a las condiciones de acceso a la red para el comercio transfronterizo de electricidad.

La elevada penetración de las tecnologías de producción a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos, incluidas en el denominado régimen especial de producción de energía eléctrica, ha ocasionado que su regulación singular ligada a la potencia y a su tecnología carezca de objeto. Por el contrario, hace preciso que la regulación contemple a estas instalaciones de manera análoga a la del resto de tecnologías que se integran en el mercado, y en todo caso, que sean consideradas por razón de su tecnología e implicaciones en el sistema, en lugar de por su potencia, por lo que se abandonan los conceptos diferenciados de régimen ordinario y especial. Por este motivo se procede a una regulación unificada, sin perjuicio de las consideraciones singulares que sea preciso establecer.

El régimen retributivo de las energías renovables, cogeneración y residuos se basará en la necesaria participación en el mercado de estas instalaciones, complementado los ingresos de mercado con una retribución regulada específica que permita a estas tecnologías competir en nivel de igualdad con el resto de tecnologías en el mercado. Esta retribución específica complementaria será suficiente para alcanzar el nivel mínimo necesario para cubrir los costes que, a diferencia de las tecnologías convencionales, estas no puedan recuperar en el mercado y les permitirá obtener una rentabilidad adecuada con referencia a la instalación tipo en cada caso aplicable.

El desarrollo del autoconsumo como fuente alternativa de generación de electricidad al margen del sistema eléctrico requiere la regulación de una actividad que no tenía hasta la fecha un marco legal y reglamentario específico. La ley tiene por finalidad garantizar un desarrollo ordenado de la actividad, compatible con la necesidad de garantizar la sostenibilidad técnica y económica del sistema eléctrico en su conjunto. En este sentido, el articulado de la ley establece la obligación de las instalaciones de

autoconsumo de contribuir a la financiación de los costes y servicios del sistema en la misma cuantía que el resto de los consumidores. Transitoriamente, se establecen excepciones para los casos en los que el autoconsumo supone una reducción de costes para el sistema y para las instalaciones existentes de cogeneración.

11.2 DISPOSICIONES GENERALES. ARTÍCULO 9: AUTOCONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

A los efectos de esta ley, se entenderá por autoconsumo el consumo de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación conectadas en el interior de una red de un consumidor o a través de una línea directa de energía eléctrica asociadas a un consumidor.

Se distinguen cuatro modalidades de autoconsumo, aunque sólo nos interesa la primera de ellas:

- A. Modalidades de suministro con autoconsumo. Cuando se trate de un consumidor que dispusiera de una instalación de generación, destinada al consumo propio, conectada en el interior de la red de su punto de suministro y que no estuviera dada de alta en el correspondiente registro como instalación de producción. En este caso existirá un único sujeto de los previstos en el artículo 6, que será el sujeto consumidor.

En el caso en que la instalación de producción de energía eléctrica o de consumo esté conectada total o parcialmente al sistema eléctrico, los titulares de ambas estarán sujetos a las obligaciones y derechos previstos en la presente ley y en su normativa de desarrollo.

Todos los consumidores sujetos a cualquier modalidad de autoconsumo tendrán la obligación de contribuir a los costes y servicios del sistema por la energía autoconsumida, cuando la instalación de generación o de consumo esté conectada total o parcialmente al sistema eléctrico.

Para ello estarán obligados a pagar los mismos peajes de acceso a las redes, cargos asociados a los costes del sistema y costes para la provisión de los servicios de respaldo del sistema que correspondan a un consumidor no sujeto a ninguna de las modalidades de autoconsumo descritas en el apartado anterior.

11.3 ENCAJE LEGAL DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Si bien es cierto que el artículo 9 de la Ley 24/2013 define diferentes modalidades de autoconsumo, la propuesta de utilizar un aprovechamiento hidroeléctrico para utilizarlo como alternativa a la problemática energética actual de la C.G.R.R.L. (M.I.) no se enmarca como una figura definida dentro de la propia Ley, por lo que no estaría sujeta a las obligaciones tributarias que el sistema establece.

Esto se consigue desacoplando el sistema de la red eléctrica general, de modo que el funcionamiento de las instalaciones con la energía generada por el aprovechamiento hidroeléctrico no entraría dentro de la tipificación de autoconsumo y sería un funcionamiento "en isla".

Este logro está basado en que la Ley 24/2013 permite la interrumpibilidad de la conexión, que no es más que desconectarse de ésta por un periodo de tiempo diario a través de un by-pass en la toma.

Aunque el funcionamiento "en isla" conduzca a quedar fuera del marco legislativo como una figura de autoconsumo, lleva asociado algunos inconvenientes que deberán solucionarse para el correcto funcionamiento del sistema de elevaciones y distribución de agua, ya que:

- Todos los equipos de medida (caudalímetros, sondas de nivel, etc.) quedarían desconectados durante este periodo. Lo mismo ocurriría con el sistema de telecontrol y gestión de alarmas.

Esta situación no supondría un problema ya que todos los equipos están alimentados con una tensión de 24 voltios y disponen de baterías con autonomía suficiente para varias semanas. Las baterías se cargarían durante el periodo P-6 en el que sí se estaría conectado a la red eléctrica general.

- La red de media tensión y los sistemas de elevación de carga (puentes grúa) instalados en las elevaciones Segunda, Quinta Aérea y Sexta de Crevillente se quedarían sin energía eléctrica.

Los puentes grúa están conectados a las redes de media tensión de las elevaciones que se utilizan en labores de mantenimiento y reparación con herramientas de pequeña entidad. Estas situaciones puntuales se solucionarían con pequeños grupos electrógenos que alimenten a los equipos necesarios.

12. CONCLUSIONES

- La evolución, mejora y adecuación de las instalaciones en las elevaciones principales de la C.G.R.R.L. (M.I.) ha llegado a crear un sistema robusto y fiable con el que se puede abastecer toda la demanda de agua de riego.
- Existe una estabilidad en las demandas de agua de concesiones cuando se garantiza su disponibilidad y calidad.
- La modernización del sistema de riego en las comunidades de base que ya la han acometido presenta una fuerte implantación, en detrimento de los volúmenes demandados de aguas de concesiones.
- El nuevo proyecto de las elevaciones Segunda-Tercera-Cuarta elimina de raíz la problemática del hundimiento de las galerías pero induce conflictos en cuanto a los costes de distribución y explotación.
- El déficit existente en el Primer Canal de Levante podría suplirse con la ampliación de la balsa de la Tercera Elevación pero implicaría la compra de una parcela y un problema urbanístico y social.
- Cambiar de tarifa eléctrica para seguir funcionando con los grupos actuales debe estudiarse con detenimiento y acudir al mercado eléctrico para negociar con los suministradores.
- La instalación de un aprovechamiento hidroeléctrico en la balsa de la Quinta Elevación para poder suministrar la energía necesaria que cubrir el déficit, conlleva también la posibilidad de reducir la tarifa eléctrica hasta en un 52,90% anualmente.
- Esta disminución de los costes eléctricos se fundamenta en la reducción de los términos de potencia contratados en cada periodo sin que el funcionamiento global de la instalación se vea afectado.
- Se garantiza que la demanda de agua del Traslase en el Tercer Canal de Levante siempre será suficiente para cubrir el déficit existente en el Primer Canal así como para poder ayudar a disminuir los costes eléctricos en el caso de instalación del aprovechamiento hidroeléctrico.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Suárez, J., Martínez, F., Puertas, Jerónimo., "Manual de conducciones uralita". Uralita sistemas de tuberías. 2005

Escribá, D., "Hidráulica para ingenieros". Colección Obras Hidráulicas dirigida por Mateos, M. 1998

Cuesta, L., Vallarino, E., "Aprovechamientos hidroeléctricos" CICCP. 2000

CEDEX, "Guía Técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión". 2002

Fuertes, V.S., García-Serra, J., Iglesias, P.L., López, G., Martínez, F.J. y Pérez, R., "Modelación y diseño de redes de abastecimiento de agua", GMF (Grupo mecánica de fluidos) Departamento Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Editorial UPV. 2002

CHS (Confederación Hidrográfica del Segura), Propuesta del Proyecto del Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura. 2013

García, C.J., García, T., Sarasúa, J.I., "Saltos hidroeléctricos". Delta Publicaciones Universitarias. 2011

García, C.J., García, T., Sarasúa, J.I., "Evaluación económica de proyectos de obras hidráulicas". Delta Publicaciones Universitarias. 2011



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

máster en ingeniería
hidráulica y medio ambiente
mihma

Título del trabajo fin de Máster:

**ESTUDIO DE LA RED DE
SUMINISTRO DE AGUA DE
RIEGO DE LA C.G.R. RIEGOS DE
LEVANTE (M.I.)
ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA
DE MEJORAS**

Intensificación:

HIDRÁULICA URBANA

Autor:

JOSEP PAGÉS SÁNCHEZ

Director:

PEDRO L. IGLESIAS REY

Fecha: *SEPTIEMBRE de 2014*



Título del trabajo fin de Máster:

ESTUDIO DE LA RED DE SUMINISTRO DE AGUA DE RIEGO DE LA C.G.R. RIEGOS DE LEVANTE (M.I.) ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA DE MEJORAS

Autor: **PAGÉS SÁNCHEZ, JOSEP**

Tipo	A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>	Lugar de realización	VALENCIA,
Director	PEDRO L.	Fecha de lectura	SEPTIEMBRE 2014
Codirector 1	IGLESIAS REY		
Codirector 2			
Tutor			

Resumen:

La Comunidad General de Regantes Riegos de Levante (Margen Izquierda) gestiona, mantiene y explota sus instalaciones de riego desde su puesta en marcha en el año 1923. Con el paso del tiempo se han ido sustituyendo y mejorando las diferentes instalaciones, adecuándose a la evolución de la técnica y a los recursos disponibles.

Actualmente la comunidad de regantes presenta dos grandes esquemas hidráulicos, uno para el agua de concesiones del Río Segura y otro para el agua proveniente del Trasvase Tajo-Segura.

En este trabajo se realiza un estudio de todas las infraestructuras existentes de cada uno de los sistemas de riego, sus usos y demandas. Todas las estaciones de bombeo, embalses, canales principales de distribución, tuberías, etc. son representados en diferentes modelos matemáticos realizados con el programa Epanet donde se validan los resultados obtenidos de diferentes situaciones e hipótesis mediante métodos de calibración.

Se describe el problema actual existente en la gestión de la red de riego tradicional con agua de concesiones en el que los costes de explotación se han visto incrementados desde la puesta en marcha de las nuevas instalaciones. Asimismo, se proponen diferentes alternativas y se estudia la instalación de un aprovechamiento hidroeléctrico como solución.



Abstract:

The General Watering Community Riegos de Levante (Left Bank of Segura River) manages, maintains and exploits its irrigation facilities since its inception on 1923. Almost a hundred years later they have been replacing and improving their installations, adapting to changing of technology and available resources.

Currently the watering community has two large hydraulic diagrams, depending on the source of water (Segura River or Tajo-Segura water transfer).

This study presents all existing infrastructures of each irrigation systems, their uses and demands. Pumping stations, reservoirs, distribution channels, pipelines, etc. are represented in different mathematical models made with Epanet and the results obtained in the program can be checked and calibrated with different methods.

Is presented the current problem on the network management of traditional irrigation in which operating costs have increased since the launch of the new facilities. Also, different alternatives are proposed and the installation of a hydroelectric plant as a solution is studied.

Resum:

La Comunitat General de Regants Regs del Llevant (Marge Esquerre) gestiona, manté i explota les seues instal·lacions de reg desde la seua posada en marxa l'any 1923. Amb el pas del temps s'han anat substituint i millorant les diferents instal·lacions, adequant-se a l'evolució de la tècnica i als recursos disponibles.

Actualment la comunitat de regants presenta dos grans esquemes hidràulics, un per a l'aigua de concessions del Riu Segura i un altre per a l'aigua provinent del Transvasament Tajo-Segura.

En este treball es realitza un estudi de totes les infraestructures existents de cada un dels sistemes de reg, els seus usos i demandes. Totes les estacions de bombeig, embassaments, canals principals de distribució, canonades, etc. són representats en diferents models matemàtics realitzats amb el programa Epanet on es validen els resultats obtinguts de diferents situacions i hipòtesi per mitjà de mètodes de calibratge.

Es descriu el problema actual existent en la gestió de la xarxa de reg tradicional amb aigua de concessions en que els costos d'explotació s'han vist incrementats des de la posada en marxa de les noves instal·lacions. Així mateix, es proposen diferents alternatives i s'estudia la instal·lació d'un aprofitament hidroelèctric com a solució.



Palabras clave: *comunidad de regantes, estación de bombeo, canales, tuberías, aprovechamiento hidroeléctrico.*

Key words: *watering community, pumping station, water channel, pipeline, hydroelectric plant.*

Paraules Claus: *comunitat de regants, estació de bombeig, canal, canonades, aprofitament hidroelèctric.*

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	1
1.1 Historia de la comunidad de regantes	1
1.2 Integrantes de la C.G.R.R.L. (M.I.)	3
1.3 Superficie de riego	4
1.4 Presentación el problema	5
1.5 Objetivo del T.F.M.	5
2. Análisis de las infraestructuras existentes	7
2.1 Tipos de riego	7
2.2 Sistema de riego tradicional con agua de concesiones.....	7
2.2.1 Captación	7
2.2.2 Canal de transporte hacia la primera elevación	9
2.2.3 Elevaciones principales.	10
2.2.4 Evolución de las infraestructuras principales.....	13
2.2.4.1 Primera elevación.....	17
2.2.4.2 Segunda elevación	20
2.2.4.3 Tercera elevación.....	23
2.2.4.4 Cuarta elevación.....	23
2.2.4.5 Quinta elevación	23
2.2.4.6 Sexta elevación de Crevillente	26
2.2.5 Canal principal.....	30
2.2.5.1 Tramo 0. Toma-Primera elevación.....	30
2.2.5.2 Tramo 1. Primera-Segunda elevación	31
2.2.5.3 Tramo 2. Segunda-Tercera elevación	32
2.2.5.4 Tramo 4. Tercera-Cuarta elevación	33
2.2.5.5 Tramo 5. Cuarta-Quinta elevación	34
2.2.5.6 Tramo 6. Quinta aérea-Sexta elevación	34
2.2.6 Canales transversales de distribución.....	35
2.2.6.1 Primer Canal de Levante	35
2.2.6.2 Segundo Canal de Levante	36
2.2.6.3 Segundo Canal de Poniente.....	36
2.2.6.4 Tercer Canal de Levante	37
2.2.6.5 Cuarto Canal de Levante.....	37
2.2.6.6 Cuarto Canal de Poniente	38

2.2.7	Elementos reguladores de la red principal.....	39
2.2.7.1	Parque Natural "El Hondo"	39
2.2.7.1.1	Historia	39
2.2.7.1.2	Hidrología del medio.....	40
2.2.7.1.3	Problemas del medio	41
2.2.7.2	Balsa de la Tercera Elevación	41
2.2.7.3	Balsa de la Cuarta Elevación	42
2.2.7.4	Balsa de la Quinta Elevación	43
2.2.8	Telecontrol de las instalaciones	44
2.3	Sistema de riego tradicional con agua del A.T.S.....	45
2.3.1	Esquema hidráulico de funcionamiento.....	45
2.3.2	Infraestructura dañada	46
2.4	Sistema de riego modernizado	49
2.4.1	Embalse regulador	49
2.4.2	Tuberías principales	52
2.4.3	Estación de filtrado	52
2.4.4	Red secundaria de tuberías	54
2.4.4.1	Cabeceras de sector.....	56
2.4.4.2	Hidrantes.....	56
2.4.5	Telecontrol de las instalaciones	57
2.5	Infraestructura eléctrica.....	59
2.5.1	Antecedentes	59
2.5.2	Descripción general de la red eléctrica	59
3.	Funcionamiento del sistema	61
3.1	Introducción	61
3.2	Sistema de riego tradicional con agua de concesiones.....	61
3.3	Sistema de riego tradicional con agua del A.T.S.....	62
3.4	Simultaneidad de usos	62
3.4.1	Situación 1	63
3.4.2	Situación 2	65
3.5	Sistema de riego modernizado	67
3.6	Análisis del coste del agua.....	68
4.	Análisis de la demanda	69
4.1	Agua de concesiones	69
4.2	Agua del A.T.S.....	71

4.3	Distribución por canales.....	74
4.3.1	Primer Canal de levante.....	74
4.3.1.1	Segundo Canal de Levante	75
4.3.1.2	Segundo Canal de Poniente.....	76
4.3.1.3	Tercer Canal de Levante	77
4.3.1.4	Cuarto Canal de Poniente_Crevillente	81
4.3.1.5	Cuarto Canal de Poniente_Orihuela	82
4.4	Riego modernizado	83
5.	Problemática actual en el sistema de distribución de riego de agua de concesiones	84
5.1	Rotura galería 2ª a 4ª Elevación	84
5.1.1	Reparación de urgencia	85
5.1.2	Proyecto elevaciones 2ª a 4ª.....	86
5.1.2.1	Antecedentes.....	86
5.1.2.2	Limitaciones y condicionantes.....	87
5.1.2.3	Diseño de la solución	93
5.1.2.4	Nuevo esquema hidráulico	101
5.1.2.5	Otras mejoras.....	101
5.2	Tarifa eléctrica	102
5.2.1	Tarifa contratada originalmente.....	102
5.2.2	Facturación	103
5.2.3	Excesos de potencia	103
5.2.4	Nueva tarifa eléctrica provisional.....	104
5.3	Falta de nº de horas de bombeo en P-6.....	105
6.	Modelo matemático del sistema.....	106
6.1	Fases de generación del modelo	106
6.1.1	Recopilación de la información	106
6.1.1.1	Tuberías	106
6.1.1.2	Depósitos y balsas.....	107
6.1.1.3	Bombas	108
6.1.1.4	Demandas.....	108
6.1.1.5	Elementos de regulación	109
6.1.1.6	Consignas	109
6.1.2	Esqueletización de la red	110
6.2	Comprobación de resultados y validación del modelo.....	112
6.2.1	Bombeo a la cuarta elevación.....	112

7. Medidas adoptadas para tratar de paliar el déficit estructural	114
7.1 Traspaso de caudales entre balsas	114
7.2 Bombeo de carácter excepcional en periodos punta	118
8. Propuesta de soluciones y análisis de alternativas	120
8.1 Ampliación o construcción de nuevos elementos de regulación.....	120
8.1.1 Modelo de explotación diario.....	120
8.1.1.1 Hipótesis previa.....	120
8.1.1.2 Situación real	123
8.1.1.3 Hipótesis con depósito de mayor capacidad.....	126
8.2 Búsqueda de una fuente adicional de suministro eléctrico	128
9. Utilización de turbinas como fuente de suministro eléctrico	129
9.1 Esquema planteado	129
9.2 Tipología del aprovechamiento.....	129
9.3 Elementos de obra civil del aprovechamiento.....	130
9.3.1 Embalse de cabecera	130
9.3.2 Toma	130
9.3.3 Tuberías	131
9.4 Parámetros de diseño	131
9.4.1 Salto	131
9.4.2 Caudal de equipamiento	132
9.4.3 Selección de la turbina a instalar	139
9.5 Potencia de la central	140
9.6 Modelo matemático del sistema implementado con el aprovechamiento hidroeléctrico.....	141
9.6.1 Embalse de Crevillente	141
9.6.2 Red de tuberías	141
9.6.3 Estación de filtrado	142
9.6.4 Balsa de la Quinta Elevación.....	142
9.6.5 Turbina	143
9.6.6 Demandas.....	144
9.6.7 Esqueletización de la red	147
9.7 Resultados obtenidos	148
10. Evaluación de la solución propuesta.....	150
10.1 Identificación y evaluación de los costes de construcción.....	150
10.2 Identificación de beneficios	151
10.3 Valoración del beneficio obtenido	151

11. Legislación eléctrica aplicable. Ley 24/2013.....	154
11.1 Antecedentes	154
11.2 Disposiciones generales. Artículo 9: autoconsumo de energía eléctrica	155
11.3 Encaje legal de la solución adoptada	155
12. Conclusiones	157
13. Referencias bibliográficas	158

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Azud y Molino de San Antonio.....	7
Ilustración 2. Toma inicial.....	8
Ilustración 3. Esquema hidráulico en la toma inicial.....	8
Ilustración 4. Vista del azud y la captación.....	9
Ilustración 5. Azarbes de drenaje y canal de transporte.....	10
Ilustración 6. Bomba original conservada en museo.....	11
Ilustración 7. Bombas verticales instaladas a principios de los años 80.....	12
Ilustración 8. Primera Elevación y bombas existentes.....	17
Ilustración 9. Vista general de la instalación, nueva tubería instalada en el canal y bomba sumergible durante su instalación.....	20
Ilustración 10. Instalación en Quinta Elevación Aérea.....	24
Ilustración 11. Galería reversible.....	26
Ilustración 12. Colectores de impulsión a la salida de las bombas actuales.....	27
Ilustración 13. Vista aérea de los embalses del P.N. del Hondo.....	39
Ilustración 14. Centro de telemando.....	44
Ilustración 15. Llenado desde la red de modernización.....	46
Ilustración 16. Fotografías de la arqueta de rotura de carga anterior a la balsa de la Cuarta Elevación.....	47
Ilustración 17. Fotografías del dique y toma flotante.....	51
Ilustración 18. Vista del interior de la arqueta con válvulas de sobrevelocidad.....	52
Ilustración 19. Vista general de la estación de filtrado de la Quinta Elevación.....	53
Ilustración 20. Colectores de derivación y valvulería se seccionamiento.....	54
Ilustración 21. Cabecera de sector con válvulas automáticas.....	56
Ilustración 22. Arqueta de hidrante. Válvula automática, contador y telecontrol.....	57
Ilustración 23. Imágenes del sistema de telegestión.....	58
Ilustración 24. Desprendimientos en galería Segunda-Tercera.....	85
Ilustración 25. Reparación de urgencia de muros y solera.....	86
Ilustración 26. Fotografías de la tubería en canal previo picado para aumentar sección.....	88
Ilustración 27. Fotografías tubería instalada en by-pass de galería.....	89
Ilustración 28. Tubería y útil de carga.....	90
Ilustración 29. Fases de carga.....	91
Ilustración 30. Fases de transporte y colocación.....	92
Ilustración 31. Curva del sistema bombeando a la Tercera Elevación.....	96
Ilustración 32. Curva del sistema bombeando a la Cuarta Elevación.....	97
Ilustración 33. Vista del sistema de protección con válvulas anticipadoras de onda y ventosas.....	100

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Infraestructura hidráulica original.....	2
Figura 2. Esquema hidráulico original	11
Figura 3. Esquema hidráulico mod_1	13
Figura 4. Esquema hidráulico mod_2.....	14
Figura 5. Esquema hidráulico mod_3.....	14
Figura 6. Esquema hidráulico (hundimiento galerías)	14
Figura 7. Esquema hidráulico actual mod_4.....	15
Figura 8. Esquema en planta de las instalaciones existentes para el riego de concesiones	16
Figura 9. Curva bomba PL 7101 190 kW	18
Figura 10. Curva bomba PL 7081 100 kW	19
Figura 11. Curva bomba CP3531 680 kW	21
Figura 12. Curva bomba PL 7081 100 kW	22
Figura 13. Curva bombas CP 3602 460 kW	25
Figura 14. Curva bomba CP 3531 340 kW	28
Figura 15. Curva bomba CP 3312 140 kW	29
Figura 16. Esquema hidráulico red de riego tradicional con agua del A.T.S.	45
Figura 17. Esquema en planta de las instalaciones existentes para el riego tradicional con agua del A.T.S.....	48
Figura 18. Sección tipo del camino de servicio	54
Figura 19. Planta general de la red de modernización	55
Figura 20. Esquema eléctrico.....	60
Figura 21. Esquema general de la simultaneidad de usos. Situación 1	64
Figura 22. Esquema general de la simultaneidad de usos. Situación 2.....	66
Figura 23. Esquema general de la red de modernización	67
Figura 24. Volumen anual de agua de concesiones suministrada por año.....	69
Figura 25. Volumen anual de agua de concesiones distribuido por comunidades de base y año.....	70
Figura 26. Volumen anual de agua del A.T.S. suministrada por año.....	72
Figura 27. Volumen anual de agua del A.T.S. distribuido por comunidades de base y año	73
Figura 28. Distribución anual de agua de concesiones. Primer Canal de Levante.....	74
Figura 29. Distribución anual de agua del A.T.S. Primer Canal de Levante.....	74
Figura 30. Distribución anual de agua de concesiones. Segundo Canal de Levante ...	75
Figura 31. Distribución anual de agua del A.T.S. Segundo Canal de Levante	75
Figura 32. Distribución anual de agua de concesiones. Segundo Canal de Poniente ..	76
Figura 33. Distribución anual de agua del A.T.S. Segundo Canal de Poniente	76
Figura 34. Distribución anual de agua de concesiones. Tercer Canal de Levante.....	77
Figura 35. Distribución anual de agua del A.T.S. Tercer Canal de Levante.....	77
Figura 36. Situación actual y problemática del Tercer Canal de Levante	78
Figura 37. Esquema general propuesto para la futura modernización del Tercer Canal de Levante	79
Figura 38. Porcentaje de hidrantes activos respecto al total, desde su instalación.....	80
Figura 39. Distribución anual de agua de concesiones. Cuarto Canal de Poniente-Crevillente.....	81

Figura 40. Distribución anual de agua del A.T.S. Cuarto Canal de Poniente-Crevillente	81
Figura 41. Distribución anual de agua de concesiones. Cuarto Canal de Poniente-Orihuela.....	82
Figura 42. Distribución anual de agua del A.T.S. Cuarto Canal de Poniente-Orihuela...	82
Figura 43. Distribución anual de agua de modernización	83
Figura 44. Esquema hidráulico (hundimiento galerías)	84
Figura 45. Sección tipo de la conducción en la galería Tercera-Cuarta	90
Figura 46. Régimen permanente bombeando a la Cuarta Elevación	98
Figura 47. Envolvente de presiones tras paro repentino, sin protección.....	98
Figura 48. Evolución de las presiones en la estación de bombeo tras paro repentino, sin protección.....	98
Figura 49. Envolvente de presiones tras paro repentino, con protección	99
Figura 50. Evolución de las presiones en la estación de bombeo.....	99
Figura 51. Caudal a través de las válvulas anticipadoras de onda.....	99
Figura 52. Volumen de la bolsa de aire que ingresa en la ventosa junto a la estación de bombeo	99
Figura 53. Esquema hidráulico actual mod_4.....	101
Figura 54. Calendario energético peninsular 2014	102
Figura 55. Cubicación de la balsa de la Cuarta Elevación	107
Figura 56. Curvas reales de las bombas introducidas	108
Figura 57. Representación de los datos del caudalímetro electromagnético	108
Figura 58. Demanda asociada a una cabecera de canal.....	109
Figura 59. Representación del funcionamiento de las bombas	110
Figura 60. Modelo matemático general	111
Figura 61. Modelo matemático discretizado	111
Figura 62. Presión en la balsa antes de la calibración	112
Figura 63. Presión en la balsa después del primer ajuste.....	113
Figura 64. Presión en la balsa después del segundo ajuste	113
Figura 65. Estadísticas de calibración obtenidas por el modelo.....	113
Figura 66. Plano en planta de la arqueta de derivación situada junto a la balsa de la Tercera Elevación	114
Figura 67. Relación Kv y ángulo de apertura	115
Figura 68. Curva de pérdidas de carga introducida en el modelo	115
Figura 69. Regulación con 30° de apertura.....	116
Figura 70. Bombeo en hora punta por falta de capacidad.....	118
Figura 71. Nivel de las balsas Tercera y Cuarta con el modelo inicial	122
Figura 72. Nivel de la balsa Tercera Elevación con la situación real	124
Figura 73. Nivel de la balsa Cuarta Elevación con la situación real	125
Figura 74. Caudales aportados por las bombas	125
Figura 75. Nivel de balsa Tercera con el aumento de capacidad.....	126
Figura 76. Nivel de balsa Cuarta.....	127
Figura 77. Caudal impulsado por cada una de las bombas.....	127
Figura 78. Toma flotante y canal de descarga del Embalse de Crevillente	130
Figura 79. Distribución anual de agua del A.T.S. Tercer Canal de Levante.....	132
Figura 80. Curva de caudales clasificados en 8 horas de funcionamiento	133
Figura 81. Curva de caudales clasificados en 5 horas de funcionamiento	133
Figura 82. Curva de caudales clasificados en 4 horas de funcionamiento	133
Figura 83. Curva de caudales clasificados en 3 horas de funcionamiento	133

Figura 84. Curva de caudales clasificados en 2 horas de funcionamiento	134
Figura 85. Curva de caudales clasificados en 1 horas de funcionamiento	134
Figura 86. Curva de caudales clasificados en 3 horas de funcionamiento 2007-2013.	135
Figura 87. Curva de caudales clasificados en 2 horas de funcionamiento 2007-2013.	135
Figura 88. Curvas de caudales clasificados en 2 y 3 horas de funcionamiento Jun-Sept 2007-2013	138
Figura 89. Volumen diario medio distribuido meses junio-septiembre del periodo 2007- 2013	138
Figura 90. Ábaco de selección del tipo de turbina (Voest-Alpine)	139
Figura 91. Curva de capacidad Balsa Quinta Elevación	142
Figura 92. Curva característica de la turbina.....	143
Figura 93. Representación de los datos de los caudalímetros electromagnéticos 1L y 2L de modernización en el año 2013.....	144
Figura 94. Patrones de consumo 1L y 2L del año 2013 introducidos en el modelo anual	145
Figura 95. Patrón de consumo 3L del año 2013 introducido en el modelo anual.....	146
Figura 96. Modelo esquemático de la red	147
Figura 97. Evolución del caudal en la turbina a instalar con Q equipamiento 1,5 m ³ /s	148
Figura 98. Evolución de las presiones en la balsa de regulación del Tercer Canal de Levante	148
Figura 99. Evolución del caudal por la tubería principal de modernización	148
Figura 100. Evolución de las presiones en cabecera de los Segundos de Levante y Poniente.....	148
Figura 101. Evolución de las presiones en cabecera del Primero de Levante	149

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Hectáreas brutas actuales por comunidades de base	4
Tabla 2. Características técnicas Primera Elevación.....	17
Tabla 3. Características técnicas Segunda Elevación	20
Tabla 4. Características técnicas Quinta Elevación Aérea	24
Tabla 5. Características técnicas Sexta Elevación Crevillente	27
Tabla 6. Características técnicas tramo 1	30
Tabla 7. Características técnicas tramo 2	31
Tabla 8. Características técnicas tramo 3	32
Tabla 9. Características técnicas tramo 4	33
Tabla 10. Características técnicas tramo 5	34
Tabla 11. Características técnicas tramo 6	34
Tabla 12. Características técnicas Primer Canal de Levante.....	35
Tabla 13. Características técnicas Segundo Canal de Levante	36
Tabla 14. Características técnicas Segundo Canal de Poniente	36
Tabla 15. Características técnicas Tercer Canal de Levante.....	37
Tabla 16. Características técnicas Cuarto Canal de Levante	38
Tabla 17. Características técnicas Cuarto Canal de Poniente.....	38
Tabla 18. Ficha técnica. Balsa Tercera Elevación	41
Tabla 19. Curva de capacidad. Balsa Tercera Elevación.....	42
Tabla 20. Ficha técnica. Balsa Cuarta Elevación.....	42
Tabla 21. Curva de capacidad. Balsa Cuarta Elevación.....	43
Tabla 22. Ficha técnica. Balsa Quinta Elevación	43
Tabla 23. Curva de capacidad. Balsa Quinta Elevación	43
Tabla 24. Ficha técnica. Embalse de Crevillente	50
Tabla 25. Ficha técnica. Línea de filtrado con tipología de mallas	53
Tabla 26. Ficha técnica. Línea de filtrado con tipología de anillas.....	53
Tabla 27. Relación de presiones de trabajo en cada zona.....	56
Tabla 28. Sectorización según superficie modernizada.....	57
Tabla 29. Relación de equipos de transformación	59
Tabla 30. Precio de venta del agua en € por comunidades de base y tipología	68
Tabla 31. Distribución máxima de las aguas de la 1ª fase del Trasvase	71
Tabla 32. Funcionamiento de los equipos bombeando a la Tercera Elevación	95
Tabla 33. Funcionamiento de los equipos bombeando a la Cuarta Elevación.....	96
Tabla 34. Precios reflejados en contrato original.....	103
Tabla 35. Rugosidad absoluta asignada a las conducciones.....	107
Tabla 36. Pérdidas de carga en válvulas	109
Tabla 37. Consignas introducidas de marcha y paro de bombas.....	110
Tabla 38. Ratio energético bombeando a la Tercera Elevación	117
Tabla 39. Ratio energético bombeando a la Cuarta Elevación	117
Tabla 40. Incrementos energéticos porcentuales.....	117
Tabla 41. Secuencia de funcionamiento 17 de Junio de 2014	118
Tabla 42. Controles programados definidas en el modelo inicial	121
Tabla 43. Controles simples definidos en el modelo inicial.....	121
Tabla 44. Déficit medio previsto 17/6/2014.....	122
Tabla 45. Controles programados definidas en el modelo con la situación real.....	123

Tabla 46. Controles simples definidos en el modelo con la situación real	124
Tabla 47. Bombeo en horario fuera de P-6	125
Tabla 48. Controles programados definidas en el modelo con mayor capacidad de depósito	126
Tabla 49. Volumen disponible en balsa 5ª Elevación	135
Tabla 50. Cálculos estimativos si Q_{turb} 1,50 m ³ /s.....	136
Tabla 51. Cálculos estimativos si Q_{turb} 2 m ³ /s.....	136
Tabla 52. Cálculos estimativos si Q_{turb} 2,50 m ³ /s.....	137
Tabla 53. Rugosidad absoluta asignada a las conducciones.....	141
Tabla 54. Pérdidas de carga observadas en estación de filtrado	142
Tabla 55. Pérdidas de carga estimadas en estación de filtrado	142
Tabla 56. Rendimientos de la turbina para salto neto y décimos de caudal	143
Tabla 57. Ratios energéticos de las elevaciones.....	151
Tabla 58. Producciones obtenidas por m ³ turbinado	151
Tabla 59. Consumo anual incorporando la turbina.....	152
Tabla 60. Coste energético anual anterior a la incorporación de la turbina	152
Tabla 61. Coste energético anual posterior a la incorporación de la turbina.....	153

1. INTRODUCCIÓN

1.1 HISTORIA DE LA COMUNIDAD DE REGANTES

La Compañía de Riegos de Levante S.A. fue constituida en Madrid ante el Notario D. Camilo Ávila y Fernández y Fernández de Hinestrosa el día 5 de Junio de 1918 con la finalidad de utilizar el aprovechamiento de aguas públicas y privadas con destino a riegos y usos industriales, producción y explotación de electricidad y la explotación de las concesiones obtenidas y cualquiera otras que se puedan obtener, mediante la emisión de acciones. La 1ª de estas emisiones salió a la luz pública el día 18/XII/1918 y posteriormente, en nuevas fechas, se dieron otras ampliaciones de capital.

La Compañía tuvo, inicialmente, un carácter mixto, formada por capital español y extranjero, este último desembolsado básicamente por la Banca Dreyfus de Francia.

En este sentido, en el año 1918 y a iniciativa del ingeniero de caminos D. José María Serra y Alonso del Real se obtuvo la primera concesión para el aprovechamiento de las aguas procedentes del río Segura cerca de la desembocadura de Guardamar del Segura con un caudal de 2.500 litros por segundo. Posteriormente, el 28/III/1919 se obtuvo la concesión para el aprovechamiento de las aguas procedentes de los azarbes Señor, Reina, Culebrina, Acierto, Enmedio y Mayayo, con un caudal de 2.600 litros por segundo. Y por último, el 26 de Julio de 1922 se obtuvo la concesión para el aprovechamiento de 2.600 litros por segundo procedentes de la cola del río Segura. Todas estas concesiones fueron unificadas por decreto de fecha 9 de Febrero de 1946.

Para el aprovechamiento de estas concesiones fue necesario iniciar una obra magna de construcción de la infraestructura precisa mediante la construcción de la toma de Guardamar del Segura, el canal principal cuya extensión aproximada es de 22 km., canales de riego y distribución, seis elevaciones principales y otras secundarias. Dichas obras finalizaron en el año 1923 siendo inauguradas por S.M. Alfonso XIII quien, a su vez, fue accionista de esta Compañía.

Dada la ausencia de energía eléctrica, el proyecto llevaba asociado la construcción de una central hidroeléctrica en el término municipal de Calasparra y conocida como Central Hidroeléctrica de Almadenes. Llevaba asociada la construcción y tendido de una nueva línea eléctrica de transporte hasta el punto de suministro centralizado situado en un edificio junto a la estación del FFCC de Crevillente.

Así pues, aprovechando que la C.H. de Almadenes era fluyente, el régimen de funcionamiento de las estaciones de bombeo sería totalmente libre ya que la energía hidroeléctrica producida sería la que alimentaría al sistema de elevaciones.

Inicialmente las obras se construyeron para dotar de riego a la zona de Elche, Crevillente y Albaterra, extendiéndose posteriormente a la Huerta de Alicante y finalmente a Orihuela y su área de influencia por medio del 4º canal de poniente. Actualmente los municipios a los que dota de riego son: Orihuela, Benferri, Cox, Redovan, Callosa del Segura, Granja de Rocamora, Albaterra, San Isidro, Catral, Crevillente, Elche, Santa Pola, Alicante, Muchamiel, San Juan y Campello, en una extensión aproximada de 32.000 ha. (brutas) y 21.000 comuneros.

La Figura 1 representa la planta general de la infraestructura hidráulica original, donde se puede ver la desembocadura del Río Segura, el canal principal y los canales de distribución.

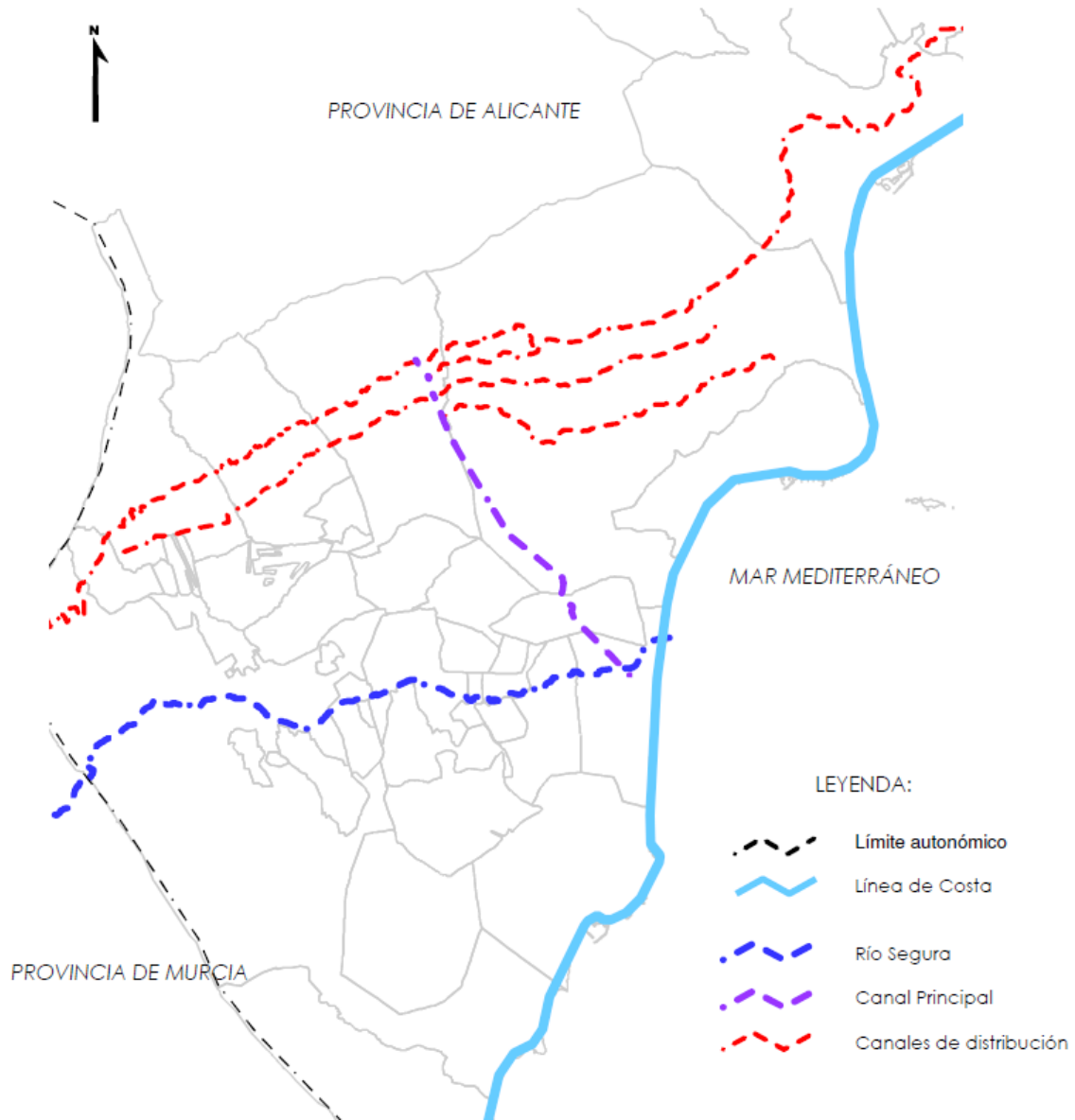


Figura 1. Infraestructura hidráulica original

Por su parte, la Comunidad General de Regantes Riegos de Levante (M.I.) -en adelante C.G.R.R.L.- fue creada por O.M. de 21 de Noviembre de 1940 y Decreto de 14 de Abril de 1942, agrupando a los propietarios y regantes que aprovechan las aguas elevadas por las instalaciones de la Compañía Riegos de Levante S.A. en la margen izquierda del río Segura para la defensa y el ejercicio de los derechos que, como usuario mantienen.

Unos años después de la Guerra Civil Española, se expropia a la Compañía de Riegos de Levante (capital judío) y se cede a Hidroeléctrica Española (actual Iberdrola).

Ante la inminencia de la llegada de los riegos procedentes del Acueducto Tajo-Segura (en adelante A.T.S.) la Comunidad se ve en la necesidad de proceder al rescate anticipado de las instalaciones, obras y concesiones de la Compañía (es decir, antes de que finalizara el plazo de la concesión administrativa - 99 años - de los que era titular la Compañía). Esto fue debido a que el Estado puso como condición para otorgar concesiones de las aguas del A.T.S. el que fueran entidades de derecho público (como las Comunidades de Regantes) por lo que se tuvo que proceder al rescate de las instalaciones de riego, quedándose la empresa eléctrica con los aprovechamientos hidroeléctricos.

Así se inicia el procedimiento de reconversión durante finales de la década de los 60 y principios de los 70 concluyendo con el otorgamiento de escritura pública de fecha 10/XII/1976 ante el notario D. José Caravias Villén en virtud de lo cual la C.G.R.R.L. adquiría los bienes, obras, derechos y obligaciones de los que la Compañía disponía en la margen izquierda del Río Segura.

1.2 INTEGRANTES DE LA C.G.R.R.L. (M.I.)

La zona de riego que domina la C.G.R.R.L. se encuentra situada en los siguientes municipios de la provincia de Alicante: Orihuela, Benferri, Cox, Redovan, Callosa del Segura, Granja de Rocamora, Albuera, San Isidro, Catral, Crevillente, Elche, Santa Pola, Alicante, Muchamiel, San Juan y Campello.

En la actualidad la C.G.R.R.L. funciona como una Comunidad General de Usuarios dividida en varias Comunidades, denominadas de Base, cuyas características generales son:

- Comunidad de Base El Canal: formada por las tierras dominadas por los canales denominados Segundo de Levante y Primero de Levante.
- Comunidad de Base Tercero de Levante: formada por las tierras dominadas por el Tercer Canal de Levante desde su cabecera en Crevillente hasta el túnel del Portichol en el municipio de Alicante.
- Comunidad de Base Sexta y Séptima de Elche: formada por las tierras dominadas por los canales denominados Sexta de Elche Levante, Sexta de Elche Poniente, Séptima de Elche Levante y Séptima de Elche Poniente. Estos canales son una derivación que se produce del Tercer Canal de Levante, a la altura del partidor 34, mediante dos elevaciones en serie denominadas Sexta y Séptima Elevación de Elche.
- Comunidad de Base Cuarto Canal de Levante y Séptima de la Peña: formada por las tierras dominadas por los canales Cuarto Canal de Levante y la Peña. Ésta última zona se encuentra en el norte de la Comunidad donde se elevan las aguas mediante una impulsión denominada Séptima Elevación de la Peña.

- Comunidad de Base de Bacarot: formada por las tierras dominadas por el Tercer Canal de Levante en la partida rural de Bacarot, en el Término Municipal de Alicante.
- Comunidad de Base del Sindicato de la Huerta de Alicante: formada por las tierras dominadas por el Tercer Canal de Levante en los Términos Municipales de Muchamiel, Campello y San Juan. Tiene una elevación intermedia.
- Comunidad de Base Crevillente: formada por las tierras dominadas por los canales Segundo Canal de Poniente y Cuarto Canal de Poniente que se encuentran en el Término Municipal de Crevillente. Además existe una franja de terreno dominada directamente desde el Canal del Trasvase Tajo Segura.
- Comunidad de Base Albuera: formada por las tierras dominadas por los canales Segundo Canal de Poniente y Cuarto Canal de Poniente que se encuentran en el Término Municipal de Albuera. Además existe una franja de terreno dominada directamente desde el Canal del Trasvase Tajo Segura.

Esta Comunidad de Base se desvinculó de la C.G.R.R.L. en el año 1994 y por lo tanto ya no computa su superficie en los derechos y obligaciones así como en el reparto del agua.

- Comunidad de Base Cuarto Canal de Poniente-Orihuela: formada por las tierras dominadas por los canales Cuarto Canal de Poniente que se encuentran en el Término Municipal de Orihuela y Rocamora. Esta última zona se encuentra en el norte de la Comunidad donde se elevan las aguas mediante una impulsión denominada Séptima Elevación de Rocamora.

1.3 SUPERFICIE DE RIEGO

Actualmente el número de hectáreas por cada una de las comunidades de base es, tal y como se refleja en la Tabla 1:

Tabla 1. Hectáreas brutas actuales por comunidades de base

COMUNIDAD DE BASE	HECTÁREAS (brutas)
EL CANAL	8.196
TERCERO LEVANTE	5.207
BACAROT	875
SEXTA Y SÉPTIMA DE ELCHE	2.418
HUERTA DE ALICANTE	1.822
CUARTO LEVANTE Y SÉPTIMA PEÑA	780

CREVILLENTE	1.972
CUARTO PONIENTE-ORIHUELA	5.581
TOTALES	26.851

Las hectáreas efectivas que se consideran teniendo en cuenta los descuentos por caminos, accesos y tierras en blanco son 25.000 Ha.

1.4 PRESENTACIÓN EL PROBLEMA

Hasta el año 2013, la comunidad de regantes tenía contratado una tarifa eléctrica que le permitía poner en funcionamiento sus instalaciones sin restricciones de horario, pudiendo elevar agua a cualquier hora y adaptándose totalmente a la demanda. A día de hoy, no se pueden asumir los costes de esta tarifa.

A este problema se le suma que la capacidad hidráulica se ha visto reducida con la puesta en marcha de una nueva instalación, ya que con las antiguas estaciones de bombeo se podían elevar mayores caudales que la actual, necesitándose por tanto más horas de funcionamiento y debiéndolo encajar dentro del nuevo tramo eléctrico contratado.

Desde la puesta en marcha de la nueva instalación en enero de 2014 se redujo el tramo horario eléctrico disponible, concentrándose en un periodo de tiempo muy reducido la capacidad de elevar el mismo volumen de agua de riego. Este cambio se debe principalmente al ajuste presupuestario en la partida de costes de explotación para poder así hacer frente a la amortización de la propia instalación.

1.5 OBJETIVO DEL T.F.M.

Aprovechando que trabajo como Ingeniero de Caminos, C. y P. para una empresa de ingeniería que presta sus servicios como asistencia técnica a la C.G.R.R.L. (M.I.) y habiendo participado en el equipo de redacción y dirección de las obras de los proyectos que se han desarrollado en los últimos años, he decidido analizar en este Trabajo Fin de Máster los problemas de explotación actualmente existentes así como proponer diferentes soluciones a éstos.

El objetivo del Trabajo Fin de Máster es tratar de encontrar una solución a la falta de capacidad de adaptarse a la demanda de agua de riego actual, debido a las restricciones tarifarias así como a la reducción de la capacidad hidráulica de las instalaciones existentes.

Este objetivo general se concreta en los siguientes objetivos específicos:

- Recopilación de datos e inventariado de las distintas infraestructuras hidráulicas (pasadas y presentes) de la C.G.R.R.L. (M.I.)
- Analizar las infraestructuras existentes en la C.G.R.R.L. (M.I.)

- Analizar el funcionamiento del sistema en su conjunto.
- Analizar las demandas, los recursos y los usos.
- Analizar las posibles alternativas y su viabilidad técnica y económica.
- Componer un modelo matemático que permita operar los diferentes sistemas, actuales y futuros.

2. ANÁLISIS DE LAS INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES

2.1 TIPOS DE RIEGO

En la actualidad existen tres tipos de riego basados en dos esquemas hidráulicos de toma y distribución y dependiendo de los dos tipos de agua de las que se tiene concesión administrativa, con instalaciones claramente diferenciadas en la C.G.R.R.L.

- Aguas de concesiones para el riego tradicional procedentes del Río Segura y azarbes de drenaje.
 - Red de gravedad.

- Aguas del Trasvase Tajo-Segura.
 - Red de gravedad.
 - Red presurizada (modernización)

2.2 SISTEMA DE RIEGO TRADICIONAL CON AGUA DE CONCESIONES

Corresponde a los caudales obtenidos concesionalmente que circulan por el Río Segura así como los drenajes de las zonas regables de la Vega Baja y que desembocan en Guardamar del Segura. Esta agua se conduce a través de una serie de canales y estaciones de bombeo para su distribución y riego por gravedad.

2.2.1 CAPTACIÓN

La captación del agua del Río Segura se realiza a través de un azud de derivación existente original del siglo XIV (Ilustración 1), construido junto al Molino de San Antonio (con su configuración neomudéjar) para moler harina.



Ilustración 1. Azud y Molino de San Antonio

Junto al azud se construyó una nueva toma regulada por compuertas (Ilustración 2) a través de la cual se deriva el agua hacia un canal de transporte del que se alimentará la primera de las elevaciones.



Ilustración 2. Toma inicial

Inicialmente (Ilustración 3) la toma se encontraba sobre el cauce original pero esto cambió cuando en los años 90 se trazó y construyó la nueva desembocadura del Río Segura.



Ilustración 3. Esquema hidráulico en la toma inicial

Con el nuevo trazado se construyó un nuevo azud de derivación regulado por compuertas situado aguas arriba en el que se derivan de manera continua por el viejo cauce un caudal de hasta 4.000 l/s. En caso de un caudal mayor, éste desbordaría y desembocaría por el nuevo cauce (Ilustración 4).

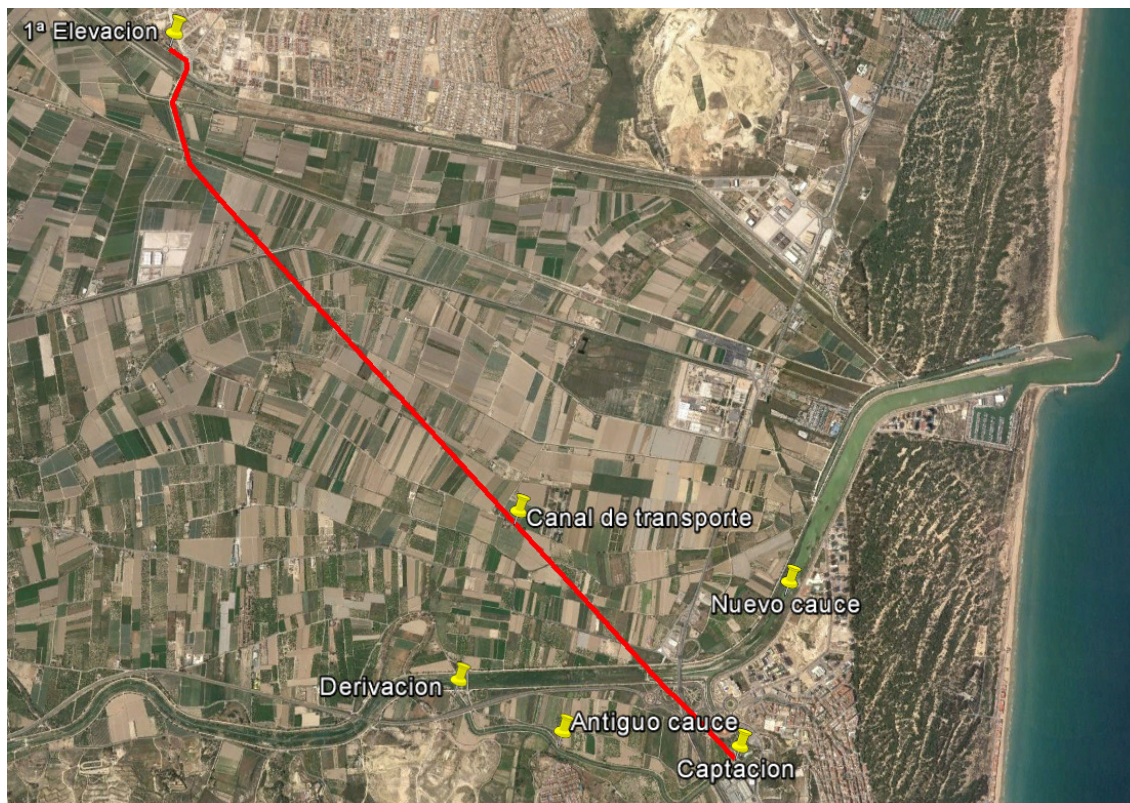


Ilustración 4. Vista del azud y la captación

2.2.2 CANAL DE TRANSPORTE HACIA LA PRIMERA ELEVACIÓN

Desde la toma inicial regulada por compuertas nace un canal (cota de solera +0,50 m.s.n.m.) de transporte, de hormigón en masa con capacidad para 7,70 m³/s y 5.114 m. de longitud que conduce el agua hasta la Primera Elevación.

El canal pasa bajo las azarbes de drenaje denominadas El Señor, La Reina, Culebrina, Enmedio, Acierto y Mayayo. Mediante unas compuertas existe la posibilidad de dejar caer el agua de las azarbes al canal para ser bombeado junto con el agua captada en la desembocadura (Ilustración 5).

Al final del canal existe una Primera Elevación y es en este punto donde se bombeará al Canal Principal, con una capacidad de hasta 8,90 m³/s.



Ilustración 5. Azarbes de drenaje y canal de transporte

2.2.3 ELEVACIONES PRINCIPALES.

- Elevaciones originales (año 1923)

El proyecto original utilizaba la tecnología de la época (principios del siglo XX) donde no se conocían muchos de los avances que hoy día damos por supuestos. La técnica tenía también sus limitaciones en cuanto a la obtención de los materiales y su coste, por lo que la magnitud de la obra en su conjunto puede considerarse histórica.

Los equipos instalados fueron bombas horizontales cuyo rodete lo hacía girar un motor eléctrico externo a la bomba acoplado mediante un eje. Como no existían cojinetes de empuje, la bomba se diseñaba con doble aspiración para compensar así los empujes del agua en el interior de la bomba (Ilustración 6).

Se disponía de manera independiente de una bomba de vacío que lograba cebar la voluta y permitía la aspiración mientras se arrancaba el equipo, logrando así que el agua ascendiera hasta el rodete.

Una vez presurizada, se bombeaba contra la válvula de compuerta que se encontraba cerrada y que poco a poco se abría hasta que el agua era elevada hacia el canal.

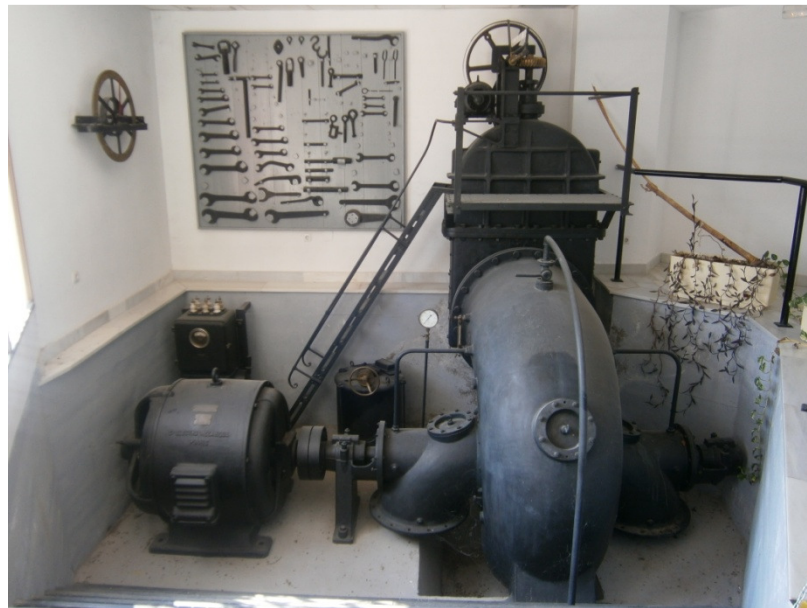


Ilustración 6. Bomba original conservada en museo

Una red principal de canales transportaba el agua entre las elevaciones mientras que existía una red secundaria de canales que distribuía el agua por zonas y dominaban las tierras que tenían por debajo de ellos (Figura 2).

Estos canales principales discurren a cielo abierto o en galerías, las cuales han ido quedando dañadas con el paso del tiempo.

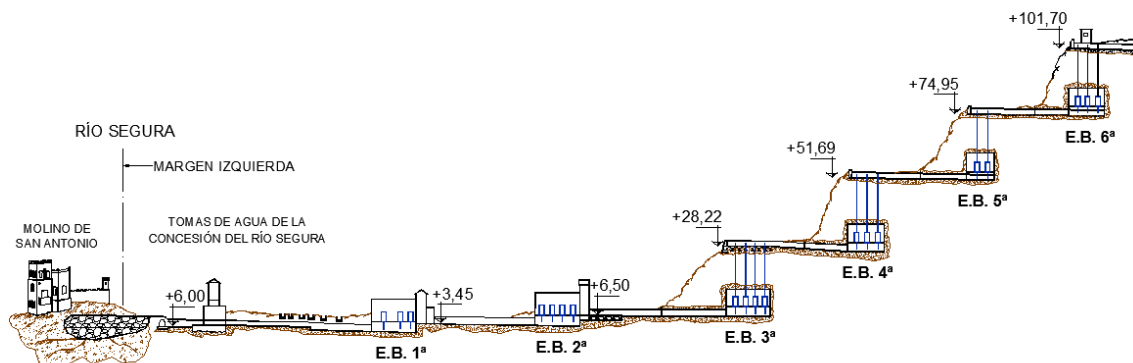


Figura 2. Esquema hidráulico original

- Sustitución de equipos (año 1981)

Entre finales de los 70 y principios de los 80 se llevó a cabo una remodelación de los equipos electromecánicos por parte del Ministerio de Obras Públicas a través de la Confederación Hidrográfica del Segura.

Este proyecto denominado "Proyecto de suministro y montaje de los equipos electromecánicos y de control centralizado de las estaciones principales (números 1 al

6) Riegos de Levante (Alicante)" tuvo un coste total de 1.526.181.109 Ptas. (actualmente más de 9 millones de €)

Estas nuevas bombas eran de hélice y eje vertical, el motor quedaba en la parte superior mientras que a lo largo del eje se disponían unos rodamientos y el sistema de lubricación (Ilustración 7).

Uno de los problemas que presentó este cambio fue que debido a la calidad de las aguas (aguas sucias que contenían cañas de carrizo y peces) se producían atasques en la aspiración generando torsiones en el eje que, junto con los rodamientos, terminaron inservibles a los pocos años de funcionamiento.

Asimismo la salinidad de las aguas elevadas acabaría destrozando toda la instalación, pues eran equipos para abastecimiento de agua dulce.



Ilustración 7. Bombas verticales instaladas a principios de los años 80

- Sustitución de equipos (año 2000)

Pasados unos años la Conselleria de Obras Públicas de la Comunitat Valenciana sustituyó los equipos nuevamente, esta vez por bombas sumergibles de aguas residuales.

Con este proyecto se sustituirían en una primera fase los equipos de la Primera, Segunda y Sexta Elevación. En las fases siguientes se pretendían sustituir el resto de equipos. También se incluía en este proyecto el diseño e instalación de un nuevo sistema de telemando que gestionaba todo el sistema.

Previamente (año 1999) y ante la urgencia de la situación, la propia C.G.R.R.L. trasladó una bomba desde la Primera Elevación hasta la Segunda Elevación y encargó la construcción e instalación inminente de otra bomba capaz de elevar $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Cabe destacar que estas bombas han funcionado durante más de 15 años sin incidencias. Esto ha sido posible gracias a la buena elección de los equipos así como a la evolución de la técnica. Al tratarse de bombas sumergibles el eje es mucho más corto que en las bombas de hélice y eje vertical, garantizando así que los posibles atasques debido a la entrada de cañas o peces no genere pares de torsión capaces de doblar el eje y dañar la bomba.

- Sustitución de equipos (año 2014)

Debido al derrumbamiento de una de las galerías, la C.G.R.R.L. se ve obligada a realizar una fuerte inversión en un proyecto que sustituya el canal por una tubería que permita by-passearla.

Esto implica cambiar las bombas de la Segunda Elevación por motobombas centrífugas y eliminar del esquema las elevaciones Tercera y Cuarta.

2.2.4 EVOLUCIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS PRINCIPALES

Independientemente de la tipología y el número de equipos instalados, durante el paso de los años se ha ido realizando una serie de actuaciones que han cambiado el esquema de funcionamiento de la instalación.

La primera actuación importante fue la construcción de dos grandes balsas de regulación en las cabeceras de los canales Segundo y Tercero (Figura 3).

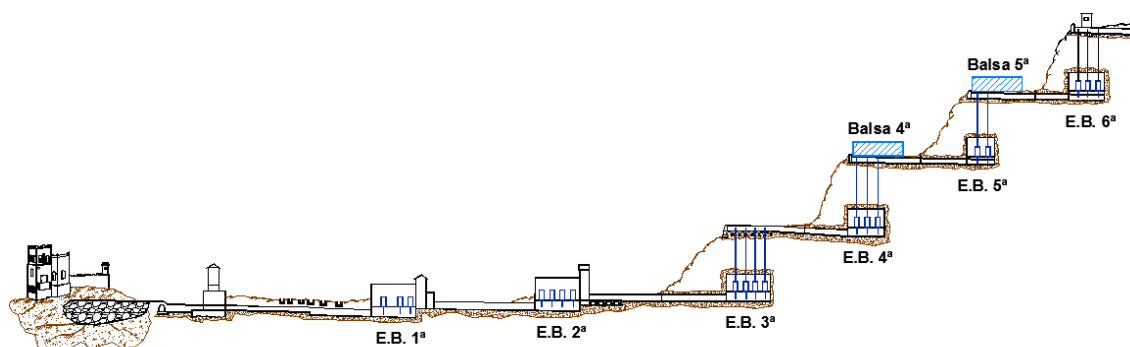


Figura 3. Esquema hidráulico mod_1

Posteriormente las elevaciones 5ª y 6ª desaparecen, siendo sustituidas por las elevaciones 5ª Aérea y 6ª de Crevillente, respectivamente (Figura 4).

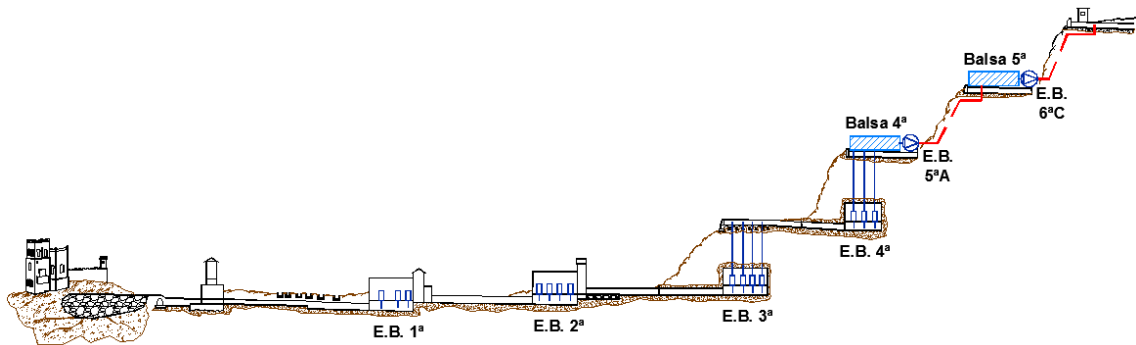


Figura 4. Esquema hidráulico mod_2

Años más tarde, se construye una pequeña balsa de regulación en la cabecera del Primer Canal de Levante (Figura 5).

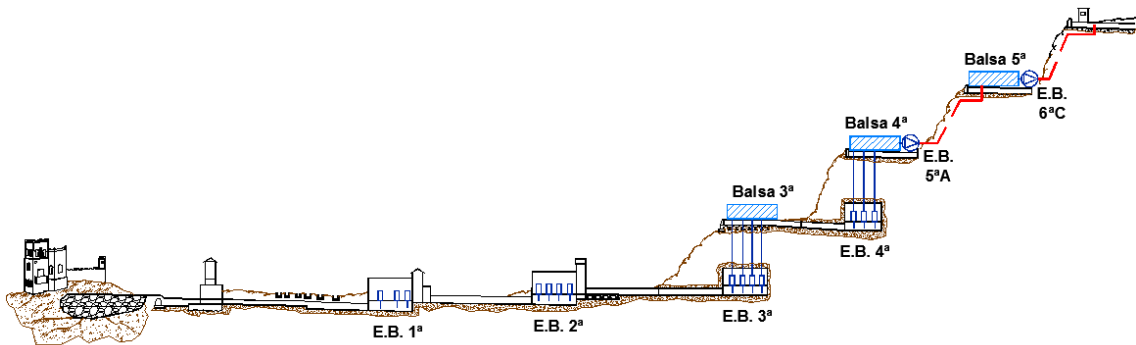


Figura 5. Esquema hidráulico mod_3

Recientemente, el esquema ha vuelto a cambiar drásticamente debido al hundimiento de las galerías que quedaban en funcionamiento (Figura 6) y la desaparición de las elevaciones Tercera y Cuarta. En el año 2014 se ha puesto en marcha el nuevo bombeo de la Segunda Elevación hasta las elevaciones Tercera y Cuarta (Figura 7).

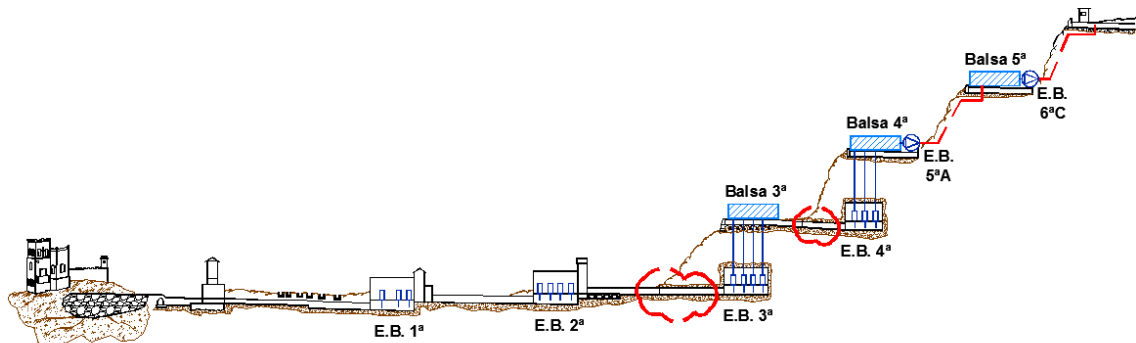


Figura 6. Esquema hidráulico (hundimiento galerías)

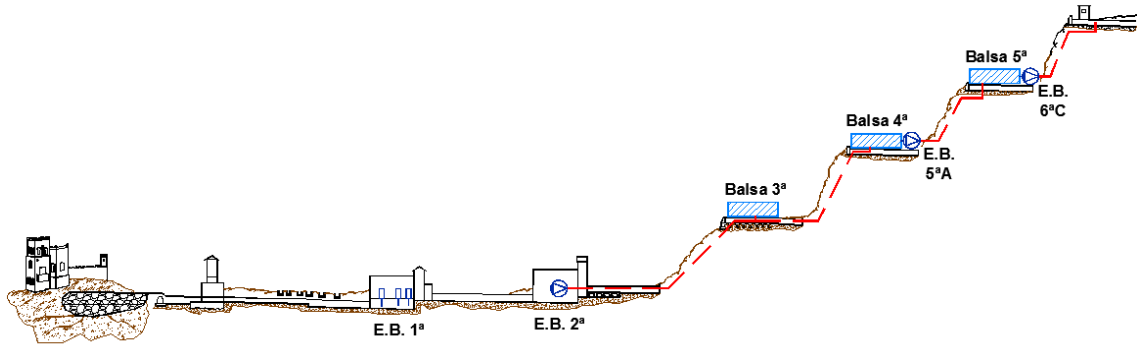


Figura 7. Esquema hidráulico actual mod_4

En la (Figura 8) se representa de manera esquemática la planta actual de la infraestructura hidráulica del sistema de elevaciones para el agua de concesiones.

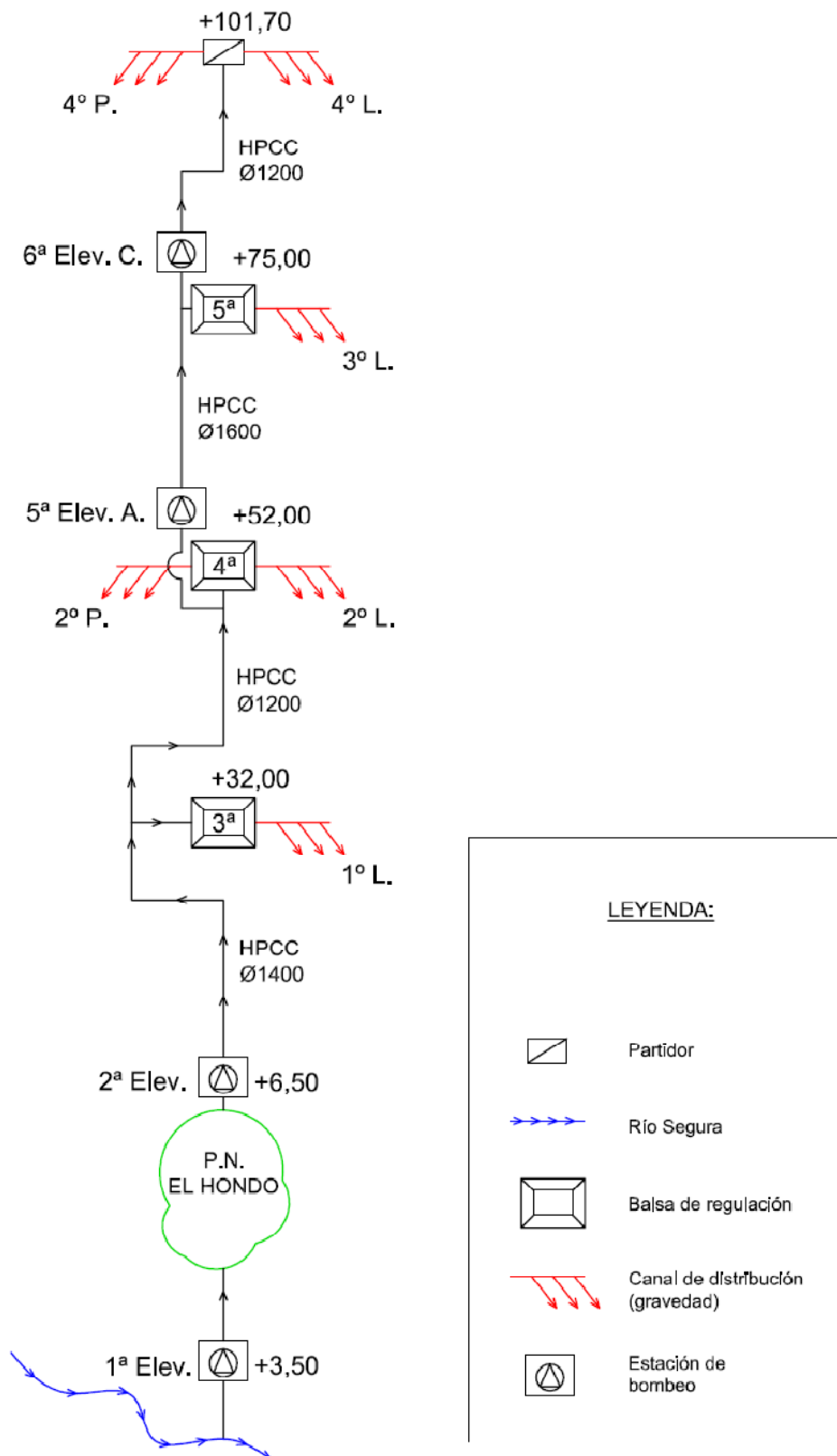


Figura 8. Esquema en planta de las instalaciones existentes para el riego de concesiones

2.2.4.1 PRIMERA ELEVACIÓN

La Primera Elevación eleva el agua hasta un nuevo canal de 7,70 m³/s de capacidad cuya solera en origen está a la cota +3,45 m.s.n.m. y una longitud de 10.827 m. conduciendo el agua hasta la Segunda Elevación.

Tabla 2. Características técnicas Primera Elevación

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INSTALACIÓN ACTUAL	
Desnivel geométrico (m.)	6,50
Capacidad de bombeo (m ³ /s)	8,30
Nº de bombas (Ud.)	4
Potencia instalada (kW)	290



Ilustración 8. Primera Elevación y bombas existentes

En la *ilustración 8* se muestran cuatro fotografías de la Primera Elevación. En la esquina inferior izquierda se puede ver la bomba conocida como el “Secherón” capaz de elevar hasta 5.000 l/s y que se pone en funcionamiento en periodos excepcionales, cuando el caudal por la desembocadura del Río Segura es muy grande. El resto de grupos son motobombas verticales sumergibles cuyas curvas características se muestran a continuación (Figura 9 y Figura 10).

Bomba

Column diameter 1200
 Suction Flange Diameter
 Impeller diameter 754,9 mm
 Number of blades 4

Motor

Motor # P0835.000 54-52-10AA-W 190KW
 Stator variant 1
 Frecuencia 50 Hz
 Tensión nominal 400 V
 Nº de polos 10
 Fases 3~
 Potencia nominal 190 kW
 Corriente nominal 415 A
 Corriente de arranque 1920 A
 Velocidad nominal 590 1/min

Factor de potencia
 1/1 Load 0,72
 3/4 Load 0,66
 1/2 Load 0,54
 Eficiencia
 1/1 Load 92,5 %
 3/4 Load 93,0 %
 1/2 Load 92,0 %

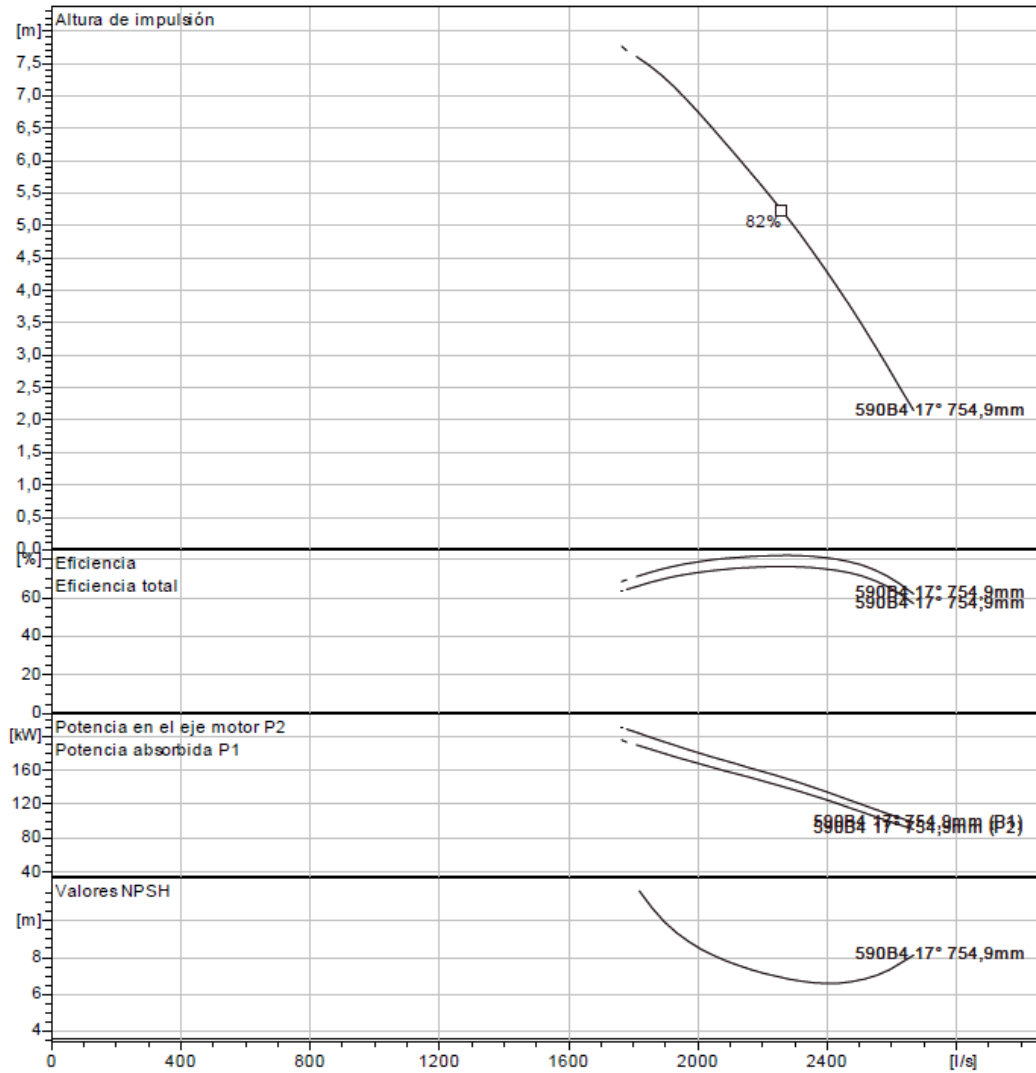


Figura 9. Curva bomba PL 7101 190 kW

Bomba

Column diameter 1000
Suction Flange Diameter
Impeller diameter 570 mm
Number of blades 4

Motor

Motor # P0705.000 43-30-8GA-W 100KW
Stator variant 1
Frecuencia 50 Hz
Tensión nominal 400 V
Nº de polos 8
Fases 3~
Potencia nominal 100 kW
Corriente nominal 227 A
Corriente de arranque 919 A
Velocidad nominal 730 1/min

Factor de potencia
1/1 Load 0,72
3/4 Load 0,66
1/2 Load 0,55
Eficiencia
1/1 Load 88,5 %
3/4 Load 89,0 %
1/2 Load 87,5 %

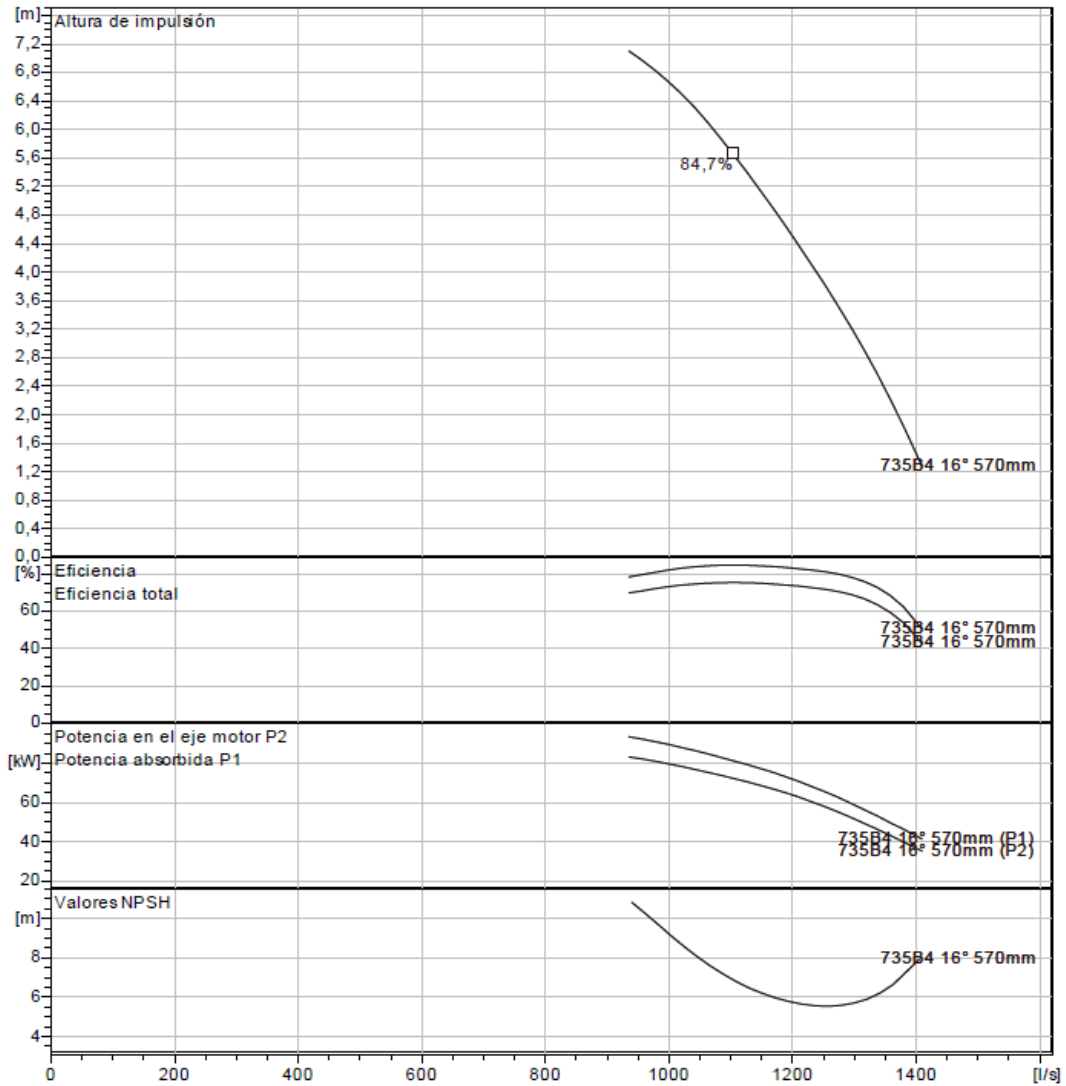


Figura 10. Curva bomba PL 7081 100 kW

2.2.4.2 SEGUNDA ELEVACIÓN

La Segunda Elevación era idéntica a la Primera Elevación y elevaba el agua hasta un nuevo canal de 7,70 m³/s de capacidad cuya solera en origen está a la cota +6,50 m.s.n.m. y una longitud de 2.077 m. (de los cuales 889 m. son en galería) conduciendo el agua hasta la Tercera Elevación.

En Enero de 2014 se puso en marcha la nueva instalación que permite impulsar el agua desde las elevaciones Segunda a Tercera y Segunda a Cuarta. Este proyecto cambia totalmente el esquema original al instalar una tubería de impulsión en lugar de las elevaciones verticales y canal de transporte.

Tabla 3. Características técnicas Segunda Elevación

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INSTALACIÓN ACTUAL	
Desnivel geométrico (m.)	33,50
	51,14
Capacidad de bombeo (m ³ /s)	3,60
	2,20
Nº de bombas (Ud.)	3
Potencia instalada (kW)	2.040



Ilustración 9. Vista general de la instalación, nueva tubería instalada en el canal y bomba sumergible durante su instalación

En la (Ilustración 9) se muestra la nueva instalación de la Segunda Elevación, uno de los grupos en su maniobra de instalación y el canal de transporte entubado con tubería DN 1400.

La (Figura 11) representa las curvas características de las tres nuevas motobombas sumergibles centrífugas instaladas en 2014.

Bomba		Motor		Factor de potencia	
Diam. de salida	500 mm	Motor #	C0965.000 66-92-6AA-W 680KW	1/1 Load	0,88
Suction Flange Diameter	600 mm	Stator variant	3	3/4 Load	0,87
Impeller diameter	670 mm	Frecuencia	50 Hz	1/2 Load	0,82
Number of blades	3	Tensión nominal	400 V	Eficiencia	
Diámetro interior	105 mm	Nº de polos	6	1/1 Load	96,0 %
		Fases	3~	3/4 Load	96,5 %
		Potencia nominal	680 kW	1/2 Load	96,5 %
		Corriente nominal	1160 A		
		Corriente de arranque	5990 A		
		Velocidad nominal	990 1/min		

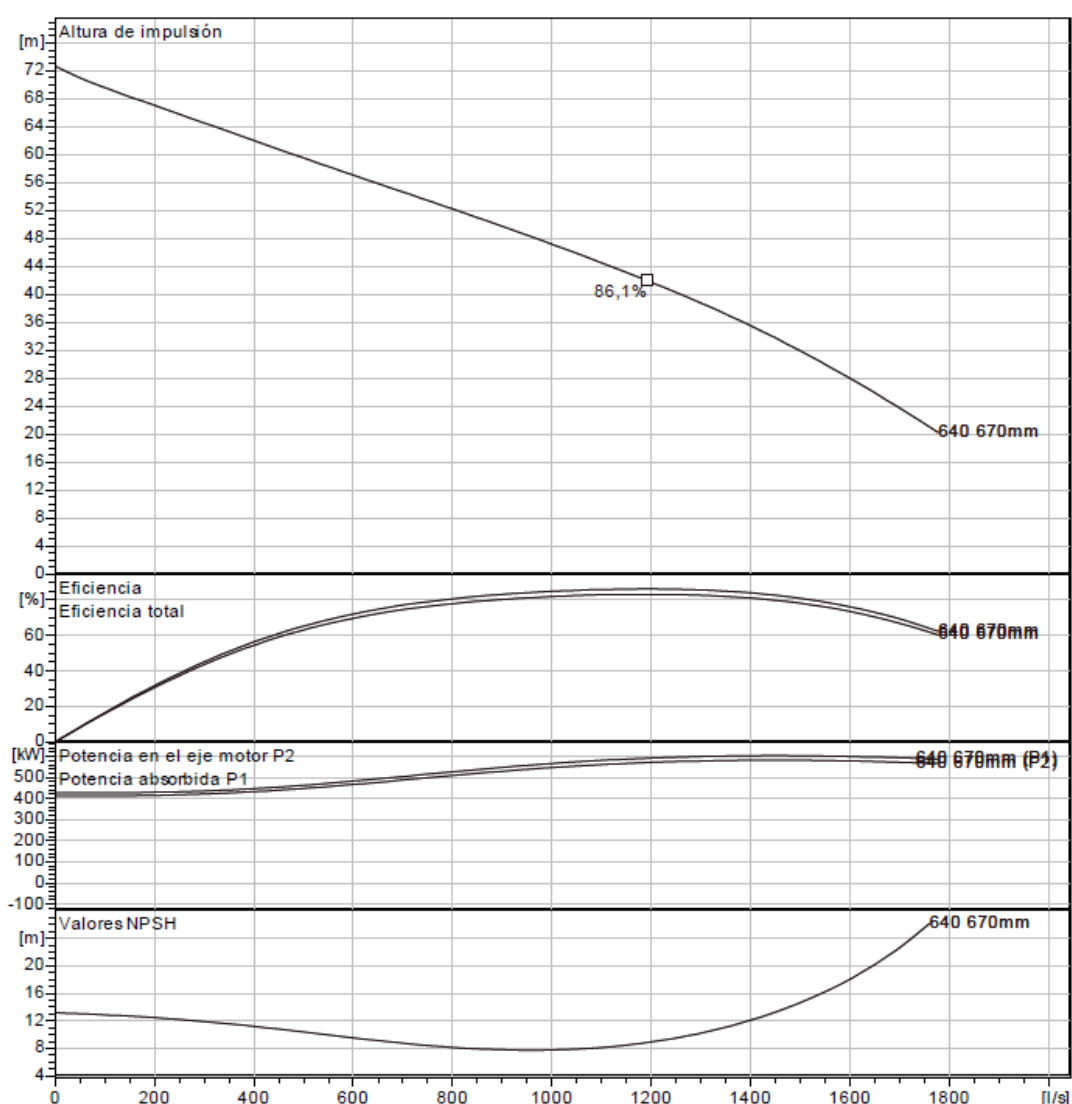


Figura 11. Curva bomba CP3531 680 kW

Existe una cuarta bomba que únicamente tiene una función ambiental, que servirá para el mantenimiento de la calidad de las aguas de los embalses del P.N. El Hondo.

Se presenta la curva característica del equipo en (Figura 12)

Bomba		Motor			
Column diameter	1000	Motor #	P0705.000 43-30-8GA-W 100KW	Factor de potencia	
Suction Flange Diameter		Stator variant	1	1/1 Load	0,72
Impeller diameter	570 mm	Frecuencia	50 Hz	3/4 Load	0,66
Number of blades	4	Tensión nominal	400 V	1/2 Load	0,55
		Nº de polos	8	Eficiencia	
		Fases	3~	1/1 Load	88,5 %
		Potencia nominal	100 KW	3/4 Load	89,0 %
		Corriente nominal	227 A	1/2 Load	87,5 %
		Corriente de arranque	919 A		
		Velocidad nominal	730 1/min		

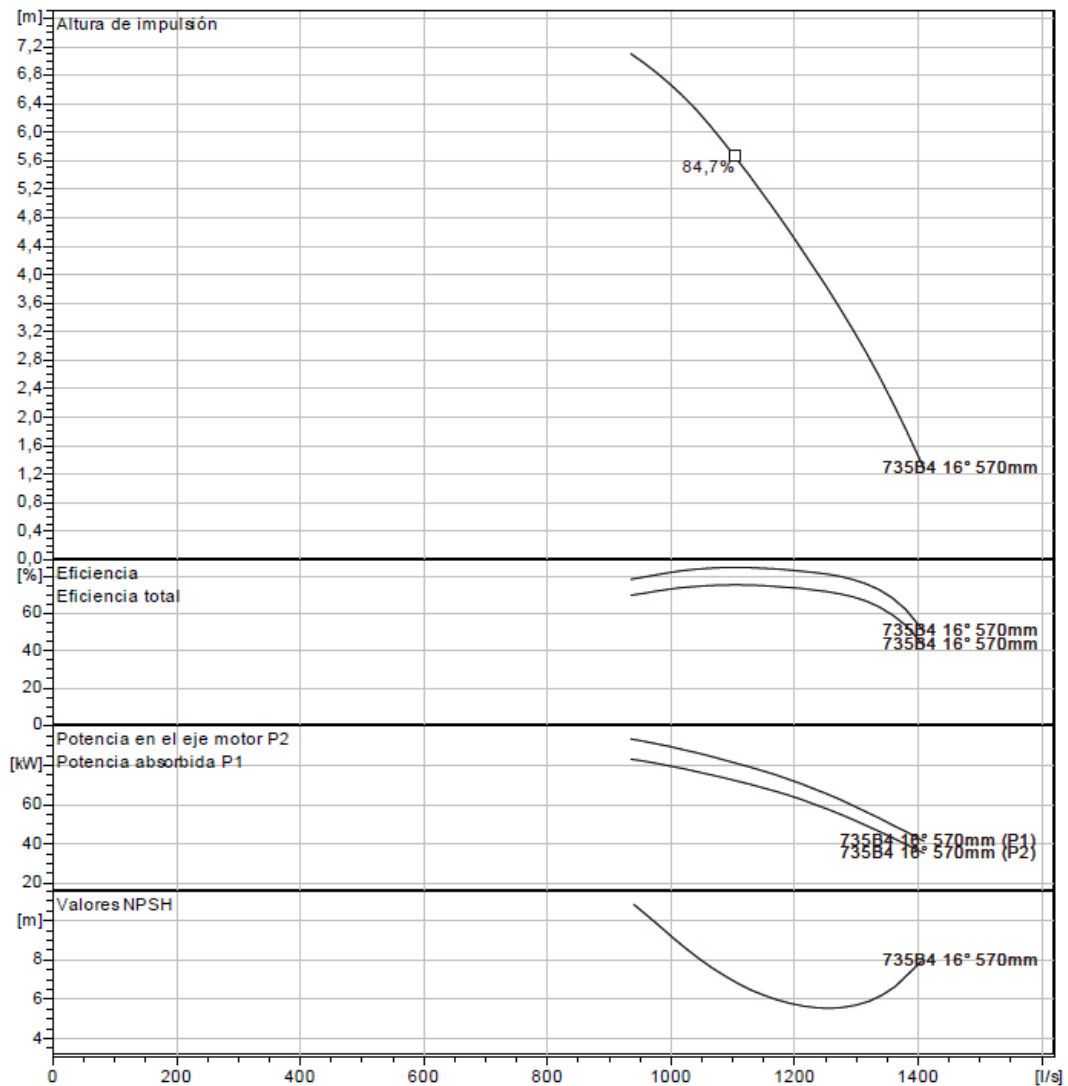


Figura 12. Curva bomba PL 7081 100 kW

2.2.4.3 TERCERA ELEVACIÓN

Al final de la galería existía una elevación denominada Tercera Elevación, donde se elevaba el agua hasta un canal de 5 m³/s de capacidad cuya solera en origen está a la cota +28,22 m.s.n.m. y una longitud de 1.299 m. (de los cuales 986 m. son en galería). Junto al vertedero de bombas de la Tercera Elevación y a la cota +28,61 m.s.n.m. nace transversalmente el Primer Canal de Levante.

Elevaba las aguas procedentes de la Segunda Elevación (a través del Canal Principal y galería en el tramo Segunda-Tercera) hasta el Canal Principal y galería (tramo Tercera-Cuarta).

La Tercera Elevación desaparece del nuevo esquema con la puesta en marcha en enero de 2014 de la nueva instalación que permite impulsar el agua desde las elevaciones Segunda a Tercera y Segunda a Cuarta.

2.2.4.4 CUARTA ELEVACIÓN

Al final de la galería existía una elevación denominada Cuarta Elevación, donde se elevaba el agua hasta una arqueta con cota de fondo de +51,69 m.s.n.m. desde donde nacen transversalmente los canales Segundo Canal de Levante y Segundo Canal de Poniente.

Elevaba las aguas procedentes de la Tercera Elevación (a través del Canal Principal y galería en el tramo Tercera-Cuarta) hasta el Canal Principal y galería (tramo Cuarta-Quinta)

La Cuarta Elevación desaparece del nuevo esquema con la puesta en marcha en enero de 2014 de la nueva instalación que permite impulsar el agua desde las elevaciones Segunda a Tercera y Segunda a Cuarta.

2.2.4.5 QUINTA ELEVACIÓN

Al final de la galería existía una elevación denominada Quinta Elevación, donde se elevaba el agua hasta una arqueta con cota de fondo de +74,95 m.s.n.m. desde donde nace transversalmente el Tercer Canal de Levante.

Debido a la poca capacidad de la galería original que conectaba las elevaciones Quinta y Sexta, a principios de los 80 se ejecutó una nueva impulsión denominada Quinta Elevación Aérea. A través de una tubería de HPCC DN1600 se impulsa el agua desde el vertedero de bombas de la Cuarta Elevación hasta una arqueta cuya solera está a la cota +74,95 m.s.n.m. donde nace el Tercer Canal de Levante.

Con la nueva obra de enero de 2014 se han trasladado las bombas existentes en las elevaciones Tercera y Cuarta a la Quinta Elevación Aérea.

Tabla 4. Características técnicas Quinta Elevación Aérea

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INSTALACIÓN ACTUAL	
Capacidad de bombeo (m ³ /s)	2,80
Nº de bombas (Ud.)	2
Potencia instalada (kW)	920



Ilustración 10. Instalación en Quinta Elevación Aérea

En la Ilustración 10 se muestra una fotografía tomada durante la instalación de los grupos reubicados desde la Tercera y Cuarta Elevación.

Bomba

Diam. de salida	600 mm
Suction Flange Diameter	800 mm
Impeller diameter	675 mm
Number of blades	4
Diámetro interior	126 mm

Motor

Motor #	C0935.000 66-76-8AD-W 460KW
Stator variant	38
Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal	400 V
Nº de polos	8
Fases	3~
Potencia nominal	460 kW
Corriente nominal	835 A
Corriente de arranque	4870 A
Velocidad nominal	745 1/min

Factor de potencia	
1/1 Load	0,83
3/4 Load	0,80
1/2 Load	0,72
Eficiencia	
1/1 Load	95,5 %
3/4 Load	95,5 %
1/2 Load	95,5 %

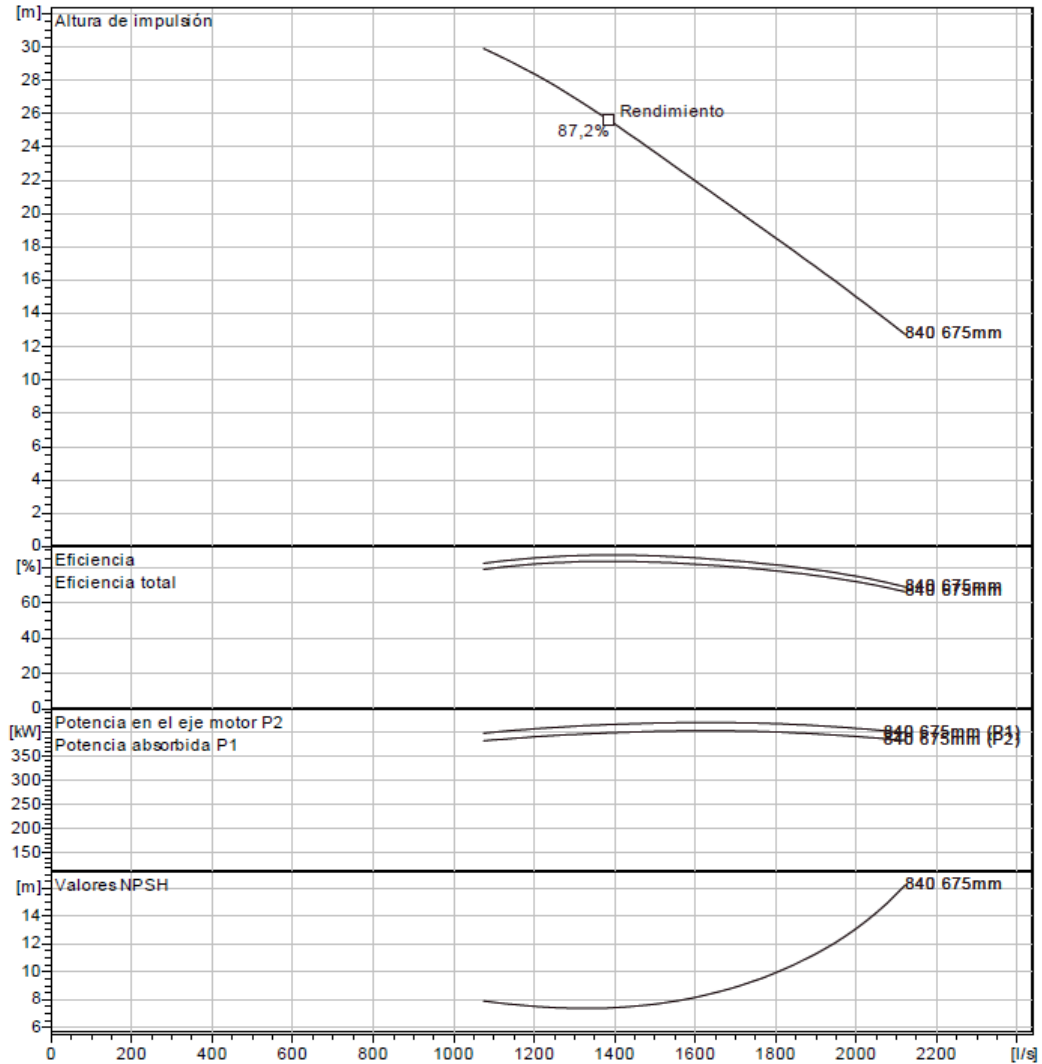


Figura 13. Curva bombas CP 3602 460 kW

La Figura 13 representa la curva característica de las dos bombas instaladas en la Quinta Elevación Aérea.

2.2.4.6 SEXTA ELEVACIÓN DE CREVILLENTE

De la misma arqueta donde nació el Tercer Canal de Levante, se iniciaba también una galería de 1.084 m. de longitud y escasa capacidad que conectaba con la cántara del bombeo de la Sexta Elevación. Al final de esta galería se elevaba el agua hasta una arqueta con cota de fondo de +101'70 m.s.n.m. desde donde nacen transversalmente el Cuarto Canal de Levante y Cuarto Canal de Poniente.

En los años 80 se construyó una galería reversible de 856 m. de longitud y 4.000 l/s (Ilustración 11) cuya solera se encuentra a la misma cota que el canal y que conduce el agua hasta la cántara de la nueva Sexta Elevación de Crevillente. La galería reversible se debía complementar con una gran balsa de regulación ubicada junto al Embalse de Crevillente (aprovechando la zona expropiada de donde se obtuvieron los materiales para construir el dique) y una turbino-bomba instalada en la cabecera de los Canales Cuarto de Levante y Poniente.

Este esquema hubiera permitido elevar agua por la noche (cuando la tarifa eléctrica era más económica) desde la Quinta Elevación (a través de la nueva galería, la Sexta Elevación de Crevillente y la turbino-bomba) hasta la balsa; durante el día (tarifa eléctrica más cara) se bajaría el agua desde la balsa hasta la cabecera del Tercer Canal de Levante previo turbinado y venta de la energía producida.

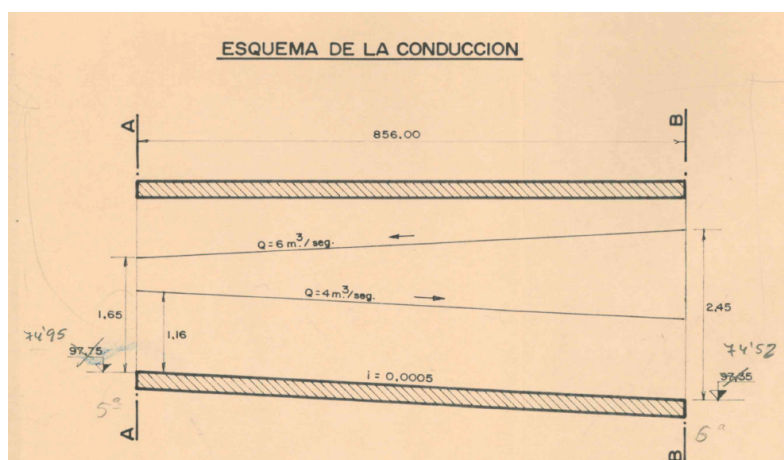


Ilustración 11. Galería reversible

En el año 2000 se instala una motobomba de 140 kW que ha sido la que ha estado en funcionamiento en los últimos años.

Con la nueva obra de enero de 2014 se ha trasladado la bomba existente en la Cuarta Elevación a la Sexta Elevación de Crevillente.

Tabla 5. Características técnicas Sexta Elevación Crevillente

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INSTALACIÓN ACTUAL	
Capacidad de bombeo (m ³ /s)	1,32
Nº de bombas (Ud.)	2
Potencia instalada (kW)	480

En la Ilustración 12 se observan los dos colectores de impulsión correspondientes a cada una de las bombas instaladas en la actualidad.



Ilustración 12. Colectores de impulsión a la salida de las bombas actuales.

La Figura 14 representa la curva característica de la bomba instalada en la Sexta Elevación de Crevillente, reubicada desde la Cuarta Elevación.

Bomba

Diam. de salida 500 mm
Suction Flange Diameter 600 mm
Impeller diameter 720 mm
Number of blades 3
Diámetro interior 105 mm

Motor

Motor # C0905.000 66-56-8AA-W 340KW
Stator variant 38
Frecuencia 50 Hz
Tensión nominal 380 V
Nº de polos 8
Fases 3~
Potencia nominal 340 kW
Corriente nominal 635 A
Corriente de arranque 3100 A
Velocidad nominal 740 1/min

Factor de potencia
1/1 Load 0,85
3/4 Load 0,84
1/2 Load 0,78
Eficiencia
1/1 Load 95,0 %
3/4 Load 95,5 %
1/2 Load 95,5 %

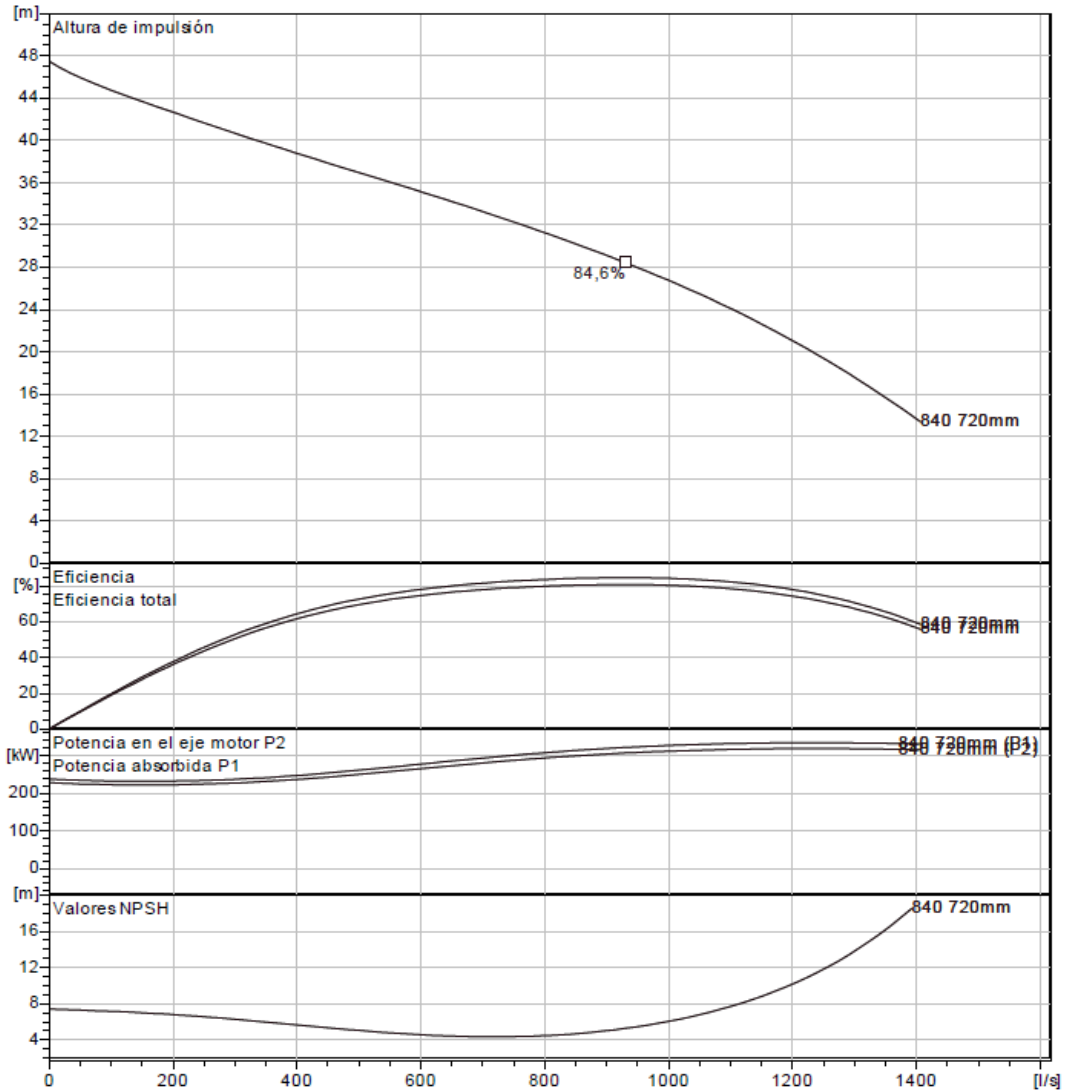


Figura 14. Curva bomba CP 3531 340 kW

Bomba

Diam. de salida 300 mm
Suction Flange Diameter 350 mm
Impeller diameter 520 mm
Number of blades 3
Diámetro interior 102 mm

Motor

Motor # C0735.000 43-44-6BC-W 140KW
Stator variant 1
Frecuencia 50 Hz
Tensión nominal 400 V
Nº de polos 6
Fases 3~
Potencia nominal 140 kW
Corriente nominal 268 A
Corriente de arranque 1540 A
Velocidad nominal 985 1/min

Factor de potencia
1/1 Load 0,81
3/4 Load 0,76
1/2 Load 0,65
Eficiencia
1/1 Load 93,0 %
3/4 Load 93,0 %
1/2 Load 92,5 %

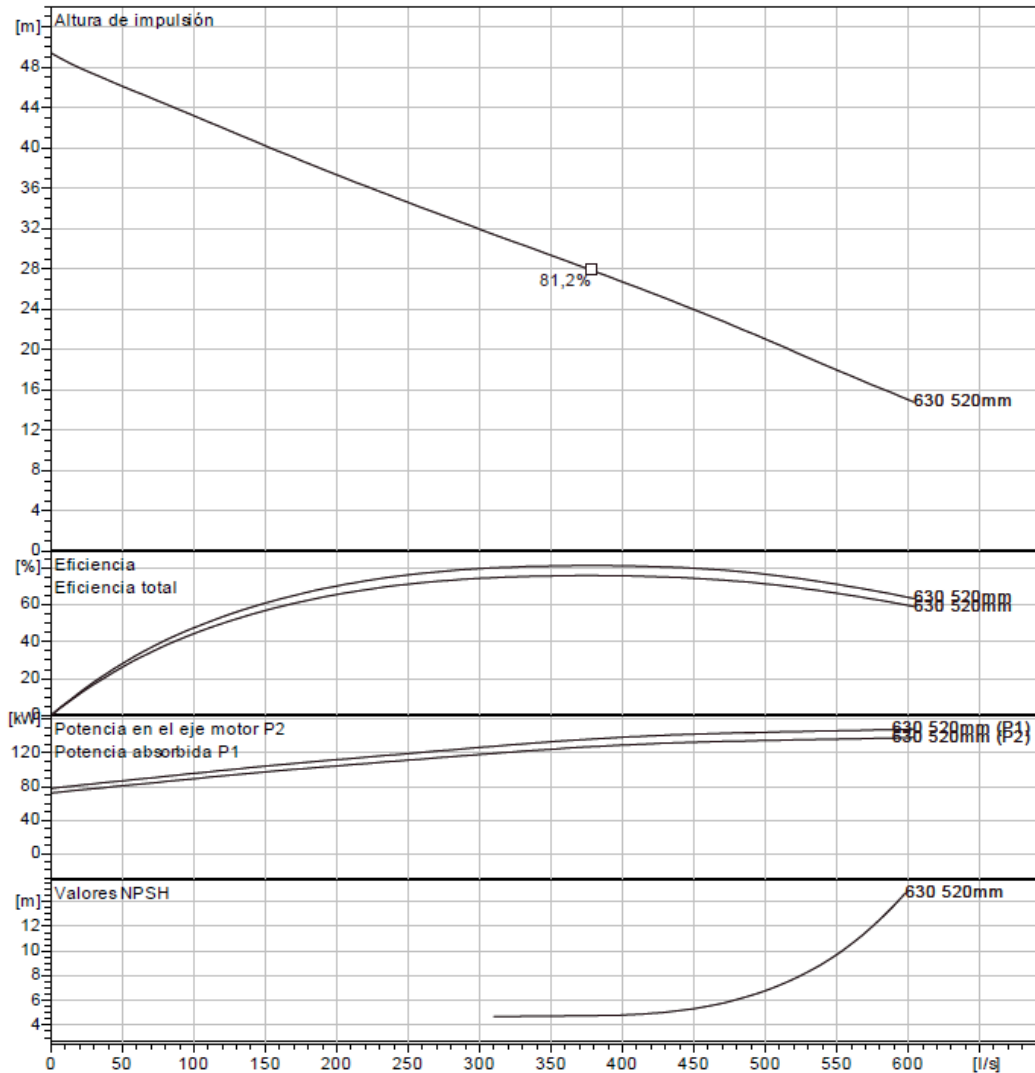


Figura 15. Curva bomba CP 3312 140 kW

La Figura 15 representa la curva característica de la bomba instalada en la Sexta Elevación de Crevillente en el año 2000.

2.2.5 CANAL PRINCIPAL

En las siguientes fichas se relacionan los diferentes tramos de Canal Principal.

2.2.5.1 TRAMO 0. TOMA-PRIMERA ELEVACIÓN

Tabla 6. Características técnicas tramo 1

Nº SUBTRAMO		1.1	
Subtramo	P.K.		
	Toma	3+700	
Longitud (m.)	3.700		
Pendiente (m./m.)	0.0005		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

Nº SUBTRAMO		1.2	
Subtramo	P.K.		
	3+680	4+380	
Longitud (m.)	700		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

Nº SUBTRAMO		1.3	
Subtramo	P.K.		
	4+380	5+114	
Longitud (m.)	734		
Pendiente (m./m.)	0.0003		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

2.2.5.2 TRAMO 1. PRIMERA-SEGUNDA ELEVACIÓN

Tabla 7. Características técnicas tramo 2

Nº SUBTRAMO		2.1	
Subtramo	P.K.		
	5+114	9+828	
Longitud (m.)	4.714		
Pendiente (m./m.)	0.0003		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Pedestal		

Nº SUBTRAMO		2.2	
Subtramo	P.K.		
	9+828	13+131	
Longitud (m.)	3.303		
Pendiente (m./m.)	0.0003		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Sobre terreno natural		

Nº SUBTRAMO		2.3	
Subtramo	P.K.		
	13+131	15+941	
Longitud (m.)	2.810		
Pendiente (m./m.)	0.0003		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

2.2.5.3 TRAMO 2. SEGUNDA-TERCERA ELEVACIÓN

Tabla 8. Características técnicas tramo 3

N° SUBTRAMO		3.1	
Subtramo	P.K.		
	15+941	16+441	
Longitud (m.)	500		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Pedestal		

N° SUBTRAMO		3.2	
Subtramo	P.K.		
	16+441	17+129	
Longitud (m.)	688		
Pendiente (m./m.)	0.0005		
Capacidad (m ³ /s)	7		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

N° SUBTRAMO		3.3	
Subtramo	P.K.		
	17+129	18+018	
Longitud (m.)	889		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	7		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Galería		

El tramo 3 actualmente se encuentra en desuso ya que la nueva instalación conecta las elevaciones Segunda y Tercera con una tubería de hormigón postesado con camisa de chapa DN1400.

2.2.5.4 TRAMO 4. TERCERA-CUARTA ELEVACIÓN

Tabla 9. Características técnicas tramo 4

N° SUBTRAMO		4.1	
Subtramo	P.K.		
	18+018	18+175	
Longitud (m.)	157		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	5		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Pedestal		

N° SUBTRAMO		4.2	
Subtramo	P.K.		
	18+175	18+331	
Longitud (m.)	156		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	5		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Sobre terreno natural		

N° SUBTRAMO		4.3	
Subtramo	P.K.		
	18+331	19+317	
Longitud (m.)	986		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	5		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Galería		

El tramo 4 actualmente se encuentra en desuso ya que la nueva instalación conecta las elevaciones Tercera y Cuarta con una tubería de hormigón postesado con camisa de chapa DN1200.

2.2.5.5 TRAMO 5. CUARTA-QUINTA ELEVACIÓN

Tabla 10. Características técnicas tramo 5

Nº SUBTRAMO		5.1	
Subtramo	P.K.		
	19+317	19+528	
Longitud (m.)	211		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	3		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

Nº SUBTRAMO		5.2	
Subtramo	P.K.		
	19+528	20+395	
Longitud (m.)	867		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	3		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Galería		

El tramo 5 actualmente se encuentra en desuso ya que la instalación realizada a finales de los años 80 la sustituiría por una tubería de hormigón postesado con camisa de chapa DN1600.

2.2.5.6 TRAMO 6. QUINTA AÉREA-SEXTA ELEVACIÓN

Tabla 11. Características técnicas tramo 6

Nº SUBTRAMO		6.1	
Subtramo	P.K.		
	20+420	20+537	
Longitud (m.)	117		
Pendiente (m./m.)	0.0005		
Capacidad (m ³ /s)	1		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

Nº SUBTRAMO		6.2	
Subtramo	P.K.		
	20+537	21+479	
Longitud (m.)	942		
Pendiente (m./m.)	0.0005		
Capacidad (m ³ /s)	1		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Galería reversible		

2.2.6 CANALES TRANSVERSALES DE DISTRIBUCIÓN

Estos canales distribuyen por gravedad las aguas desde las derivaciones existentes en los diferentes tramos del Canal Principal hasta los partidores de riego que, después de aforar las aguas en vertederos de pared delgada, las introducen en la red secundaria de riego.

Los empleados de la C.G.R.R.L. gestionan la red de canales principales y de distribución hasta el vertedero aforador. En ese punto nace una extensa red de acequias y partidores, donde se mide el caudal suministrado a los regantes.

Los canales transversales transportan las aguas por gravedad con una pendiente media de 0,0005 m/m. Originalmente eran de forma trapezoidal y discurrían a cielo abierto, sin embargo en la actualidad éstos se han ido sustituyendo por tuberías de hormigón o por canales de hormigón en masa cubiertos.

Algunos de estos canales tienen elevaciones intermedias desde donde nacen otros canales de similares características. Los distintos canales existentes con sus obras singulares y sucesivas derivaciones son los descritos a continuación.

2.2.6.1 PRIMER CANAL DE LEVANTE

Tiene una longitud total de 20.297 m. y una capacidad variable desde 2.000 l/s en cabecera hasta 500 l/s en la cola. La zona que domina es la que se encuentra por debajo de las cotas +28,61 y +18,65 m.s.n.m.

Los primeros 7.608 m. comprendidos entre la cabecera y el Río Vinalopó, presentan un estado lamentable al ser uno de los dos tramos de canal que se encuentra sin reconstruir y el resto (hasta los 20.297 m.) está formado por una tubería telescópica de hormigón en masa con diámetros comprendidos entre 1.800 mm. y 1.000 mm. Paralelamente a este último tramo transcurre un camino de servicio de 5 m. de anchura.

Tabla 12. Características técnicas Primer Canal de Levante

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	20.297
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	2 - 0,50
Sección tipo	Diversa

2.2.6.2 SEGUNDO CANAL DE LEVANTE

Tiene una longitud total de 10.662 m. y una capacidad variable desde 1.700 l/s en cabecera hasta 500 l/s en la cola. La zona que domina es la comprendida entre las cotas +52,19 y +47'09 m.s.n.m.

Está formado por una tubería telescópica de hormigón armado con diámetros comprendidos entre 1.500 mm. y 1.000 mm. Paralelamente a este último tramo transcurre un camino de servicio de 5 m. de anchura.

En cabecera de canal se dispone de una balsa de regulación de 36.000 m³ de capacidad denominada "Balsa de la Cuarta Elevación"

Tabla 13. Características técnicas Segundo Canal de Levante

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	10.662
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	1,7 – 0,50
Sección tipo	Diversa

2.2.6.3 SEGUNDO CANAL DE PONIENTE

Tiene una longitud total de 12.700 m. y una capacidad variable desde 1.500 l/s en cabecera hasta 500 l/s en la cola. La zona que domina es la que se encuentra por debajo de las cotas +52,22 y +45,64 m.s.n.m.

El tramo comprendido entre la cabecera y el partidor 27, de 10.744 m. de longitud, se encuentra en estado lamentable al ser uno de los dos tramos de canal que se encuentra sin reconstruir y el resto está formado por una tubería telescópica de hormigón en masa con diámetros comprendidos entre 1.500 mm. y 1.000 mm. Paralelamente a este último tramo existe un camino de servicio de 5 m. de anchura.

La cola del canal se prolonga con el denominado Canalillo de Granja.

El Segundo de Canal de Levante comparte la balsa de cabecera descrita en el apartado anterior.

Tabla 14. Características técnicas Segundo Canal de Poniente

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	12.700
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	1,50 – 0,50
Sección tipo	Diversa

2.2.6.4 TERCER CANAL DE LEVANTE

Tiene una longitud total de 47.748 m. y una capacidad variable desde 4.000 l/s (de cabecera hasta el barranco de San Antón), 2.000 l/s hasta Bacarot, 1.000 l/s hasta Alicante y 500 l/s en la cola.

Las cotas que domina son las comprendidas entre la +74,94 m.s.n.m. en cabecera y la +64,25 m.s.n.m. en Bacarot, la zona de Bacarot y la Huerta de Alicante.

Está formado por un canal de sección variable de hormigón en masa cubierto con un forjado hasta Bacarot. Paralelamente a este canal transcurre un camino de servicio de 5 m. de anchura. Desde Bacarot hasta el final está formado por una tubería telescópica de hormigón en masa con diámetros de 1.200 mm. y 1.000 mm.

En cabecera de canal se dispone de una balsa de regulación de 38.000 m³ de capacidad denominada "Balsa de la Quinta Elevación"

En el partidor 35 se encuentra la Sexta Elevación de Elche que eleva las aguas desde el Tercer Canal de Levante hasta la cota +100,33 m.s.n.m. En este punto nacen dos canales denominados Sexta de Elche Poniente y Sexta de Elche Levante.

Además existe un embalse de 20.000 m³ de capacidad denominado "Balsa de la Sexta de Elche" donde encontramos una nueva elevación denominada Séptima Elevación de Elche que eleva las aguas hasta la cota +123'53 m.s.n.m. desde donde nacen los canales denominados Séptimo de Elche Poniente y Séptimo de Elche Levante. En cabecera de estos canales se dispone de un embalse de 100.000 m³ de capacidad denominado "Balsa de la Séptima de Elche"

En el partidor 117 se encuentra la Elevación de Muchamiel que eleva las aguas hasta la cota +100 m.s.n.m. donde se encuentra la balsa "El Pantanet", de 20.000 m³ de capacidad.

Tabla 15. Características técnicas Tercer Canal de Levante

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	47.748
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	4 – 0,50
Sección tipo	Diversa

2.2.6.5 CUARTO CANAL DE LEVANTE

Tiene una longitud total de 6.840 m. y una capacidad variable desde 900 l/s en cabecera hasta 300 l/s en el barranco de Barbasena. Las cotas que domina son las comprendidas entre la +101,70 y +98,28 m.s.n.m.

Está formado por una tubería telescópica de diámetros comprendidos entre 1.200 mm. y 600 mm. de hormigón en masa.

En el partidor 14 se encuentra la Séptima Elevación de la Peña, que eleva las aguas hasta la cota +138'30 m.s.n.m. donde nace el canal denominado "Canal de La Peña". Además existe una balsa de 76.000 m³ de capacidad.

Tabla 16. Características técnicas Cuarto Canal de Levante

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	6.840
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	0,90 – 0,30
Sección tipo	Diversa

2.2.6.6 CUARTO CANAL DE PONIENTE

Tiene una longitud total de 29.080 m. en dos tramos diferenciados. El primero está formado por un ovoide de hormigón en masa con una capacidad de 2.000 l/s desde cabecera hasta el partidor 70. El segundo tramo está formado por una tubería telescópica de hormigón en masa con una capacidad variable desde 1.500 l/s hasta 500 l/s.

Las cotas que domina son las comprendidas entre la +101,70 y la +92,07 m.s.n.m. (partidor 70); la +87,16 m.s.n.m.

En el partidor 70 se encuentra la Séptima Elevación de Rocamora, que eleva las aguas hasta la cota +134,17 m.s.n.m. desde donde nace un canal denominado Séptimo Canal de Rocamora. Además existen dos balsas de 65.000 y 20.000 m³ de capacidad.

Tabla 17. Características técnicas Cuarto Canal de Poniente

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	29.080
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	2 – 0,5
Sección tipo	Diversa

2.2.7 ELEMENTOS REGULADORES DE LA RED PRINCIPAL

2.2.7.1 PARQUE NATURAL "EL HONDO"

El Parque Natural de El Hondo (en adelante El Hondo) está situado entre las coordenadas 0° 43´ Oeste y 0° 49´ Oeste; 38° 9´ Norte y 38° 13´ Norte, situado en la Comarca del Bajo Vinalopó, entre los términos municipales de Elche y Crevillente, en la provincia de Alicante.

El Hondo es un humedal de morfología artificial ubicado en el ámbito de una llanura de inundación aluvial. El funcionamiento hídrico, en la mayoría de los casos, requiere intervención humana y aporte energético en forma de bombeo de agua.

Está formado por dos embalses reguladores de agua de riego, como núcleo principal y un conjunto periférico de hasta 11 charcas con finalidad cinegético-pesquera.

En la Ilustración 13 se muestra una fotografía aérea del Parque Natural.



Ilustración 13. Vista aérea de los embalses del P.N. del Hondo

2.2.7.1.1 HISTORIA

Durante el siglo XVII, el Cardenal D. Luis de Belluga y Moncada desarrolló su proyecto conocido como "Pías Fundaciones" donde desecaron 4.470 Has. de las zonas encharcadas del entorno oeste de la albufera de Elche.

En 1730 se fundan las poblaciones de Nuestra Señora de los Dolores, San Fulgencio y San Felipe de Nerí, destinadas a recoger a los colonos que han de cultivar las tierras desecadas. Por su parte y de forma paralela, D. Francisco Ponce de León, Láncaster y Cárdenas, Duque de Arcos, Maqueda y Nájera, Señor de Elche, obtiene la aprobación real para la fundación del poblado de San Francisco de Asís, lugar de establecimiento de los colonos que han de cultivar la 1000 hectáreas desecadas.

En el entorno que actualmente se enclava El Hondo se desarrollará una agricultura de plantas adaptadas a suelos salinos como alfalfa, algodón, cáñamo etc. La zona húmeda queda reducida a una pequeña charca temporal denominada "Bassa la Llarguera".

En 1932 la R.C.Riegos de Levante adquirió 1600 Has. de las tierras desecadas por la "Pías Fundaciones". Estas tierras se situaban en la antigua charca conocida como Bassa Llarguera. Ese mismo año comienza la construcción, totalmente manual, del embalse de Levante; en 1945 se construiría el de Poniente. En conjunto se inundan 1.100 Has.

Se trataba de una obra poco artificiosa ya que utiliza la depresión natural como vaso de embalse y se construyen diques o motas con los materiales extraídos de zanjas perimetrales a los embalses. Toda la construcción es manual, utilizándose un sistema de encofrado simple de estacas de madera y haces de cañas o carrizos; para la estabilización de los diques y defensa contra la erosión del oleaje se realizaron plantaciones de eucaliptos y cañas.

En la década de los 70, se efectuaron una serie de obras para encharcar de forma permanente los terrenos circundantes a los embalses. Se conforman un conjunto de charcas de aguas salobres entorno a las que se establecen 6 cotos cinegético-pesqueros. Es a partir de este momento cuando se configura la situación actual de El Hondo.

- Dos embalses reguladores de agua de riego.
- Once charcas de aguas salobres.
- Saladares en la periferia.

2.2.7.1.2 HIDROLOGÍA DEL MEDIO

El balance hídrico es muy deficitario, debido a las altas temperaturas estivales, las casi 3.000 horas de insolación anual y la escasez de precipitaciones. La capacidad evaporativa del ecosistema (evapotranspiración) es muy alta, llegando a superar los 1.000 mm año.

Hidrológicamente, El Hondo se divide en dos subunidades:

- Los embalses: dependen únicamente de las aportaciones del Río Segura y los drenajes de la Vega Baja. Los volúmenes captados las últimas décadas han sido muy variables con puntas de hasta 100 Hm³/año hasta la sequía extrema en los años 93 y 94 del pasado siglo.
- Las charcas: dependen de los caudales aportados por aguas de escorrentía y drenaje de tierras de cultivo, las procedentes del acuífero superficial mediante bombeos y la presencia de pequeños manantiales que incrementan los niveles.

El desagüe del humedal se efectúa mediante dos vías:

- La elevación de los volúmenes para riego a través de la Segunda Elevación y el Canal Principal.

- El azarbe de Dalt, que canaliza las aguas de las charcas hasta el mar.

2.2.7.1.3 PROBLEMAS DEL MEDIO

- Escasas aportaciones de recursos hídricos del sistema hídrico del Segura y sus azarbes.
- Alta salinización de las aguas elevadas por la Primera Elevación con salinidades medias superiores a los 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Altos procesos evaporativos superiores a 1.000 mm año.

Todos estos condicionantes inciden en un alto contenido en sales de las aguas embalsadas; la salinidad media de las aguas contenidas en los embalses de El Hondo medidas a lo largo de los últimos 5 años es de 6.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que determina una salinidad media total de 4,5 g/l. (incluidas todas las sales).

2.2.7.2 Balsa de la Tercera Elevación

En el año 2007 se construyó una balsa de regulación junto al Canal Principal (a la salida de la Tercera Elevación) de 16.000 m³ de capacidad en la que se almacenaba el volumen necesario a través del bombeo de la Tercera Elevación (tras su remodelación del año 2006) que captaba el agua directamente desde la galería Segunda-Tercera.

La salida de las bombas estaba conectada con una tubería de hormigón armado DN1000 montada sobre el Canal Principal que llegaba a la balsa. Junto a la balsa existía una "T" con una válvula que regulaba el caudal hacia la balsa o hacia el Canal Principal para continuar su recorrido hacia la Cuarta Elevación.

Tabla 18. Ficha técnica. Balsa Tercera Elevación

FICHA TÉCNICA	
Volumen (m ³)	16.000
Situación	Coordenadas UTM (H-30 ETRS-89)
	X= 694.851,80 Y= 4.232.898,55
Tipología	Hormigón armado
Cota de fondo (m.s.n.m.)	32,22
Cota de coronación (m.s.n.m.)	37,97
Cota de aliviadero (m.s.n.m.)	37,47
Talud interior	1H:1V

Con la nueva obra puesta en marcha en 2014, la función de la balsa sigue siendo la misma (almacenar parte de los caudales bombeados desde la Segunda Elevación y que se distribuirán por el Primer Canal de Levante)

También existe una conexión a la red principal de riego de modernización que permite llenar la balsa para los periodos en los que el Primer Canal de Levante riegue con agua del A.T.S.

Tabla 19. Curva de capacidad. Balsa Tercera Elevación

ALTURA (M.)	VOLUMEN (M ³)
0	0
1	3.047,6
2	6.095,2
3	9.142,9
4	12.190,5
5	15.238,1
5,25	16.000

2.2.7.3 Balsa de la Cuarta Elevación

En los años 50 se construyó una balsa de regulación junto al Canal Principal (a la salida de la Cuarta Elevación) de casi 37.800 m³ de capacidad en la que se almacenaba el volumen necesario, bombeado a través del bombeo de la Cuarta Elevación (hasta la arqueta donde nacen los canales Segundo de Levante y Poniente) y regulado por compuertas; mediante las diferentes bombas que captaban el agua directamente desde la galería Tercera-Cuarta.

Tabla 20. Ficha técnica. Balsa Cuarta Elevación

FICHA TÉCNICA	
Volumen (m ³)	37.800
Situación	Coordenadas UTM (H-30 ETRS-89)
	X=694.418 Y=4.234.027
Tipología	Hormigón en masa
Cota de fondo (m.s.n.m.)	52,24
Cota de coronación (m.s.n.m.)	55,74
Cota de aliviadero (m.s.n.m.)	55,57
Talud interior	Variable

Con la nueva obra puesta en marcha en 2014, la función de la balsa sigue siendo almacenar parte de los caudales bombeados desde la Segunda Elevación y que se distribuirán por los Canales Segundo de Levante y Segundo de Poniente así como el rebombeo a través de la Quinta Elevación Aérea)

También existe una conexión a la red principal de suministro de agua del A.T.S. para riego tradicional, realizada en los años 70 y que permite llenar la balsa para los periodos en los que los Canales Segundo de Levante y Poniente rieguen con agua del Trasvase.

Tabla 21. Curva de capacidad. Balsa Cuarta Elevación

ALTURA (M.)	VOLUMEN (M ³)
0	0
0,53	4.320
1	9.720
1,51	15.660
1,98	21.060
2,49	27.000
3	32.940
3,33	37.800

2.2.7.4 Balsa de la Quinta Elevación

En los años 50 se construyó una balsa de regulación junto al Canal Principal (a la salida de la Quinta Elevación) de 36.590 m³ de capacidad en la que se almacenaba el volumen necesario, bombeado a través del bombeo de la Quinta Elevación (hasta la arqueta donde nace el Tercer Canal de Levante) y regulado por compuertas directamente desde la galería Cuarta-Quinta.

Esta balsa se puede considerar el núcleo de distribución de agua del A.T.S. para todas las comunidades de base.

Tabla 22. Ficha técnica. Balsa Quinta Elevación

FICHA TÉCNICA	
Volumen (m ³)	36.590
Situación	Coordenadas UTM (H-30 ETRS-89)
	X= 693.997 Y= 4.235.025
Tipología	Hormigón en masa
Cota de fondo (m.s.n.m.)	74,95
Cota de coronación (m.s.n.m.)	80,15
Cota de aliviadero (m.s.n.m.)	79,95
Talud interior	Variable

También existe una conexión a la red principal de suministro de agua del A.T.S. para riego tradicional, realizada en los años 70 que permite llenar la balsa para los periodos en los que el Tercer Canal de Levante riega con agua del Trasvase.

Tabla 23. Curva de capacidad. Balsa Quinta Elevación

ALTURA (M.)	VOLUMEN (M ³)
1	6.000
2	13.878
3	21.870
4	30.132
5	36.590

2.2.8 TELECONTROL DE LAS INSTALACIONES

Lógicamente con el proyecto original no se incluía ningún elemento que permitiera operar telemáticamente las instalaciones.

Fue en la remodelación de las instalaciones del año 1981 cuando se diseñó un gran sistema de telecontrol vía cable, gobernado desde un puesto central junto a la Quinta Elevación (Ilustración 14).

Era un proyecto muy ambicioso pues permitía conocer los niveles en cada uno de los embalses, maniobrar compuertas, arrancar y parar las bombas, etc. Desgraciadamente solo llegó a funcionar durante las primeras semanas tras la puesta en marcha de las instalaciones y se quedó en desuso.



Ilustración 14. Centro de telemando

Posteriormente, dentro de las obras del año 1995 se creó una nueva red de telecontrol mediante radiofrecuencia gobernada desde un puesto central y capaz de controlar todas las maniobras necesarias para el funcionamiento de las instalaciones.

Esta red ha sido mantenida hasta hoy, ampliándose con nuevas actuaciones y haciéndola cada vez más robusta y fiable.

2.3 SISTEMA DE RIEGO TRADICIONAL CON AGUA DEL A.T.S.

En el tramo final del Canal del Post-Trasvase Tajo-Segura se encuentra un aforador (vertedero de pared delgada) que mide los caudales que entran en el sistema hidráulico de la C.G.R.R.L.

El agua suministrada puede derivarse a una estación de bombeo que la eleva hasta el Embalse de Crevillente o bien introducirse en la red presurizada de regadío tradicional de agua del A.T.S. (Ilustración 16).

Para el funcionamiento de la red de riego tradicional con agua del A.T.S. se operaba presurizando la red principal y llenando las balsas de regulación. La distribución en los canales secundarios era idéntica a la distribución del agua de concesiones.

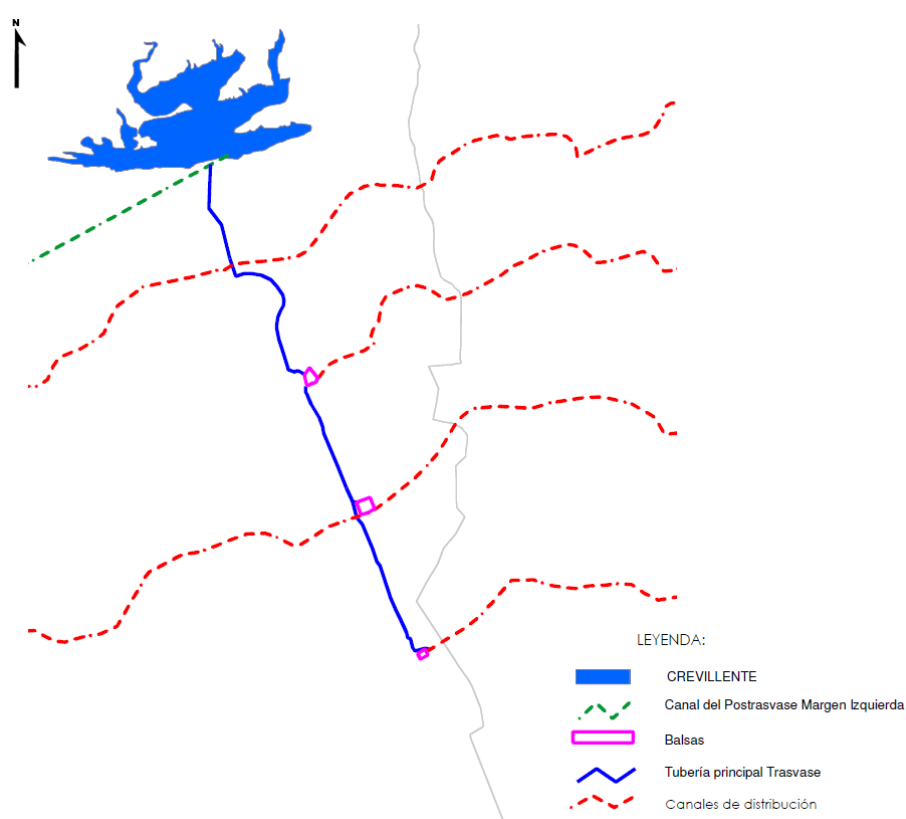


Figura 16. Esquema hidráulico red de riego tradicional con agua del A.T.S.

2.3.1 ESQUEMA HIDRÁULICO DE FUNCIONAMIENTO

Creada a finales de los años 70, esta red se compone de dos tuberías de hormigón pretensado DN1200 que suministra el agua del A.T.S. a los canales de distribución. La energía potencial existente en la cabecera de la red principal se disipa mediante unas arquetas de rotura de carga y válvulas accionadas manualmente. Desde sus inicios esta red ha presentado numerosos problemas obligando a repararla constantemente y dejando temporalmente fuera de servicio el sistema.

No obstante, se ha contado desde siempre con las balsas de regulación de la Cuarta y Quinta Elevación, con capacidad suficiente para disminuir el impacto que estos desabastecimientos pudieran ocasionar. Posteriormente (año 2007) se construyó la balsa de la Tercera Elevación que, con una capacidad menor de regulación, podría también laminar estos problemas.

2.3.2 INFRAESTRUCTURA DAÑADA

En la actualidad las tuberías de la red principal presentan diferentes patologías muy costosas de reparar, derivado no por su complejidad sino por la ubicación de los puntos afectados así como el gran número de éstos.

Tan grave es el problema que en el año 2012 se ejecutó de urgencia una acometida a la tubería principal de modernización para poder llenar la balsa de la Tercera Elevación con agua del A.T.S. pues la tubería original que debía alimentar al Primer Canal de Levante estaba totalmente colapsada, con afecciones incluso a la línea de FFCC Alicante-Murcia. (Ilustración 15).



Ilustración 15. Llenado desde la red de modernización

Las balsas de la Cuarta y Quinta Elevación siguen llenándose mediante las tuberías originales y válvulas reductoras, las cuales han sido reparadas en numerosas ocasiones debido a que no son válvulas adecuadas para el uso que se le está dando.

Esto implica que constantemente se produzcan roturas en esas arqueta, además de las incalculables pérdidas de agua.

En la ilustración 16 se muestran cuatro fotografías correspondientes a una de las arquetas de rotura de carga. Se puede observar la válvula de mariposa utilizada

(totalmente deteriorada) y el vertedero de pared delgada en el que se miden los caudales entrantes a la balsa.



Ilustración 16. Fotografías de la arqueta de rotura de carga anterior a la balsa de la Cuarta Elevación

En la Figura 17 se representa de manera esquemática la planta actual de la infraestructura hidráulica del sistema de riego tradicional con agua del A.T.S.

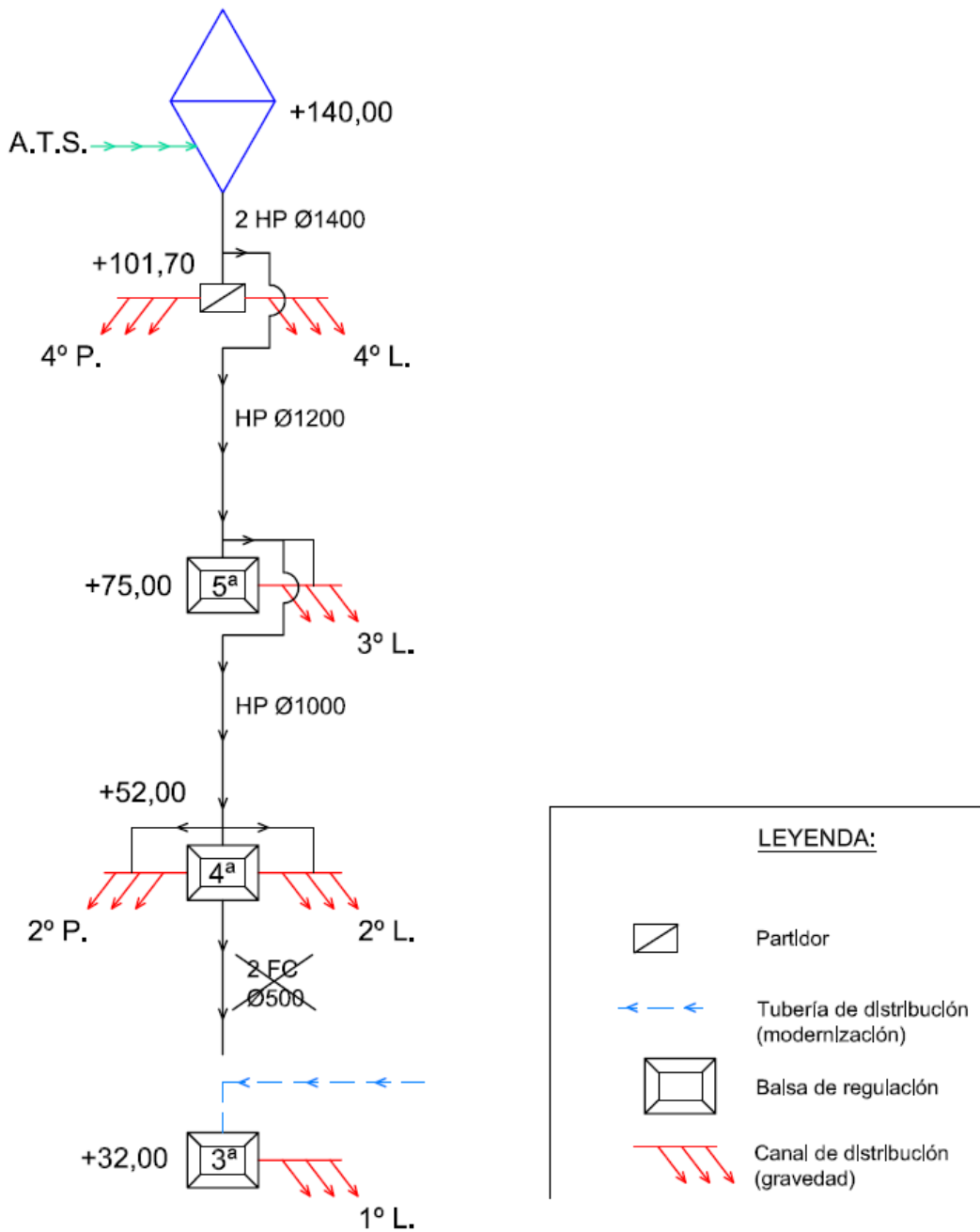


Figura 17. Esquema en planta de las instalaciones existentes para el riego tradicional con agua del A.T.S.

2.4 SISTEMA DE RIEGO MODERNIZADO

Debido al déficit de agua tanto en la cantidad como en la calidad así como la garantía de suministro, y acogiendo al Plan Nacional de Regadíos, la C.G.R.R.L. comenzó a modernizar sus instalaciones hace más de 10 años. Además, el sistema de riego existente no hacía rentable ningún tipo de parcelas al poseer una superficie mínima que no permitía la modernización de la explotación agrícola.

Existía un criterio unánime entre los comuneros de la necesidad de implantar en la zona un cambio en el sistema de riego que permitiera una mejora de la estructura productiva de las explotaciones agrarias, contribuyendo a un aumento de la productividad y de los rendimientos de los cultivos. También se tuvo en cuenta la necesidad de un ahorro efectivo de agua así como un control de los caudales consumidos.

En cuanto a la calidad de las aguas de las distintas procedencias existen diferencias notables. El agua del A.T.S. es de muy buena calidad; el agua de concesiones del Río Segura es de muy mala calidad, (el punto de toma está junto a la desembocadura, con altas concentraciones de sales y nitritos que influyen desfavorablemente en los cultivos de la zona, especialmente en los cítricos, y terminan salinizando el suelo).

La introducción de nuevas tecnologías de riego es una exigencia para una mejor gestión y racionalización de los recursos disponibles, por lo que la implantación de un sistema de riego localizado, automatizado e informatizado, ha de ser una constante en las actuaciones presentes y futuras, representando la tendencia actual en la evolución de los sistemas de riego.

Se trata pues de optimizar la distribución y uso del agua, a fin de disminuir los costes de explotación y conseguir su utilización más eficiente, mediante la construcción de una red presurizada en toda la zona que permita disponer en cada parcela de agua filtrada y a presión, además de controlar el volumen consumido por cada regante que dispondrá de un hidrante de riego en cada parcela.

Actualmente las comunidades de base modernizadas son:

- El Canal (8.196 hectáreas)
- Cuarto de Levante y Séptima de la Peña (780 hectáreas)

2.4.1 EMBALSE REGULADOR

La presa de Crevillente y su embalse se localizan en la Hoja 893 (Elche) del Servicio Geográfico del Ejército, a escala 1:50.000, en su edición de 1997. La presa cierra el Barranco del Bosch o de La Garganta, a unos 6 km. aguas arriba de su desembocadura en la Laguna de El Hondo. Las coordenadas geográficas de la intersección del eje de la presa con el Barranco del Bosch son las siguientes:

- U.T.M.: X=693.330 ; Y=4.236.370

La presa está emplazada en la intersección de la antigua carretera CN-330 con el barranco del Bosch, en el término municipal de Crevillente, provincia de Alicante.

El embalse de Crevillente se construyó en el año 1985 sobre una superficie de 108 hectáreas con una capacidad máxima aproximada de 13 Hm³. Sus características técnicas son las siguientes:

Tabla 24. Ficha técnica. Embalse de Crevillente

FICHA TÉCNICA	
Tipo	Materiales sueltos
Talud de aguas arriba	2,35/1 (H/V)
Materiales	Tierras, escolleras, gravas y arcillas
Talud de aguas abajo	2,60/1 (H/V)
Altura sobre el cauce	54,50 m.
Cota de coronación	147,50 m.
Longitud de coronación	360 m.
Ancho de coronación	12,50 m.
Volumen total de material	1.100.000 m ³ .
Capacidad	13 Hm ³ .

Tiene la función de regular una parte de los caudales transportados por el Canal del Postravase de la Margen Izquierda para suministrar una parte de las demandas de regadío de la C.G.R.R.L.

Su escasa cuenca vertiente y sus reducidas aportaciones no habrían justificado nunca la construcción de este embalse que actúa prácticamente como un depósito de regulación en la cola del Canal del Post-Trasvase (Margen Izquierda).

Tras un largo proceso administrativo y burocrático así como diferentes proyectos y modificaciones, las obras se terminaron en marzo de 1986, cumpliendo con el plazo finalmente estipulado y recepcionado definitivamente el 22 de Julio de 1987.

La entrada de los caudales de aportación se produce a través de una impulsión existente en el final del Canal del Postravase Tajo-Segura. Esta elevación termina en una galería que atraviesa el vaso por su coronación y termina en un aliviadero y una escollera de protección.

La salida del agua se realiza a través de una toma flotante que oscila en función del nivel del agua y que está conectada a la red principal de modernización, previo paso por unas válvulas de sobrevelocidad que dispararían por emergencia en caso de una rotura aguas abajo de la red.

En la Ilustración 17 se muestran dos fotografías que corresponden al dique del embalse y a la toma flotante por la cual se alimenta la red de modernización.



Ilustración 17. Fotografías del dique y toma flotante

2.4.2 TUBERÍAS PRINCIPALES

La actual red de modernización se compone de los siguientes elementos:

- Acometida al embalse de Crevillente:

A la salida del embalse se dispone de una arqueta con dos válvulas de sobrevelocidad que actúan automáticamente cuando el caudal trasegado es mayor del consignado, entendiéndose que hay una rotura aguas abajo y evitando que se vacíe el embalse (Ilustración 18).



Ilustración 18. Vista del interior de la arqueta con válvulas de sobrevelocidad

- Conducción General:

Esta conducción tiene su toma en la acometida del embalse de Crevillente mediante dos tuberías de PRFV DN 1.600 mm. hasta la Estación de Filtrado de la 5ª Elevación, continúa con dos tuberías de PRFV DN 1.300 mm. hasta el origen de los canales Segundo de Levante y Segundo de Poniente y, por último, continúa con una tubería PRFV DN 1.200 mm. hasta el inicio del Primer Canal de Levante.

Esta conducción general, en sus diferentes tramos, alimenta las tuberías secundarias de modernización ya instaladas. Las futuras zonas que se modernicen también se alimentarán de esta conducción general.

2.4.3 ESTACIÓN DE FILTRADO

Junto a la Quinta Elevación, antes del nacimiento del ramal principal del Tercer Canal de Levante, existe una estación de filtrado para uso general de todas las zonas modernizadas (Ilustración 19).



Ilustración 19. Vista general de la estación de filtrado de la Quinta Elevación

Se compone de dos líneas de filtrado, una de mallas y otra de anillas (Tabla 25 y Tabla 26).

Tabla 25. Ficha técnica. Línea de filtrado con tipología de mallas

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Tipología	Mallas
Capacidad l/s)	2.000
Filtrado (μm)	125
Nº tambores	8

Tabla 26. Ficha técnica. Línea de filtrado con tipología de anillas

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Tipología	Anillas
Capacidad l/s)	2.000
Filtrado (μm)	125
Nº líneas	8

Las dos líneas de filtros son autolimpiantes y funcionan en continuo, haciendo más o menos lavados en función del caudal trasegado. El agua de rechazo se vierte a la balsa de la Quinta Elevación situada a pocos metros y será destinada al riego tradicional.

2.4.4 RED SECUNDARIA DE TUBERÍAS

A la salida de la estación de filtrado se produce la bifurcación para cada una de las comunidades de base (Ilustración 20)



Ilustración 20. Colectores de derivación y valvulería se seccionamiento

Agua abajo de esta arqueta nacen las tuberías secundarias de la comunidad de base que actualmente está modernizada* (El Canal). Estas tuberías corresponden con los canales Primero y Segundo de Levante, quedando ubicadas bajo el camino de servicio existente paralelo al canal de riego tradicional.

*La comunidad de regantes 4º Canal de Levante y 7ª de la Peña está modernizada pero es independiente del esquema descrito, ya que se encuentra a una cota superior al embalse de Crevillente y dispone de una estación de bombeo, filtrado y red de tuberías propia.

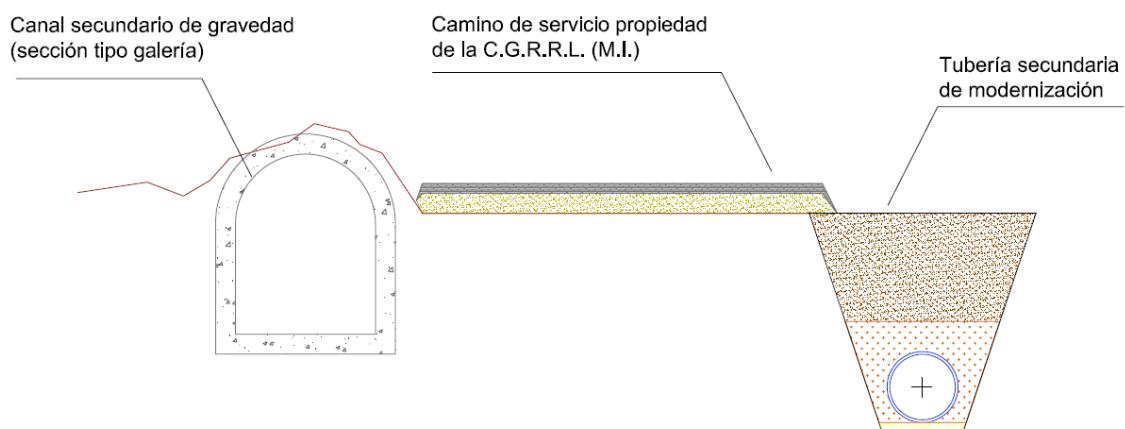


Figura 18. Sección tipo del camino de servicio

En la Figura 18 se representa una de las secciones tipo del camino de servicio por el que discurren tanto los canales secundarios de riego tradicional como las tuberías secundarias de modernización.

La tipología de estas conducciones es diversa dependiendo de la zona. En el Segundo Canal de Levante todos los tramos son de PRFV (DN800-DN500); en el Primer Canal de Levante encontramos el primer tramo de PRFV DN1200, el segundo tramo FD DN1000 y el tercer tramo ACERO (DN 800-500).

En la Figura 19 se reflejan las zonas modernizadas y las tuberías secundarias de distribución, todos conectados al embalse de Crevillente.

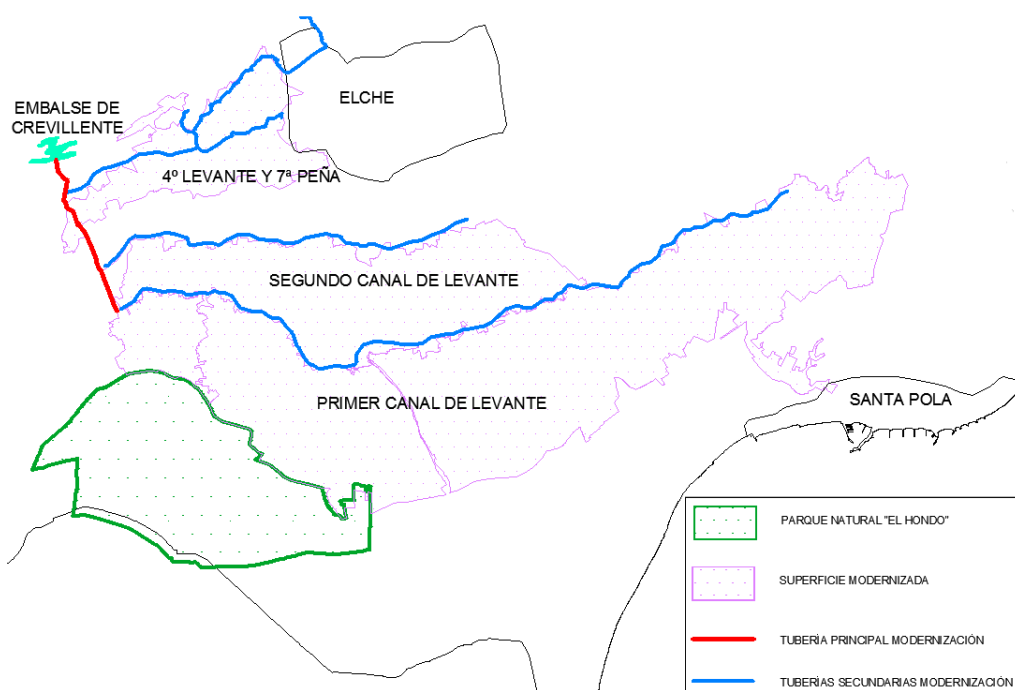


Figura 19. Planta general de la red de modernización

2.4.4.1 CABECERAS DE SECTOR

Debido a la gran superficie que abarca la Modernización de los Regadíos de la C.G.R.R.L. se diseñó la red a partir de la división de la superficie de riego por zonas, que coinciden sensiblemente con la delimitación de las diferentes comunidades de base y sus canales de riego.

Cada una de estas zonas tiene una superficie aproximada de 100 hectáreas y depende de una cabecera de sector, que se alimenta directamente de la red secundaria de tuberías.

Es en este punto donde se reduce la presión (mediante una válvula hidráulica pilotada) y se mide el caudal (a través de un caudalímetro electromagnético) para distribuir a través de la red terciaria o de distribución. Esta red ramificada de tuberías de PE100 es de la que toman directamente los hidrantes y está compuesta por tuberías con diámetros comprendidos entre DN800 y DN75.

Las válvulas reductoras trabajan de manera autónoma en función del caudal que se esté regando. La consigna es dejar aguas abajo de la válvula reductora una presión de 4 atm. por lo que tendremos la siguiente relación de presiones de trabajo: (Tabla 27).

Tabla 27. Relación de presiones de trabajo en cada zona

Zona	Reducción de presión (atm.)
1º Levante	10-4
2º Levante	8-4



Ilustración 21. Cabecera de sector con válvulas automáticas

2.4.4.2 HIDRANTES

Los hidrantes instalados constan de:

- Acometida a la red de PE100 mediante "T" de derivación o collarín
- Válvula de corte

- Ventosa
- Filtro cazapiedras
- Contador con emisor de pulsos
- Válvula hidráulica pilotada de asiento plano con pilotos limitadores de caudal y reductores de presión con apertura mediante solenoide
- Estación remota de control de hidrante

El caudal máximo a regar en cada parcela se obtiene multiplicando por 2'3 l/s la fracción de superficie que se riega en un turno (superficie efectiva).

Previamente se divide la parcela en sectores, según la superficie (Tabla 28)

Tabla 28. Sectorización según superficie modernizada

SUPERFICIE (ha)	Nº de sectores
0-2	1
2-4	2
4-65	3
>65	4



Ilustración 22. Arqueta de hidrante. Válvula automática, contador y telecontrol

2.4.5 TELECONTROL DE LAS INSTALACIONES

La instalación existente contempla el establecimiento de un sistema para el control de los hidrantes así como la apertura y cierre de válvulas y medición de los valores de la instrumentación adicional colocada.

El sistema está compuesto por los subsistemas siguientes:

- Centro de Control (CC).
- Sistema de Control Sectorial (SCS).
- Sistema de Protección (SP).
- Sistema Hidrante (SH).

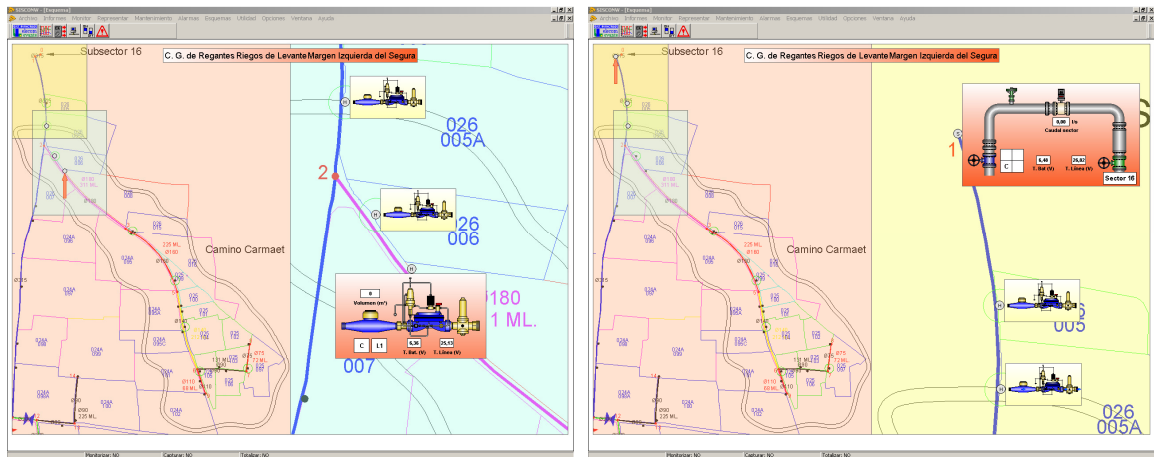


Ilustración 23. Imágenes del sistema de telegestión

El enlace desde el CC hasta cada SCS se establece vía radio mientras que el enlace de este último con cada SH se realiza con cable unifilar de 2 conductores y alcance máximo de 10 Km, pudiendo establecerse redundancia con 4 conductores.

La alimentación en baja tensión a las cabeceras de los distintos sectores se realiza desde el punto de entronque con la compañía eléctrica suministradora. El tendido de cable eléctrico se realizó sobre postes a lo largo de todo el camino de servicio.

Desde cada cabecera de sector y en la misma zanja que las tuberías de la red ramificada se tendió un cable de 2 hilos y tensión de seguridad.

En las oficinas de la comunidad de regantes se centraliza toda la gestión de la red, pudiendo actuar de manera remota sobre cada hidrante o cabecera de sector.

2.5 INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA

2.5.1 ANTECEDENTES

Hablar de la red de riego tradicional implica abordar su esquema de suministro eléctrico.

Como se ha comentado anteriormente, inicialmente se obtenía la energía eléctrica necesaria para los bombeos a través del salto hidroeléctrico de Almadenes y mediante una línea de transporte se alimentaba toda la red de elevaciones de modo que podían funcionar a la demanda, debido al carácter fluyente del aprovechamiento y obviamente no se debía pagar por esta energía.

Casi cien años después la realidad es otra, pues el 100% de la energía eléctrica necesaria para las elevaciones proviene de la compañía suministradora. Este hecho, marcado con la tendencia al alza del precio del kWh, y los múltiples cambios en la legislación están haciendo muy costosa la explotación de la red de riego tradicional.

La situación se agrava todavía más cuando actualmente no existe una tarifa especial para uso agrícola y el tratar de adecuar las potencias contratadas en función de la época del año está penalizado económicamente.

2.5.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA RED ELÉCTRICA

Desde la empresa suministradora se alimenta una subestación eléctrica que la C.G.R.R.L. tiene en propiedad junto a la Cuarta Elevación. La tensión de entrada es 66 kV. y se transforma a 6 kV.

A partir de esta subestación eléctrica y paralelo al camino de servicio de las tuberías principales se tiende una línea eléctrica que llega a cada una de las estaciones de bombeo (salvo la Primera Elevación), donde se transforma de 6 kV. a las diferentes tensiones de trabajo de los equipos (Tabla 29).

Tabla 29. Relación de equipos de transformación

Estación de bombeo	Relación de transformación	Nº transformadores	kVA
Segunda	6 kV-690 V	1	2.500
Quinta Aérea	6 kV-400 V	2	800
Sexta de Crevillente	6 kV-400 V	1	800

La Primera Elevación tiene su propia subestación eléctrica y es totalmente independiente del esquema general del resto de instalaciones.

3. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

3.1 INTRODUCCIÓN

La falta de recursos ha sido siempre el principal problema de la Comunidad de Regantes debido, entre otros, a la gran superficie regable así como la alta demanda de agua de riego de los cultivos implantados en la zona.

Con la puesta en marcha del Canal del Post-Trasvase Tajo-Segura se produce un cambio fundamental en el funcionamiento de la Comunidad de Regantes. Por un lado se complementa el déficit hídrico sufrido durante décadas mientras que implícitamente se consigue un agua de calidad antes desconocida. Muchos regantes mantienen sus cultivos de palmeras y granados con el agua de concesiones mientras que otros deciden apostar por los cítricos, por ejemplo.

Por consiguiente el esquema hidráulico de funcionamiento sufre un desdoblamiento, pues se conservan ambos sistemas de riego y se hacen funcionar de manera independiente.

3.2 SISTEMA DE RIEGO TRADICIONAL CON AGUA DE CONCESIONES

Aunque durante diferentes épocas de funcionamiento se han producido múltiples situaciones socio-políticas, económicas y la técnica ha evolucionado muchísimo; el esquema hidráulico principal se ha mantenido hasta la fecha. Con una serie de elevaciones, canales principales y secundarios de transporte, numerosas acequias y balsas de regulación se ha abastecido toda la demanda de la superficie regable durante casi 100 años.

Es la propia Comunidad de Regantes quien hace las ventas del agua que se va a distribuir de manera anticipada. Así, se programan las elevaciones hasta cada uno de los canales principales (o balsas de regulación en su defecto), se preparan los turnos de riego por secciones en diferentes canales y se coordinan los repartos en diferentes partidos hasta que finalmente llega el agua al regante.

Una vez captada el agua desde la desembocadura del Río Segura y transportada hasta la Primera Elevación, se eleva al Canal Principal y se transporta hasta los embalses del P.N. El Hondo. Debido a la diversidad de caudales que el río puede aportar en función de la época del año, en meses húmedos se intenta almacenar el mayor volumen posible en El Hondo para poder disponer de esa agua en época seca.

Cuando todo el servicio está organizado se prepara el agua almacenada en El Hondo para subirla a elevaciones superiores y distribuirla. Esto se debe al carácter fluyente de la Primera Elevación, entendiéndose como “desacoplada” del resto del sistema.

3.3 SISTEMA DE RIEGO TRADICIONAL CON AGUA DEL A.T.S.

En este tipo de riego el inicio del sistema lo marca el Canal del Post-Trasvase, cuando por él circula el caudal que se suministra desde la Confederación Hidrográfica del Segura.

Al ser el final del canal, toda el agua debe ser dirigida hacia un punto de almacenamiento (elevarla al Embalse de Crevillente o inyectarla en la red principal)

Una vez en la red principal, las diferentes arquetas de rotura de carga van disipando la energía potencial y finalmente se descarga en las balsas de la Quinta, Cuarta o Tercera (este último tramo ya en desuso debido a la rotura de las dos tuberías de FC500)

Desde las balsas de regulación se alimentan los canales de distribución y el servicio de reparto y riego es idéntico al del sistema de riego tradicional con agua de concesiones.

Del mismo modo se hace con la venta del agua, previo pago del precio correspondiente a un volumen determinado (se sirven "horas de agua" equivalente a 180 m³) y en el vertedero aforador de los regantes se miden caudales de 50 o 100 l/s.

Este sistema de prepago facilita no sólo la organización de los turnos y personal sino que es crucial para la programación de las elevaciones en horarios de tarifa eléctrica económica y por otro lado evita la difícil gestión de los impagados.

3.4 SIMULTANEIDAD DE USOS

Uno de los principales problemas que se plantea en el sistema de distribución es el cambio de uso en un mismo canal. No debemos olvidar que el agua de concesiones puede contener una salinidad cercana a 4.000 µS/cm. por lo que un riego de este agua en un cultivo no preparado para ello puede ser devastador.

De un modo simplista se puede decir que estas aguas no llegan a mezclarse de manera significativa, por varios motivos:

- Discurren por un canal o tubería cuya sección relativamente es muy pequeña.
- El transporte en el sentido longitudinal del canal hace que su mezcla sea difícil de lograr.
- El tiempo de retención o de viaje de estas aguas es muy corto impidiendo una mezcla completa.

Es por ello y para no crear una red de canales duplicada (técnicamente y económicamente inviable) se distribuyen los dos tipos de agua alternativamente en función de la demanda. Generalmente se riegan los canales Primero de Levante y Segundo de Levante y Segundo de Poniente con un tipo de agua durante un periodo de dos semanas, mientras que los canales Tercero de Levante, Cuarto de Levante y Cuarto de Poniente utilizan agua de la otra fuente.

3.4.1 SITUACIÓN 1

En el siguiente esquema general (Figura 21) se representa la situación 1, en los que el agua de concesiones se distribuye por los canales Primero de Levante, Segundo de Levante y Segundo de Poniente mientras que en el resto se sirve agua del A.T.S.

En esa situación se opera de la siguiente manera:

La Segunda Elevación trabaja de 00:00 h. a 08:00 h. ininterrumpidamente siguiendo la secuencia:

- Llenado de la balsa de la Tercera Elevación.
- Llenado de la balsa de la Cuarta Elevación.
- Llenado de la balsa de la Tercera Elevación(*)

(*) Como el canal de distribución y los diferentes brazales se han quedado descargados desde el riego anterior, en cuanto la balsa alcanza cierto nivel de agua, se comienza a llenar el canal de distribución mientras se realiza el llenado la balsa ya que su capacidad es muy limitada y faltaría volumen para todo el servicio.

Mientras tanto, el Tercer Canal de Levante y los Cuartos de Levante y Poniente riegan con agua del A.T.S.

Debido a la mayor capacidad de la balsa de la Quinta Elevación, se cuenta con algo de regulación más para el Tercer Canal de Levante. Esto es importante ya que se evita depender de la disponibilidad del servicio del Canal del Post-Trasvase (sería impensable para los volúmenes que se manejan)

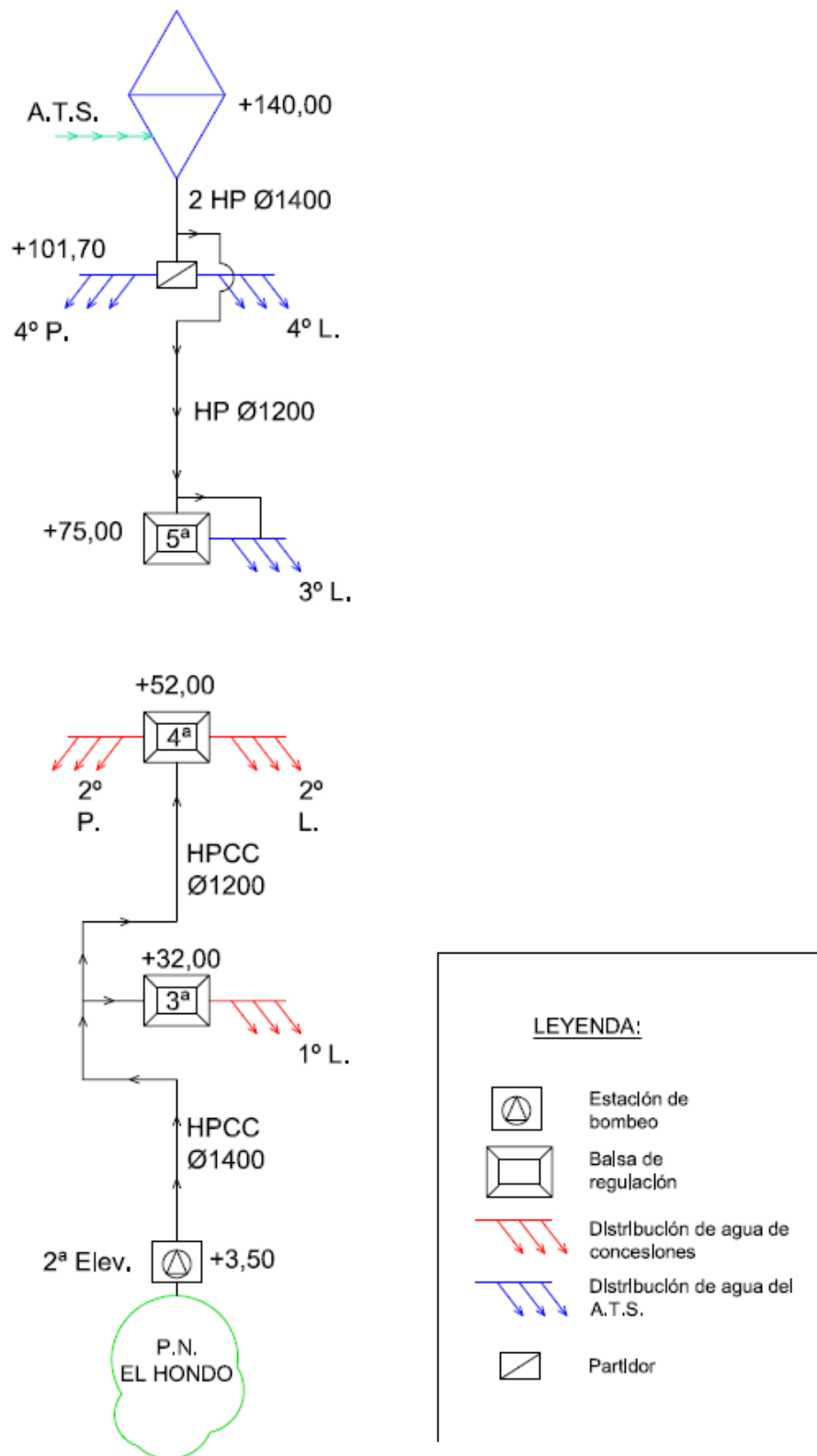


Figura 21. Esquema general de la simultaneidad de usos. Situación 1

3.4.2 SITUACIÓN 2

En el siguiente esquema general (Figura 22) se representa la situación 2, en los que el agua de concesiones se distribuye por los canales Tercero de Levante, Cuarto de Levante y Cuarto de Poniente mientras que en el resto se sirve agua del A.T.S.

En esta situación se opera de la siguiente manera:

La Segunda Elevación trabaja de 00:00 h. a 08:00 h. ininterrumpidamente elevando agua hasta la arqueta que conecta con la Quinta Elevación aérea, la cual rebombee de manera acompasada los caudales que le llegan.

Esto se hace posible con el uso de variadores de frecuencia y sondas de nivel ultrasónicas que regulan el nivel en la cántara evitando que el agua desborde. En caso de una parada brusca de la Quinta Elevación aérea, el sistema de telemando envía una señal a la Segunda Elevación deteniendo todos los equipos.

La Quinta Elevación aérea vierte el agua en la arqueta de la que se alimenta la Sexta Elevación de Crevillente, la cual rebombee el agua al partididor que divide el Cuarto Canal de Levante y el Cuarto Canal de Poniente.

En este caso también se dispone de un variador de frecuencia y sonda de nivel ultrasónica que regula los niveles y se adapta al caudal que recibe sin que se produzcan desbordamientos.

Por otro lado, tenemos los canales Primero y Segundo de Levante y Segundo de Poniente que riegan con agua del A.T.S. Este agua ha pasado por la balsa de la Cuarta Elevación y por la de la Tercera, en este último caso a través de la toma realizada en la red de modernización debido a la rotura de las dos tuberías de fibrocemento DN500.

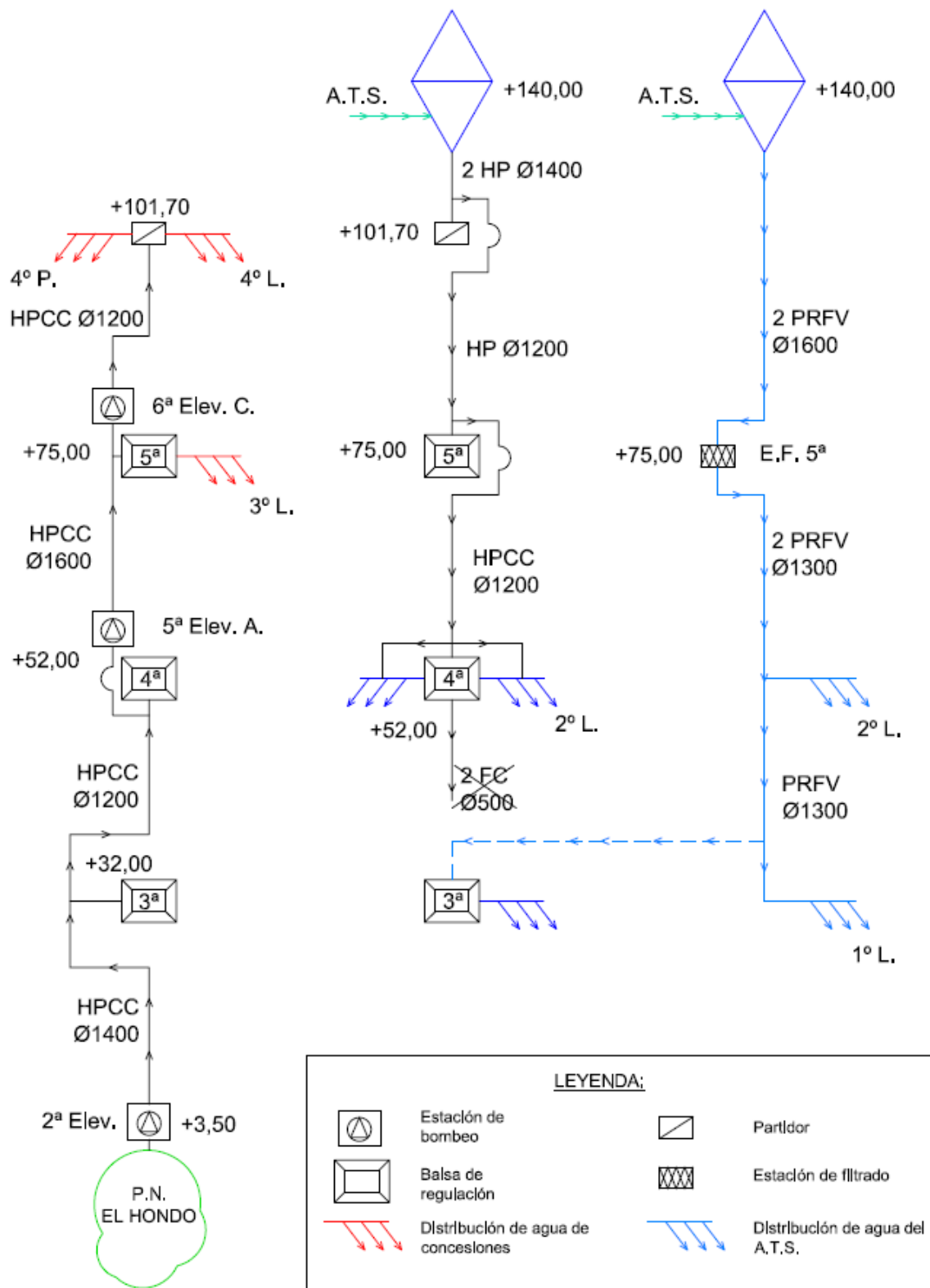


Figura 22. Esquema general de la simultaneidad de usos. Situación 2

3.5 SISTEMA DE RIEGO MODERNIZADO

Las hipótesis de diseño de la red de modernización estaban basadas en la sectorización de las parcelas y en un sistema de distribución por turnos para garantizar las presiones en todos los puntos de la red.

Estas premisas de partida se basaban en que, tarde o temprano, la modernización de toda la C.G.R.R.L. (M.I.) sería una realidad aunque es cierto que actualmente se han paralizado todos los procesos de modernización del resto de comunidades de base debido a la coyuntura económica que vivimos.

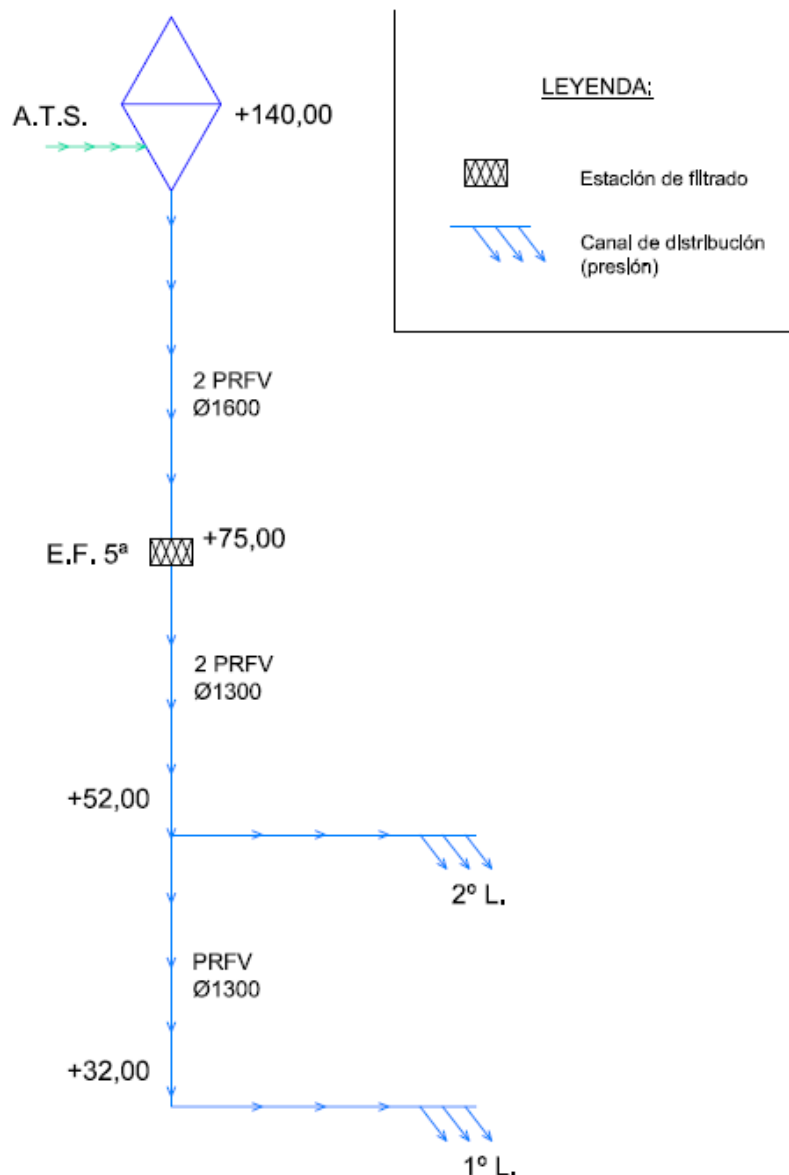


Figura 23. Esquema general de la red de modernización

En el esquema representado en la Figura 18 se puede ver la red de modernización y los canales Primero y Segundo de Levante, previo filtrado en la Quinta Elevación.

3.6 ANÁLISIS DEL COSTE DEL AGUA

Históricamente las unidades de medida de caudal y de volumen no se han correspondido con los habituales o normalizados por el sistema internacional. Los volúmenes de agua se miden por "horas de agua" que corresponde a 180 m³ y los caudales se miden por "tallas de agua" que corresponde a 50 l/s.

Estas medidas no son fruto de la casualidad sino que llevan implícitas una serie de connotaciones tales como:

- La tendencia de toda estandarización es buscar números fáciles de manejar y operaciones sencillas.
- Se utilizan fracciones más cortas (p.ej. 200 horas en lugar de 36.000 m³)
- Servir un riego de "una talla" durante una hora corresponde a "una hora de agua", que es lo que realmente se pide en la venta previa del agua.

Como es lógico, los precios de venta del agua se corresponden con "horas de agua" y en ellos se repercuten diferentes conceptos, en función de la comunidad de base a la que afecte.

Para las aguas de concesiones, estos conceptos incluyen los costes energéticos de elevar el agua desde la toma de la desembocadura del Río Segura hasta cada uno de los canales de distribución. También se incluye el coste de mantenimiento de las infraestructuras principales (estaciones de bombeo, canales, tuberías) y las infraestructuras secundarias (canales de distribución). La mano de obra del personal encargado de distribuir el agua, trabajar en las elevaciones, abrir los partidores, etc. también se incluye en los costes.

En el caso de aguas del A.T.S. se incluyen los mismos conceptos salvo el coste eléctrico, ya que no existen elevaciones porque la cota de llegada del Trasvase es superior a la de las cabeceras de los canales de distribución. Solo existe un bombeo en la zona del Cuarto Canal de Levante, y es por eso por lo que se refleja en el precio un incremento respecto al resto.

Tabla 30. Precio de venta del agua en € por comunidades de base y tipología

COMUNIDAD DE BASE	RIEGO TRADICIONAL	
	CONCESIONES	TRASVASE
PRIMER CANAL	22,00	43,00
SEGUNDO CANAL LEVANTE	25,00	43,00
SEGUNDO CANAL PONIENTE	28,00	46,00
TERCER CANAL	27,00	40,00
CUARTO CANAL LEVANTE	31,00	48,00
CUARTO CANAL PONIENTE	31,00	34,00

Además, la comunidad del Cuarto Canal de Levante no dispone de gente suficiente para distribuir el agua, por lo que se tiene que buscar operarios de otras comunidades que trabajan de manera excepcional y suponiendo esto un incremento de precio considerable en la partida de explotación.

4. ANÁLISIS DE LA DEMANDA

4.1 AGUA DE CONCESIONES

(Fuente: C.H.S)

La incertidumbre es característica en lo que respecta a la disponibilidad de recurso de agua en la cuenca del Segura, con un régimen pluviométrico marcadamente mediterráneo, donde las aportaciones hídricas hacen que los recursos disponibles sean claramente insuficientes (déficit estructural). Sea por causas naturales o como consecuencia de cambios climáticos provocados por la actividad humana, estos episodios particularmente secos parecen haberse hecho más frecuentes y persistentes en los últimos tiempos. Sirvan como muestra de sequías pluviométricas de larga duración la registrada entre los años hidrológicos 1979/80 y 1984/85, o la que se inició al principio de la década de los 90 y finalizó en 1995.

La evolución histórica del agua de concesiones del Río Segura es muy clara, siendo cada vez menor el caudal circulante debido a múltiples factores como son, entre otros:

- La mayor regulación de la cuenca.
- La puesta en marcha de nuevas zonas de regadío.
- La disminución de las aportaciones.

Según los datos de la Comunidad de Regantes, es en el año 1975 donde la serie histórica se puede considerar fiable, representada en la Figura 24.

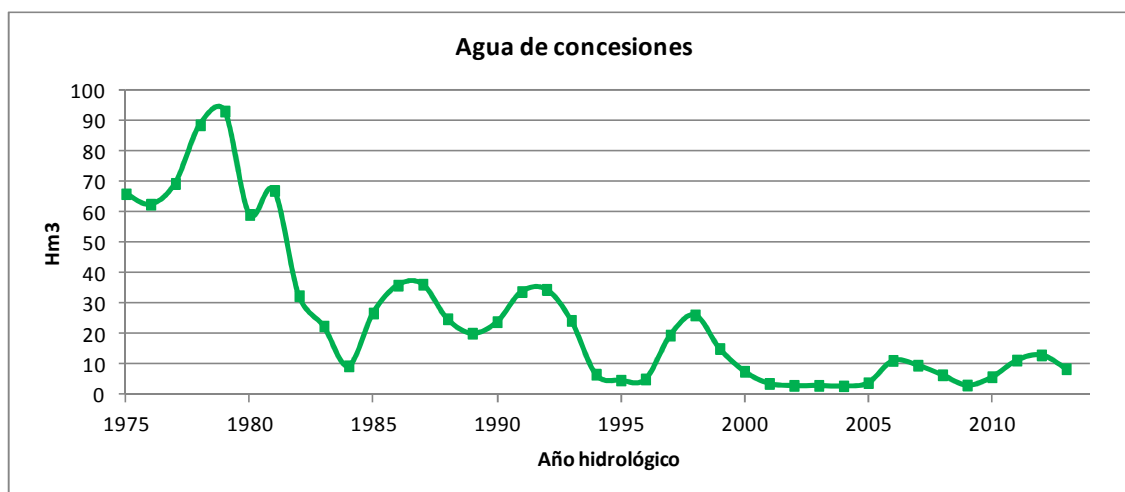


Figura 24. Volumen anual de agua de concesiones suministrada por año

Esta gráfica muestra el volumen total anual suministrado, pero se pueden extraer varias conclusiones evidentes:

- Se comprueba que en épocas hidrológicamente favorables la demanda aumenta debido a la garantía existente.

- Se puede observar la fuerte tendencia a la baja que se produjo en la demanda debido a la llegada del Traspase Tajo-Segura. De un año a otro la reducción fue de un 63% (93 frente a 59 Hm³)
- En la actualidad la demanda ha disminuido ya que la modernización de los campos ha permitido la puesta en marcha de muchas pequeñas parcelas que nunca hubieran sido rentables con el agua de concesiones.

Para realizar el estudio de los volúmenes distribuidos anualmente he decidido centrarme en los últimos siete años, tratando de ver cómo se comportaba la tendencia hasta el inicio de los procesos de modernización y cómo ha evolucionado desde éstos.

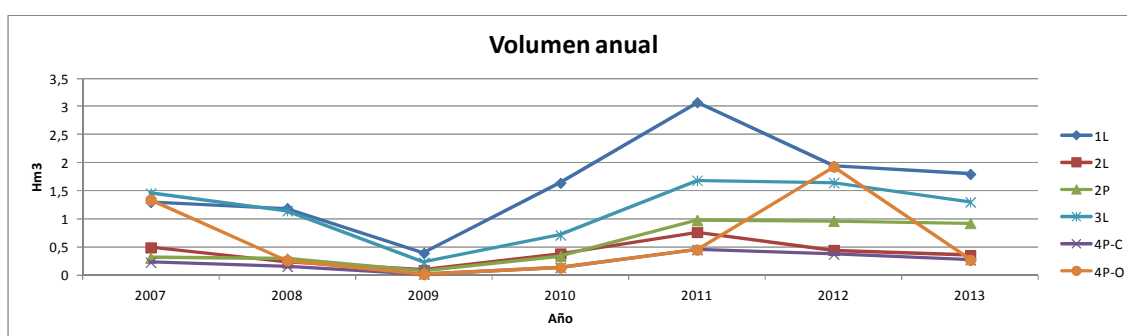


Figura 25. Volumen anual de agua de concesiones distribuido por comunidades de base y año

A simple vista se observa (Figura 25) una distribución homogénea en función de las diferentes comunidades de base, con algún descenso o subida significativos dependiendo de la época seca o húmeda.

En los siguientes apartados se analizarán los datos por comunidades de base, viendo cómo ha ido afectando a la demanda de agua de riego en función de las diferentes situaciones o coyunturas sufridas durante los años de estudio.

Hay que tener en cuenta que los propios regantes conocen la disponibilidad y calidad del agua de concesiones, pues se toman muestras diarias y se mide el caudal que desemboca de manera continua. Esto hace que sea la propia comunidad de regantes quien decida (si es posible) elevar agua de concesiones para su almacenamiento en El Hondo o bien para su riego directamente (rara vez ocurre).

Ya que el recurso se encuentra en un medio fluvial y depende de múltiples factores, no se tendrá disponibilidad siempre que se quiera, entrando la otra fuente de suministro (agua del A.T.S.) en juego y distorsionando las previsiones o estimaciones que se pudieran plantear.

4.2 AGUA DEL A.T.S.

(Fuente: Propuesta del Proyecto del Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura)

La política hidráulica de posguerra aparcó las iniciativas de trasvases intercuenca y orientó su actuación hacia la construcción de embalses de regulación y el desarrollo de los planes de aprovechamientos propios de las cuencas. Una vez la mayoría de infraestructuras previstas estuvieron realizadas, surgió de nuevo la posibilidad de considerar los trasvases.

En la segunda mitad de la década de los 60 se retomaron e impulsaron por la Dirección General de Obras Hidráulicas los estudios básicos sobre posibles trasvases, fundamentalmente llevados a cabo por el Centro de Estudios Hidrográficos, y se revisaron los recursos hídricos de las cuencas, el potencial hidroeléctrico, la viabilidad económica de las transformaciones en riego y el potencial de regadíos, etc.

Por orden ministerial de Obras Públicas de 30 de julio de 1966 se ordenó la redacción de los proyectos de obras para corregir el desequilibrio hidráulico, dando como resultado el "Anteproyecto General del Aprovechamiento Conjunto de los recursos hídricos del centro y sureste de España, complejo Tajo-Segura", que marcaba las líneas maestras de las futuras actuaciones en cuanto a grandes transferencias intercuenca, y fundamentaba el trasvase Tajo-Segura.

El Anteproyecto establecía la derivación y conducción al sureste de un volumen máximo de 600 Hm³ anuales procedentes del Tajo, que podría incrementarse en 400 Hm³ más, cuando se cumplieran las previsiones del Anteproyecto en cuanto a disponibilidades de caudales excedentes.

Entre los años 1972 y 1974 se sucedieron diferentes Decretos del Ministerio de Agricultura por los que se realizaron las declaraciones de interés nacional de las distintas zonas regables de la cuenca que se verían afectadas por el futuro trasvase

Finalmente, la Ley 52/1980, de régimen económico, estableció las normas técnicas de explotación, referidas a volúmenes y caudales, y la distribución territorial y por usos, de las aguas trasvasadas. Esta distribución, definida en la disposición adicional primera de la Ley, se incluyó en la tabla que se muestra (Tabla 31).

Tabla 31. Distribución máxima de las aguas de la 1ª fase del Traspase

ZONA	HM3/AÑO
Vega alta y media del Segura	65
Regadíos de Mula y su comarca	8
Lorca y valle del Guadalentín	65
Riegos de Levante, margen izquierda y derecha, vegas bajas del Segura y saladares de Alicante	125
Campo de Cartagena	122
Valle del Almanzora en Almería	15
Total regadíos	400
Para abastecimiento urbano:	110

Pérdidas (15%):	90
	TOTAL: 600

Tras esta asignación legal global, se concretaron sucesivamente la distribución en comarcas y sectores mediante las actuaciones conjuntas de Obras Públicas con el IRYDA mediante los correspondientes Planes Coordinados, redactados por las diferentes Comisiones Técnicas Mixtas entre 1980 y 1986. Las zonas de riego del trasvase quedaron configuradas mediante perímetros cerrados, en cuyo interior se determinaron las zonas no regables por la calidad de las tierras o las condiciones topográficas.

Tras entrar en vigor la Ley de Aguas en el año 1986, se elaboró el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura en 1998 aprobado por el Real Decreto 1664/1998, de 24 julio. Este Plan Hidrológico conforma un marco donde se establece una ordenación de los usos del agua en el ámbito de la cuenca.

Este Plan Hidrológico estará en vigor hasta el año 2015 donde deberá estar aprobado el nuevo Plan Hidrológico de Cuenca que abarcará el periodo 2015-2021.

El sistema hidráulico diseñado y puesto en marcha a finales de los años 70 era radicalmente opuesto al conocido hasta ahora con el riego de aguas de concesiones pero a la vez tenía una gran similitud en su concepción.

El Canal del Post-Trasvase terminaba en la parte más oriental del término municipal de Crevillente cercano con el límite territorial con la ciudad de Elche. A su llegada, a la cota +120 m.s.n.m. se medía el agua con un vertedero aforador tras el que se iniciaba una red principal de tuberías que derivaba en otra red secundaria y finalmente se distribuía a través de las conducciones existentes del riego tradicional con agua de concesiones.

Desde su llegada, el agua del A.T.S. supuso una revolución en la C.G.R.R.L. pues cubrió el déficit hídrico existente y supuso un cambio en la calidad del agua de riego que permitió introducir muchos cultivos que antes eran imposibles de regar.

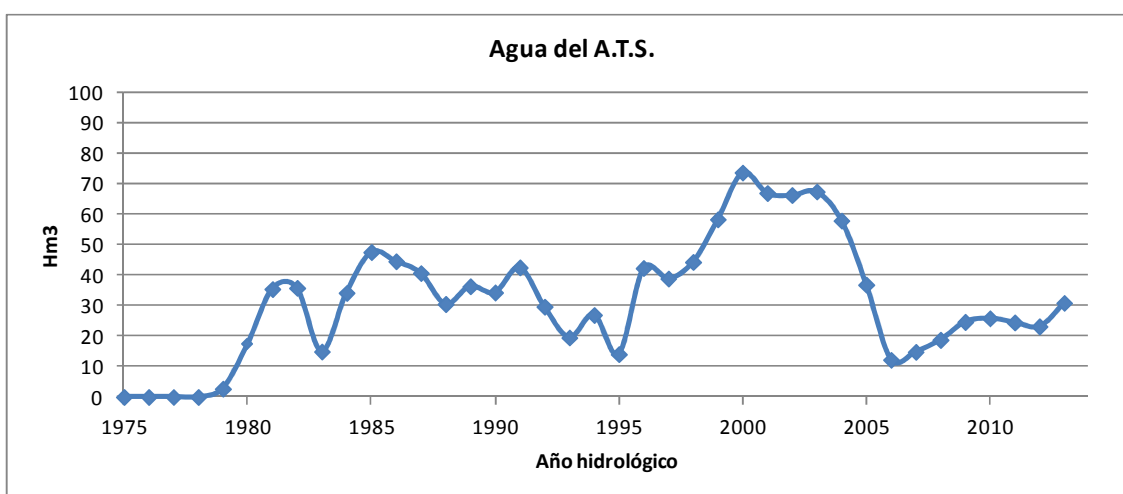


Figura 26. Volumen anual de agua del A.T.S. suministrada por año

Tal y como muestra la Figura 26, la demanda fue incrementando hasta alcanzar su máximo histórico cerca de los 75 Hm³ en el año 2000.

Eventualmente también se comprueba un descenso acusado en la demanda cuando, en épocas húmedas en las que el Río Segura transporta mucho caudal, se aprovecha para disponer un agua de menor precio utilizando la de concesiones.

El suministro de agua del A.T.S. no ha dependido siempre de la demanda, sino que se ha visto influenciado por los diferentes cambios legislativos desarrollados a lo largo de los años.

Con la entrada en vigor de las nuevas normas de explotación del Trasvase Tajo-Segura, parece que se vaya dar garantías a un trasvase que es fundamental para el sector agrícola en las provincias de Alicante, Murcia y Almería.

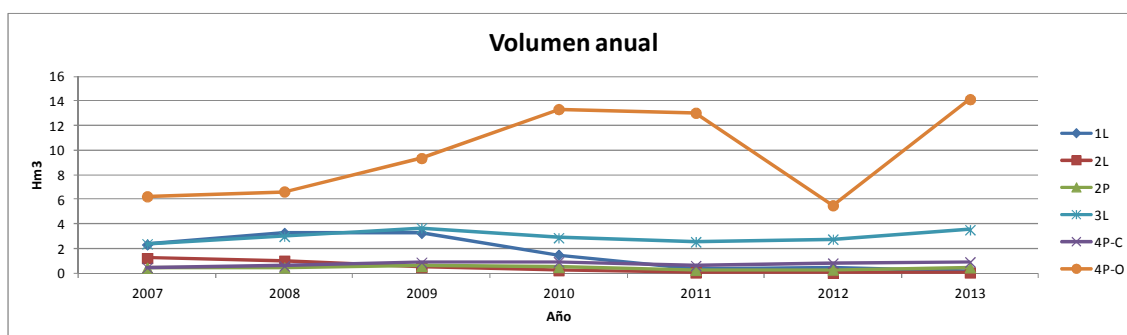


Figura 27. Volumen anual de agua del A.T.S. distribuido por comunidades de base y año

Analizando los volúmenes anuales por comunidades de base (Figura 27) destaca de manera clara la comunidad del Cuarto Canal de Poniente-Orihuela. Esto es debido a que esta comunidad ha mantenido su estructura inicial, siendo grandes fincas las que no se han disgregado y conservan grandes explotaciones agrícolas.

4.3 DISTRIBUCIÓN POR CANALES

4.3.1 PRIMER CANAL DE LEVANTE

Con respecto al agua de concesiones, se comprueba que el Primer Canal de Levante es el que mayor volumen riega. Esto es debido a su gran superficie y a la tipología de los cultivos presentes en esta zona, siendo principalmente huertos de palmeras, granados y hortalizas.

Entre junio de 2009 y mayo de 2010 se completó el proceso de modernización de esta comunidad de base y cuyas tierras no han tenido un fuerte desarrollo urbanístico, con lo que se han mantenido cultivadas (o sin cultivar) durante los años en los que otras zonas se veían convertidas en urbanas.

El precio del agua de concesiones también influye notablemente ya que es un agua que solo tiene que pasar por dos estaciones de bombeo, por lo que el coste de explotación es mucho menor.

Aunque para este estudio no se han incluido datos de la campaña actual, la demanda está siendo ligeramente superior a la del año anterior, ya que las temperaturas son mayores y nos encontramos en un periodo muy seco (de los más fuertes en los últimos 100 años según fuentes de AEMET).

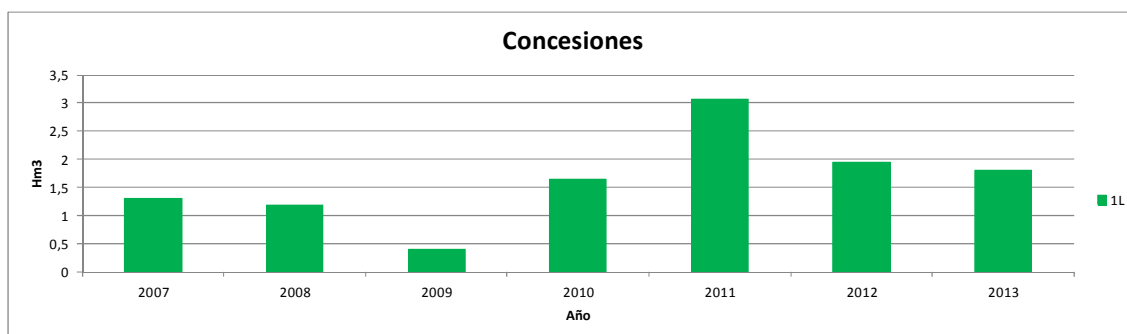


Figura 28. Distribución anual de agua de concesiones. Primer Canal de Levante

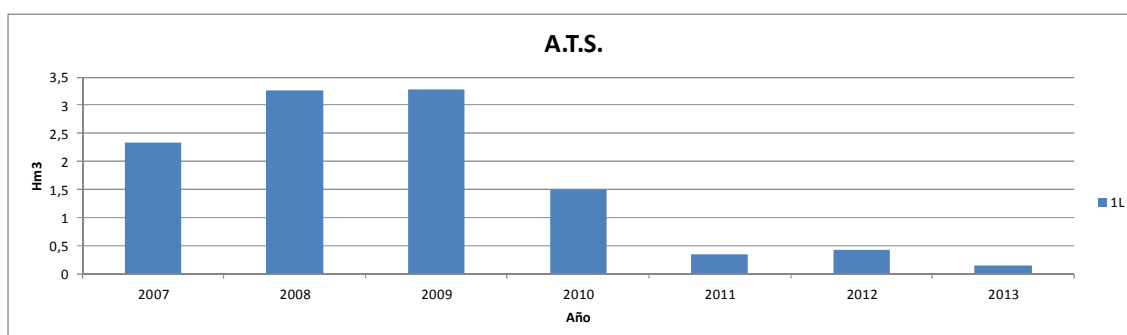


Figura 29. Distribución anual de agua del A.T.S. Primer Canal de Levante

4.3.1.1 SEGUNDO CANAL DE LEVANTE

En el Segundo Canal de Levante se terminaron las obras de modernización a finales de 2007, poniéndose en marcha en enero de 2008. Su evolución en estos últimos años ha sido a la baja, no superándose los dos últimos años los 0,5 Hm³.

Aunque para este estudio no se han incluido datos de la campaña actual, la demanda es idéntica a la del año 2013.

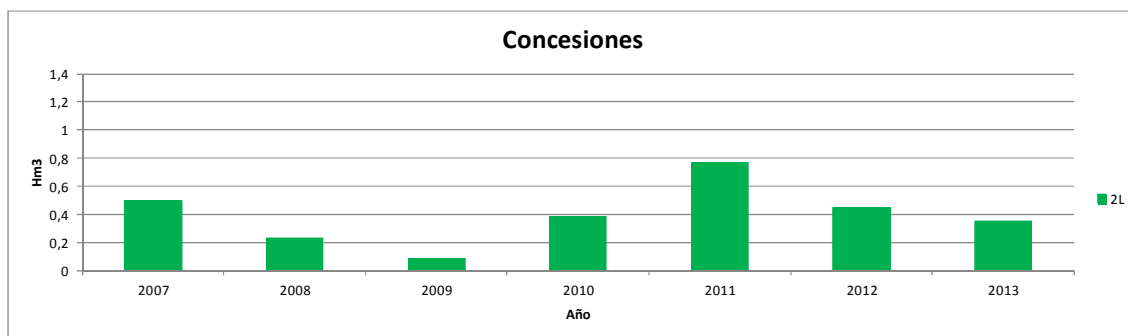


Figura 30. Distribución anual de agua de concesiones. Segundo Canal de Levante

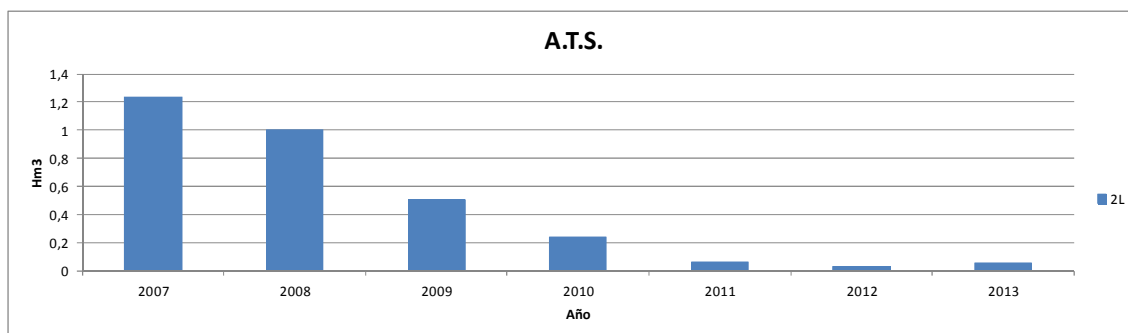


Figura 31. Distribución anual de agua del A.T.S. Segundo Canal de Levante

Como se puede comprobar, cada vez está más en desuso el riego tradicional con agua del A.T.S. pues la gran mayoría de comuneros han apostado por la modernización.

4.3.1.2 SEGUNDO CANAL DE PONIENTE

El Segundo Canal de Poniente es el más estable de todos ya que sus tierras no han sido modernizadas y no han sufrido un cambio de uso, con lo que esta pequeña comunidad de base mantiene sus riegos anualmente en 1 Hm³.

Por la idiosincrasia de sus agricultores y el bajo ratio (superficie/nº de parcelas) es muy poco probable que la comunidad de base de Crevillente se vea inmersa en un proceso de modernización. A esto hay que sumarle la falta de financiación autonómica, estatal y europea necesaria para la puesta en marcha de una obra de tal magnitud y con la que sí contaron sus comunidades vecinas.

Se puede estimar, por tanto, que el consumo de agua de concesiones se mantendrá estable a medio plazo.

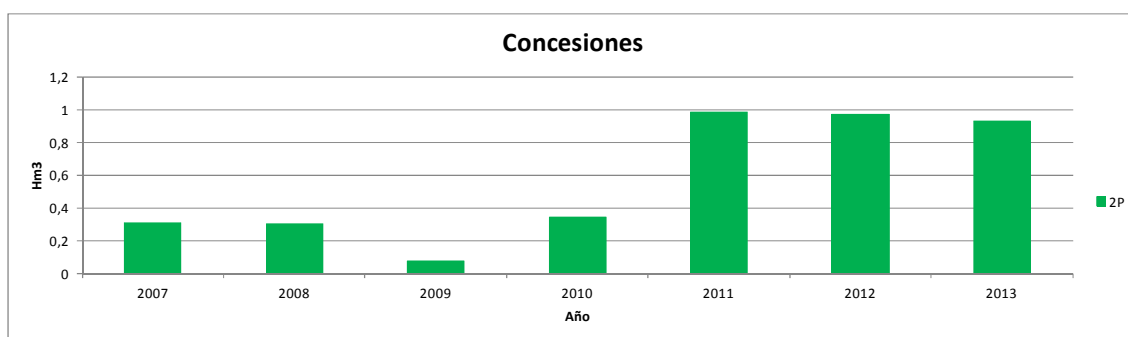


Figura 32. Distribución anual de agua de concesiones. Segundo Canal de Poniente

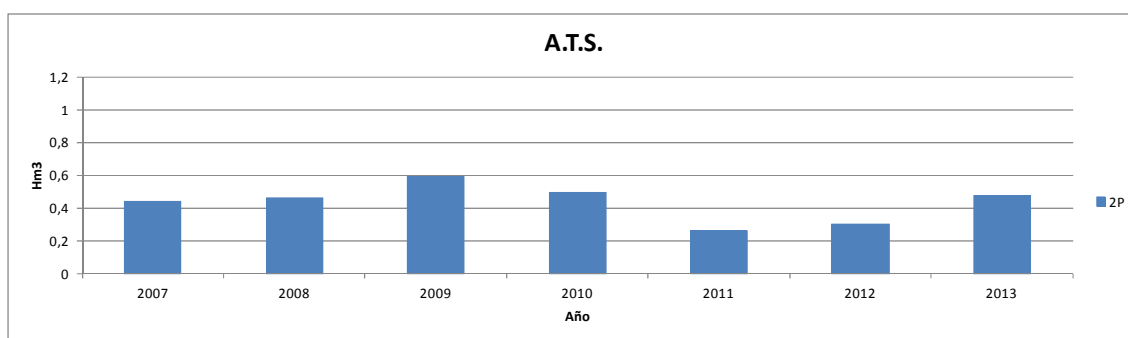


Figura 33. Distribución anual de agua del A.T.S. Segundo Canal de Poniente

4.3.1.3 TERCER CANAL DE LEVANTE

Es la comunidad de base que mayor volumen de agua de concesiones riega por detrás del Primer Canal de Levante. Su superficie se ha visto disminuida a lo largo de los años tras los diversos procesos de urbanización de los términos municipales de Elche y Alicante.

No obstante, su superficie se encuentra consolidada actualmente ya que los nuevos desarrollos urbanísticos previstos en los planes generales están fuera del perímetro regable.

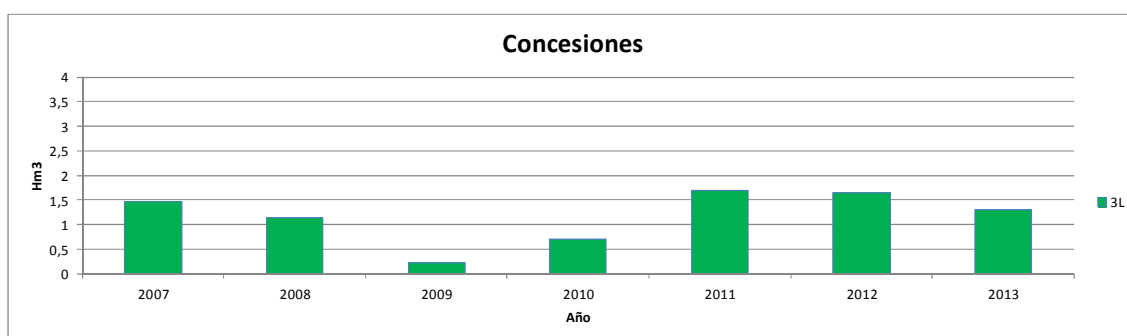


Figura 34. Distribución anual de agua de concesiones. Tercer Canal de Levante

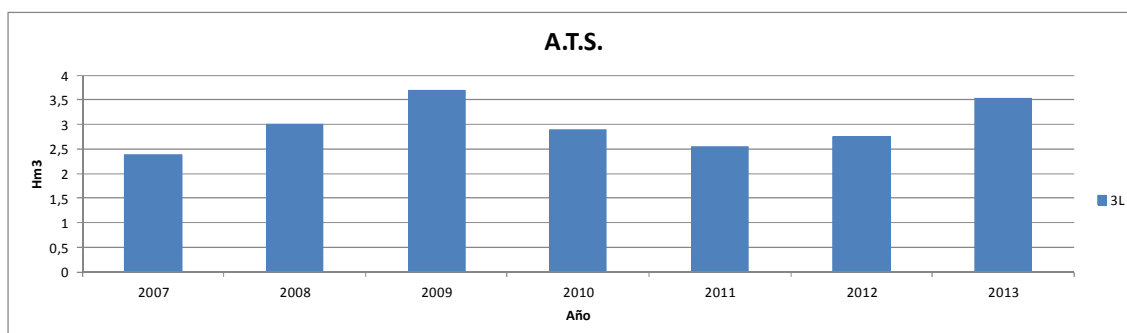


Figura 35. Distribución anual de agua del A.T.S. Tercer Canal de Levante

Esta comunidad de base estuvo a punto de modernizarse en 2010 pero finalmente no llegó a acometer las obras por falta de financiación; los proyectos están redactados y puede que a medio-largo plazo se ejecuten.

El gran inconveniente de la modernización del Tercer Canal de Levante es que por la falta de previsión durante los años de expansión de las ciudades de Elche y Alicante, el día que quieran modernizarse tendrá que acometer un sistema algo diferente al planteado en otras comunidades.

Esto es debido a que originalmente (principios del siglo XX) el Tercer Canal de Levante discurría por la parte sur del casco urbano de Elche y norte de Alicante. A lo largo de los años se ha ido modificando la sección del canal original (ahora está entubado) pero no su traza, por lo que a día de hoy sería impensable ejecutar una conducción principal de modernización de diámetro aproximadamente 1200 mm. a una presión de 7 atmósferas por debajo de las calles de la ciudad.

Una de las alternativas del futuro trazado de la nueva tubería principal de modernización tendría que ser by-passeando la zona sur de Elche y norte de Alicante, lo cual implica unos costes de implantación importantes así como los desvíos de todos los servicios existentes de dos ciudades considerables.

Esta alternativa se presenta en la Figura 36.

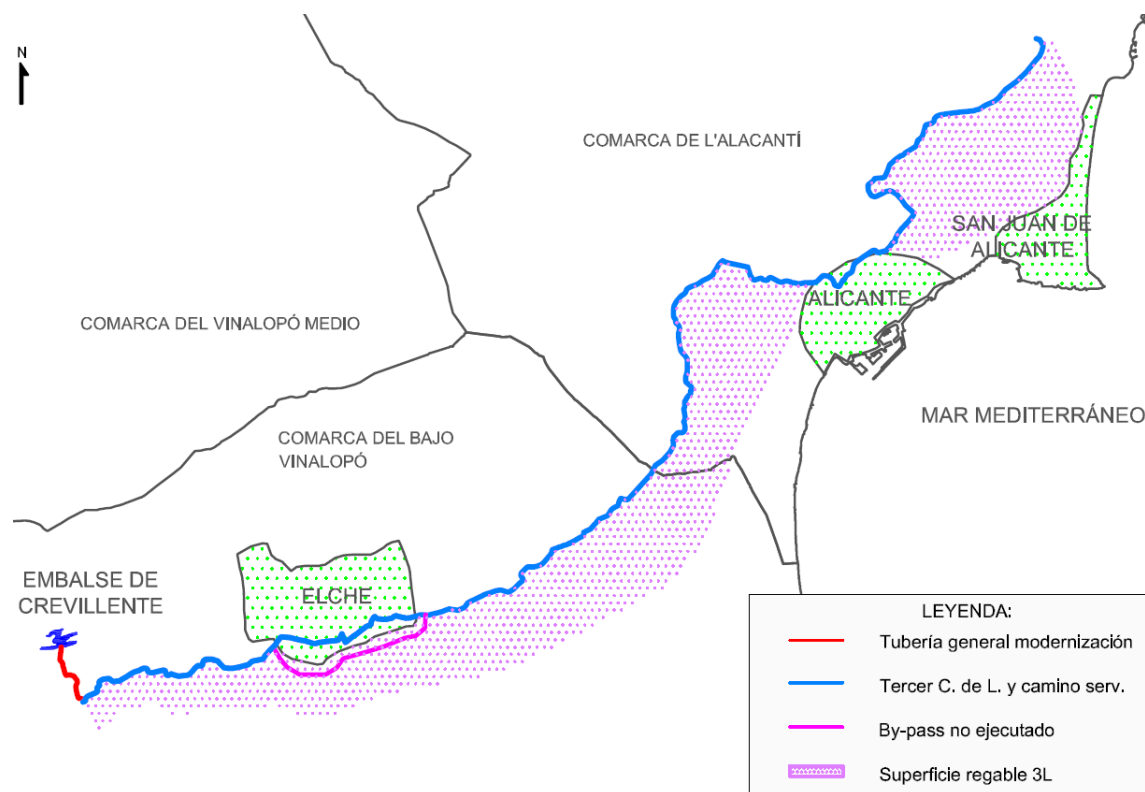


Figura 36. Situación actual y problemática del Tercer Canal de Levante

La otra posibilidad, mucho más factible, sería distribuir el agua de modernización a través de la tubería actual (en lámina libre) hasta pasar el casco urbano de Elche y una vez pasado éste, construir una estación de bombeo que eleve las aguas hasta una nueva balsa que alimente a toda la nueva red presurizada de modernización del Tercer Canal de Levante (Figura 37).

Con respecto al T.M. de Alicante, la nueva tubería de presión podría instalarse bajo la carretera conocida como "Vía Parque" pues hay una franja de terreno dispuesta para ello.

El esquema de funcionamiento sería el siguiente:

- Desde el embalse de Crevillente se vertería a la balsa de la Quinta Elevación (cabecera del Tercer Canal de Levante) por la tubería principal de modernización existente.
- El agua seguiría circulando por el canal actual pero una vez pasado el casco urbano, se bombearía desde la estación de bombeo proyectada hasta un nuevo embalse de regulación situado a la cota suficiente para que la nueva red de modernización tenga la presión adecuada.

- Bajo el camino de servicio existente del Tercer Canal de Levante se instalaría una tubería de presión así como las cabeceras de sector de la red de modernización. A partir de las cabeceras de sector se crearía una red secundaria de suministro a las parcelas tal y como se tiene en las otras comunidades modernizadas.
- La superficie existente entre la cabecera del Tercer Canal de Levante y la futura estación de bombeo tendría que modernizarse desde la tubería secundaria del Segundo Canal de Levante (ya instalada)

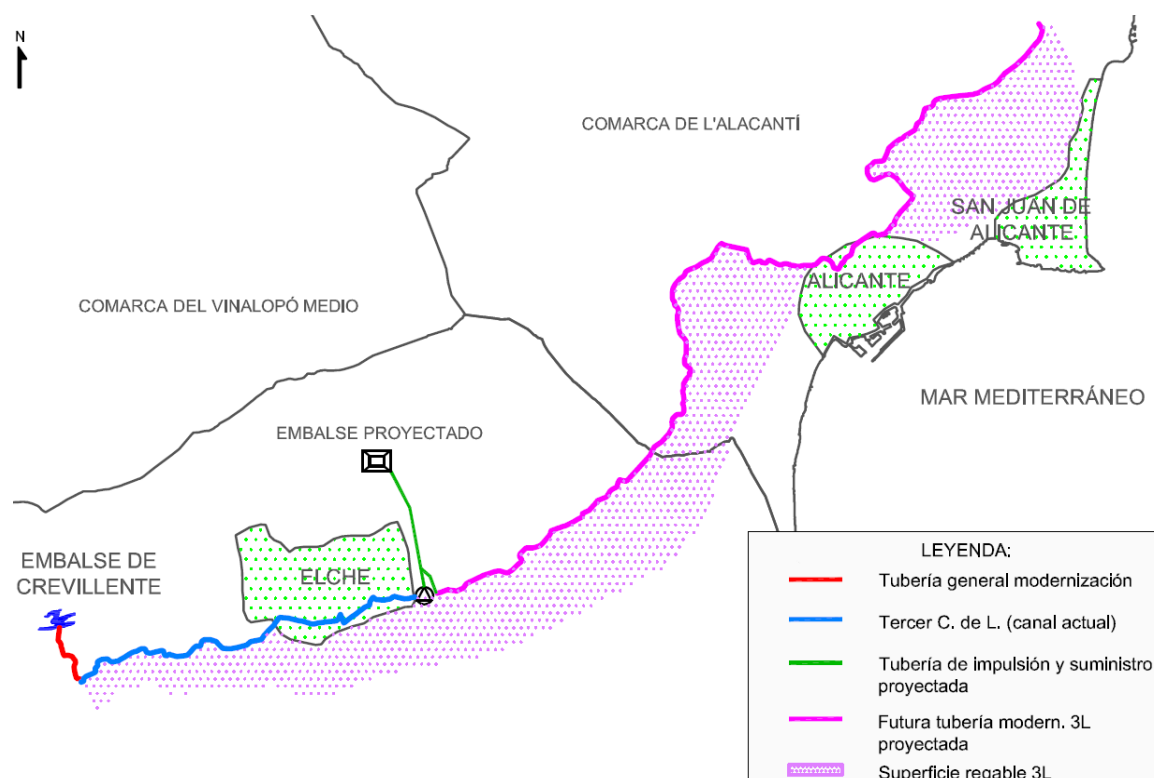


Figura 37. Esquema general propuesto para la futura modernización del Tercer Canal de Levante

A partir de ese momento, la comunidad de base Tercer Canal de Levante se deberá plantear si realmente le interesa mantener el sistema de riego de concesiones ya que deberían seguir compaginando los usos del canal de transporte y soportando las implicaciones que ello conlleva.

No obstante (y con la experiencia observada en otras comunidades de base) se puede pensar que una vez iniciado el proceso de modernización, éste será imparable y la gran mayoría de los comuneros accedan a instalarlo en sus parcelas dejando el riego con agua de concesiones eliminado. En la (Figura 38) vemos la evolución de los hidrantes activados desde la puesta en marcha respecto al número total de comuneros de cada comunidad de base modernizada.

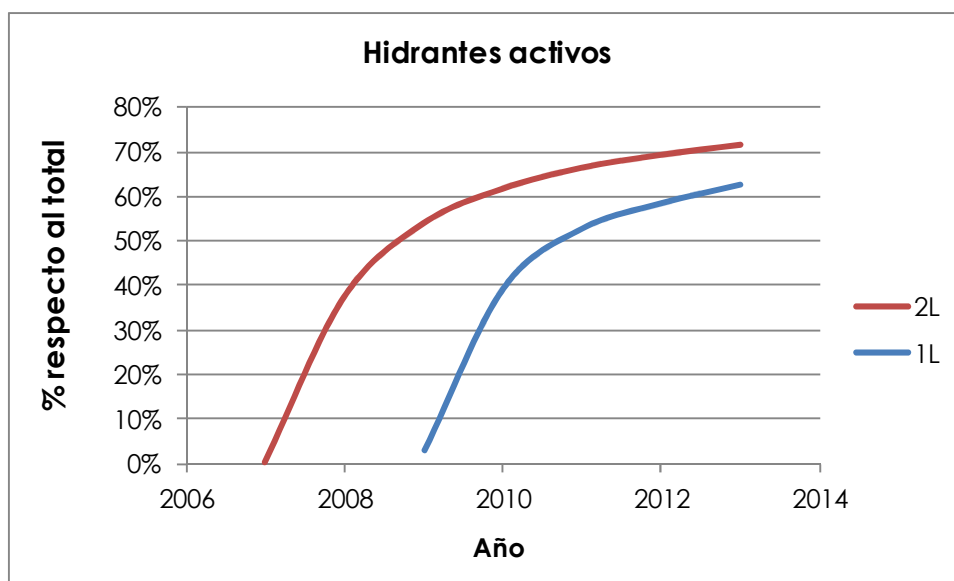


Figura 38. Porcentaje de hidrantes activos respecto al total, desde su instalación

Por otro lado, viendo los volúmenes demandados de agua de concesiones de los últimos años se puede observar la tendencia a la baja de este tipo de agua, además del coste diferencial con otras comunidades por la mayor altura necesaria en los bombeos.

Uno de los motivos de este cambio de tendencia es que los cultivos plantados en esa zona han evolucionado hacia variedades que necesitan buena calidad de agua en detrimento del agua de concesiones.

Así pues, las estimaciones de demanda de agua del A.T.S. para el Tercer Canal de Levante tras su futura modernización se acercan a los 6 Hm³/año.

4.3.1.4 CUARTO CANAL DE PONIENTE_CREVILLENTE

Esta zona riega principalmente del A.T.S. ya que se disparan los costes de explotación debido a la energía que es necesaria para elevar el agua hasta la cota de su canal de distribución. En el periodo 2007-2013 se distribuyeron 1,6 Hm³.

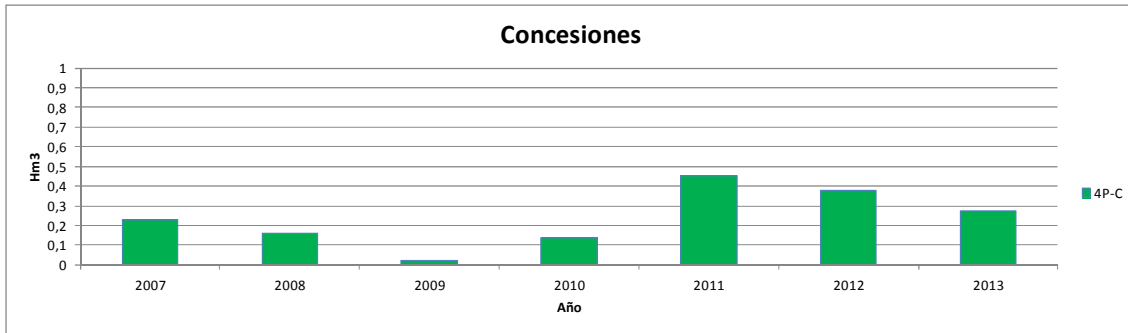


Figura 39. Distribución anual de agua de concesiones. Cuarto Canal de Poniente-Crevillente

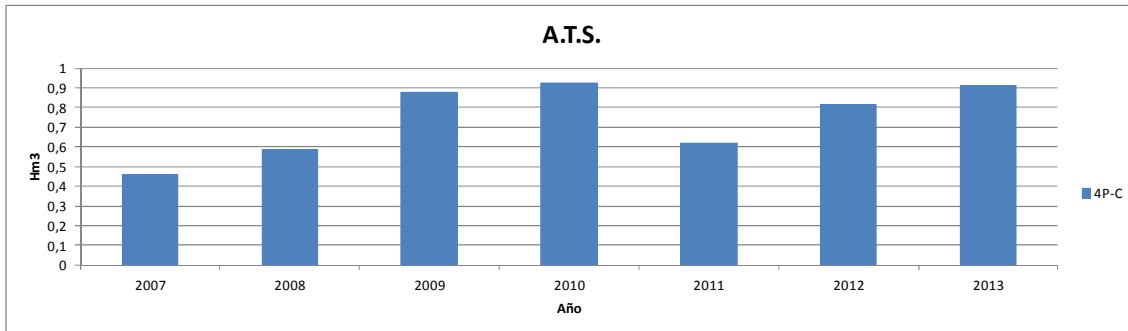


Figura 40. Distribución anual de agua del A.T.S. Cuarto Canal de Poniente-Crevillente

4.3.1.5 CUARTO CANAL DE PONIENTE_ORIHUELA

Esta zona riega principalmente del A.T.S. ya que se disparan los costes de explotación debido a la energía que es necesaria para elevar el agua hasta la cota de su canal de distribución. En el periodo 2007-2013 (descontando el año 2012*) se distribuyeron 2,5 Hm³ frente a los 14,2 Hm³ del A.T.S.

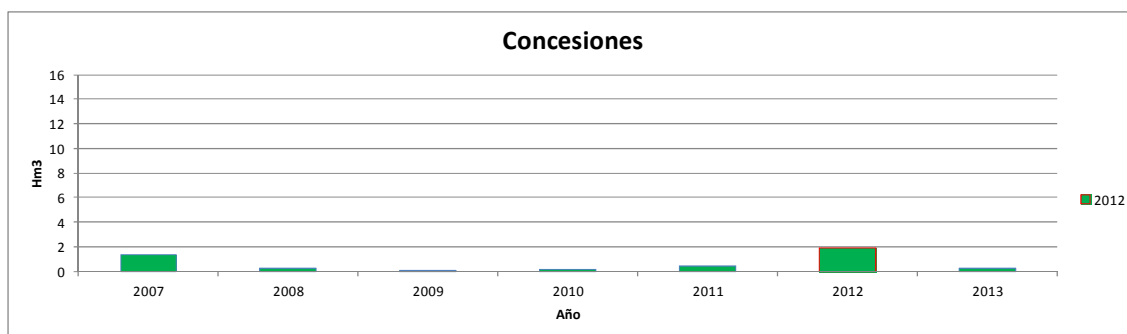


Figura 41. Distribución anual de agua de concesiones. Cuarto Canal de Poniente-Orihuela

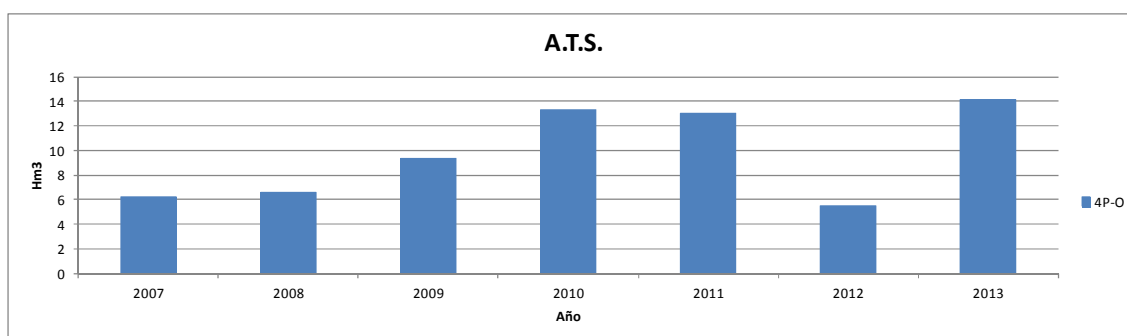


Figura 42. Distribución anual de agua del A.T.S. Cuarto Canal de Poniente-Orihuela

*Nota: El 19 de junio de 2012 se produjo un derrumbe en el túnel del Trasvase Tajo-Segura a su paso por el T.M. de Ulea. Mediante una reparación de urgencia, se pudo restablecer parcialmente el servicio al mes siguiente pero el caudal era inferior a los 4 m³/s por lo que la mayoría de la dotación fue destinada al abastecimiento, por ser prioritario. Posteriormente, a finales del mes de abril de 2013 se dio por finalizada la obra de reparación del túnel y se pudo restablecer el servicio de manera regular. Durante esta crisis hídrica la C.H.S. derivó las aguas antes del túnel al Río Segura y la C.G.R.R.L. elevó durante esos meses las aguas a través de su sistema de elevaciones hasta poder regar el Cuarto Canal de Poniente-Orihuela como si de agua de concesiones se tratase.

En la Figura 41 se puede observar en color rojo que el año 2012 el consumo de agua de "concesiones" se disparó, aunque realmente era agua del A.T.S.

Por otro lado, estas grandes explotaciones llevaron a cabo con sus propios medios unas obras de conversión y transformación del sistema de riego, modernizándose hace más de 20 años. Esto era posible ya que al ser grandes fincas, tenían espacio suficiente para construir una balsa particular y un sistema de riego por goteo que multiplicó sus producciones y les hacía cada vez más competitivos.

4.4 RIEGO MODERNIZADO

La C.G.R.R.L. (M.I.) ha sido una de las primeras que comenzó el proceso de modernización de sus regadíos a raíz del Plan Nacional de Regadíos que empezó a elaborarse a partir del año 1994.

Desde el inicio de las obras de las conducciones generales así como las primeras obras de instalación de las tuberías secundarias y red terciaria, la expectación por ver la evolución de este nuevo sistema era máxima.

Aunque muchos de los regantes se oponían a la modernización por el simple hecho del miedo a lo desconocido, por presentar una actitud inmovilista o bien por otros intereses particulares; y una vez pasado el tiempo, es cuando se puede echar la vista atrás y comprobar que el éxito de la modernización es total.

Los datos más sencillos de obtener para la comunidad de regantes (como es el agua distribuida en uno y otro sistema de riego) son los que demuestran el ascenso imparable de la modernización de los riegos de esta comunidad que pretende seguir con este proceso en cuanto la coyuntura económica mejore.

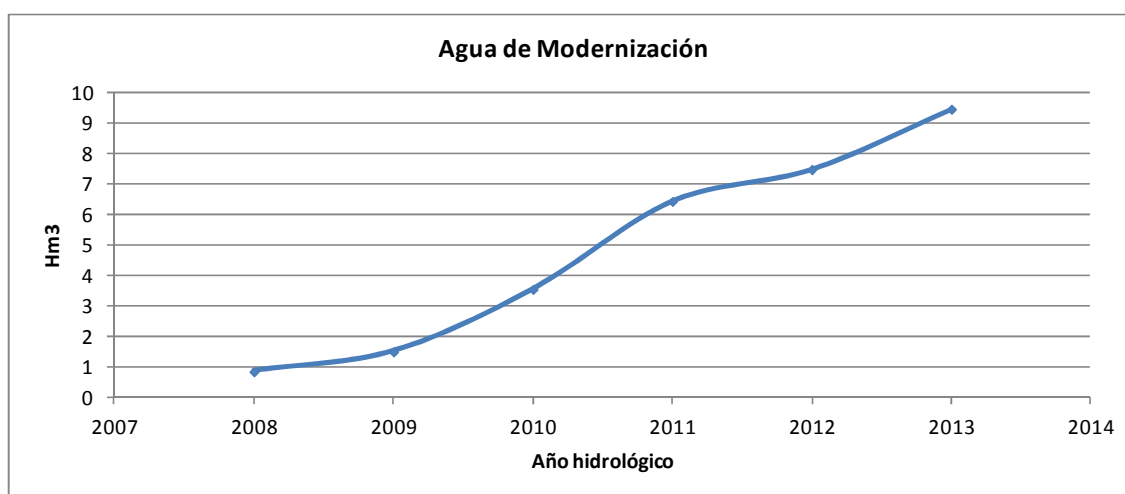


Figura 43. Distribución anual de agua de modernización

Si nos fijamos en la Figura 43 observamos la fuerte tendencia al alza del volumen demandado anualmente, si bien es cierto que en términos de superficie solo se ha modernizado un 28% del total.

5. PROBLEMÁTICA ACTUAL EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE RIEGO DE AGUA DE CONCESIONES

5.1 ROTURA GALERÍA 2ª A 4ª ELEVACIÓN

Para poder derivar las aguas de concesiones embalsadas en El Hondo hasta los canales de riego se han de utilizar varias estaciones de bombeo, construidas a principios del siglo pasado, con tipología de canales abiertos, galerías subterráneas y tuberías de impulsión verticales (en aquella época el acero era muy caro y la mano de obra muy barata).

Los canales y galerías se degradaron de forma acelerada en los últimos años, hasta tal punto que los tramos entre la Segunda, Tercera y Cuarta Elevación se encuentran inservibles, condicionando el servicio de agua de riego en toda la Comunidad de Regantes Figura 44.

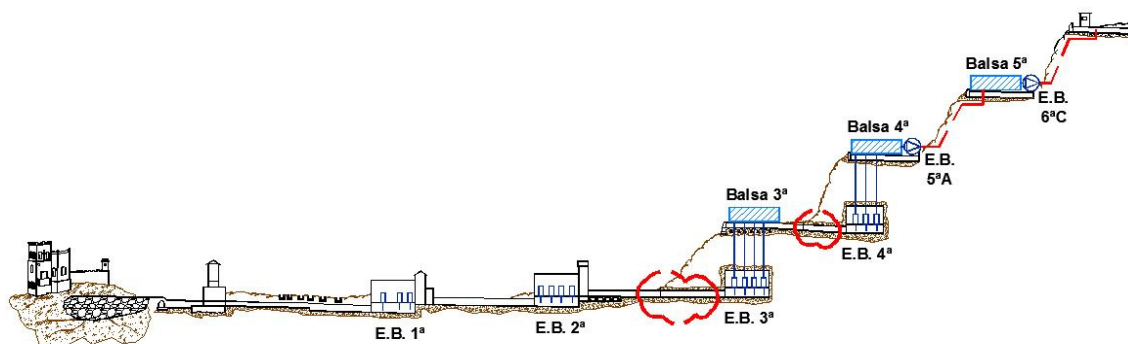


Figura 44. Esquema hidráulico (hundimiento galerías)

En marzo de 2011 la galería de la Segunda a la Tercera Elevación, de 850 m. de longitud presentaba la solera totalmente levantada y los cajeros de los muros se estaban desprendiendo. En el tramo central (Ilustración 24) se observan dos grandes desprendimientos laterales, de muy difícil reparación, que impiden el paso del agua. Asimismo la galería de la Tercera a la Cuarta Elevación, de 1.014 m. de longitud tiene la solera dañada y aparecen desprendimientos en los muros.

Desde un primer momento la renovación de los canales y de las galerías fue descartada por el elevadísimo coste (más de cuatro veces la solución finalmente propuesta), así como el no existir garantía de duración al tratarse de la reparación de una obra ejecutada originalmente hace casi cien años. También se consideró que el plazo de ejecución sería superior a dos años debido a los bajísimos rendimientos en los túneles e imposibilitaba el riego con agua de concesiones en toda la C.G.R.R.L.



Ilustración 24. Desprendimientos en galería Segunda-Tercera

5.1.1 REPARACIÓN DE URGENCIA

Por parte de los servicios técnicos de la Comunidad de Regantes, en Mayo de 2011 se declaró en estado de ruina la galería de la Segunda a la Tercera Elevación. No obstante, para poder salvar la campaña de riego, se propuso realizar una pequeña reparación en la zona más dañada.

Esta reparación de urgencia consistió en la extracción de todo el material derrumbado, estabilización y relleno de las cavernas aparecidas, construcción de los nuevos muros de mampostería y enlucido del tramo afectado de galería (Ilustración 25).

Posteriormente a la reparación se decidió inspeccionar la galería de la Tercera a la Cuarta Elevación para comprobar su estado. Toda la galería tenía la solera fisurada y

la bóveda ya presentaba desprendimientos importantes. Los cajeros de los muros se encontraban desprendidos, confirmándose nuevamente que era un riesgo continuar con el riego siguiendo el esquema actual de canales y galerías.



Ilustración 25. Reparación de urgencia de muros y solera

5.1.2 PROYECTO ELEVACIONES 2ª A 4ª

5.1.2.1 ANTECEDENTES

Tras salvar la campaña de riego de 2011, desde la C.G.R.R.L. se nos encarga a los técnicos la redacción de un proyecto constructivo que sustituya el canal y la galería, por una tubería que conecte la estación de bombeo de la Segunda Elevación con las balsas de la Tercera y Cuarta Elevación.

La construcción de este proyecto denominado "Proyecto para la sustitución de los equipos electromecánicos y conducciones de las elevaciones Segunda a Cuarta, de las obras de mejora y modernización del regadío de la C.G.R.R.L. Fase III. Términos municipales de Elche y Crevillente" fue aprobado por la Junta General de Gobierno de la C.G.R.R.L. y obtuvo la aprobación ambiental por parte de la Conselleria de Infraestructures, Territori i Medi Ambient el 30 de septiembre de 2011.

Debido a la coyuntura económica del momento, la no existencia de subvenciones y con un presupuesto total de 4.309.775,58 € las obras no comienzan hasta febrero de 2013, cuando es la propia Comunidad de Regantes quien, con recursos propios, hace frente al 100% del importe de la obra.

5.1.2.2 LIMITACIONES Y CONDICIONANTES

La aprobación ambiental marcaba una serie de directrices a seguir en el diseño final del proyecto debido, principalmente, a que la estación de bombeo se encuentra dentro del P.N. de El Hondo.

Entre las restricciones de mayor trascendencia definidas en la resolución, se encontraban:

- A. Que la estación de bombeo debía permanecer intacta en su ubicación, estructura y estética:

Esto implicó que no se pudieran colocar más de 3 bombas en el interior del edificio, ya que no existe hueco para ninguna más.

Por otro lado y debido a las dimensiones del edificio, no se podría pensar en colocar calderines antiarriete en su interior para proteger la futura instalación frente al golpe de ariete y tampoco sería posible en el exterior.

- B. Que el trazado de la tubería en los primeros 800 m. (zona dentro del perímetro del parque) debía quedar alojada en el antiguo canal, evitando así el realizar una zanja de gran dimensión en el camino de acceso al parque (Ilustración 26).

Con esta restricción se limita el diámetro de la tubería y directamente la capacidad hidráulica de la instalación, pues el diámetro de la tubería no podía ser mayor de DN1400. Con todo ello, los primeros 200 m. de canal tuvieron que picarse para que la tubería quedase apoyada perfectamente.



Ilustración 26. Fotografías de la tubería en canal previo picado para aumentar sección.

Aparte de los condicionantes impuestos, existían otras limitaciones inherentes a las infraestructuras existentes tales como:

- C. Debido al derrumbamiento de la galería Segunda-Tercera había que by-passearla (Ilustración 27):

Esto se decidió hacerlo 50 m. antes de la boca de entrada de ésta y enterrar la tubería bajo el camino de servicio y cruzando bajo la carretera comarcal CV-875 a su paso

por la pedanía de Matola. Todo el resto del primer tramo (hasta la balsa de la Tercera Elevación) se trazó bajo el mismo camino de servicio.



Ilustración 27. Fotografías tubería instalada en by-pass de galería

- D. Los primeros 400 m. del segundo tramo se colocará la tubería en el canal hasta la llegada a la galería, entubándola y cruzando bajo las vías del ferrocarril Elche-Murcia:

Este punto no se podría describir como un condicionante sino como una limitación importantísima en el diseño y concepción del proyecto ya que de haber optado por no entubar este tramo de galería, los trámites administrativos para cruzar una tubería bajo las vías de una línea de ferrocarril nos hubieran llevado directamente a la inviabilidad del proyecto, no sólo por su coste (realizar una hincas de 400 m. a 20 m. de profundidad con un diámetro de camisa exterior de 1600 mm. para poder introducir una tubería de 1200 mm.) sino por su dilatación en el tiempo.

Fue una decisión arriesgada pues la sección de la galería era de 2x1.60 m. más una bóveda de 1 m. y el peso de cada tubo, con una longitud de 6 m., era de más de 7 toneladas.

Además, condicionaba totalmente la capacidad hidráulica del sistema pues no podría instalarse una tubería mayor de DN1200 (Figura 45).

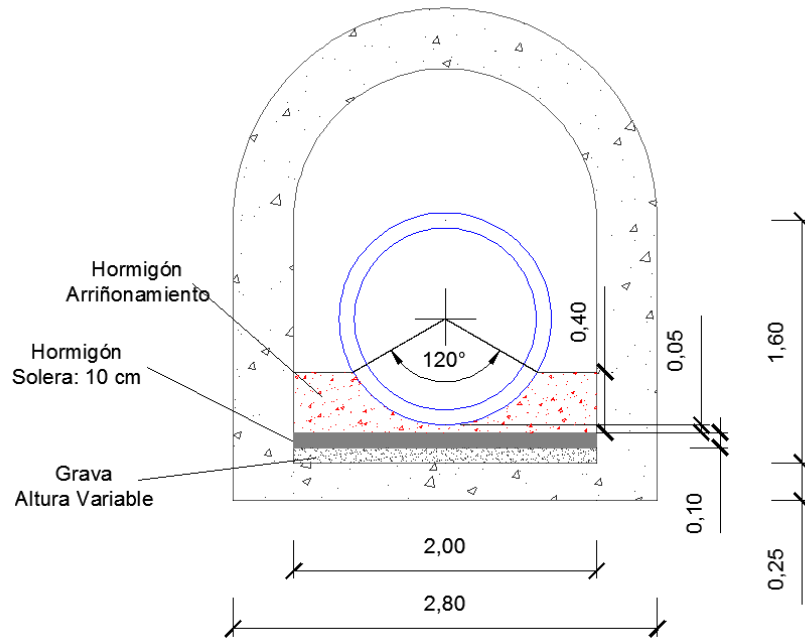


Figura 45. Sección tipo de la conducción en la galería Tercera-Cuarta

La instalación de estos 64 tubos fue posible gracias al diseño de un útil que cargaba los tubos en el exterior de la galería, los transportaba hacia el interior y procedía a su montaje ayudado por un tractor (Ilustración 28).



Ilustración 28. Tubería y útil de carga



Ilustración 29. Fases de carga

En estas fases el útil se introduce a través del tubo y lo carga sobre la viga, siendo actuado por un sistema oleohidráulico manejado por un operario (Ilustración 29).



Ilustración 30. Fases de transporte y colocación

Una vez cargado se desplaza hacia el interior de la galería empujado por un tractor de pequeñas dimensiones. Cuando se coloca el tubo en el interior, el tractor retrocede para repetir la operación (Ilustración 30).

E. La estaciones de bombeo Tercera y Cuarta desaparecen:

Como consecuencia de lo descrito en el punto anterior, también se observó que la galería existente entre la Tercera y Cuarta elevación presentaba zonas donde los hastiales de los muros ya estaban empezando a desprenderse.

Esto obligaba a plantearse la posibilidad de realizar una impulsión en dos etapas: Segunda-Tercera y Segunda-Cuarta. No era nada descabellado pues desde el punto de vista de la explotación de la futura red, se eliminarían dos elevaciones (Tercera y Cuarta) con lo que se podrían disminuir los costes de explotación y mantenimiento.

5.1.2.3 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

La única solución técnicamente viable consistió en la construcción de una nueva impulsión desde la Segunda Elevación a las Elevaciones Tercera y Cuarta, formada por:

- Tubería de impulsión:

Esta nueva tubería de impulsión está dividida en dos tramos. El primero conectará la Segunda Elevación con la Balsa de la Tercera Elevación, con una longitud total de 2.100 m. En los primeros 1.050 m. quedará alojada en el canal a cielo abierto existente y posteriormente en zanja para librar el tramo de galería derruida.

El segundo tramo conectará las Balsas de la Tercera y Cuarta Elevación, siendo la longitud del tramo 1.150 m. En este caso, se entuban 400 m. de galería existente y no dañada para salvar la línea de FFCC cercana. Pasado este punto, se busca la salida a superficie, discurriendo nuevamente en zanja hasta llegar a la Balsa de la Cuarta Elevación.

Con respecto a la tipología de tubería se decidió que fuera de hormigón postesado con camisa de chapa, por sus características de:

- Solución competitiva para grandes diámetros.
- Baja rugosidad absoluta a largo plazo.
- Estabilidad frente a las aguas salinas.
- Posibilidad de trabajar a altas presiones interiores y exteriores.
- No se ve afectada por depresiones.
- Ausencia de incrustaciones en sus paredes que disminuyan la capacidad de transporte.

Partiendo de los condicionantes explicados anteriormente, se calculó el caudal que podría trasegar la tubería fijando previamente una velocidad de 1,5 m/s.

$$Q_1 = 1,50 \cdot \frac{\pi \cdot 1,4^2}{4} = 2,31 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = 1,50 \cdot \frac{\pi \cdot 1,2^2}{4} = 1,70 \text{ m}^3/\text{s}$$

Estos caudales son totalmente insuficientes para los volúmenes que se manejan en la distribución, por lo que se tomó la decisión de elevar el caudal y asumir una mayor velocidad en las tuberías con los riesgos que ello conlleva.

Con todo esto, se fijaron unos caudales mínimos a satisfacer, siendo:

- Q_Segunda-Tercera: 3,60 m³/s
- Q_Segunda-Cuarta: 2,10 m³/s

Ahora las velocidades serían de:

$$V_1 = 3,60 / \frac{\pi \cdot 1,4^2}{4} = 2,34 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_2 = 2,10 / \frac{\pi \cdot 1,2^2}{4} = 1,85 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Pérdidas de carga de la instalación:

Se utilizaron métodos tradicionales de cálculo, utilizando la expresión de Darcy:

$$h_l = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

f: coeficiente de fricción de Darcy

h_l: pérdida de carga (en unidades de longitud)

L: longitud de la tubería

D: diámetro interior de la tubería

v: velocidad media

El coeficiente de fricción de Darcy se calcula mediante la fórmula de Colebrook-White, cuya expresión es la siguiente:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right]$$

Donde:

f: coeficiente de fricción de Darcy

ε : rugosidad absoluta de la tubería

D: diámetro interior de la tubería

Re: número de Reynolds

La rugosidad absoluta de las conducciones de hormigón postesado con camisa de chapa que se adopta es 0,10 mm.

Respecto a las pérdidas localizadas a lo largo de la conducción de impulsión, se considera que son un 10% de las pérdidas continuas por fricción. Aquí se tienen en cuenta las pérdidas localizadas asociadas a la propia estación de bombeo, correspondientes a los codos, válvulas y demás elementos desde la salida de las bombas hasta la conexión con la conducción de impulsión y su llegada a las balsas.

- Nuevo equipo de bombeo:

Estudiando distintos valores de caudal, obtenemos los correspondientes de pérdida de carga en función de la tubería escogida.

Con ello se confeccionan las tablas de pérdidas correspondientes, que al combinarlas con las longitudes equivalentes de los elementos integrantes y los desniveles a salvar, nos permite obtener los puntos de Q/Hm necesarios para construir la curva del sistema de las conducciones.

Combinando esta curva con la de trabajo de las bombas objeto de estudio, conoceremos los puntos de trabajo reales de la instalación.

Los grupos instalados son 3 motobombas sumergibles FLYGT modelo CP 3531.965, diámetro del impulsor 670 mm, salida de voluta 500 mm., motor eléctrico en jaula de ardilla, con una potencia al eje de 680 Kw, a 995 rpm, In 725 A , a 690 V y 50 Hz.

El funcionamiento del sistema según el número de bombas que estén en funcionamiento será, bombeando a la Tercera Elevación:

Tabla 32. Funcionamiento de los equipos bombeando a la Tercera Elevación

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
Qu (l/s)	1330	1272x2 = 2544	1190x3 = 3570
Hman (mca)	38,0	40,0	42,4
PABS/EJE (Kwbomba)	604 / 582	2 x 603 / 582	3 x 596 / 575
η_{hidr} (%)	85,3	85,9	86,2

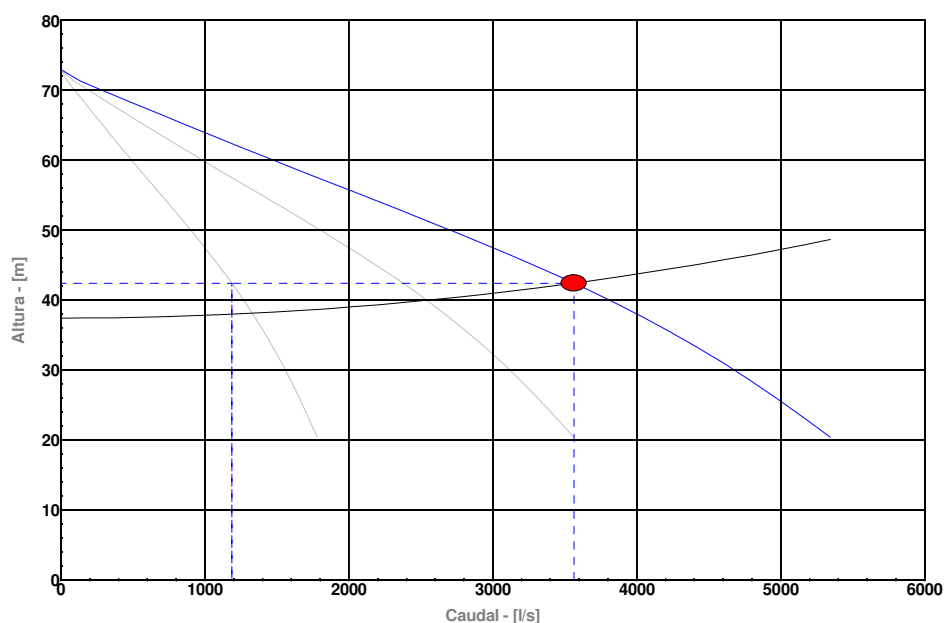


Ilustración 31. Curva del sistema bombeando a la Tercera Elevación

En la Ilustración 31 se muestra la curva resistente del sistema y la intersección con las diferentes curvas de las bombas en función del número de equipos que funcionen en paralelo.

El funcionamiento del sistema según el número de bombas que estén en funcionamiento será, bombeando a la Cuarta Elevación:

Tabla 33. Funcionamiento de los equipos bombeando a la Cuarta Elevación

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
Qu (l/s)	860	786 x 2 = 1572	700 x 3 = 2100
Hman (mca)	51,0	52,8	55
PABS/EJE (Kwbomba)	544 / 524	2 x 528 / 509	3 x 510 / 491
η hidr (%)	82,1	80,1	77,0

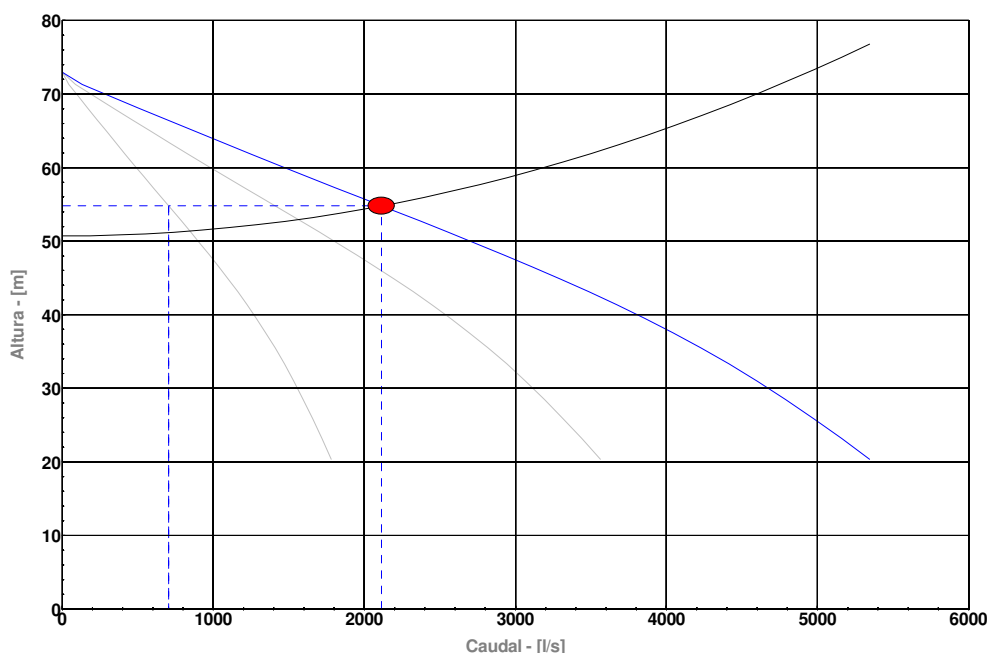


Ilustración 32. Curva del sistema bombeando a la Cuarta Elevación

En la Ilustración 32 se muestra la curva resistente del sistema y la intersección con las diferentes curvas de las bombas en función del número de equipos que funcionen en paralelo.

- Régimen transitorio de la instalación:

Descartando una maniobra brusca de las válvulas de seccionamiento que gobiernan la instalación (derivando el caudal a una balsa u otra), el estudio se centra en una parada brusca del bombeo por un fallo eléctrico.

Tras unos primeros cálculos estimativos y entendiendo la complejidad del sistema así como su solución, se decidió aparcar los métodos tradicionales de cálculo y realizar un modelo matemático para su estudio. Este modelo fue realizado mediante el software de simulación de transitorios Surge 2000 desarrollado por la universidad de Kentucky, USA.

Las dos situaciones estudiadas son: parada brusca con la impulsión de todo el caudal a la Tercera Elevación y parada brusca con la impulsión de todo el caudal a la Cuarta Elevación cuarta con las tres bombas a pleno rendimiento en ambos casos.

Los datos arrojados por el programa y posteriormente analizados son los siguientes:

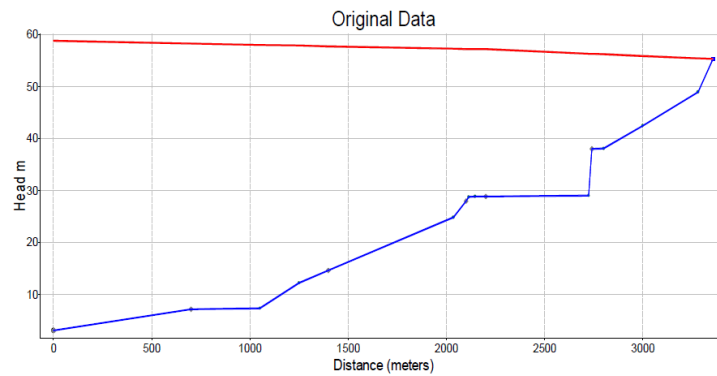


Figura 46. Régimen permanente bombeando a la Cuarta Elevación

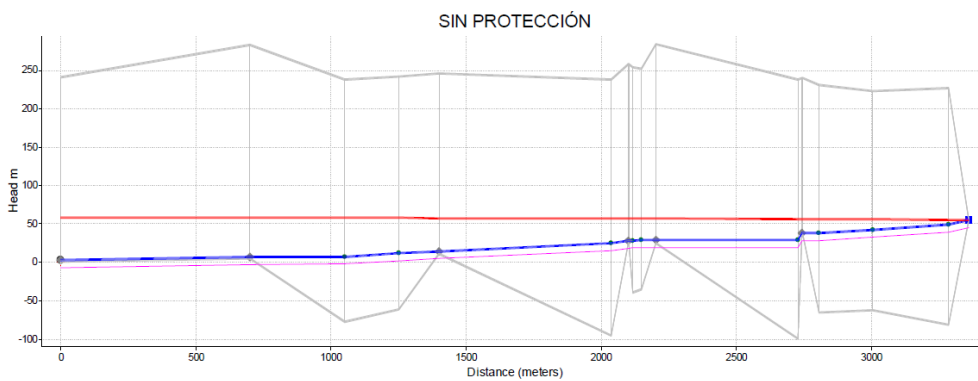


Figura 47. Envolvente de presiones tras paro repentino, sin protección

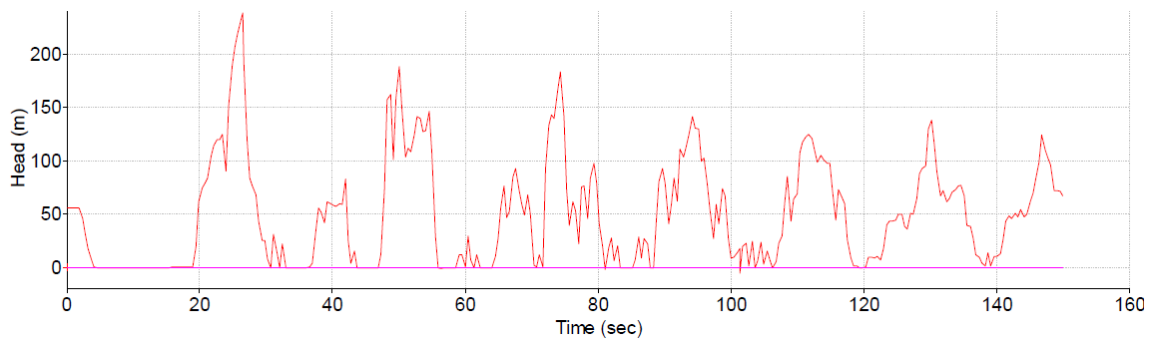


Figura 48. Evolución de las presiones en la estación de bombeo tras paro repentino, sin protección

Para proteger esta instalación se planteó en un primer momento colocar calderines antiarriete para que inyectaran agua cuando cayera la presión en la estación de bombeo pero se descartó esta solución debido a que los calderines eran enormes y no se podían instalar en el entorno del Parque Natural. Su mantenimiento es complejo y ante un fallo de éstos, lo sencillo sería desconectarlos y bombear sin protección.

Se optó por estudiar el sistema de protección mediante válvulas anticipadoras de onda y ventosas de gran capacidad (Ilustración 33) y restrictor a la salida, resultando lo siguiente:

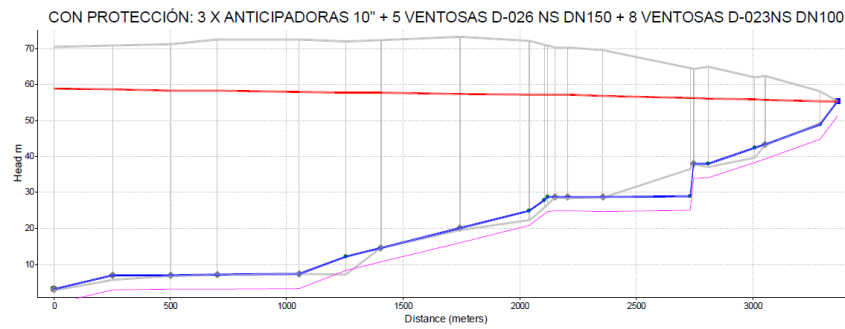


Figura 49. Envolvente de presiones tras paro repentino, con protección

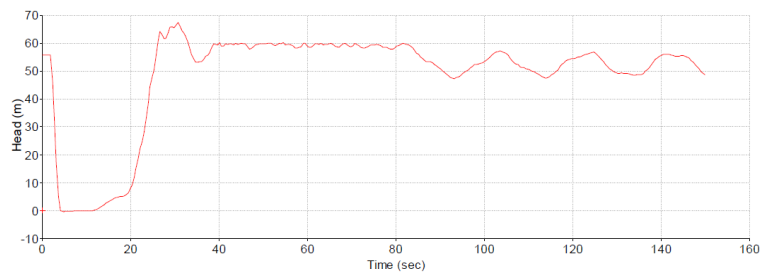


Figura 50. Evolución de las presiones en la estación de bombeo

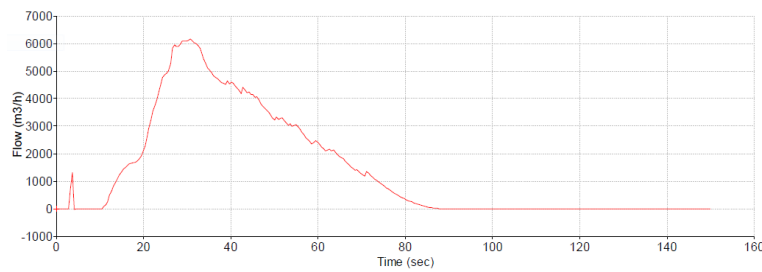


Figura 51. Caudal a través de las válvulas anticipadoras de onda

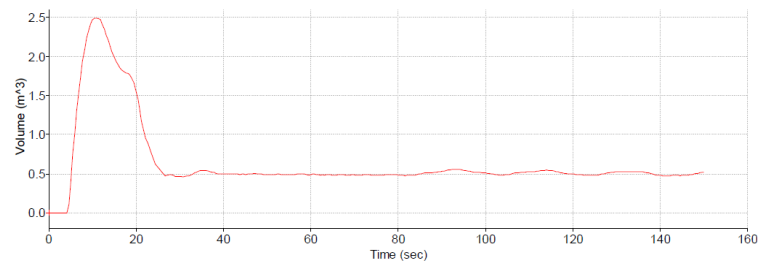


Figura 52. Volumen de la bolsa de aire que ingresa en la ventosa junto a la estación de bombeo



Ilustración 33. Vista del sistema de protección con válvulas anticipadoras de onda y ventosas

5.1.2.4 NUEVO ESQUEMA HIDRÁULICO

Con la puesta en marcha de estas nuevas instalaciones se logrará unificar en un único bombeo la elevación de los mayores volúmenes que son los que riegan los Canales Segundo (Levante y Poniente) y Primero de Levante.

Es significativo el cambio del sistema de distribución por canales de transporte a tuberías presurizadas, debido a las filtraciones y mermas que se producían en la infraestructura original. También se mejora el sistema de distribución al implementar un sistema de automatismo teledirigido que gobierne todas las instalaciones.

Así pues, desde el nuevo bombeo se podrá elevar el volumen necesario a una u otra balsa de riego, que son cabecera de la red de distribución secundaria del riego tradicional (Figura 53).

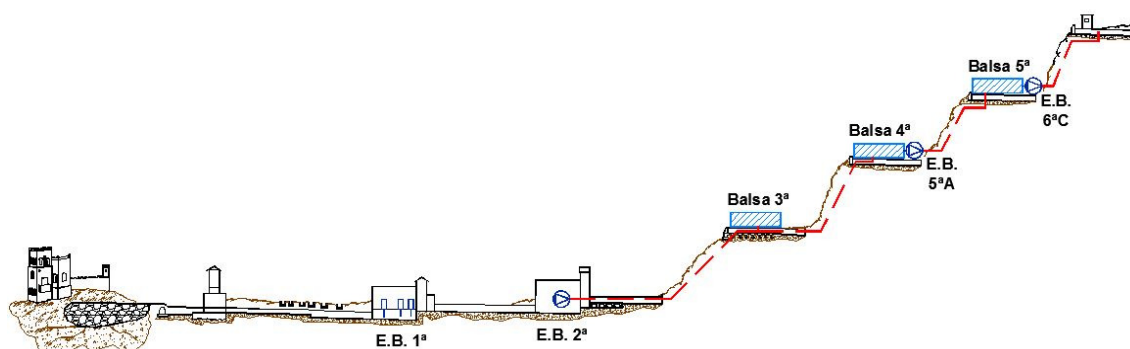


Figura 53. Esquema hidráulico actual mod_4

5.1.2.5 OTRAS MEJORAS

- Los rendimientos energéticos llegarán a estar por encima del 80% frente al 60-65% anterior.
- Se disminuirán las pérdidas de agua en las galerías sustituyéndolas por tuberías que garanticen una total estanquidad.
- Eliminar las paradas en el servicio de distribución por los derrumbes en las galerías.
- Al existir la posibilidad de regulación en todas las impulsiones es posible la regulación automática de todo el nuevo sistema. Esto permite el funcionamiento enseriado de las distintas elevaciones sin los continuos arranques y paradas actuales.
- Disminuir los costes de mantenimiento de las instalaciones.

5.2 TARIFA ELÉCTRICA

Como hemos visto, los volúmenes demandados de agua de concesiones dependen de muchos factores como por ejemplo la época del año, las lluvias acaecidas en el tiempo, la disponibilidad de agua de concesiones, la calidad de ésta, etc.

Lo interesante sería poder adaptar el régimen de tarifa eléctrica a la demanda de agua de riego, ahorrando así muchos costes de explotación, facilitando la distribución y aumentando el volumen de agua servida.

También hay que destacar que con el restrictivo contrato eléctrico existente ajustado a las nuevas reglamentaciones, solamente se permite un cambio de régimen tarifario anual y no se estima que esto pueda cambiar. También influye la carencia de una tarifa eléctrica "agrícola" que no penalice a grandes consumidores como son las comunidades de regantes de todo el territorio, entendiéndose el sector agrícola como un sector estratégico y motor de la economía de muchas regiones.

5.2.1 TARIFA CONTRATADA ORIGINALMENTE

Si analizamos el calendario energético (Figura 54) así como la tarifa eléctrica contratada originalmente, vemos que nos penaliza de manera severa si salimos del rango de las 00:00 - 08:00 h. de lunes a viernes y del fin de semana completo (tramo P-6).

El mes de agosto es el único mes del año en el que podemos disponer de energía económica ya que durante las 24 h. de todos los días es periodo valle (P-6). Hay que destacar que la máxima demanda anual de agua, e implícitamente la máxima demanda de energía eléctrica, se produce no solamente en el mes de agosto sino durante los meses de mayo, junio, julio, septiembre y octubre.

	0_1	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	6_7	7_8	8_9	9_10	10_11	11_12	12_13	13_14	14_15	15_16	16_17	17_18	18_19	19_20	20_21	21_22	22_23	23_24
Enero	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Febrero	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Marzo	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
Abril	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Mayo	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
1ª Quincena Junio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
2ª Quincena Junio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2
Julio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2
Agosto, Sab, Dom y Festivos Nacionales	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
Septiembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
Octubre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Noviembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
Diciembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2

Figura 54. Calendario energético peninsular 2014

Si atendemos ahora al precio de la energía y los términos de potencia (Tabla 34) que se pagan a la distribuidora con la que la comunidad de regantes tiene contratada la energía, vemos una fuerte penalización en los precios fuera del tramo P-6.

Hasta hace unos meses, la comunidad de regantes disponía de un contrato que se dividía en seis tramos, y cuyos precios se representan a continuación:

- P1 = 60 kW.
- P1 a P5 = 2.500 kW.
- P6 = 3.800 kW.

Tabla 34. Precios reflejados en contrato original

Periodo	Término de Potencia €/kW y mes	Término de Energía €/kWh
1	1,846529	0,07965
2	0,924064	0,06096
3	0,676261	0,04793
4	0,676261	0,04621
5	0,676261	0,04827
6	0,308554	0,03620

Estos precios no incluyen el impuesto sobre la electricidad, el I.V.A. y se repercutirán los costes regulados que pueda facturar la distribuidora, como son la reactiva, excesos de potencia, alquiler de equipo de medida, etc.

5.2.2 FACTURACIÓN

Tal y como marca la legislación, para cada uno de los períodos tarifarios aplicables a las tarifas, se contrata una potencia, aplicable durante todo el año. El término de facturación de potencia será el sumatorio resultante de multiplicar la potencia a facturar en cada período tarifario, que se define más adelante, por el término de potencia correspondiente, según la fórmula siguiente: $FP = \sum t_{pi} \times P_{fi}$

- P_{fi} = potencia a facturar en el período tarifario i, expresada en kW.
- t_{pi} = precio anual del término de potencia del período tarifario i.

En estas tarifas el control de la potencia demandada se realiza por medio de las mediciones cuarto-horarias de los equipos de medida y se factura directamente la potencia contratada en cada uno de los 6 períodos.

5.2.3 EXCESOS DE POTENCIA

En el Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre se definen las penalizaciones por Excesos de Potencia.

En el caso de las tarifas P-6 el control de la potencia demandada se realizará por medio de las mediciones cuarto horarias de los equipos de medida.

La potencia a facturar en cada período tarifario será la potencia contratada. En el caso de que la potencia demandada sobrepase en cualquier período horario la potencia contratada en el mismo, se procederá, además, a la facturación de todos y

cada uno de los excesos registrados en cada período, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$F_{EP} = \sum_{i=1}^{i=6} K_i \times 1,4064 \times A_{ei}$$

Donde:

Ki = coeficiente que tomará los siguientes valores dependiendo del período tarifario i:

Período	1	2	3	4	5	6
Ki	1	0,5	0,37	0,37	0,37	0,17

El exceso de potencia (Aei) se calculará de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$A_{ei} = \sqrt{\sum_{j=1}^{j=n} (P_{dj} - P_{ci})^2}$$

Donde:

Pdj = potencia demandada en cada uno de los cuartos de hora del período i en que se haya sobrepasado Pci.

Pci = potencia contratada en el período i en el período considerado.

Estas potencias se expresarán en kW y los excesos de potencia se facturarán mensualmente.

5.2.4 NUEVA TARIFA ELÉCTRICA PROVISIONAL

De manera provisional, aprovechando que se disponía del cambio permitido anualmente en la tarifa eléctrica y tratando de negociar una mejor tarifa eléctrica con distintos suministradores para la campaña 2014-2015, la comunidad de regantes ha cambiado su potencia contratada en los tramos P1-P5, variando también los precios reflejados anteriormente. Además, ya no se tiene un coste fijo de la energía sino que se accede al mercado libremente "pull".

El nuevo contrato también se divide en seis periodos:

- P1 = 60 kW.
- P1 a P5 = 500 kW.
- P6 = 3.800 kW.

La selección de las potencias contratadas en los diferentes tramos respondían a diversos criterios como por ejemplo, pensando que no se iban a exceder las potencias contratadas en cada tramo. También se trataba de buscar un equilibrio entre los costes fijos por términos de potencia y el volumen de agua que se iba a distribuir durante la campaña.

Este punto es clave pues se debe de poner en consonancia los volúmenes de demanda esperados (no conocidos) y las potencias instaladas (conocidas) para toda la campaña sin salir del periodo P-6.

La situación de equilibrio en la que se compensa el exceso de potencia con el término de potencia contratado debería tratarse en un estudio de mayor envergadura y no es objeto de este trabajo por dos razones fundamentales:

- La negociación con diferentes proveedores eléctricos es tediosa y dilatada en el tiempo, atendiendo además a otros factores que entran en juego como por ejemplo el tipo de facturación, la forma de pago, etc.
- Dentro de esa negociación, los precios correspondientes a los términos de potencia y energía varían significativamente por lo que las opciones son múltiples y deben ser estudiadas con detenimiento.

5.3 FALTA DE N° DE HORAS DE BOMBEO EN P-6

Como se ha descrito anteriormente, debido a la disminución en la capacidad de bombeo de la Segunda Elevación por motivos de diseño de las instalaciones (obligado en parte por la resolución ambiental) desde la puesta en marcha de la nueva instalación se están presentando graves problemas en la distribución de la C.G.R.R.L.

También ha sido clave el cambio de tarifa eléctrica contratada, siendo esta nueva tarifa muy reducida en cuanto a número de horas disponibles en periodo valle con potencia suficiente para mover grandes volúmenes de agua. Aunque desde un primer momento se estimó que podría suponer un problema importante para la distribución en los meses de mayor consumo, era una circunstancia casi obligatoria debido a que el capital invertido en la construcción de las instalaciones era 100% proveniente de los recursos propios de la comunidad de regantes y debía reducir sus costes de explotación para poder pasarlos a la partida de amortización del préstamo correspondiente.

Todo esto ha derivado en que, dado que el Primer Canal de Levante tiene un déficit medio diario de capacidad de almacenamiento de entre 7.000 y 15.000 m³ en los meses de mayor consumo, se tiene que aportar más volumen bombeando desde la Segunda Elevación en periodo punta, saltándose las restricciones horarias y pagando la correspondiente penalización.

Desafortunadamente, este déficit debe suplirse cuando la tarifa eléctrica está en su precio más alto, siendo a media mañana. Esto se produce porque la balsa comienza a vaciarse (el servicio de distribución comienza a las 08:00 h.) y la franja horaria de mayor riego queda entorno a las 10:00-19:00 h.

6. MODELO MATEMÁTICO DEL SISTEMA

Una vez conocidas las instalaciones existentes y su funcionamiento se propone el desarrollo de un modelo matemático que permita operar en diferentes escenarios para así poder realizar una propuesta de mejoras y validar su funcionamiento. Este modelo cuasiestacionario se ha realizado con el programa informático EPANET, versión 2.0.

No se trata de un modelo georreferenciado, sino de un modelo energético con el cual se pueden simular las estaciones de bombeo, conducciones y elementos de regulación en diferentes escenarios. Para ello se estudiarán de manera aislada algunos elementos o situaciones reales, comprobando que coinciden los datos arrojados por el programa con la realidad. También se analizará el sistema como un conjunto de subsistemas para conocer el funcionamiento real y poder estudiar diferentes propuestas de mejora.

6.1 FASES DE GENERACIÓN DEL MODELO

El desarrollo del modelo se ha centrado únicamente sobre la parte presurizada, introduciendo los datos relativos a balsas de regulación, grupos de bombeo, tuberías, válvulas, compuertas y consignas que regulan y ordenan el funcionamiento del sistema.

Esto ha sido motivado puesto que no tiene sentido introducir la red de canales de distribución ya que no aportan más información que la que nos puedan dar los registros de sus caudalímetros ubicados en cabecera.

6.1.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Toda la elaboración de un modelo matemático requiere una primera fase de recopilación de la información necesaria para ello, a veces un tanto tediosa debido al gran volumen documental existente y que hay que cribar para su utilización eficiente.

Afortunadamente y debido a que he participado en la redacción del proyecto y la dirección de obra de la instalación puesta en marcha en enero de 2014 ha sido fácil el obtener toda la información necesaria.

Para el desarrollo del modelo se han necesitado los datos relativos a conducciones, elementos de regulación (válvulas), bombas, balsas, consumos, etc. que se describirán en los siguientes apartados.

6.1.1.1 TUBERÍAS

Para la representación de las tuberías se han definido los diámetros, longitudes, materiales y puntos significativos de éstas, obtenidos en los perfiles longitudinales y secciones de los datos existentes en los proyectos "as built".

Las rugosidades definidas en la Tabla 35 se han obtenido de los manuales técnicos de los fabricantes de las conducciones y han sido contrastados con la "Guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión, del Cedex".

Tabla 35. Rugosidad absoluta asignada a las conducciones

Material	K (mm)
Hormigón	0,10
Acero	0,05
PRFV	0,05

Además se ha considerado en cada caso un coeficiente de pérdidas menores correspondiente a cambios de alineación, piezas especiales, etc.

6.1.1.2 DEPÓSITOS Y BALSAS

Se ha introducido la curva de cubicación de las balsas (Figura 55), cotas de solera, niveles máximo y mínimo así como el nivel inicial correspondiente con cada simulación.

En todas las situaciones la entrada de agua se realiza por el fondo, por lo que no ha sido necesario emular una entrada por coronación mediante válvulas sostenedoras de presión.

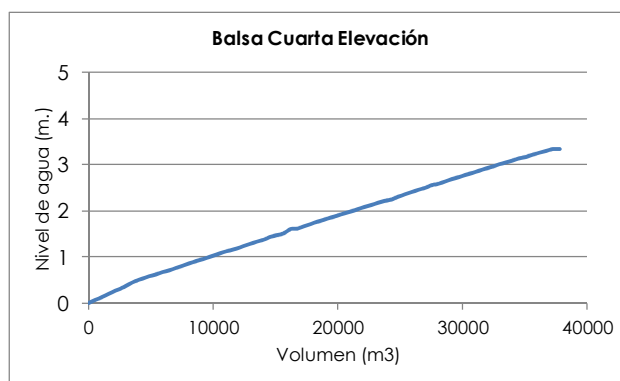


Figura 55. Cubicación de la balsa de la Cuarta Elevación

6.1.1.3 BOMBAS

La introducción de las curvas de las bombas no se ha hecho según los datos teóricos del fabricante ya que de todos los grupos se conocen las curvas reales o "test report" de prueba en fábrica, tratándose de reproducir fielmente el comportamiento de las bombas en sus diferentes puntos de trabajo. También se han introducido las curvas de rendimiento reales de cada una de las bombas (Figura 56).

Respecto a su funcionamiento y gracias al sistema de telecontrol instalado en todas las elevaciones, se conoce con precisión el tiempo de funcionamiento de cada grupo o la frecuencia a la que estaba trabajando, entre otros.

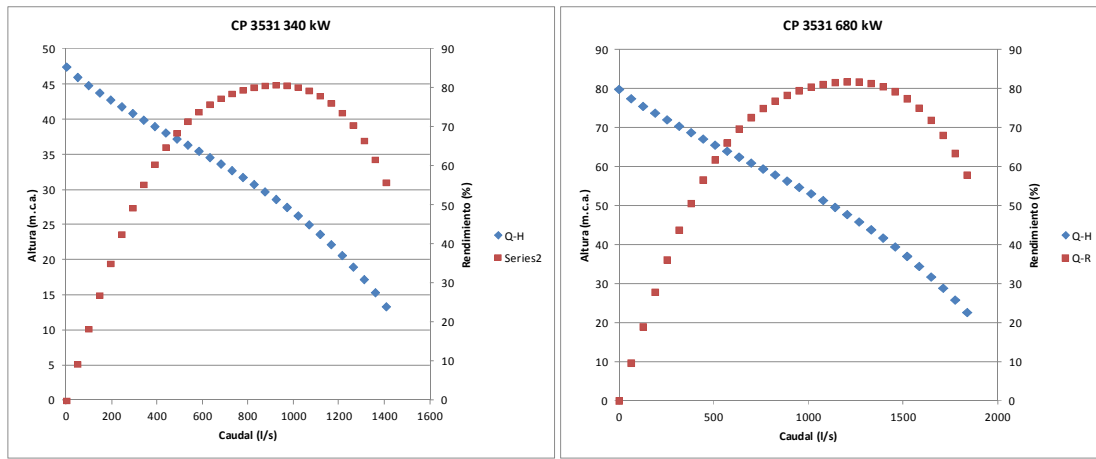


Figura 56. Curvas reales de las bombas introducidas

6.1.1.4 DEMANDAS

Las demandas de cada uno de los puntos de suministro se han modelado con una tabla de patrones de consumo referidas a su caudal medio, a partir de los valores extraídos de la base de datos del caudalímetro (Figura 57).

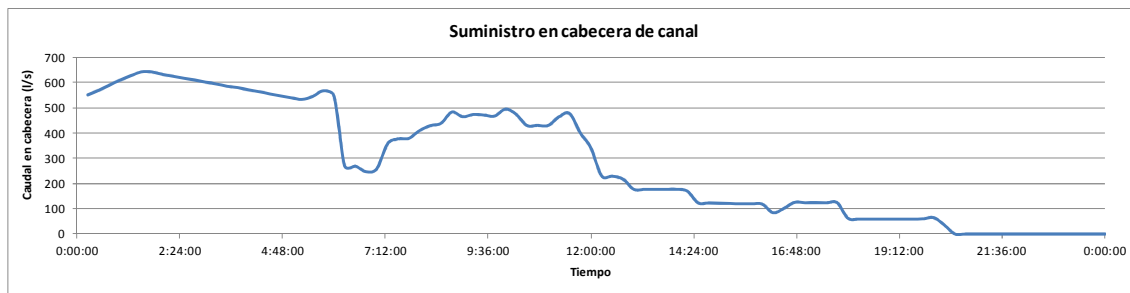


Figura 57. Representación de los datos del caudalímetro electromagnético

Los pares de valores caudal-tiempo importados desde la base de datos del sistema de telecontrol se representan como una demanda del nudo correspondiente a la cabecera de canal Q (t) (Figura 58).

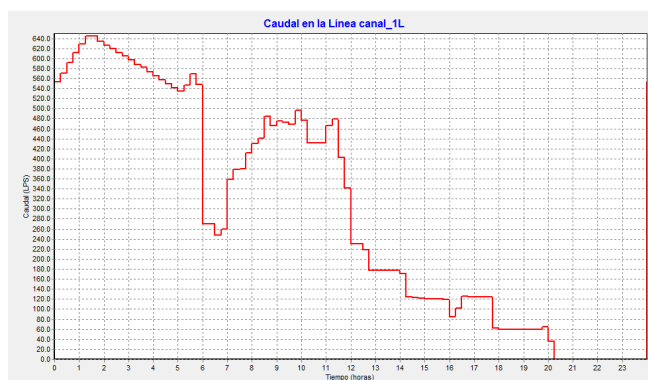


Figura 58. Demanda asociada a una cabecera de canal

6.1.1.5 ELEMENTOS DE REGULACIÓN

Las válvulas se han modelado como válvulas de regulación, introduciendo el coeficiente de pérdidas menores "k" correspondiente al Kv asociado para el grado de apertura seleccionado. Lo mismo se ha hecho con las válvulas de retención (Tabla 36).

Se ha comprobado, con el manómetro existente aguas abajo de las válvulas la pérdida de carga que éstas generan. Aunque la precisión no es métrica, parece que corresponden los valores calculados de pérdida de carga con la real.

Tabla 36. Pérdidas de carga en válvulas

Tipo de válvula	Diámetro nominal (mm.)	Kv(90°)	Coef. pérdidas (k)
Mariposa	700	30.000	0,42
Mariposa	1000	65.000	0,37
Retención	700	30.000	0,42
Retención	800	39.000	0,42

6.1.1.6 CONSIGNAS

Para cada una de las situaciones modeladas y para asegurar el buen funcionamiento del modelo, se ha ido introduciendo las consignas de marcha y paro de las bombas en función de la hora a la que funcionan.

La precisión de los valores de arranque y paro de bombas es de segundos con lo que se puede lograr una reproducción fiel del verdadero funcionamiento en cada caso (Figura 59 y Tabla 37).

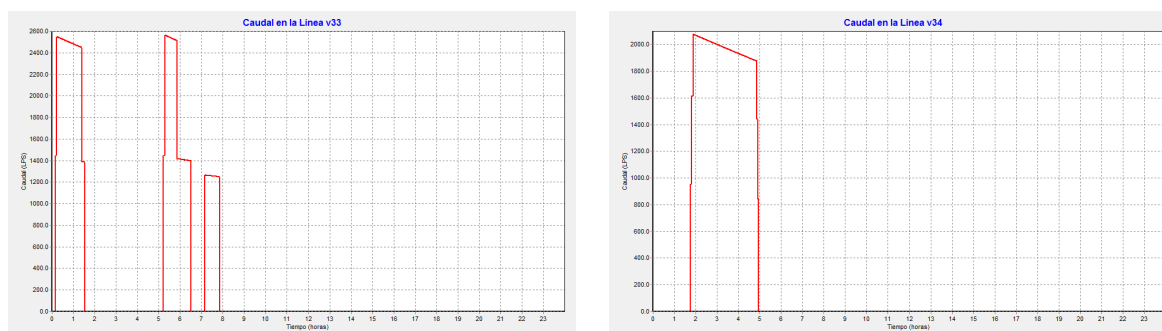


Figura 59. Representación del funcionamiento de las bombas

Tabla 37. Consignas introducidas de marcha y paro de bombas

Fecha	Hora	Funcionamiento
09/06/2014	0:00:00	0
09/06/2014	1:53:15	1
09/06/2014	4:00:00	1
09/06/2014	4:52:14	0

También se controla la apertura y cierre de la válvula 3 cuando se quiere bombear a la balsa de la Cuarta Elevación.

La válvula 4 no hace falta consignarla pues la diferencia de alturas entre las balsas hace que el agua no llegue a la Cuarta Elevación cuando se está bombeando a la Tercera Elevación.

6.1.2 ESQUELETIZACIÓN DE LA RED

Se ha tratado de realizar un modelo muy sencillo para facilitar su operatividad pero que a la vez permita reflejar con detalle el comportamiento real del sistema. En este sentido, por ejemplo, se ha desacoplado la Primera Elevación ya que su aporte al modelo energético de la problemática a estudiar es nulo.

Donde se ha centrado el esfuerzo ha sido en introducir con determinación el número de elementos, nudos y líneas que realmente podían influir en el comportamiento o servirían para comprobar la bondad del modelo.

Es por ello que, una vez desarrollado el modelo inicial que incluye el conjunto de todas las instalaciones existentes objeto de este estudio (Figura 60), éste ha derivado en otros modelos más reducidos con los que era más fácil trabajar (Figura 61). Se facilita así la tarea de manejar tantos elementos como en el general.

La posibilidad de trabajar con modelos menores ha sido únicamente gracias a las características de la red, pues se trata de bombeos enseriados con balsas de regulación y canales que se alimentan desde éstas o en directo desde el bombeo por lo que las posibilidades son múltiples.

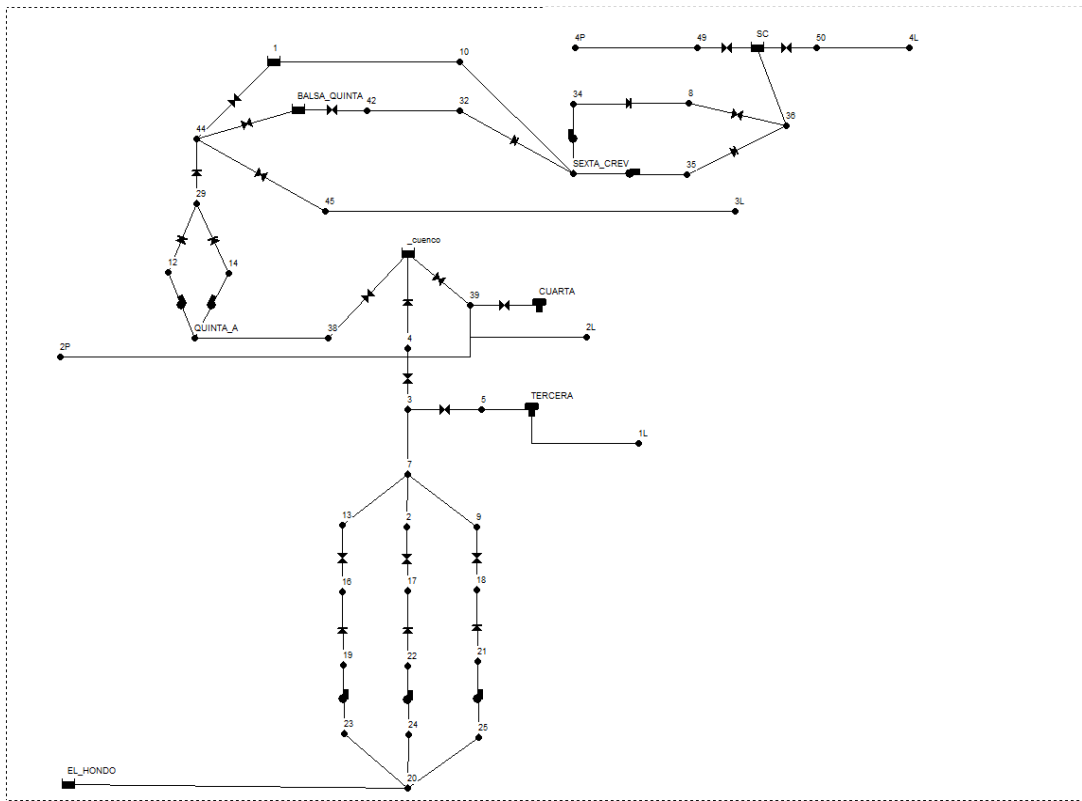


Figura 60. Modelo matemático general

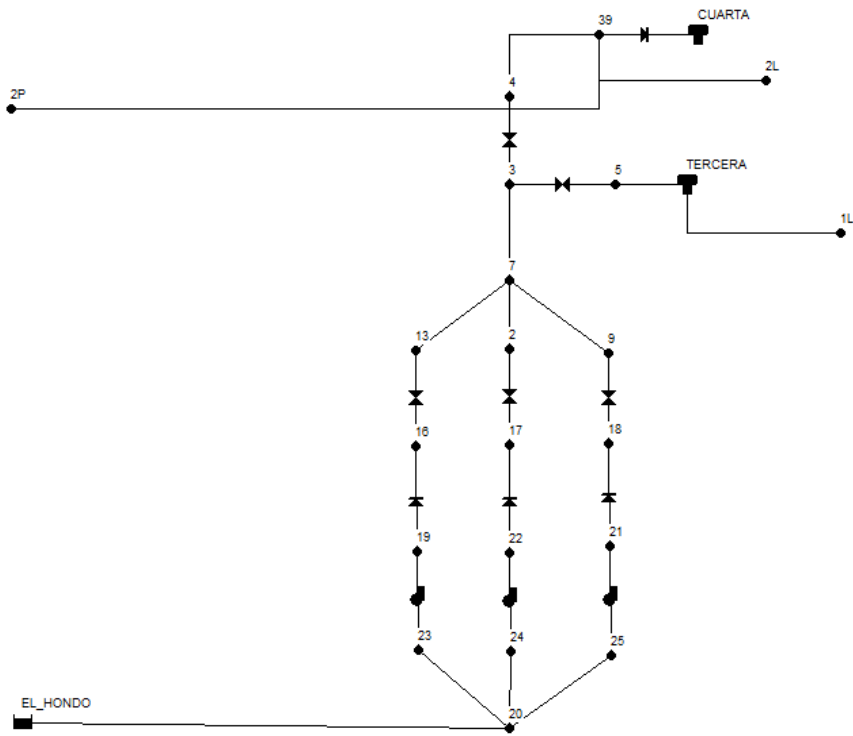


Figura 61. Modelo matemático discretizado

6.2 COMPROBACIÓN DE RESULTADOS Y VALIDACIÓN DEL MODELO

Debido a que los valores de los parámetros introducidos tienen un carácter teórico (la rugosidad de las tuberías entre otros) se pasa ahora a una fase de la elaboración del modelo que es fundamental para su manejo posterior que es la validación y calibración. Los resultados arrojados por el programa son contrastados por los datos obtenidos en campo a través de transductores de presión, caudalímetros en las impulsiones y sondas de nivel ultrasónicas, todos ellos centralizados y almacenados por el sistema de telecontrol en la base de datos.

Para facilitar la tarea de validación del modelo global, he optado por utilizar diferentes modelos simplificados y operar con ellos de modo que se reprodujeran situaciones ya vividas y de las que se disponían los datos para su comprobación.

A continuación se desarrolla el método para calibrar uno de los modelos reducidos:

6.2.1 BOMBEO A LA CUARTA ELEVACIÓN

El día 20 de Mayo de 2014 la balsa de la Cuarta Elevación tenía un nivel inicial de 2,96 m. y se disponía a dar servicio a los canales Segundo de Levante y Poniente.

El servicio de distribución comenzó a las 01:00 h. mientras que el bombeo Segunda-Cuarta empezó a las 00:34 h. hasta que la balsa a las 03:32 h. Antes de las 08:00 h. se volvió a bombear durante 40 minutos para dejar un pequeño volumen como margen de seguridad ya que ese día la planificación de volúmenes se había hecho muy ajustada. Cuando llega el final del servicio de distribución a las 20:00 h. se queda la balsa totalmente vacía.

Introduciendo en el modelo un archivo de calibración correspondiente a los datos almacenados por la sonda de nivel ultrasónica $Z(t)$ real y representando la presión en el nudo correspondiente a la balsa $Z(t)$ modelo, podemos ver cómo el comportamiento es muy similar al real aunque con un desfase en las alturas de la lámina de agua considerable (Figura 62).

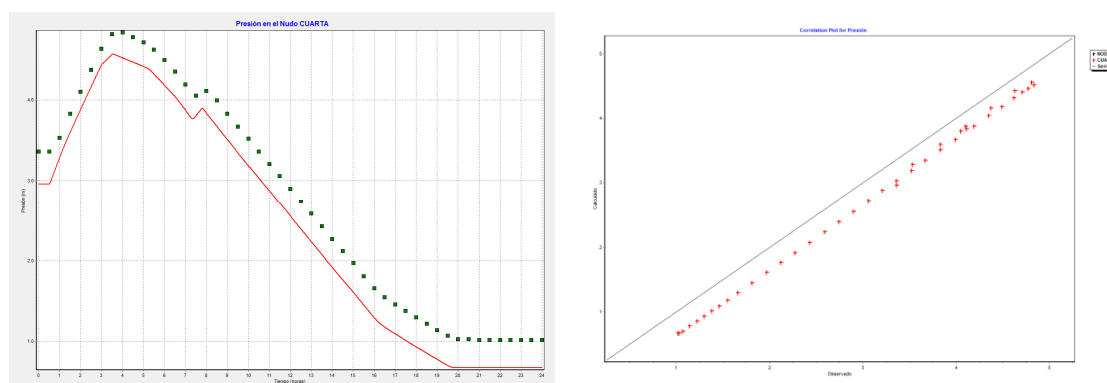


Figura 62. Presión en la balsa antes de la calibración

Este desfase se debía a que la posición relativa de la sonda ultrasónica no estaba perfectamente definida pero fue solucionado posteriormente. A partir de este momento todas las mediciones de esa sonda ultrasónica se han corregido para evitar

así diferencias posteriores. En la Figura 63 se comprueba que el comportamiento del modelo mejora significativamente.

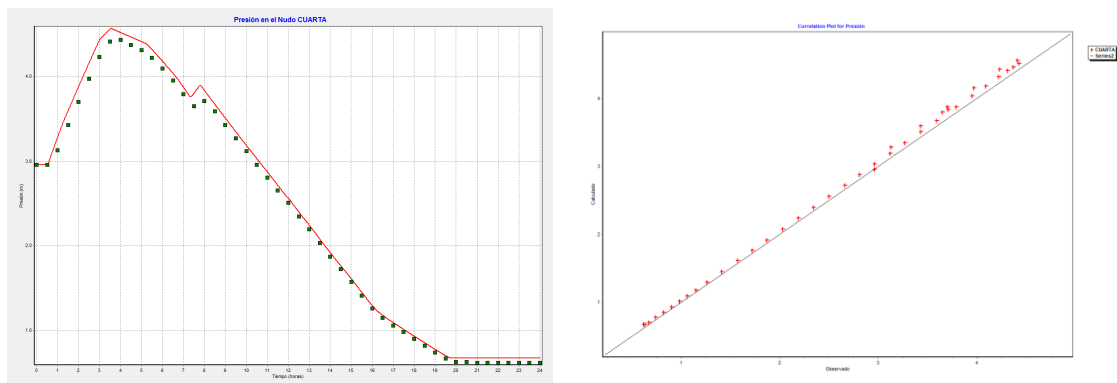


Figura 63. Presión en la balsa después del primer ajuste

Una vez se ha obtenido un ajuste de los parámetros de comparación, el modelo se corrige parcialmente ajustando los coeficientes de pérdidas menores de manera que, probando diferentes valores, se acota la solución definitiva y se valida la solución (Figura 64).

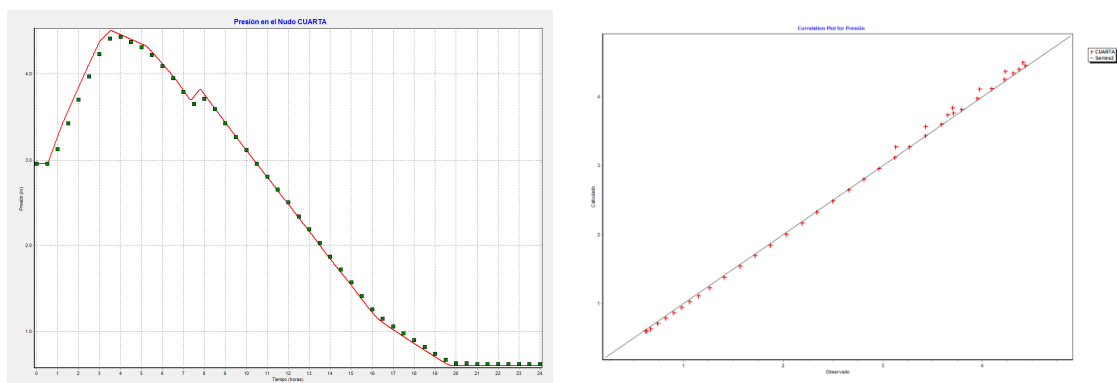


Figura 64. Presión en la balsa después del segundo ajuste

Estadísticas de Calibración para Presión

Localización	Nº Observ Obs	Calc Media	Media	RMS Error	RMS Error
CUARTA	48	2.40	2.41	0.039	0.055
Sistema de Red	48	2.40	2.41	0.039	0.055

Correlación entre los Términos: 0.000

Figura 65. Estadísticas de calibración obtenidas por el modelo

7. MEDIDAS ADOPTADAS PARA TRATAR DE PALIAR EL DÉFICIT ESTRUCTURAL

Hasta la fecha, desde la comunidad de regantes se han puesto en marcha diferentes estrategias para tratar de paliar el déficit estructural sufrido, aunque la efectividad de las mismas se pone en entredicho debido a que estas maniobras han llevado asociado otros problemas que se describen a continuación.

7.1 TRASPASO DE CAUDALES ENTRE BALSAS

La primera medida que se intentó poner en marcha fue el traspaso de agua desde la balsa de la Cuarta Elevación hasta la balsa de la Tercera Elevación, ya que la primera tiene mayor capacidad y se puede llenar en horas valle. En periodo punta, se transferiría agua desde una balsa a otra por la misma conducción de impulsión aprovechando el desnivel favorable existente. Desde el primer momento se planteó como una solución técnicamente viable ya que se pueden laminar las horas puntas de consumo compensándolas con horas de bombeo en periodo nocturno, además de que es una solución empleada en multitud de instalaciones similares.

Cuando el bombeo de la Segunda Elevación entra en funcionamiento, el agua se deriva a una u otra balsa mediante un juego de válvulas de maripapa DN1000 instaladas en una arqueta de derivación situada junto a la Tercera Elevación (Figura 66).

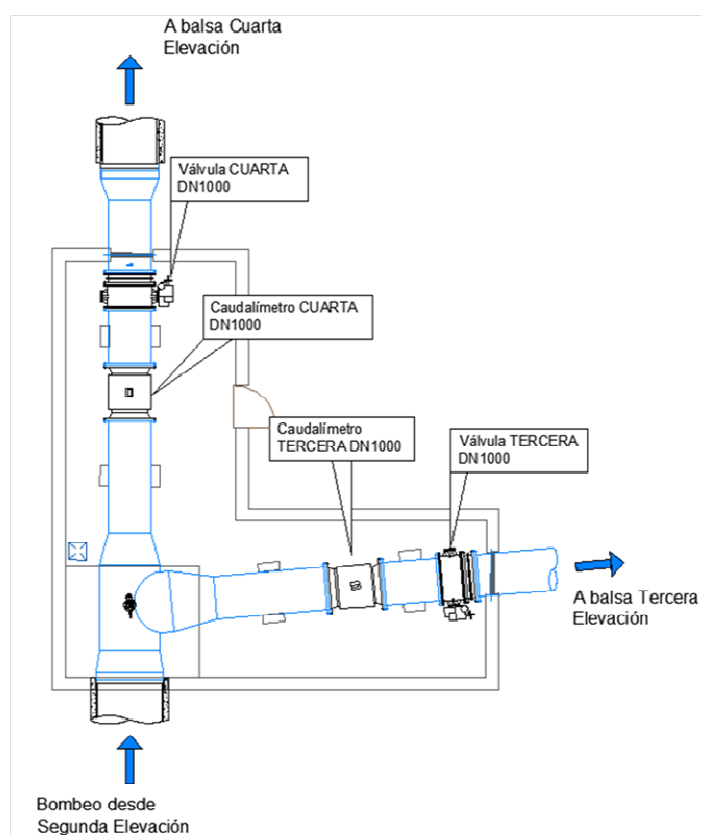


Figura 66. Plano en planta de la arqueta de derivación situada junto a la balsa de la Tercera Elevación

Estas válvulas, pese a que su motorreductor está preparado para regulación, no son las más adecuadas para realizar este tipo de maniobras debido a la magnitud de los caudales manejados, los diámetros de éstas y la diferencia de altura geométrica entre una y otra balsa.

No obstante, se analizó la gráfica de pérdidas de carga del fabricante de la válvula (Figura 67) y se obtuvo una curva de pérdidas (Figura 68) que se podría introducir en un modelo matemático muy esquemático para su estudio con diferentes grados de apertura.

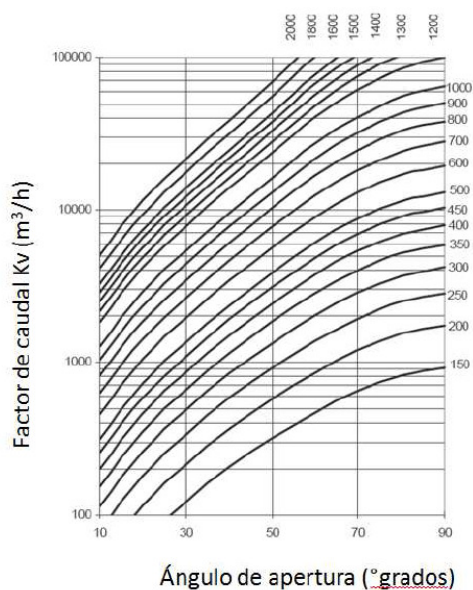


Figura 67. Relación K_v y ángulo de apertura

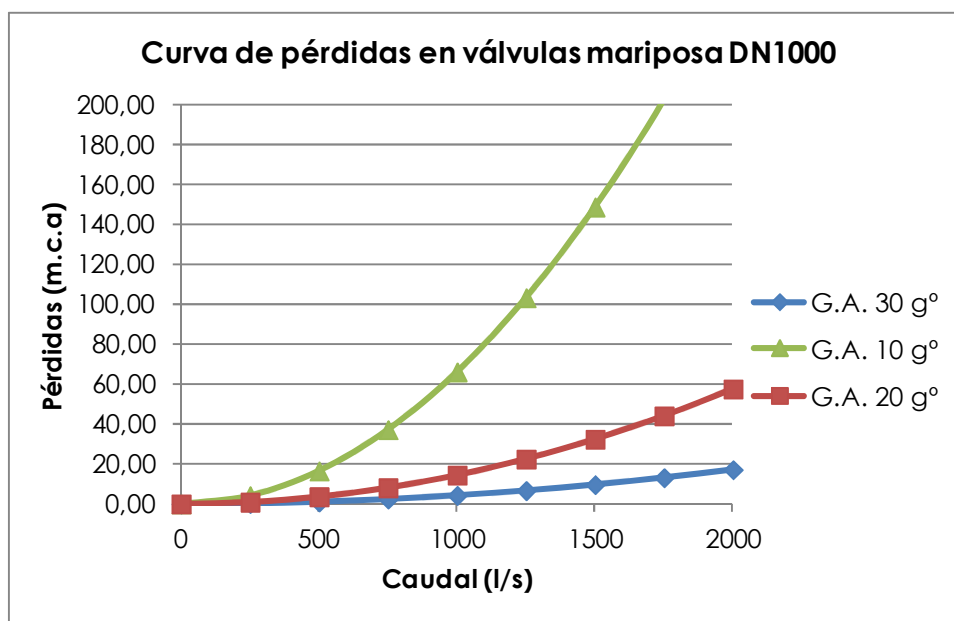


Figura 68. Curva de pérdidas de carga introducida en el modelo

Mediante la utilización de un modelo matemático reducido y simplificado, introduciendo las balsas de la Tercera y Cuarta elevación con los niveles mínimo y máximo respectivamente, la tubería DN1200 y las dos válvulas de mariposa, se ha podido analizar las diferentes situaciones y estudiar los diferenciales de presión aguas arriba y aguas abajo de las válvulas.

Teniendo en cuenta que el fabricante de la válvula limita el diferencial de presión según la expresión $(P_2 \geq 0,7 * P_1 - 2,80)$ para evitar la cavitación de la válvula, se comprueba que no hay una posible regulación con estas válvulas para la hipótesis planteada. También se limita la apertura mínima de la válvula a 30° por lo que no se puede probar con un menor grado de apertura.

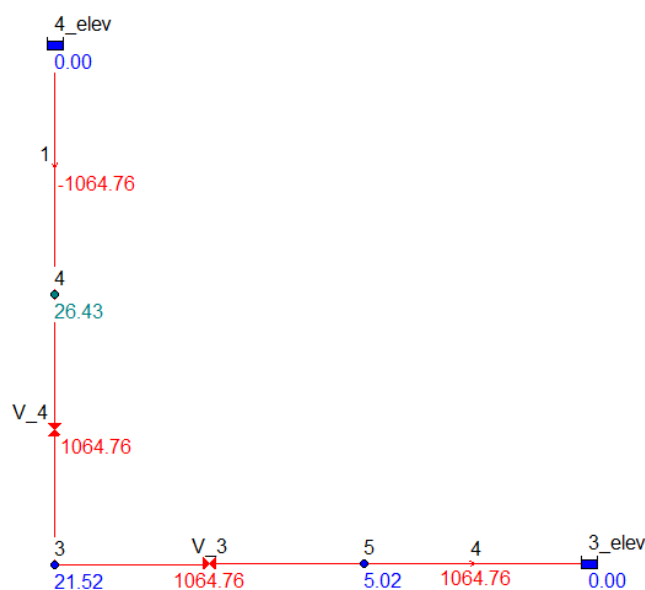


Figura 69. Regulación con 30° de apertura

Se comprueba en el modelo (Figura 69), que el diferencial de presión aguas arriba y aguas abajo de la válvula V_3 es de 16,50 m.c.a. y esto difiere de la consigna marcada:

$$5,02 \geq 0,7 * 21,52 - 2,80$$

No obstante los datos arrojados por el modelo y considerando que las curvas de las válvulas son fruto de aproximaciones a las que se llega por extrapolación de resultados ensayados en válvulas de menor diámetro y en unas condiciones ideales, se realizó un ensayo presencial en el que se probaron diferentes grados de apertura en las dos válvulas durante unos 40 min.

El resultado de la prueba fue que se producía un ruido tremendo en las válvulas y se oían explosiones debidas a la cavitación, por lo que se descartó totalmente esta solución.

Por otro lado, se presentaba un problema de gestión para la propia comunidad de regantes ya que los costes de explotación que se aplican para componer el precio de venta del agua en el Primer Canal de Levante tendrían una penalización

correspondiente al incremento de altura geométrica entre las dos balsas así como las pérdidas de carga en la impulsión.

Si hablamos de términos energéticos, se puede calcular fácilmente el ratio kWh/m³ reflejado en la Tabla 38 y

Tabla 39.

Tabla 38. Ratio energético bombeando a la Tercera Elevación

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
Qu (l/s)	1330	2544	3570
Hman (mca)	38	40	42,4
PABS/EJE (Kwbomba)	604 / 582	2 x 603 / 582	3 x 596 / 575
ηhidr (%)	85,3	85,9	86,2
kWh/m ³	0,1261	0,1317	0,1391

Tabla 39. Ratio energético bombeando a la Cuarta Elevación

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
Qu (l/s)	860	1572	2100
Hman (mca)	51	52,8	55
PABS/EJE (Kwbomba)	544 / 524	2 x 528 / 509	3 x 510 / 491
ηhidr (%)	82,1	80,1	77
kWh/m ³	0,1757	0,1866	0,2024

Claramente se observa el diferencial que se debe añadir al agua que debe elevarse a la balsa de la Cuarta Elevación para posteriormente bajarse a la Tercera Elevación.

Este incremento supone en términos energéticos un incremento de hasta un 45% (Tabla 40) por lo que se considera totalmente inviable.

Tabla 40. Incrementos energéticos porcentuales

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
kWh/m ³ (Bombeo 3º)	0,1261	0,1317	0,1391
kWh/m ³ (Bombeo 4º)	0,1757	0,1866	0,2024
Incremento	39%	42%	45%

7.2 BOMBEO DE CARÁCTER EXCEPCIONAL EN PERIODOS PUNTA

Actualmente la comunidad de regantes está poniendo en marcha los grupos fuera de horario valle para tratar de paliar el déficit existente, asumiendo los sobrecostes derivados de las penalizaciones por exceso de potencia y repercutiéndolos proporcionalmente por m³.

En la Figura 70 se representa el nivel de la balsa de la Primera Elevación y el caudal circulante por la cabecera del Primer Canal de Levante el día 17 de Junio.

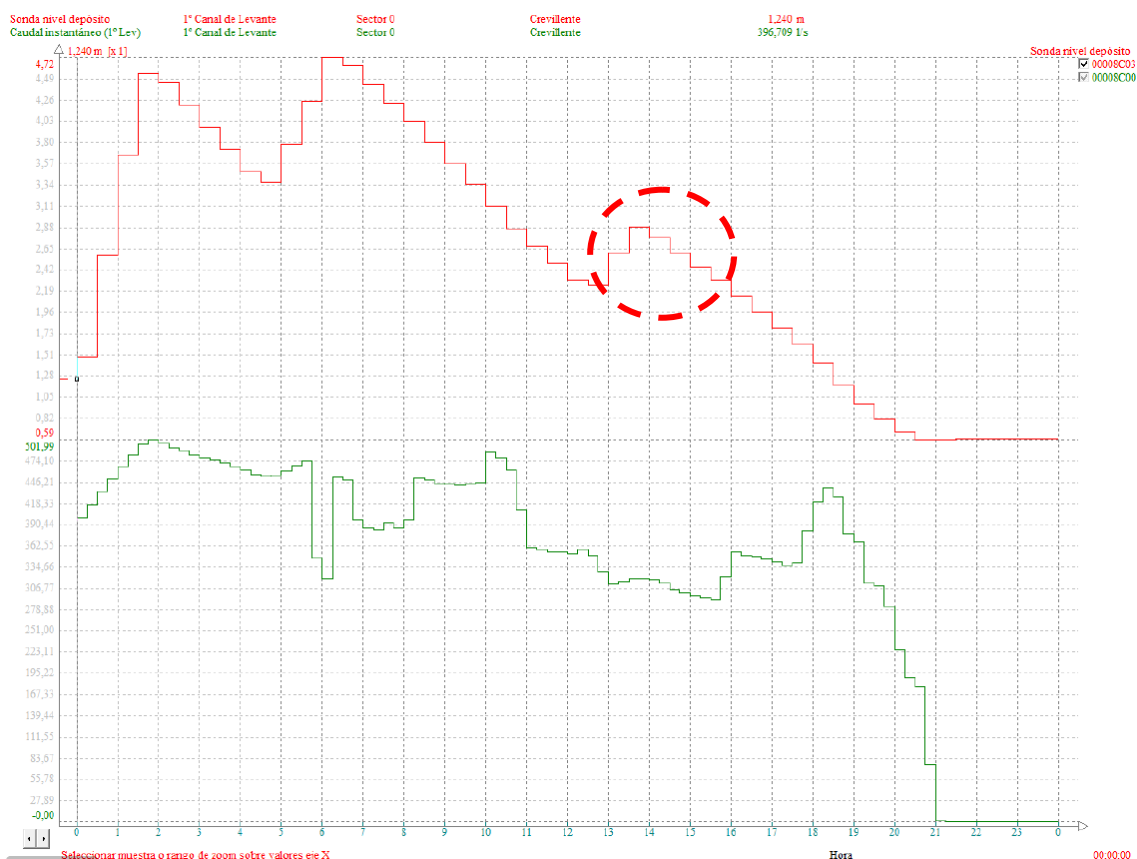


Figura 70. Bombeo en hora punta por falta de capacidad

La secuencia de ese día fue la reflejada en la Tabla 41:

Tabla 41. Secuencia de funcionamiento 17 de Junio de 2014

HORARIO	MANIOBRA BOME0
00:00 – 01:30	Llenado balsa Tercera
01:30 – 05:00	Llenado balsa Cuarta
05:00 – 06:00	Llenado balsa Tercera
06:00 – 13:00	-
13:00 – 14:00	Llenado balsa Tercera
14:00 – 21:00	-

Durante una hora se estuvo bombeando a la Tercera Elevación con un grupo, con un consumo aproximado de 600 kW y cuya penalización se reflejó debidamente en la

factura eléctrica. Dicha penalización se puede calcular tal y como se describió anteriormente.

Exceso de potencia:

$$A_e = \sqrt{600 - 500)^2} = 100 \text{ kW}$$

Facturación del exceso de potencia registrado:

$$F_{EP} = 1 \times 1,4064 \text{ €/kW} \times 100 \text{ kW} = 140,64 \text{ €}$$

Término de energía:

$$T_{E(P1)} = 600 \text{ kWh} \times 0,079652 \text{ €/kWh} = 47,79 \text{ €}$$

Estos costes deben incrementarse porcentualmente en concepto de peajes, impuestos sobre electricidad e I.V.A. además del correspondiente término de potencia de todos los periodos contratados ese mes. Una vez se tienen los costes de este exceso de potencia de 1 h. deberían repercutirse en el volumen asociado a 1 hora de funcionamiento del equipo y finalmente al m³ distribuido.

Lamentablemente esta es la solución provisional que se ha adoptado mientras se negocia una nueva tarifa de precios y potencias, pensando en la campaña 2015-2016.

8. PROPUESTA DE SOLUCIONES Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

8.1 AMPLIACIÓN O CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS ELEMENTOS DE REGULACIÓN

Para paliar el déficit existente en la distribución del agua de riego (principalmente en el Primer Canal de Levante) se ha planteado en muchas ocasiones, por ejemplo, el construir una nueva balsa o depósito de regulación en cabecera. Este nuevo depósito permitiría almacenar el agua necesaria para riego en las horas donde la energía eléctrica es más barata y poder disponer de ese volumen para las horas en las que el régimen tarifario eléctrico se convierte en prohibitivo.

Se desarrollan a continuación diferentes modelos que representan la explotación llevada a cabo durante la campaña y diferentes posibles soluciones.

8.1.1 MODELO DE EXPLOTACIÓN DIARIO

8.1.1.1 HIPÓTESIS PREVIA

Un día del pasado mes de junio se retomaba el servicio de distribución de agua de concesiones tras un periodo prolongado con suministro de agua del A.T.S. lo que implicaba una gran demanda y necesidad urgente de riego para los comuneros.

Este servicio se vio comprometido ya que las dos balsas se encontraban vacías y había que llenarlas en las 8 horas de P-6, mientras que la demanda del Primer Canal de Levante sería de unos 43.000 m³ y la de los canales Segundo de Levante y Poniente era también importante.

Desde un primer momento se supo que era imposible realizar esta operación con los grupos disponibles, teniendo en cuenta la capacidad reducida de la balsa de la Tercera Elevación y la ya explicada limitación horaria.

La maniobra que se realizó fue dejar llenas las dos balsas a las 08:00 h. y comenzar la distribución del Primer Canal de Levante (de manera excepcional) desde las 00:00 h. ya que se sabía la urgencia del riego. En el momento en que la balsa de la Tercera Elevación se quedase vacía por completo (sería aproximadamente a primera hora de la tarde) se tenía la orden de volver a elevar el volumen necesario para continuar el riego sin que repercutiera a la explotación del canal. Esto supuso tener que bombear fuera de turno (con la consiguiente penalización) pero se trató de ajustar a que fuera dentro de un tramo lo menos agresivo posible.

La segunda quincena del mes de junio dispone sólo de tramos P-6, P-2 y P-1 por tanto debíamos ajustarnos al tramo P-2, que era en las franjas 08:00-11:00 h. y 19:00-24:00 h. para sufrir la menor penalización posible.

Se realizó una simulación completa de 24 h. en la que se reprodujo el llenado previsto de las balsas y el consumo del Primer Canal de Levante con el caudal marcado por el personal de explotación (600 l/s); el consumo en los canales Segundo de Levante y Poniente era de 300 y 400 l/s respectivamente.

Para ello se establecieron unos controles programados y simples definidos en la Tabla 42 y Tabla 43:

Tabla 42. Controles programados definidas en el modelo inicial

RULE 1	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 1 then link v33 status is open and link v34 status is closed and pump b21 status is open and pump b22 status is open and pump b23 status is open	Este control programado fuerza el arranque de las bombas si el nivel de la balsa de la Tercera Elevación se encuentra por debajo de 1 m. siempre y cuando se encuentre en periodo P-6. Se prioriza el llenado de la balsa de la Tercera Elevación con las válvulas v33 y v34.
RULE 2	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level above 5 then link v33 status is closed and link v34 status is open	Una vez que la balsa de la Tercera Elevación está llena, las válvulas cambian su posición para iniciar el llenado de la balsa de la Cuarta Elevación.
RULE 3	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank CUARTA level above 3.2 then link v34 status is closed and link v33 status is open	Cuando se llena la balsa de la Cuarta Elevación, cambian las posiciones de las válvulas para volver a llenar la balsa de la Tercera Elevación.
RULE 4	Consigna utilizada
if system clocktime > 7.20 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 5 and tank TERCERA level above 4 then pump b22 status is closed and pump b23 status is closed	Los últimos cuarenta minutos antes de que termine el periodo P-6, prioriza el llenado de la balsa de la Tercera Elevación con una única bomba, dejando así el nivel al máximo antes de las 8 h.

Tabla 43. Controles simples definidos en el modelo inicial

Controles definidos	Consigna utilizada
link b21 closed at clocktime 8 am link b22 closed at clocktime 8 am link b23 closed at clocktime 8 am	Pase lo que pase, las bombas se apagan a las 8 h. para no excedernos de potencia fuera de P-6.

Cuando la balsa de la Cuarta alcanza su nivel máximo, la balsa de la Tercera ya se ha descargado parcialmente. En ese momento se vuelve a llenar la balsa de la Tercera. Asimismo, antes de llegar a las 08:00 h. y puesto que a esa hora el nivel de la Tercera se tiene que quedar al máximo, se deja funcionando un solo grupo (Figura 71).

A las 08:00 h. se apagan los equipos hasta las 00:00 h. del día siguiente, por lo que para no entrar en déficit, el volumen dispuesto en las balsas deberá ser mayor o igual al que se pretende distribuir.

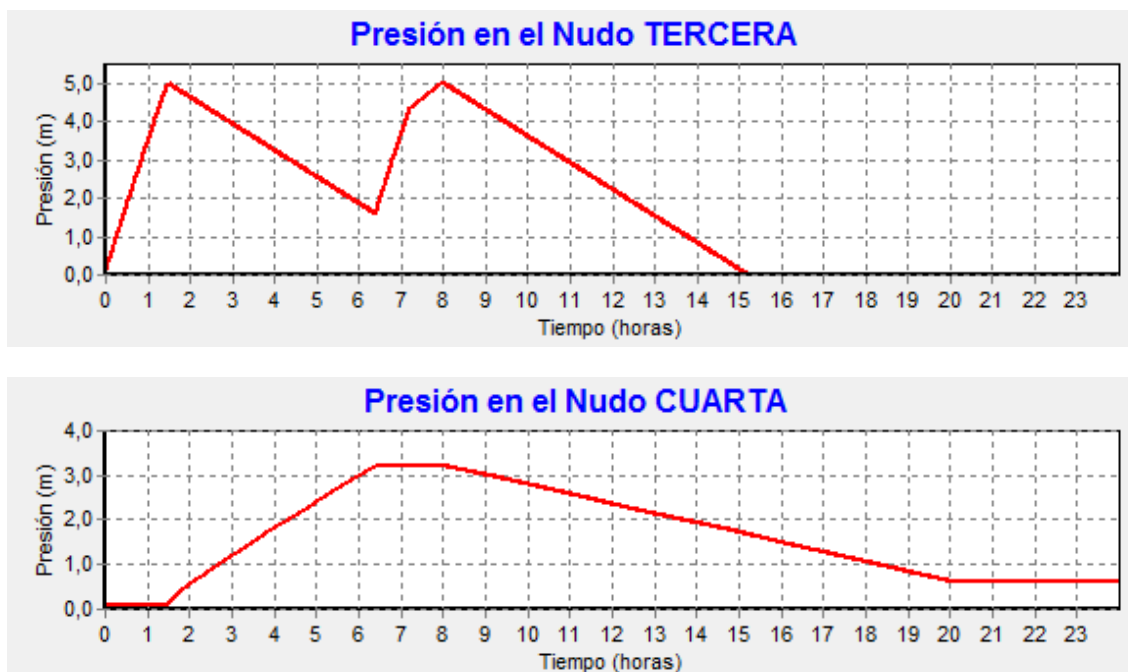


Figura 71. Nivel de las balsas Tercera y Cuarta con el modelo inicial

Aunque las consignas dispuestas priorizan el llenado de la balsa de la Tercera Elevación, vemos que a las 15:12 h. se detiene el proceso por falta de nivel en la balsa que alimenta el Primer Canal de Levante, existiendo un déficit medio de 12.528 m³ tal y como se muestra en la Tabla 44:

Tabla 44. Déficit medio previsto 17/6/2014

Caudal demandado (l/s)	Hora	Volumen (m3)
600	15:12	1.728
600	16:00	2.160
600	17:00	2.160
600	18:00	2.160
600	19:00	2.160
600	20:00	2.160
	Total	12.528

8.1.1.2 SITUACIÓN REAL

En este apartado se va a reflejar la situación real de ese día, con bombeos en horario fuera de P-6 pero cumpliendo el programa de riego. El tiempo de la simulación son 24 h.

Para ello, los patrones de demanda se introducen partiendo de los registros de caudalímetros instalados en cabecera de los canales Primero de Levante y los Segundos de Levante y Poniente. El valor introducido es el Q (t) desde las 00:00 h. hasta la finalización del riego a las 20:00 h.

Se establecieron unos controles programados y simples definidos en la Tabla 45 y Tabla 46:

Tabla 45. Controles programados definidas en el modelo con la situación real

RULE 1	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 1 then link v33 status is open and link v34 status is closed and pump b21 status is open and pump b22 status is open and pump b23 status is open	Este control programado fuerza el arranque de las bombas si el nivel de la balsa de la Tercera Elevación se encuentra por debajo de 1 m. siempre y cuando se encuentre en periodo P-6. Se prioriza el llenado de la balsa de la Tercera Elevación con las válvulas v33 y v34.
RULE 2	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 2 am and tank TERCERA level above 4.99 then link v33 status is closed and link v34 status is open	Si antes de las 02:00 h. la balsa de la Tercera Elevación está llena, las válvulas cambian su posición para iniciar el llenado de la balsa de la Cuarta Elevación.
RULE 3	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 7 am and tank CUARTA level above 3.32 then link v34 status is closed and link v33 status is open	Si antes de las 07:00 h. se llena la balsa de la Cuarta Elevación, cambian las posiciones de las válvulas para volver a llenar la balsa de la Tercera Elevación.
RULE 4	Consigna utilizada
if system clocktime > 5 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 1 then link v33 status is open and link v34 status is closed	Si entre las 05:00 y las 08:00 h. el nivel en la balsa de la Tercera Elevación es inferior a 1 m. las válvulas vuelven a cambiar su posición y se reanuda el llenado.
RULE 5	Consigna utilizada
if system clocktime > 7 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level above 4.6 then pump b22 status is closed and pump b23 status is closed	Si entre las 07:00 y las 08:00 h. el nivel de la balsa de la Tercera Elevación alcanza los 4,60 m. se apagan dos grupos y se llena sólo con uno.

RULE 6	Consigna utilizada
if system clocktime > 9 am and system clocktime <= 11 am and tank TERCERA level below 3.8 then pump b21 status is open	Si entre las 09:00 y las 11:00 h. el nivel de la balsa de la Tercera Elevación desciende de 3,80 m. se arranca un grupo para su llenado.
RULE 7	Consigna utilizada
if system clocktime > 9 am and system clocktime <= 11 am and pump b21 status is open and tank TERCERA level above 4.99 then pump b21 status is closed	Si entre las 09:00 y las 11:00 h. el nivel de la balsa de la Tercera Elevación alcanza el máximo, la bomba se apaga.
RULE 8	Consigna utilizada
if pump b21 status is open and pump b22 status is closed and pump b23 status is closed and tank TERCERA level below 3 and tank TERCERA level above 1.1 then pump b21 status is closed	En el momento en que solo funcione un grupo y el nivel de la balsa de la Tercera Elevación se encuentre entre 3 y 1,10 m. la bomba se apagará. (consigna vinculado a un control simple)

Tabla 46. Controles simples definidos en el modelo con la situación real

Controles definidos	Consigna utilizada
link b21 closed at clocktime 8 am link b22 closed at clocktime 8 am link b23 closed at clocktime 8 am	Pase lo que pase, las bombas se apagan a las 8 h. para no excedernos de potencia fuera de P-6.
link b21 closed at clocktime 11 am	Pase lo que pase, el grupo que funciona fuera del tramo P-6 se apagará cuando termina el periodo P-2
link b21 open if node TERCERA below 0.2	Cuando el nivel de la balsa de la Tercera Elevación descienda de 0,20 m. arrancará un grupo.

La Figura 72 y Figura 73 representan los niveles de las balsas:

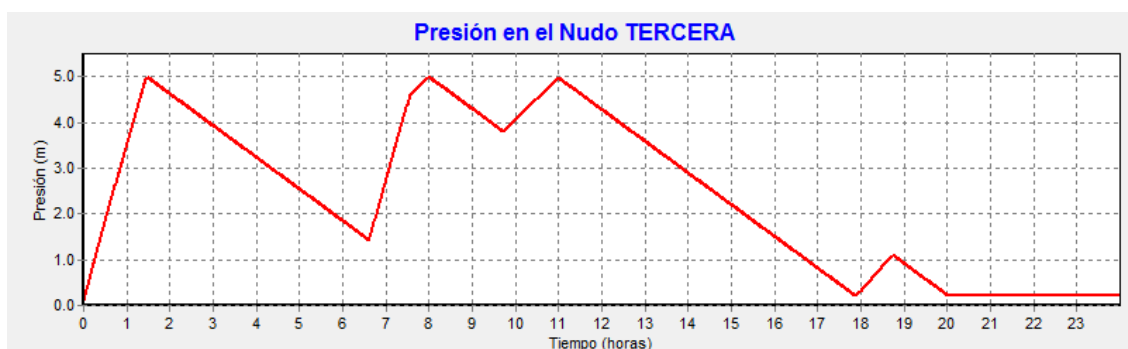


Figura 72. Nivel de la balsa Tercera Elevación con la situación real

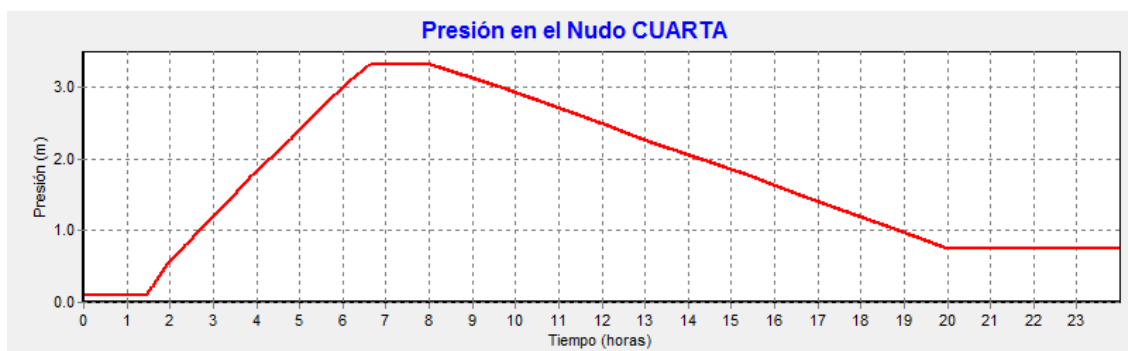


Figura 73. Nivel de la balsa Cuarta Elevación con la situación real

Las figuras presentadas a continuación, muestran el caudal aportado por cada grupo a lo largo de ese día (Figura 74):

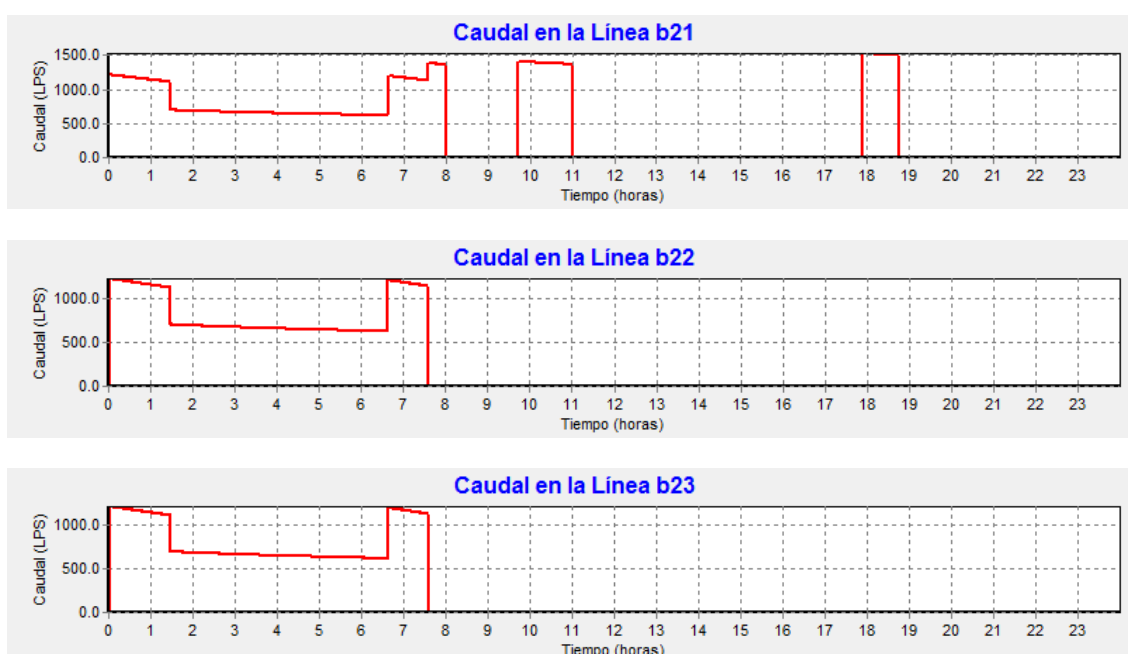


Figura 74. Caudales aportados por las bombas

Si analizamos el caudal aportado por la bomba b21 vemos que termina el llenado de la balsa de la Tercera a las 08:00 h. y vuelve a funcionar en periodo P-2 (entre las 08:00 y las 11:00 h.) Posteriormente vuelve a aportar caudal pero esta vez se tiene que utilizar parte del periodo P-1 ya que el nivel baja por debajo del límite de seguridad, fijado en 0,20 m.

Tabla 47. Bombeo en horario fuera de P-6

Tramo horario (h:min)	Periodo eléctrico	Q medio (l/s)	Volumen (m³)
09:43-10:59	P-2	1.389	6.333
17:54-18:44	P-1	1.515	4.545
		Total	10.878

En la Tabla 47 se define el tiempo de funcionamiento de la bomba que trabaja fuera del periodo P-6, con un volumen total aportado de 10.878 m³.

8.1.1.3 HIPÓTESIS CON DEPÓSITO DE MAYOR CAPACIDAD

Ahora vamos a representar una situación con la hipótesis de ampliar la capacidad de la balsa de la Tercera Elevación 13.000 m³ a un total de 28.590 m³.

Para ello se establecen unas consignas definidas en la Tabla 48:

Tabla 48. Controles programados definidas en el modelo con mayor capacidad de depósito

RULE 1	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 1 then link v33 status is open and link v34 status is closed and pump b21 status is open and pump b22 status is open and pump b23 status is open	Este control programado fuerza el arranque de las bombas si el nivel de la balsa de la Tercera Elevación se encuentra por debajo de 1 m. siempre y cuando se encuentre en periodo P-6. Se prioriza el llenado de la balsa de la Tercera Elevación con las válvulas v33 y v34.
RULE 2	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level above 4.99 then link v33 status is closed and link v34 status is open	Una vez que la balsa de la Tercera Elevación está llena, las válvulas cambian su posición para iniciar el llenado de la balsa de la Cuarta Elevación.
RULE 3	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank CUARTA level above 3 then link v34 status is closed and link v33 status is open	Cuando el nivel en la balsa de la Cuarta Elevación llega a 3 m. se cambian las posiciones de las válvulas para volver a llenar la balsa de la Tercera Elevación.

En la Figura 75 se representa el nivel de la balsa Tercera, y se observa que con el aumento de capacidad planteado se cubriría el déficit existente con estas hipótesis y se lograría aprovechar al máximo las 8 h. de bombeo en periodo P-6.

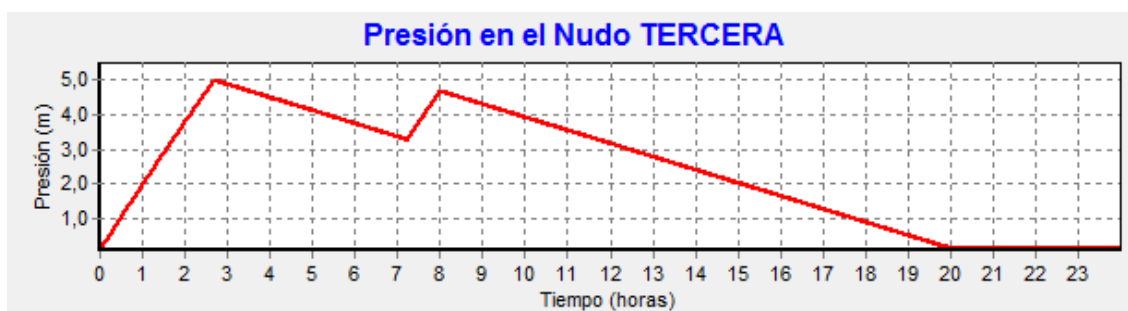


Figura 75. Nivel de balsa Tercera con el aumento de capacidad

Lo mismo ocurre con el nivel de la balsa de la Cuarta Elevación (Figura 76):

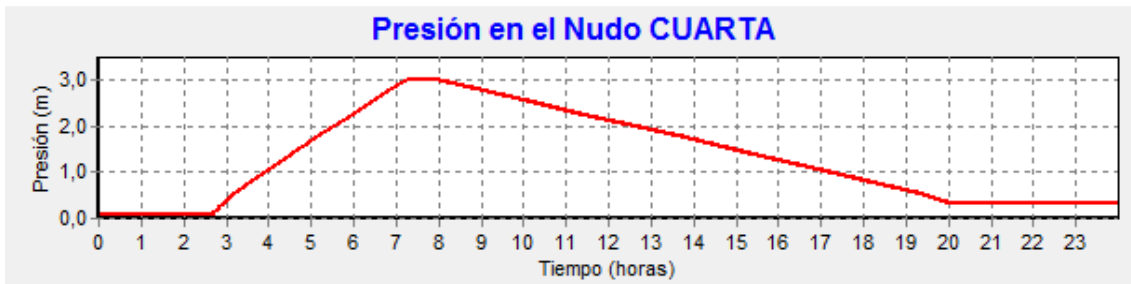


Figura 76. Nivel de balsa Cuarta

El sistema de consignas diseñado hace que el comportamiento de las bombas sea el siguiente, reflejado en la (Figura 77):



Figura 77. Caudal impulsado por cada una de las bombas

Uno de los principales inconvenientes implícitos en esta alternativa es el entorno urbano en el que se emplazaría la balsa ya que la zona de cabecera se encuentra rodeada de viviendas unifamiliares, fábricas, restaurantes e infraestructuras. El rechazo social a la construcción de este elemento es absoluto, además administrativamente tendría una gran complejidad conseguir los permisos necesarios para poder ejecutarla.

Con las balsas ya existentes no existe este problema ya que socialmente se consideran totalmente implantadas. Otro problema importante es que la comunidad de regantes no dispone de terreno en propiedad donde poder ejecutar esta balsa, teniendo que acometer la obra previa compra de la parcela correspondiente.

Esta alternativa queda descartada por los motivos expuestos.

8.2 BÚSQUEDA DE UNA FUENTE ADICIONAL DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

Pocas son las fuentes alternativas de obtención de energía eléctrica en un entorno casi urbano como es el que nos ocupa.

La energía solar ha sido en los últimos años la principal opción para disminuir los costes energéticos en pequeños bombeos aunque con muchas limitaciones importantísimas como son los dos parámetros fundamentales en esta situación:

- Superficie/Potencia (m^2 instalación/kW)
- Precio/Superficie ($\text{€}/\text{m}^2$ instalación)

Aunque la técnica ha evolucionado bastante en los últimos años, los ratios de superficie/producción que se manejan actualmente son cercanos a $30\text{m}^2/1\text{kW}$ para paneles con dispositivos de giro en el eje horizontal N-S y que aumentan la eficiencia notablemente. Esto hace que para poder utilizar un solo grupo de la Segunda Elevación tengamos que disponer al menos de una instalación de 20.000 m^2 .

En cuanto al coste de implantación de todo el sistema, este tipo de instalación puede costar sobre $3\text{€}/\text{W}$, por lo que el monto total puede ser aproximadamente $2.000.000\text{ €}$. Además hay que disponer de un terreno con la superficie adecuada y las condiciones ideales para esta instalación.

El funcionamiento de este sistema sería el conocido "bombeo solar directo" que consiste en elevar agua contra la balsa que se dispone. Se evitaría así la instalación de baterías que encarecerían la solución pero se tendría que adaptar el consumo de las bombas con variadores de frecuencia. Esto podría ser una limitación en nuestro caso ya que sólo se dispone de un variador de frecuencia para los tres grupos de la Segunda Elevación.

También hay que considerar que es un material con gran susceptibilidad de ser robado o dañado debido a la acción vandálica.

Considerando los argumentos expuestos, se desecha esta opción como alternativa a la búsqueda de una fuente adicional de suministro eléctrico.

9. UTILIZACIÓN DE TURBINAS COMO FUENTE DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

La utilización de turbinas para la obtención de energía eléctrica es una alternativa para producir energía "limpia" y se ha visto impulsada en los últimos años desde la propia Administración, quien ha asegurado la rentabilidad económica de muchos pequeños aprovechamientos hidroeléctricos. Si bien es cierto que con la nueva legislación eléctrica se pone freno a la obtención de grandes beneficios económicos derivados del impulso por mejorar y diversificar la obtención de energía, hay otros aspectos que seguirán resultando interesantes como son la investigación y desarrollo de elementos mecánicos e infraestructuras así como el "know how" que se ha generado alrededor de este mercado.

Por otro lado, actualmente las minicentrales eléctricas en España se caracterizan por no superar los 10 MW. de potencia instalada. Aunque el principio físico sea el mismo, las diferencias entre los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos y las grandes centrales convencionales nacen desde el mismo momento de su concepción y diseño; desde los volúmenes y caudales que se manejan hasta la tipología de sus obras o incluso las potencias equipadas serán objeto de diferentes estudios, diseños y construcciones.

9.1 ESQUEMA PLANTEADO

Uno de los objetivos de este trabajo era tratar de encontrar una alternativa a la difícil situación relativa a la tarifa eléctrica que sufre actualmente la C.G.R.R.L. (M.I.) y que le impide, por los motivos ya expuestos, distribuir los volúmenes deseados de aguas de concesiones a unos precios razonables. Aprovechando las infraestructuras existentes para poder encajar una solución técnica y económicamente razonable, se plantea el uso de turbinas como fuente de suministro alternativo en las horas en las que la tarifa eléctrica es más cara.

Analizando detenidamente la red hidráulica, los diferentes orígenes, calidad y usos finales que se le da al agua de riego que distribuye la comunidad de regantes, aparece un esquema muy claro que debemos valorar: **aprovechar la energía potencial del agua almacenada en el Embalse de Crevillente para su uso como riego tradicional o en lámina libre y emplear esa energía obtenida en bombear agua de concesiones en las horas de mayor coste energético.**

9.2 TIPOLOGÍA DEL APROVECHAMIENTO

Tal y como definen los profesores D. Luis Cuesta Diego y D. Eugenio Vallarino en su libro Aprovechamientos hidroeléctricos, existe un esquema mixto entre las presas de derivación y conducción por canal, que son las presas de embalse con un nivel variable y conducción totalmente en presión de manera que se comunica el embalse con la central. Así se aprovecharía el desnivel proporcionado por la presa y ganado por la conducción además de poder regular el caudal turbinado para aumentar la cantidad y calidad de la energía generada.

9.3 ELEMENTOS DE OBRA CIVIL DEL APROVECHAMIENTO

9.3.1 EMBALSE DE CABECERA

Como se ha descrito anteriormente, el Embalse de Crevillente es una presa de materiales sueltos de 13 Hm³ de capacidad cuyo uso es exclusivo de la comunidad de regantes. Su gran capacidad de almacenamiento garantiza el suministro de toda la red de riego con agua del A.T.S. durante gran parte del año.

La entrada de agua al embalse se realiza a través de un canal de descarga que vierte a la cota +147,50 m.s.n.m. sobre una escollera recebada con hormigón para disipar la energía y evitar erosiones sobre el talud.

9.3.2 TOMA

La toma flotante actual desde la que se alimenta toda la red de modernización es una gran estructura metálica articulada en un extremo que le permite bascular en función del nivel de agua del embalse, ayudado por la flotabilidad que le proporciona el otro extremo y desde el cual se capta el agua.

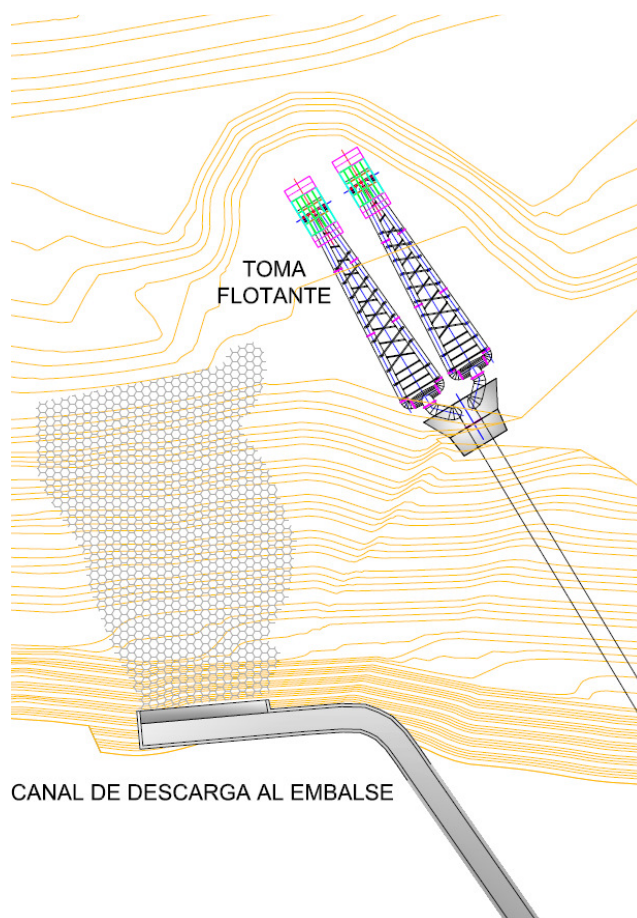


Figura 78. Toma flotante y canal de descarga del Embalse de Crevillente

Es una gran ventaja que la entrada de agua esté separada de la salida, así la toma flotante capta el agua totalmente decantada, evitando así la entrada de sólidos que puedan dañar todos los elementos mecánicos que se encuentran aguas abajo, como es en este caso la turbina.

En la toma nace una tubería de acero DN2000 que atraviesa el cuerpo del dique y cuyo seccionamiento está gobernado por un juego de válvulas especiales dispuestas a tal efecto. Aguas abajo de este dispositivo de seguridad se inicia la red principal de modernización de la comunidad de regantes, descrito anteriormente en el apartado 2.4.2 y que incluye las válvulas de sobrevelocidad existentes en el inicio de las dos tuberías de PRFV DN1600.

9.3.3 TUBERÍAS

Peculiaridades aparte, este aprovechamiento hidroeléctrico consta de todos los elementos necesarios para su cometido. Las tuberías principales que alimentan la red de modernización serán asemeadas a tuberías forzadas ya que transportan el agua desde la cámara de carga o embalse hasta la turbina salvando el desnivel necesario.

Su timbraje es suficiente para soportar el régimen de trabajo de la central ya que están diseñadas para las mismas condiciones (el funcionamiento de la turbina no deja de ser un nudo de consumo en cabecera de una red).

Por otro lado y debido a que el diseño inicial de la red de modernización se basó en el consumo de toda la superficie regable (25.000 hectáreas), las infraestructuras existentes se encuentran actualmente en un estado de sobredimensionamiento. Esto juega a nuestro favor ya que las pérdidas de carga existentes a lo largo de la conducción son mínimas.

9.4 PARÁMETROS DE DISEÑO

La potencia instalada en un aprovechamiento y por tanto la energía disponible para la generación durante un tiempo "t" es directamente proporcional a dos variables:

- Caudal que se turbinada.
- Salto disponible.

9.4.1 SALTO

El salto es la diferencia de nivel entre la toma y la reposición del caudal turbinado, diferenciándose el salto bruto (H_b), salto útil (H_u) y salto neto (H_n).

El salto bruto es la diferencia entre las láminas de agua en la toma y el punto de descarga; el salto útil es la diferencia entre la lámina de agua en la cámara de carga y el nivel de desagüe de la turbina; el salto neto es el resultado de restar al salto útil las pérdidas de carga debidas al paso del agua por los diferentes elementos.

En nuestro caso, debemos tener en cuenta que el nivel del embalse de Crevillente es variable en función del volumen almacenado pero existe una razón fundamental para

considerarlo como un valor fijo en los cálculos a realizar y no es más que la tendencia por parte de la comunidad de regantes a tener el embalse a un nivel constante de +140 m.s.n.m. aproximadamente.

La razón fundamental es que durante el invierno se aporta más volumen del que consume la red para preparar así la campaña de riego donde la demanda se dispara.

Así se garantiza que si hay cualquier problema de suministro por parte del A.T.S. durante la campaña de riego, la red no se vea desabastecida.

9.4.2 CAUDAL DE EQUIPAMIENTO

Como se ha descrito anteriormente en el apartado 4.3.1.3 las demandas actuales de la comunidad de base Tercer Canal de Levante son anualmente superiores a 3 Hm³ (Figura 79) y la tendencia es al alza debido a la disminución de la calidad y cantidad de agua de concesiones, a la puesta en marcha de nuevas explotaciones agrarias que permanecían abandonadas y a la tipología de la red principal de la futura modernización de esta comunidad de base (ver Figura 37)

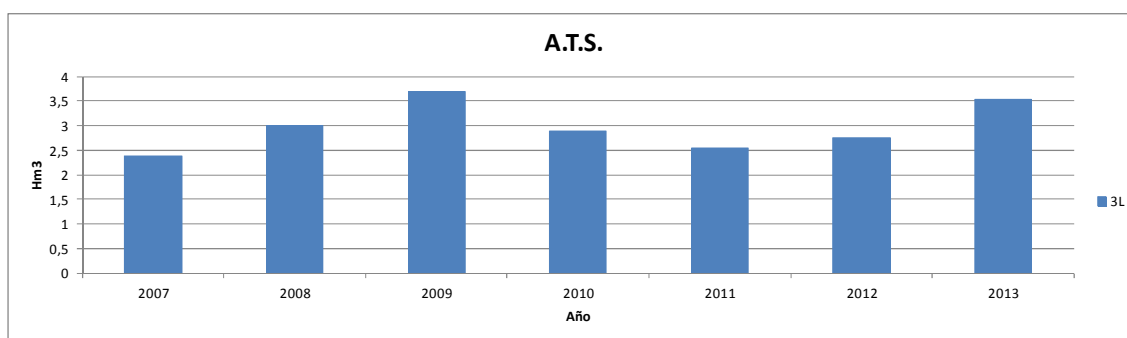


Figura 79. Distribución anual de agua del A.T.S. Tercer Canal de Levante

Independientemente del volumen potencial turbinable se tienen que considerar otros factores muy importantes:

- Este agua debe satisfacer la demanda diaria de los regantes del Tercer Canal de Levante.
- La capacidad de la balsa de la Quinta Elevación donde se restituirá el caudal turbinado es limitada, aunque se puede simultanear la turbinación y el suministro.
- El canal de riego tiene capacidad de transporte limitada.

Asumiendo estas premisas, se ha optado por estudiar los volúmenes diarios distribuidos desde los años 2007 a 2013 y evaluar diferentes escenarios, en los que se llenase la balsa con el volumen total diario en un número determinado de horas que serían las horas de funcionamiento de la turbina.

En las siguientes gráficas (Figura 80 a Figura 85) se representan las curvas de caudales clasificados para los escenarios de 8, 5, 4, 3, 2, 1 horas de llenado de la balsa (y funcionamiento de la turbina) respectivamente.

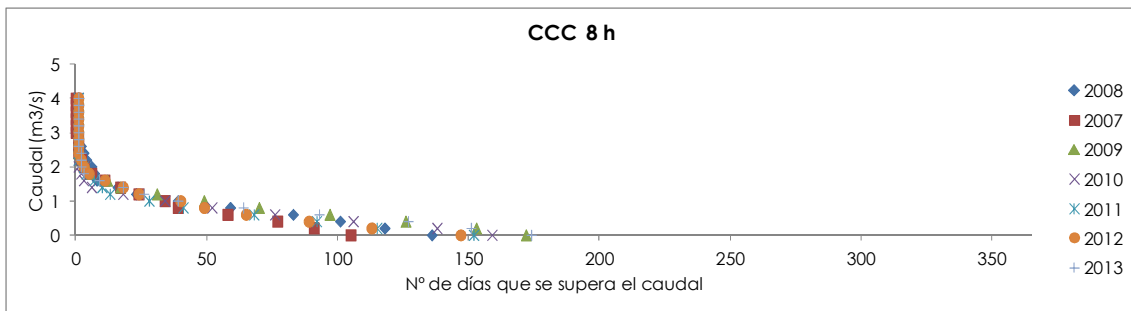


Figura 80. Curva de caudales clasificados en 8 horas de funcionamiento

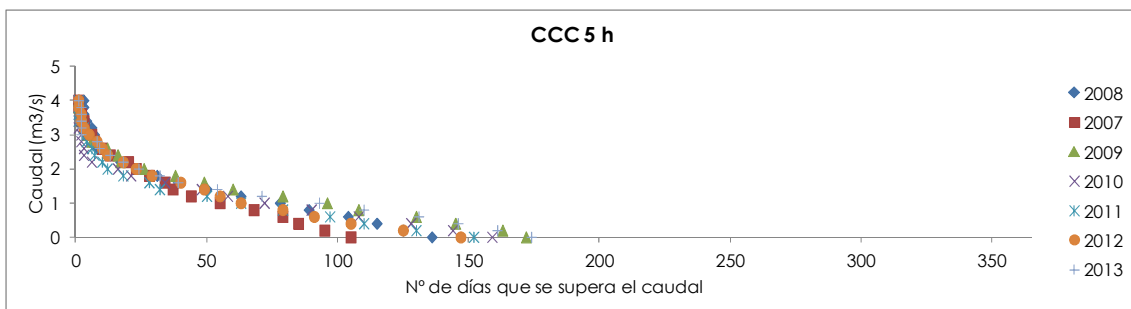


Figura 81. Curva de caudales clasificados en 5 horas de funcionamiento

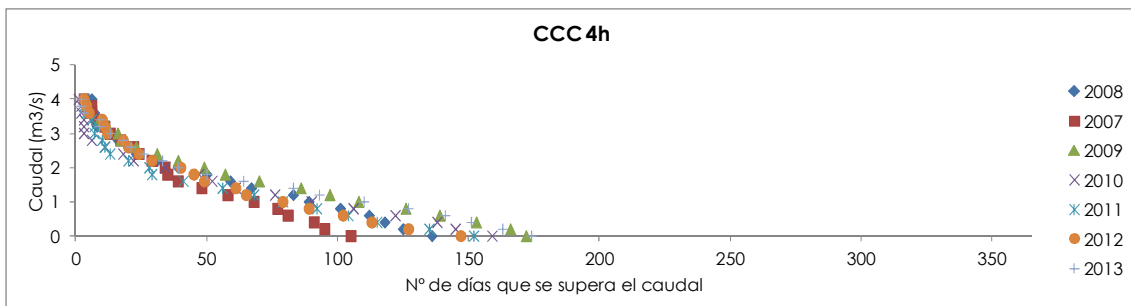


Figura 82. Curva de caudales clasificados en 4 horas de funcionamiento

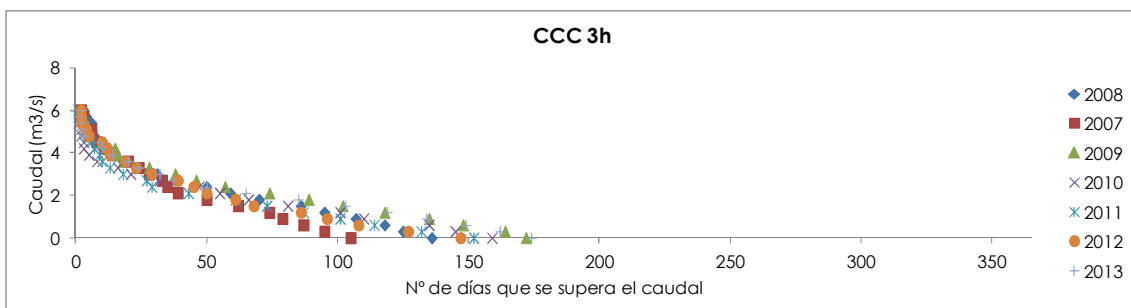


Figura 83. Curva de caudales clasificados en 3 horas de funcionamiento

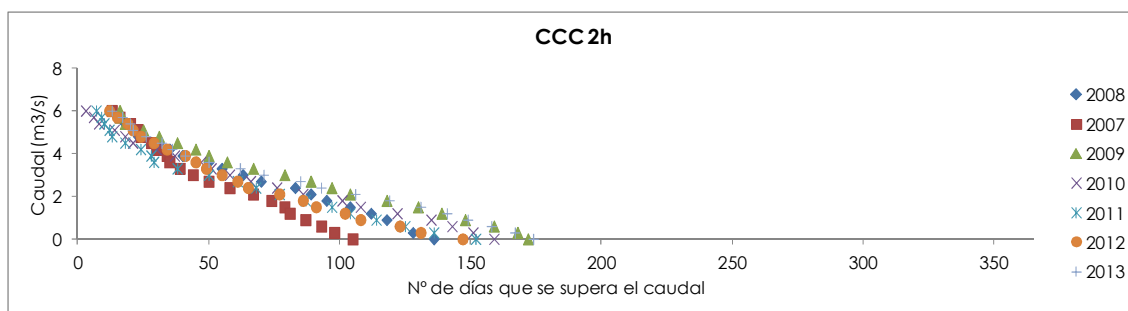


Figura 84. Curva de caudales clasificados en 2 horas de funcionamiento

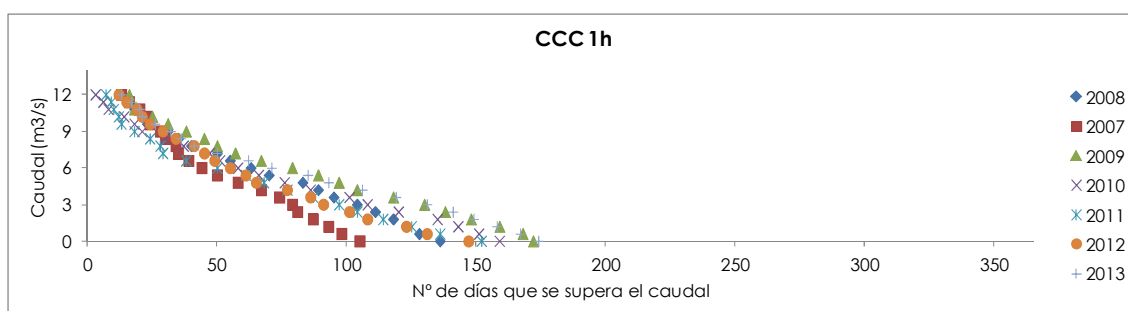


Figura 85. Curva de caudales clasificados en 1 hora de funcionamiento

Estas curvas de caudales clasificados indican el número de días del año que se superan diferentes caudales en función del número de horas de funcionamiento de la turbina.

El caudal de equipamiento se establece a partir de la curva de caudales clasificados elegida y trataremos de seleccionar un caudal que quede dentro de un rango marcado por los Q80 y Q100, siendo el Q80 el caudal demandado durante 80 días al año y el Q100 el que se demanda durante 100 días al año (en un determinado escenario que dependerá del nº de horas de funcionamiento). Esto es un método habitual en centrales hidroeléctricas convencionales, en las que se tienen en cuenta otros parámetros como por ejemplo el caudal ecológico del río. Pero por otro lado, un caudal de equipamiento comprendido entre Q80 y Q100 supone asegurar la capacidad de turbinar al menos durante 3 meses al año y afortunadamente los meses de mayor demanda de agua en el Tercer Canal de Levante (turbinado) coincide con los meses de mayor demanda de agua en el Primer Canal de Levante (bombeo) por lo que disponibilidad y demanda se acoplan en el tiempo.

Esta metodología puede servir en nuestro caso como una aproximación a la solución definitiva, pero hay que estudiar el problema de manera inversa para ajustar el caudal de equipamiento a las necesidades demandadas ya que nuestra función no va a ser vender energía sino producir la necesaria para cubrir nuestro déficit.

El déficit diario existente en el Primer Canal de Levante se encuentra entorno a los 10.000 m³ en los meses de mayor consumo, con puntas cercanas a 15.000 m³. Considerando que una hora de funcionamiento de uno de los grupos de la Segunda Elevación equivale a elevar 4.788 m³ a la balsa de la Tercera Elevación, tendremos cubierto el déficit punta en un periodo de tiempo de 3 horas aproximadamente.

Veamos ahora cómo sería la curva de caudales clasificados si toda la demanda diaria se turbinase durante 3 y 2 horas, de media entre los años 2007 y 2013 de la serie histórica estudiada (Figura 86 y Figura 87):

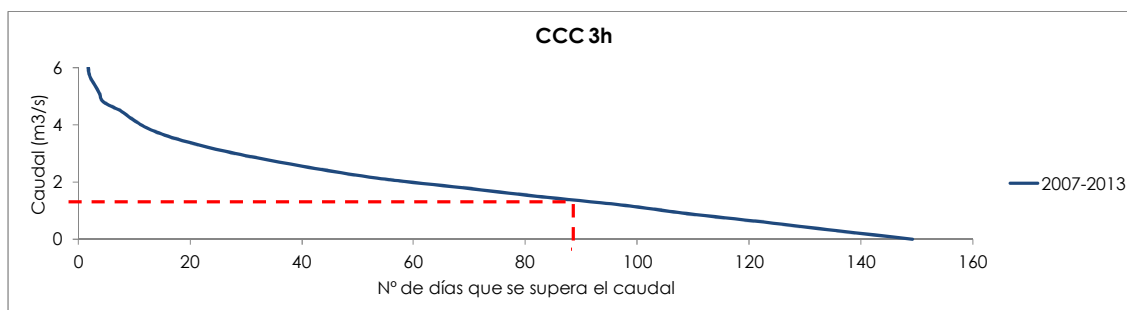


Figura 86. Curva de caudales clasificados en 3 horas de funcionamiento 2007-2013

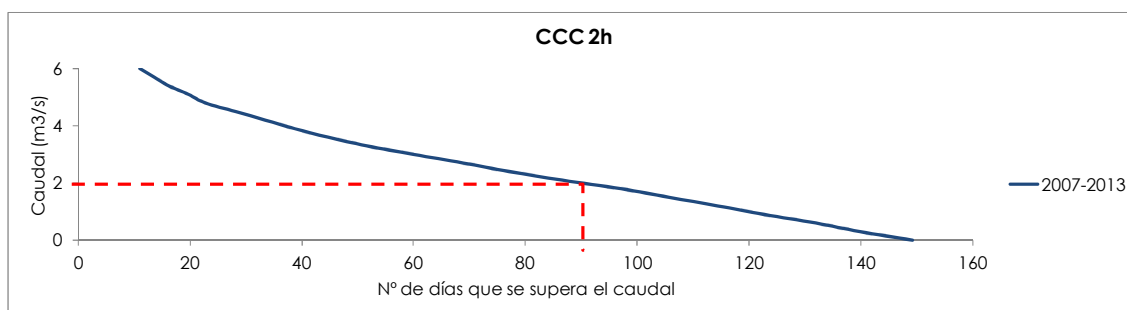


Figura 87. Curva de caudales clasificados en 2 horas de funcionamiento 2007-2013

Estas dos figuras nos indican que nuestro caudal a equipar puede estar entorno a los 1,5 -2 m³/s ya que nos garantiza que durante 90 días al año vamos a poder suministrar la demanda del Tercer Canal de Levante en un periodo de 2 o 3 horas.

Debemos comprobar (Tabla 49) que en esas 2 horas de funcionamiento con un caudal turbinado de 2 m³/s no se supere un volumen de 36.000 m³ que es la capacidad de la balsa, ya que podría darse una situación desfavorable en la que no se quisiera regar durante el día y se tendría que almacenar el volumen turbinado en la balsa (rara vez ocurriría).

Tabla 49. Volumen disponible en balsa 5ª Elevación

Horas funcionamiento turbina	Q equipado (m ³ /s)	Volumen turbinado (m ³)	V. disponible balsa 5ª Elev. (m ³)
1	2	7.400	28.800
2	2	14.400	21.600
3	2	21.600	14.400
4	2	28.800	7.200

Una vez tenemos predimensionado el caudal de equipamiento, se calcula la potencia generada, el nº de horas de funcionamiento de la turbina y el bombeo, así como los volúmenes potenciales que se podrán elevar a cada una de las balsas en función del nº de bombas puestas en marcha (Tabla 50, Tabla 51, Tabla 52)

Con ello se comprobará a partir de qué volumen diario de riego del Tercer Canal de Levante se cubrirá el déficit que buscamos, en función del caudal turbinado.

Cuando la potencia generada sea inferior a la potencia de una o varias bombas en paralelo, se marcará la celda con las letras "P.I." y cuyo significado será "potencia insuficiente".

Se ha tenido en cuenta en estos cálculos un salto neto de 65 m.c.a. y unos rendimientos de 0,85 para la parte mecánica y 0,95 para la parte eléctrica. (Estos rendimientos son genéricos por lo que el cálculo definitivo se realizará con los valores de la turbina escogida).

Tabla 50. Cálculos estimativos si Q_turb 1,50 m3/s

Vol. 3L (m ³)	Q turb (m ³ /s)	Pot gen. (kW)	Nº h. funci.	Nº h. bombeo	Q bombeado (m ³ /s)				V. potencial a elevar (m ³)			
					2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a		2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a	
					1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b
2000	1,5	727	0,37	0,37	1,33	2,54	0,86	1,57	1773	P.I.	1147	P.I.
4000	1,5	727	0,74	0,74	1,33	2,54	0,86	1,57	3547	P.I.	2293	P.I.
6000	1,5	727	1,11	1,11	1,33	2,54	0,86	1,57	5320	P.I.	3440	P.I.
8000	1,5	727	1,48	1,48	1,33	2,54	0,86	1,57	7093	P.I.	4587	P.I.
10000	1,5	727	1,85	1,85	1,33	2,54	0,86	1,57	8867	P.I.	5733	P.I.
12000	1,5	727	2,22	2,22	1,33	2,54	0,86	1,57	10640	P.I.	6880	P.I.
14000	1,5	727	2,59	2,59	1,33	2,54	0,86	1,57	12413	P.I.	8027	P.I.
16000	1,5	727	2,96	2,96	1,33	2,54	0,86	1,57	14187	P.I.	9173	P.I.
18000	1,5	727	3,33	3,33	1,33	2,54	0,86	1,57	15960	P.I.	10320	P.I.
20000	1,5	727	3,70	3,70	1,33	2,54	0,86	1,57	17733	P.I.	11467	P.I.
22000	1,5	727	4,07	4,07	1,33	2,54	0,86	1,57	19507	P.I.	12613	P.I.
24000	1,5	727	4,44	4,44	1,33	2,54	0,86	1,57	21280	P.I.	13760	P.I.
26000	1,5	727	4,81	4,81	1,33	2,54	0,86	1,57	23053	P.I.	14907	P.I.
28000	1,5	727	5,19	5,19	1,33	2,54	0,86	1,57	24827	P.I.	16053	P.I.
30000	1,5	727	5,56	5,56	1,33	2,54	0,86	1,57	26600	P.I.	17200	P.I.

Tabla 51. Cálculos estimativos si Q_turb 2 m3/s

Vol. 3L (m ³)	Q turb (m ³ /s)	Pot gen. (kW)	Nº h. funci.	Nº h. bombeo	Q bombeado (m ³ /s)				V. potencial a elevar (m ³)			
					2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a		2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a	
					1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b
2000	2	969	0,28	0,28	1,33	2,54	0,86	1,57	1330	P.I.	860	P.I.
4000	2	969	0,56	0,56	1,33	2,54	0,86	1,57	2660	P.I.	1720	P.I.
6000	2	969	0,83	0,83	1,33	2,54	0,86	1,57	3990	P.I.	2580	P.I.
8000	2	969	1,11	1,11	1,33	2,54	0,86	1,57	5320	P.I.	3440	P.I.

10000	2	969	1,39	1,39	1,33	2,54	0,86	1,57	6650	P.I.	4300	P.I.
12000	2	969	1,67	1,67	1,33	2,54	0,86	1,57	7980	P.I.	5160	P.I.
14000	2	969	1,94	1,94	1,33	2,54	0,86	1,57	9310	P.I.	6020	P.I.
16000	2	969	2,22	2,22	1,33	2,54	0,86	1,57	10640	P.I.	6880	P.I.
18000	2	969	2,50	2,50	1,33	2,54	0,86	1,57	11970	P.I.	7740	P.I.
20000	2	969	2,78	2,78	1,33	2,54	0,86	1,57	13300	P.I.	8600	P.I.
22000	2	969	3,06	3,06	1,33	2,54	0,86	1,57	14630	P.I.	9460	P.I.
24000	2	969	3,33	3,33	1,33	2,54	0,86	1,57	15960	P.I.	10320	P.I.
26000	2	969	3,61	3,61	1,33	2,54	0,86	1,57	17290	P.I.	11180	P.I.
28000	2	969	3,89	3,89	1,33	2,54	0,86	1,57	18620	P.I.	12040	P.I.
30000	2	969	4,17	4,17	1,33	2,54	0,86	1,57	19950	P.I.	12900	P.I.

Tabla 52. Cálculos estimativos si Q_turb 2,50 m³/s

Vol. 3L (m ³)	Q turb (m ³ /s)	Pot gen. (kW)	Nº h. funci.	Nº h. bombeo	Q bombeado (m ³ /s)				V. potencial a elevar (m ³)			
					2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a		2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a	
					1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b
2000	2,5	1212	0,22	0,22	1,33	2,54	0,86	1,57	1064	2035	688	1258
4000	2,5	1212	0,44	0,44	1,33	2,54	0,86	1,57	2128	4070	1376	2515
6000	2,5	1212	0,67	0,67	1,33	2,54	0,86	1,57	3192	6106	2064	3773
8000	2,5	1212	0,89	0,89	1,33	2,54	0,86	1,57	4256	8141	2752	5030
10000	2,5	1212	1,11	1,11	1,33	2,54	0,86	1,57	5320	10176	3440	6288
12000	2,5	1212	1,33	1,33	1,33	2,54	0,86	1,57	6384	12211	4128	7546
14000	2,5	1212	1,56	1,56	1,33	2,54	0,86	1,57	7448	14246	4816	8803
16000	2,5	1212	1,78	1,78	1,33	2,54	0,86	1,57	8512	16282	5504	10061
18000	2,5	1212	2,00	2,00	1,33	2,54	0,86	1,57	9576	18317	6192	11318
20000	2,5	1212	2,22	2,22	1,33	2,54	0,86	1,57	10640	20352	6880	12576
22000	2,5	1212	2,44	2,44	1,33	2,54	0,86	1,57	11704	22387	7568	13834
24000	2,5	1212	2,67	2,67	1,33	2,54	0,86	1,57	12768	24422	8256	15091
26000	2,5	1212	2,89	2,89	1,33	2,54	0,86	1,57	13832	26458	8944	16349
28000	2,5	1212	3,11	3,11	1,33	2,54	0,86	1,57	14896	28493	9632	17606
30000	2,5	1212	3,33	3,33	1,33	2,54	0,86	1,57	15960	30528	10320	18864

Comparamos los valores destacados en las tablas y vemos que cuanto mayor sea el caudal de equipamiento, mayor es el volumen necesario a turbinar para poder elevar con un grupo el volumen marcado como objetivo (10.000-15.000 m³), pero tendríamos energía disponible que se perdería. En el caso de utilizar dos bombas, lógicamente el volumen necesario a turbinar para cumplir el déficit disminuye. Por ello, vamos a tratar de buscar un caudal de equipamiento que nos permita utilizar dos bombas en paralelo para no sólo cubrir el déficit objetivo sino que nos ayude directamente a producir la energía necesaria para elevar gran parte de los volúmenes demandados.

Lo primero que debemos considerar es que los valores anteriormente calculados han sido fruto de utilizar series anuales completas, pero puede que nos arroje algo más de información si desagregamos estas series anuales y las agrupamos, por ejemplo, en los meses de junio a septiembre.

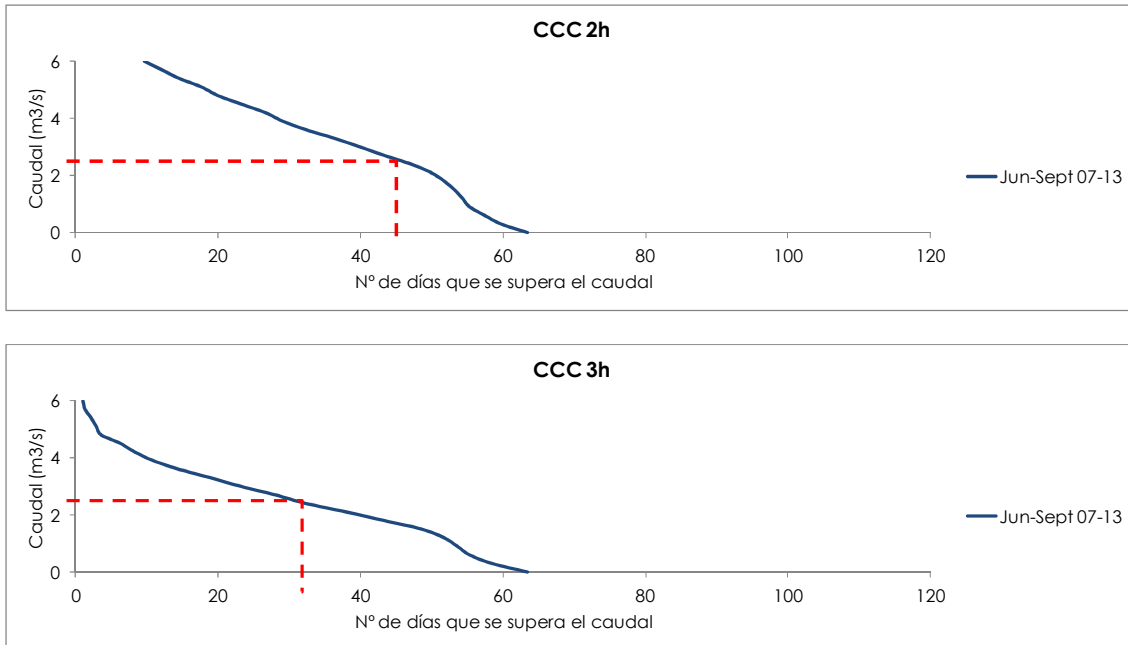


Figura 88. Curvas de caudales clasificados en 2 y 3 horas de funcionamiento Jun-Sept 2007-2013

Estas dos gráficas (Figura 88) refuerzan la teoría de aumentar el caudal de equipamiento y permitir así mayor aprovechamiento de la instalación.

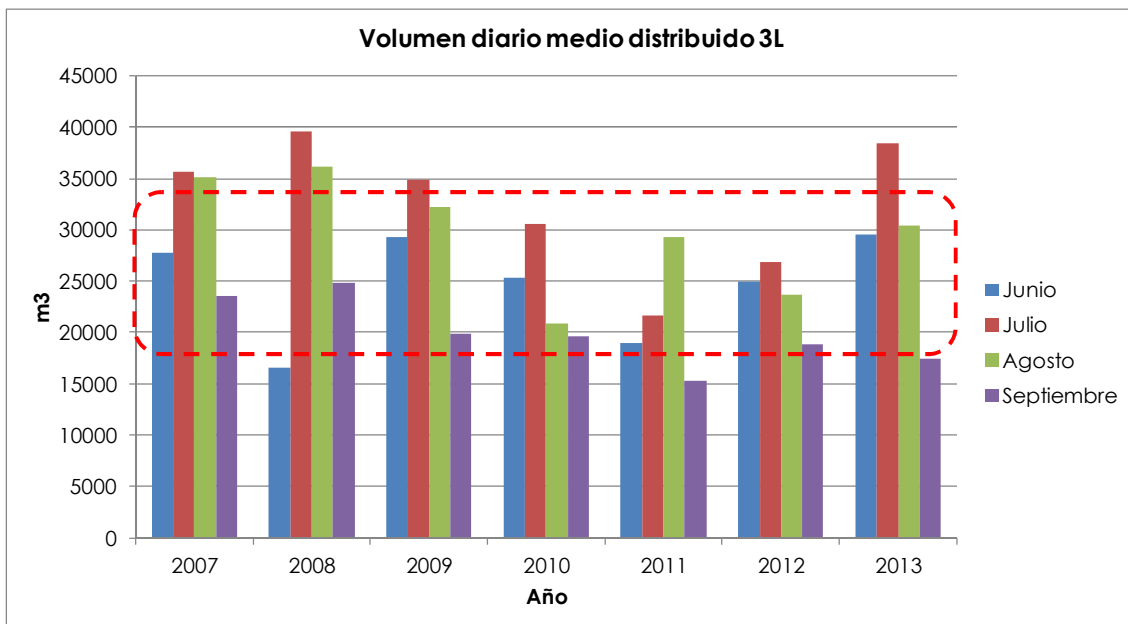


Figura 89. Volumen diario medio distribuido meses junio-septiembre del periodo 2007-2013

Se comprueba también que durante los meses de junio a septiembre de la serie 2007-2013, el volumen diario distribuido en cabecera del Tercer Canal de Levante presenta valores tendentes a los 20.000-35.000 m³ (Figura 89) asegurando también la demanda del recurso necesaria.

Antes de concluir este punto se debe reflexionar en que un caudal de equipamiento determinado no tiene que verse obligado siempre a ser el caudal de funcionamiento ya que la gran ventaja de las turbinas que puedan encajar en esta solución presentan valores de rendimientos muy altos para caudales diferentes al de diseño. Esto implica que si no podemos disponer del 100% del caudal nominal de diseño, al menos podamos aprovechar el caudal disponible con rendimientos que nos permitan utilizar una bomba.

De todos los casos estudiados, se define como referencia un caudal de equipamiento de 2,50 m³/s.

9.4.3 SELECCIÓN DE LA TURBINA A INSTALAR

Para preseleccionar el tipo de turbina a instalar, se utiliza un ábaco genérico de uso habitual y que aparece en multitud de publicaciones. Con ello se determina el tipo de turbina en función del caudal y la altura.

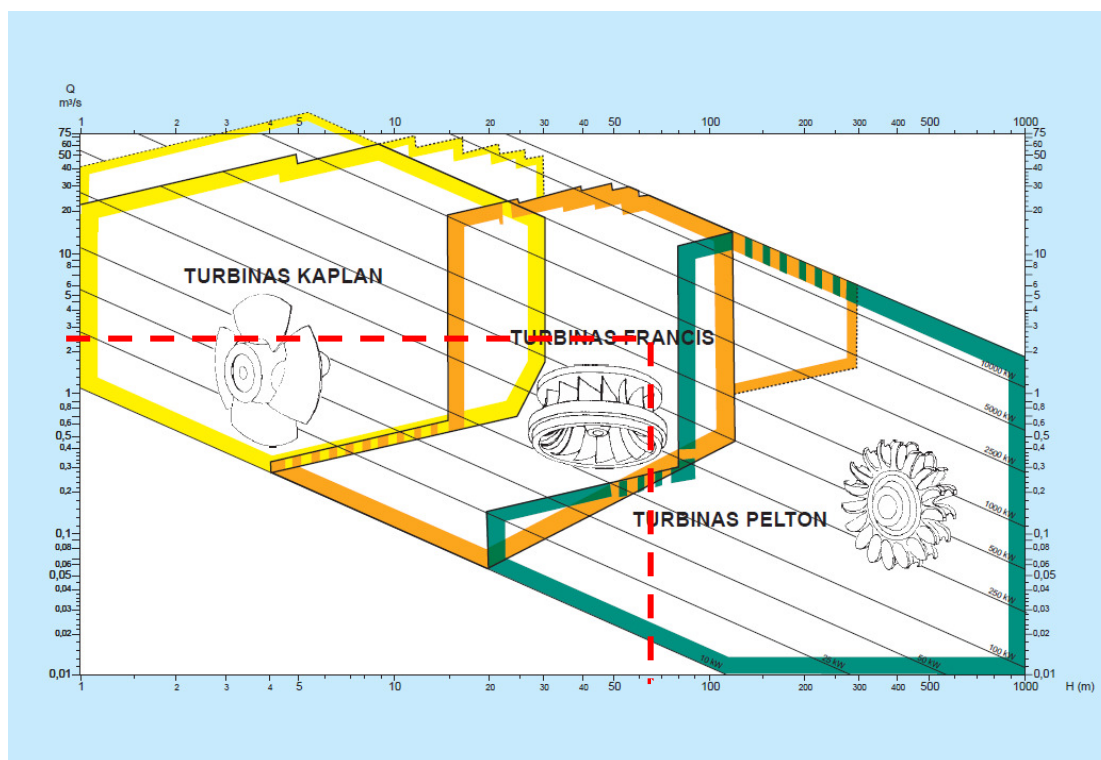


Figura 90. Ábaco de selección del tipo de turbina (Voest-Alpine)

Se selecciona una turbina Francis, siendo su tipología turbina de reacción. Normalmente tienen la entrada radial en el rodete y la salida es axial.

La gran ventaja de esta tipología es que mantiene unos rendimientos aceptables con una variabilidad de caudal de hasta el 40% del caudal nominal.

9.5 POTENCIA DE LA CENTRAL

La potencia eléctrica teórica que puede generar la central, viene dada por la expresión:

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H_n$$

donde:

P: Potencia instalada en kW

Q: Caudal en m³/s

H_n: Salto útil en m

Sin embargo la potencia útil a la salida de la central es igual a:

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H_n \cdot e$$

siendo $e = \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr}$

donde:

e: Factor de eficiencia de la central

η_t : Rendimiento de la turbina

η_g : Rendimiento del generador

η_{tr} : Rendimiento del transformador

(Puede tomarse como factor de eficiencia de la central un valor 0,85)

$$\text{Potencia útil} = 9,81 \cdot 2,50 \cdot (140 - 77,45) \cdot 0,85 = 1.303,93 \text{ kW}$$

Se toma como cota absoluta de restitución el nivel medio de la balsa:

$$\text{Nivel de restitución} = 74,95 + \left(\frac{5}{2}\right) = 77,45 \text{ m.s.n.m.}$$

Con estos 1.303 kW útiles nos aseguramos el funcionamiento en paralelo de dos bombas CP3531 de la Segunda Elevación, cuyo consumo conjunto es cercano a los 1.200 kW.

9.6 MODELO MATEMÁTICO DEL SISTEMA IMPLEMENTADO CON EL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO

Ahora que conocemos todos los problemas presentados anteriormente y sabemos el alcance de la solución definitiva, pasamos a desarrollar un nuevo modelo matemático que permita operar en diferentes escenarios para así comprobar la validez de la propuesta.

Este nuevo modelo se rige según las mismas premisas que los modelos presentados anteriormente, no siendo por tanto un modelo georreferenciado, sino un modelo energético con el cual se puede simular la red de modernización, la turbina a implementar y alguna parte necesaria de la red de riego tradicional.

También se trata de comprobar la pérdida de carga en las tuberías principales de modernización, para asegurarnos que la caída de presión en cabecera de esta red como consecuencia de la utilización puntual de la turbina no lleva asociada distorsiones en el funcionamiento de la red.

Se obtendrá con ello el par de valores caudal turbinado-pérdidas de carga generadas en la turbina y a partir de estos datos se elaborará una tabla con la que podremos conocer los resultados del aprovechamiento en términos energéticos.

Las fases de generación de este modelo reducido son las mismas que las descritas en el *apartado 6.1* y sus principales componentes son:

9.6.1 EMBASLE DE CREVILLENTE

Como se ha expuesto en el *apartado 9.4.1* el embalse de Crevillente se va a introducir en el modelo como un embalse con nivel constante, a la cota +140 m.s.n.m.

Este punto es la cabecera de la red y se considera como de capacidad infinita ya que durante la campaña de riego se aporta constantemente un volumen de agua que no influirá en el comportamiento de la red, pues se igualan entradas con salidas.

9.6.2 RED DE TUBERÍAS

Para la representación de las tuberías se han definido los diámetros, longitudes, materiales y puntos significativos de éstas, obtenidos en los perfiles longitudinales y secciones de los datos existentes en los proyectos "as built".

Las rugosidades definidas (Tabla 53) se han obtenido de los manuales técnicos de los fabricantes de las conducciones y han sido contrastados con la "Guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión, del Cedex".

Tabla 53. Rugosidad absoluta asignada a las conducciones

Material	K (mm)
Acero	0,05
PRFV	0,05

Además se ha considerado en cada caso un coeficiente de pérdidas menores correspondiente a cambios de alineación, piezas especiales, etc.

9.6.3 ESTACIÓN DE FILTRADO

La estación de filtrado de la Quinta Elevación, con sus dos módulos, está preparada para un caudal máximo de 4 m³/s. La pérdida de carga observada en el régimen de funcionamiento actual (con caudales máximos de 2 m³/s) se muestra a continuación:

Tabla 54. Pérdidas de carga observadas en estación de filtrado

Caudal (l/s)	Pérdida de carga (m.c.a.)
0	0
1000	5
2000	10

Ya que la estación de filtrado nunca ha sobrepasado los 2 m³/s no se conoce con certeza el valor de las pérdidas de carga para caudales mayores. No obstante, hay que pensar que la tubería que conecta la red principal con la turbina está conectada justo aguas arriba de la estación de filtrado por lo que la caída de presión por este elemento no habrá que tenerla en cuenta. Se estima que la caída de presión para caudales mayores de 2000 l/s actuales será:

Tabla 55. Pérdidas de carga estimadas en estación de filtrado

Caudal (l/s)	Pérdida de carga (m.c.a.)
3000	20
4000	30

9.6.4 Balsa DE LA QUINTA ELEVACIÓN

Se ha introducido la curva de cubicación de la balsa (Figura 91), cota de solera, nivel máximo y mínimo así como el nivel inicial correspondiente con cada simulación.

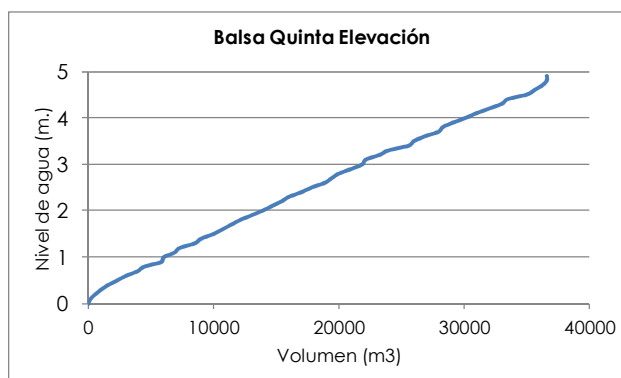


Figura 91. Curva de capacidad Balsa Quinta Elevación

9.6.5 TURBINA

La introducción de las curvas características de la turbina se ha realizado según los datos teóricos que el fabricante ha facilitado.

- Salto neto nominal: 65 m.
- Caudal: 2,5 m³/s.
- Potencia: 1.401,67 kW.

La turbina se ha representado en el modelo como una válvula de propósito general asociada a una curva de pérdidas que representa los valores del fabricante.

Tabla 56. Rendimientos de la turbina para salto neto y décimos de caudal

Rendimiento (%)	Décimos de caudal
88,00%	10/10
89,30%	9/10
89,70%	8/10
89,60%	7/10
88,60%	6/10
86,30%	5/10
82,30%	4/10

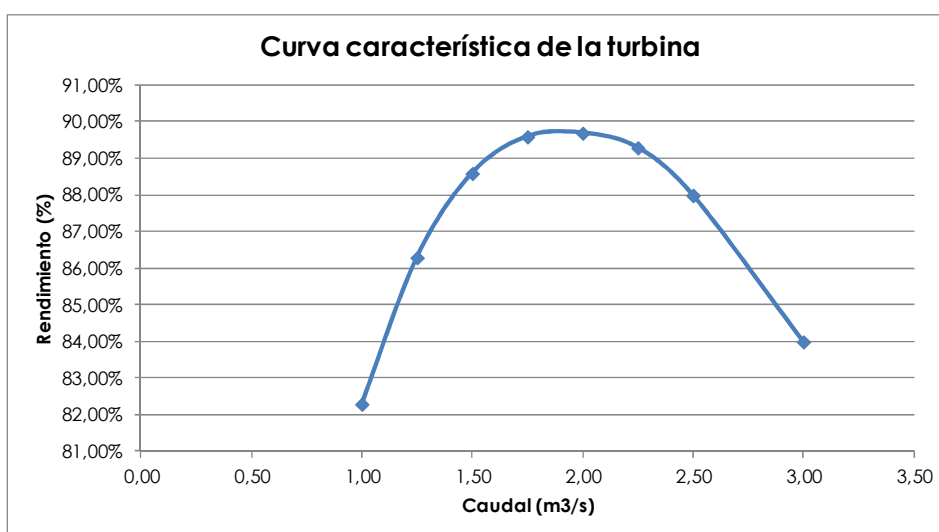


Figura 92. Curva característica de la turbina

9.6.6 DEMANDAS

Se ha representado un año completo del sistema, con las demandas anuales de toda la modernización y el riego con agua del Trasvase del Tercero de Levante (año 2013).

Si observamos el registro anual de los caudalímetros de modernización del Primero y Segundo de Levante (Figura 93) podemos ver que presentan tres matices que se van a comentar a continuación.

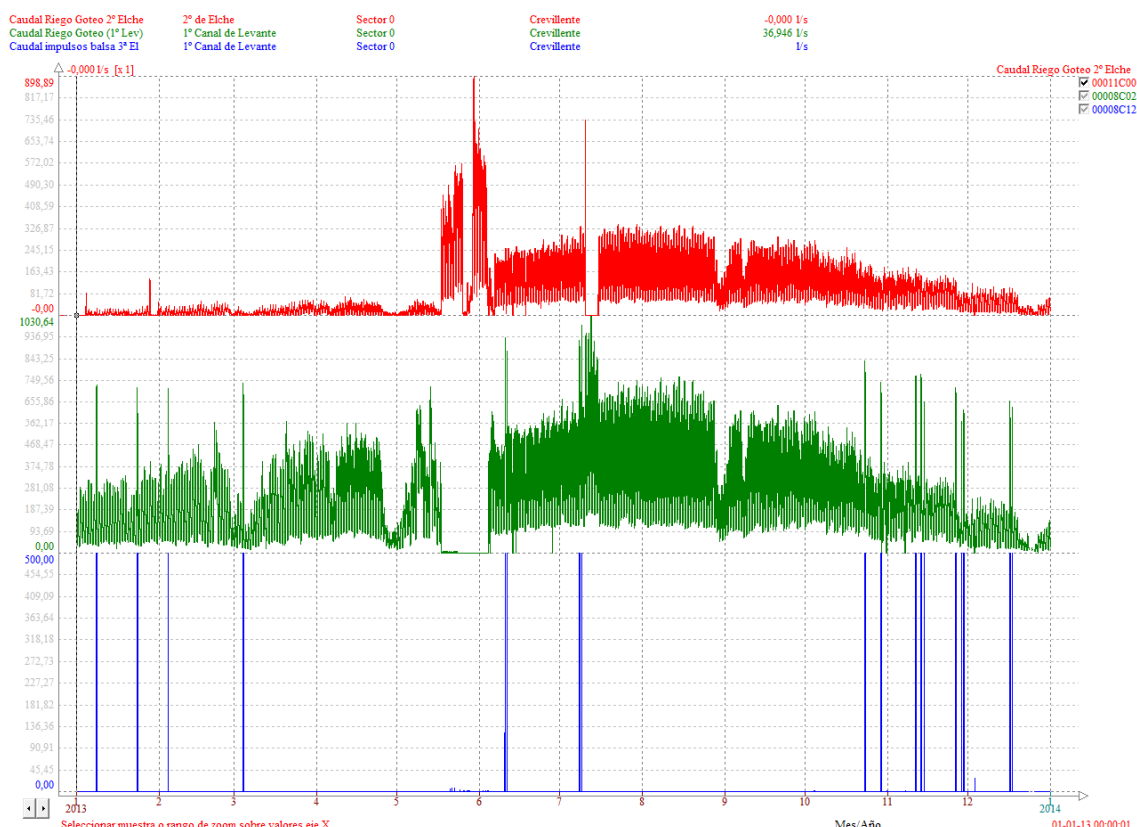


Figura 93. Representación de los datos de los caudalímetros electromagnéticos 1L y 2L de modernización en el año 2013

El primero de ellos es que los registros puntuales de color azul y de muy corto periodo de tiempo son los llenados de la balsa de la Tercera Elevación que se realizan como consecuencia de la infraestructura dañada y que se ha explicado en el apartado 2.3.2

Estos registros han sido medidos en el caudalímetro dispuesto a la entrada de la balsa pero también se registran en el caudalímetro 1L por lo que deben ser descontados de este último. Una vez realizada esta tarea de tratamiento de datos se genera un patrón de consumo con un intervalo horario ya que el programa no soporta tal cantidad de datos.

El segundo que podemos extraer de la Figura 93 es que hay un periodo de tiempo en el que el caudal del Primero de Levante se interrumpe y el del Segundo de Levante se dispara. Esto no es ninguna distorsión sino que es producto de una rotura producida en la tubería principal del Primero de Levante. Gracias a que las dos redes están

conectadas por dos colectores centrales (normalmente cerrados) existe el suministro alternativo y se garantiza el suministro.

El último matiz es algún pico puntual y de muy corto periodo de tiempo que presentan los registros 1L y 2L y que no coinciden con el suministro alternativo ni con el llenado de la balsa; pues son roturas que se producen en la red y hasta que son detectadas y aislado el tramo en concreto, el caudal se dispara (saliéndose fuera de todo rango habitual) como consecuencia de la rotura. Estos valores no se van a desagregar del patrón, pues representan situaciones reales que se pueden durante la explotación diaria de la red.

Siguiendo el mismo procedimiento que en los modelos anteriores, se generan los patrones de consumo asociados a cada una de las demandas (Figura 94).

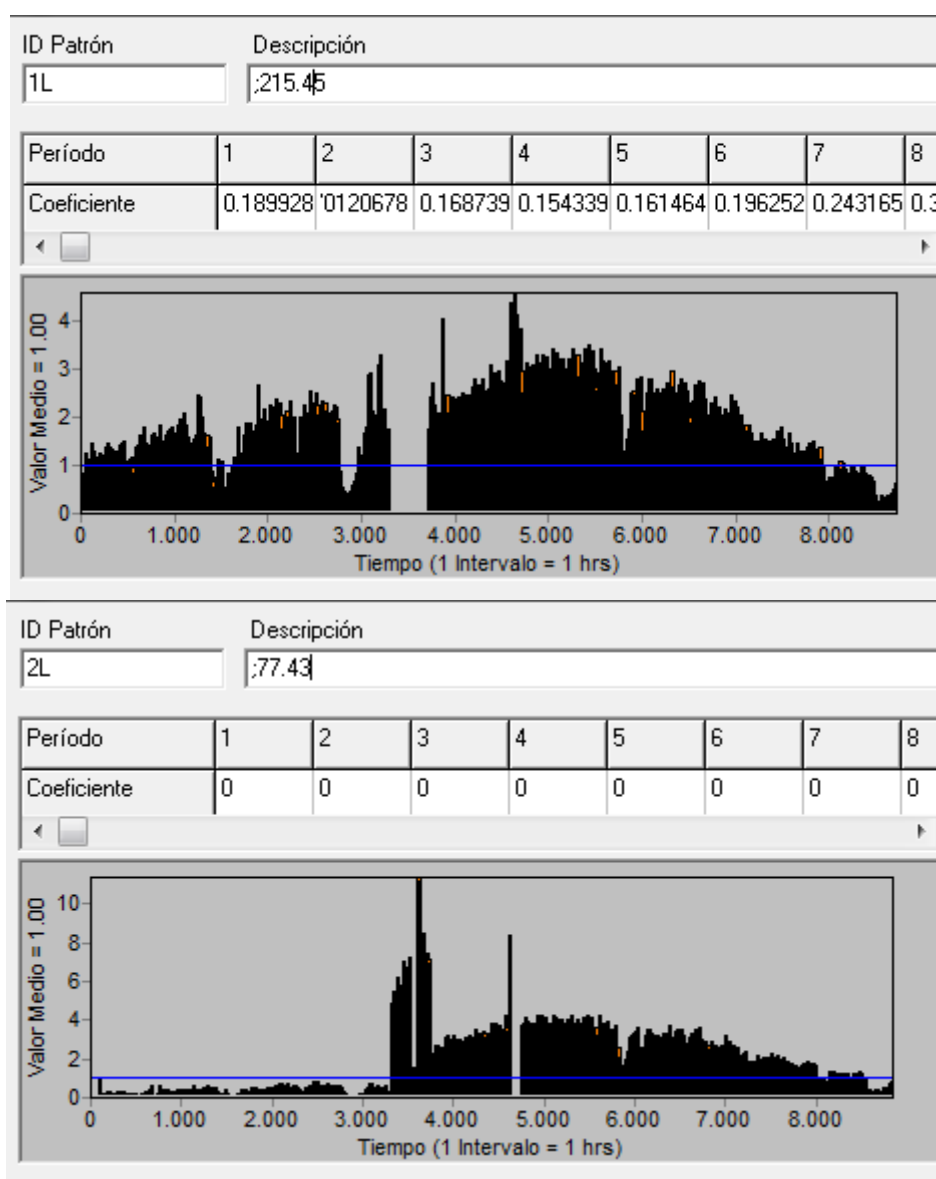


Figura 94. Patrones de consumo 1L y 2L del año 2013 introducidos en el modelo anual

El patrón de consumo del Tercero de Levante tendrá que ser modelado en este caso de diferente forma, ya que no es un consumo constante en el tiempo sino que se reduce a un cierto número de horas al día, en días concretos.

Se ha propuesto un patrón de consumo igual a distribuir el volumen diario en doce horas de servicio (08:00-20:00 h.) que es el horario habitual de trabajo (Figura 95).

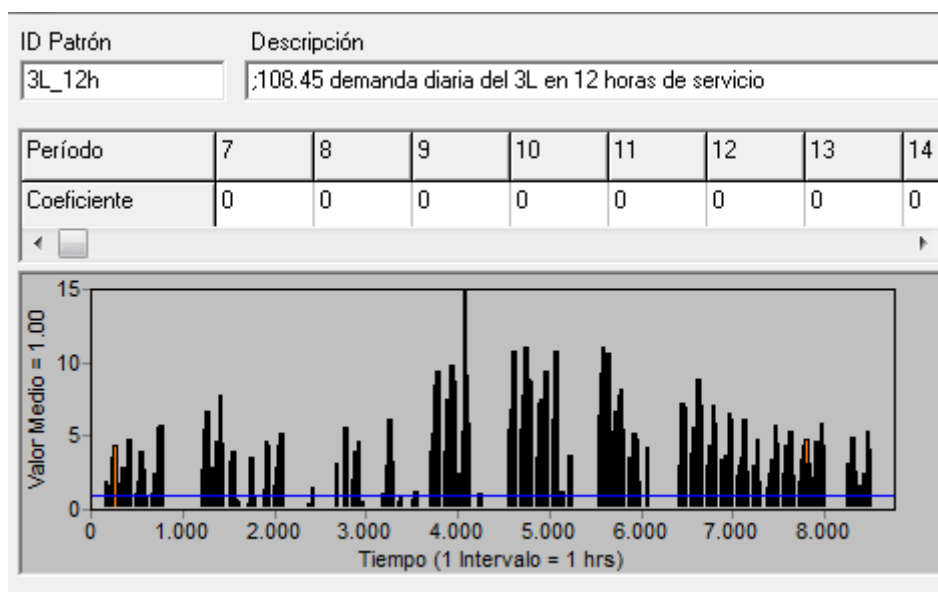


Figura 95. Patrón de consumo 3L del año 2013 introducido en el modelo anual

En cambio, el funcionamiento de la turbina sólo se produce durante un periodo más corto, para poder así equipar un caudal mayor. La balsa de la Quinta Elevación será el vínculo que armonizará los caudales turbinados con los distribuidos, por lo que se establece una consigna en la turbina para que funcione durante tres horas al día y sólo cuando la balsa permanezca entre ciertos niveles.

No debemos olvidar que la comunidad de base Segundo Canal de Poniente todavía no está modernizada pero su futura modernización dependerá de las tuberías principales por lo que también debemos considerarlo como un nudo de consumo. Viendo la semejanza entre los patrones de consumo del Segundo y Primero de Levante, se asume como válido el de uno de ellos (Segundo de Levante) pero la demanda base se corrige proporcionalmente a la superficie..

9.6.7 ESQUELETIZACIÓN DE LA RED

Se ha tratado de realizar un modelo muy sencillo para facilitar su operatividad pero que a la vez permita reflejar con detalle el comportamiento real del sistema (Figura 96):

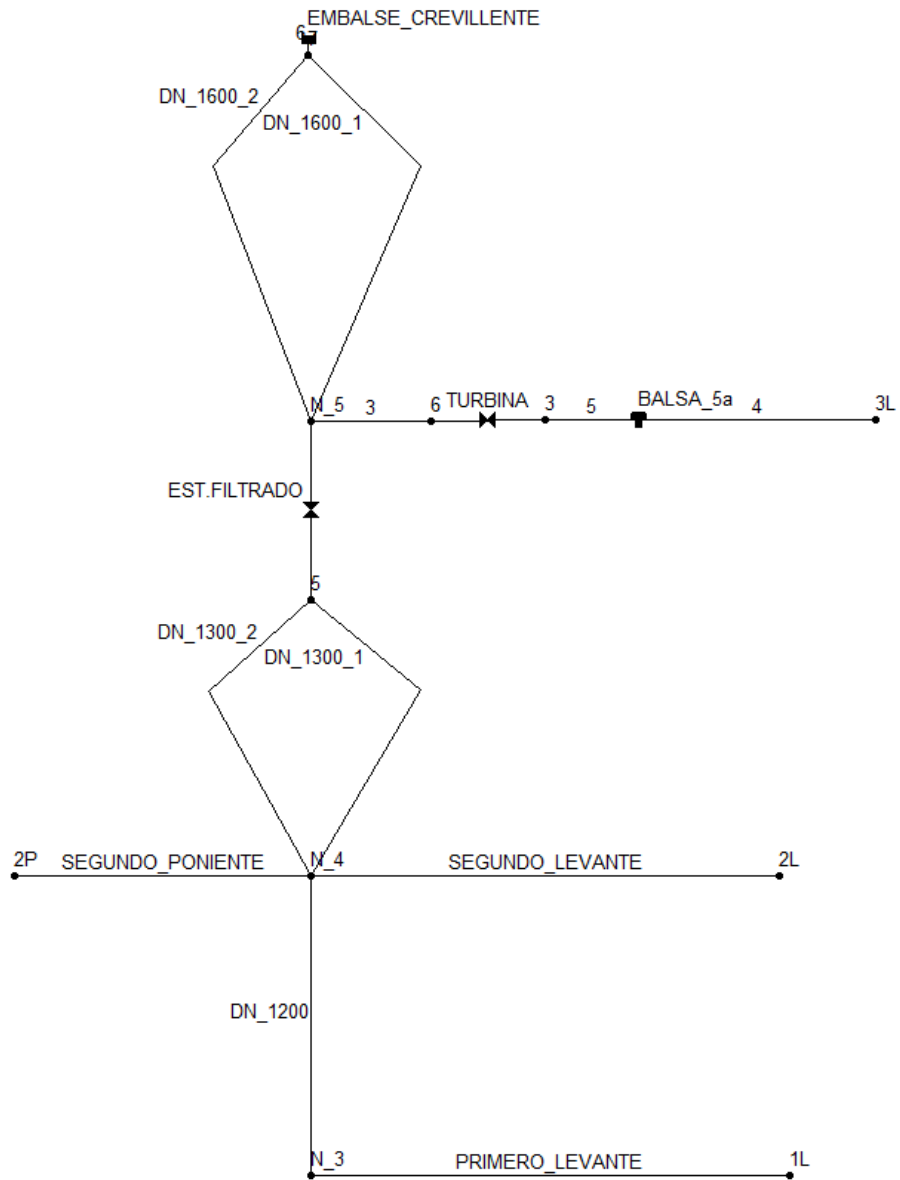


Figura 96. Modelo esquemático de la red

9.7 RESULTADOS OBTENIDOS

En las siguientes figuras (Figura 97, Figura 98, Figura 99) se representan los meses de julio y agosto de 2013 y se observa el comportamiento de la turbina, la balsa y su distribución en cabecera del Tercer Canal de Levante.

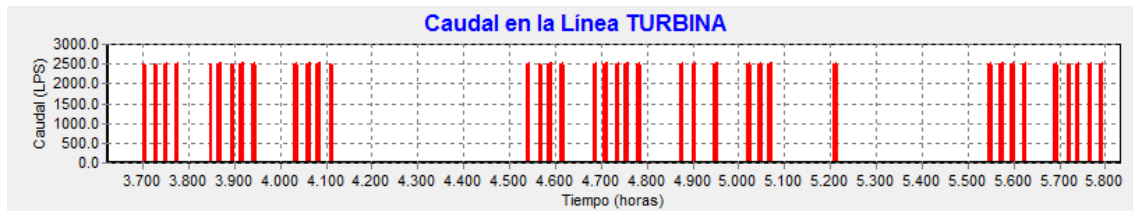


Figura 97. Evolución del caudal en la turbina a instalar con $Q_{\text{equipamiento}} 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$

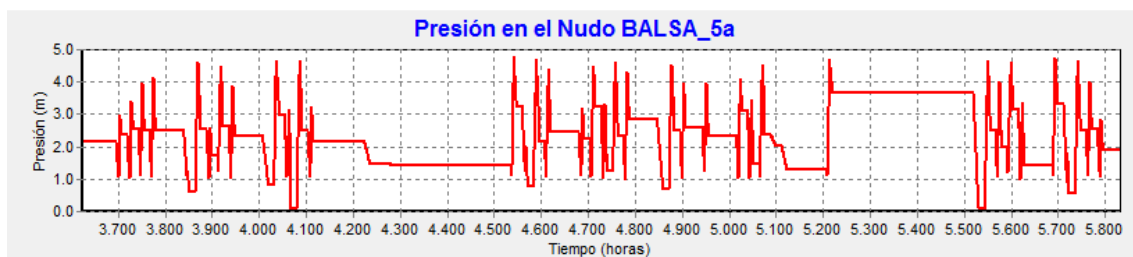


Figura 98. Evolución de las presiones en la balsa de regulación del Tercer Canal de Levante

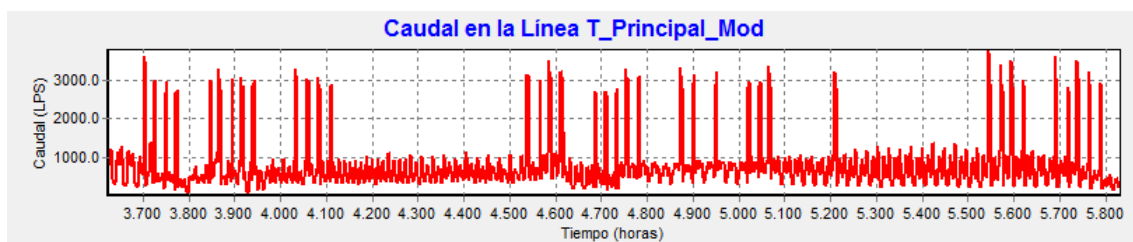


Figura 99. Evolución del caudal por la tubería principal de modernización

Atendiendo ahora a las presiones en los nudos que representan las cabeceras de las tuberías secundarias de modernización (nudos N_3 y N_4) vemos que la caída de presión es insignificante y no afecta, por tanto, la simultaneidad de caudales que pueda ocurrir durante las 8.760 horas del modelo estudiado (Figura 100, Figura 101).

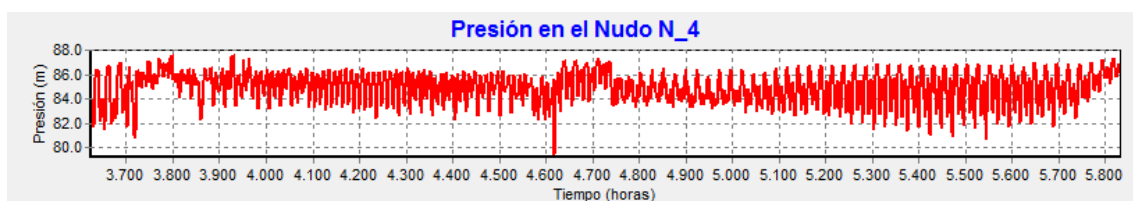


Figura 100. Evolución de las presiones en cabecera de los Segundos de Levante y Poniente

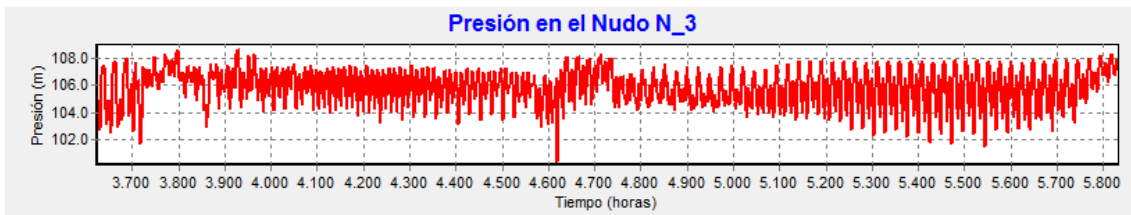


Figura 101. Evolución de las presiones en cabecera del Primero de Levante

Se comprueba por tanto que la caída de presión producida por la instalación de la turbina y el consumo de las zonas modernizadas es inferior a la máxima establecida para que la red de modernización funcione en condiciones óptimas. Asimismo se asegura un buen funcionamiento del sistema propuesto incluso con la hipótesis de modernización del Segundo Canal de Poniente.

10. EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

En este apartado se tratará de identificar si la solución propuesta puede ser viable o no, pero teniendo claro que no tratamos de realizar un análisis financiero en el que se determine una rentabilidad económica fruto de la obtención de beneficios.

Se trata pues de dilucidar si la solución propuesta puede ser interesante no sólo para la solución del problema de déficit existente sino para disminuir el coste de explotación derivado del alto consumo energético del sistema.

10.1 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS COSTES DE CONSTRUCCIÓN

Puesto que la intención de este trabajo no es ni mucho menos la redacción de un proyecto constructivo y teniendo en cuenta el carácter académico con el que debe ser tomado el estudio, los costes de la medida implantada se analizan de manera grosera para poder llegar a concluir si el planteamiento sería o no rentable a largo plazo.

Según la oferta* aportada por la empresa suministradora, los equipos electromecánicos ascienden a un total de 300.000 €, incluyendo:

- Turbina Francis, eje horizontal.
- Central oleohidráulica.
- Alternador.
- Válvula de mariposa.
- Sistema de by-pass.
- Montaje y pruebas.

*Nota: Las empresas dedicadas a este sector suelen ser bastante reservadas en los datos aportados en sus ofertas y más aún cuando el fin último no implica ningún interés comercial, como es este caso; de ahí la precariedad de los datos aportados.

También se ha acudido a una empresa especializada en instalaciones eléctricas de este tipo y aporta una solución a la conexión de los equipos con la red eléctrica existente, centro de transformación y equipos auxiliares por un total de 100.000 €.

Con respecto a la obra civil necesaria para la instalación del grupo se considera que conlleva diferentes actuaciones valoradas en 200.000 €, y que se enumeran a continuación:

- Acometida a la red principal de modernización aguas arriba de la estación de filtrado.
- Demolición parcial del muro de la balsa de la Quinta Elevación y ejecución de foso para la instalación de la calderería, la turbina y la obra de retorno.
- Instalación de los equipos.
- Ejecución de caseta auxiliar para la instalación de los cuadros eléctricos y resto de aparamenta.
- Elementos de seguridad.

Los costes de mantenimiento se estiman en 6.000 €/año.

10.2 IDENTIFICACIÓN DE BENEFICIOS

Tal y como se ha expuesto anteriormente, la puesta en marcha de un sistema de aprovechamiento hidroeléctrico y la utilización de esa energía para alimentar los equipos electromecánicos de la Segunda Elevación, lleva asociadas tres componentes fundamentales en la búsqueda de la rentabilidad del nuevo sistema:

- No se demandará energía fuera de periodo valle (si así fuera, sería sin exceder la potencia contratada).
- Disminuirá la energía consumida ya que se detrae un gran volumen del total anual a elevar desde la Segunda Elevación.
- Se podrá reducir la potencia contratada en los diferentes periodos ya que toda la demanda se podrá cubrir en P-6 incluso con menores potencias.

10.3 VALORACIÓN DEL BENEFICIO OBTENIDO

Tomando como referencia de estudio el año 2013 y analizando las diferentes tarifas eléctricas aplicables, podemos comparar y evaluar los resultados obtenidos antes y después de la incorporación del aprovechamiento hidroeléctrico.

De los 4,66 Hm³ de agua de concesiones distribuida, el 38,65 % corresponde al Primer Canal de Levante (bombeo Segunda-Tercera) y el resto a los canales Segundos de Levante y Poniente, Tercero de Levante y Cuarto de Poniente. Estos porcentajes son los valores a partir de los cuales se reparten proporcionalmente los costes eléctricos.

Los ratios energéticos utilizados son:

Tabla 57. Ratios energéticos de las elevaciones

Elevación	kWh/m ³
Segunda-Tercera	0,1317
Segunda-Cuarta	0,20

Veamos ahora qué volumen útil se puede disponer en cada una de las balsas cuando turbinamos un metro cúbico de agua en la Quinta Elevación:

Tabla 58. Producciones obtenidas por m³ turbinado

m ³ turbinado	m ³ bombeado 2 ^a -3 ^a	m ³ bombeado 2 ^a -4 ^a
1	1,0176	0,6288

Si consideramos un porcentaje de utilización del 80% (relaciona las horas de funcionamiento de la Segunda Elevación con respecto a las horas de funcionamiento de la turbina, debido a paradas o labores de mantenimiento) se estima que todo el volumen del Primer Canal de Levante del año 2013 se pudiera disponer con 47.475 kWh que serían utilizados en el periodo P-6 y solamente con 2 grupos; el resto de energía se aportaría con el aprovechamiento hidroeléctrico.

Lo mismo ocurre para el resto del volumen que se distribuye a las otras comunidades de base, pero en este caso solo consideramos un porcentaje de utilización del 5%.

Tabla 59. Consumo anual incorporando la turbina

Canales	Volumen (m ³)	kWh/m ³	kWh/año	% Utilización	E. cons (kWh)
Primero de L.	1.802.385	0,1317	237.374	0,80	47.475
Resto	2.861.235	0,2000	572.247	0,05	543.635

Valoramos en las siguientes tablas el coste total reflejado en la factura que tendría de elevar el volumen del año 2013 a los diferentes canales con la situación anterior y posterior a la incorporación de la turbina.

Tabla 60. Coste energético anual anterior a la incorporación de la turbina

TÉRMINO ENERGÍA				TÉRMINO ENERGÍA		
P	E. cons (kWh)	Precio (€/kWh)	Coste E. (€)	E. cons (kWh)	Precio (€/kWh)	Coste E. (€)
1	0		0,00	0		0,00
2	0		0,00	0		0,00
3	0		0,00	0		0,00
4	0		0,00	0		0,00
5	0		0,00	0		0,00
6	237.374	0,055	13055,58	572.247	0,055	31473,59
			13.055,58 €			31.473,59 €
TÉRMINO POTENCIA				TÉRMINO POTENCIA		
P	P. cont (kW)	Precio (€/kW/mes)	Coste T.P. (€)	P. cont (kW)	Precio (€/kW/mes)	Coste T.P. (€)
1	60	1,846529	1329,50	60	1,846529	1329,50
2	500	0,924064	5544,38	500	0,924064	5544,38
3	500	0,676261	4057,57	500	0,676261	4057,57
4	500	0,676261	4057,57	500	0,676261	4057,57
5	500	0,676261	4057,57	500	0,676261	4057,57
6	3800	0,308554	14070,06	3800	0,308554	14070,06
			33.116,65 €			33.116,65 €
	Coste E. (1L)		12.793,32 €	Coste E. (Resto)		20.333,62 €
IMPUESTO ELECTRICIDAD				IMPUESTO ELECTRICIDAD		
	4,864%		1.321,58 €			2.648,75 €
	S_TOTAL FACTURA 1L		27.170,47 €	S_TOTAL FACTURA Resto		54.455,95 €
	IVA		5.705,80 €	IVA		11.435,75 €
	TOTAL 1L		32.876,27 €	TOTAL Resto		65.891,70 €
				TOTAL ANUAL		98.767,97 €

En la Tabla 60 se reflejan los costes energéticos teniendo en cuenta las potencias contratadas actualmente y un precio medio del kWh en periodo P-6 de 0,055 €.

Tabla 61. Coste energético anual posterior a la incorporación de la turbina

TÉRMINO ENERGÍA				TÉRMINO ENERGÍA			
P	E. cons (kWh)	Precio (€/kWh)	Coste E. (€)	E. cons (kWh)	Precio (€/kWh)	Coste E. (€)	
1	0		0,00	0		0,00	
2	0		0,00	0		0,00	
3	0		0,00	0		0,00	
4	0		0,00	0		0,00	
5	0		0,00	0		0,00	
6	47.475	0,055	2611,12	543.635	0,055	29899,91	
			2.611,12 €			29.899,91 €	
TÉRMINO POTENCIA				TÉRMINO POTENCIA			
P	P. cont (kW)	Precio (€/kW/mes)	Coste T.P. (€)	P. cont (kW)	Precio (€/kW/mes)	Coste T.P. (€)	
1	60	1,846529	1329,50	60	1,846529	1329,50	
2	60	0,924064	665,33	60	0,924064	665,33	
3	60	0,676261	486,91	60	0,676261	486,91	
4	60	0,676261	486,91	60	0,676261	486,91	
5	60	0,676261	486,91	60	0,676261	486,91	
6	1400	0,308554	5183,71	1400	0,308554	5183,71	
			8.639,26 €			8.639,26 €	
		Coste E. (1L)	3.337,44 €			Coste E. (Resto)	5.304,50 €
IMPUESTO ELECTRICIDAD				IMPUESTO ELECTRICIDAD			
	4,864%		304,13 €				1.799,89 €
	S_TOTAL FACTURA 1L		6.252,69 €		S_TOTAL FACTURA Resto		37.004,30 €
	IVA		1.313,06 €		IVA		7.770,90 €
	TOTAL 1L		7.565,75 €		TOTAL Resto		44.775,21 €
					TOTAL ANUAL		52.340,96 €

En la Tabla 61 se calculan los costes energéticos asumiendo la bajada del término de potencia y reduciendo drásticamente el consumo del bombeo hacia el Primer Canal de Levante.

La gran ventaja de esta solución radica en la reducción drástica de los términos de potencia contratados en cada periodo, pues es el concepto que más penaliza la factura eléctrica actualmente.

Se reduciría por tanto la factura eléctrica anualmente en un 52,90%.

11. LEGISLACIÓN ELÉCTRICA APLICABLE. LEY 24/2013

11.1 ANTECEDENTES

Actualmente el Sector Eléctrico se rige según la nueva Ley 24/2013, de 26 de octubre aunque todavía no se ha desarrollado el Real Decreto correspondiente.

La presente Ley tiene como finalidad básica establecer la regulación del sector eléctrico garantizando el suministro eléctrico con los niveles necesarios de calidad y al mínimo coste posible, asegurar la sostenibilidad económica y financiera del sistema y permitir un nivel de competencia efectiva en el sector eléctrico, todo ello dentro de los principios de protección medioambiental de una sociedad moderna.

La nueva ley se enmarca también en un contexto de integración de los mercados eléctricos europeos. En este sentido, la ley tiene en cuenta la normativa europea de aplicación en el sector eléctrico, en particular, la Directiva 2009/72/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de julio de 2009 sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad, que fue transpuesta por el Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. También tiene en cuenta el marco europeo de intercambios transfronterizos de electricidad fijado por el Reglamento (CE) n.º 714/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio de 2009, relativo a las condiciones de acceso a la red para el comercio transfronterizo de electricidad.

La elevada penetración de las tecnologías de producción a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos, incluidas en el denominado régimen especial de producción de energía eléctrica, ha ocasionado que su regulación singular ligada a la potencia y a su tecnología carezca de objeto. Por el contrario, hace preciso que la regulación contemple a estas instalaciones de manera análoga a la del resto de tecnologías que se integran en el mercado, y en todo caso, que sean consideradas por razón de su tecnología e implicaciones en el sistema, en lugar de por su potencia, por lo que se abandonan los conceptos diferenciados de régimen ordinario y especial. Por este motivo se procede a una regulación unificada, sin perjuicio de las consideraciones singulares que sea preciso establecer.

El régimen retributivo de las energías renovables, cogeneración y residuos se basará en la necesaria participación en el mercado de estas instalaciones, complementado los ingresos de mercado con una retribución regulada específica que permita a estas tecnologías competir en nivel de igualdad con el resto de tecnologías en el mercado. Esta retribución específica complementaria será suficiente para alcanzar el nivel mínimo necesario para cubrir los costes que, a diferencia de las tecnologías convencionales, estas no puedan recuperar en el mercado y les permitirá obtener una rentabilidad adecuada con referencia a la instalación tipo en cada caso aplicable.

El desarrollo del autoconsumo como fuente alternativa de generación de electricidad al margen del sistema eléctrico requiere la regulación de una actividad que no tenía hasta la fecha un marco legal y reglamentario específico. La ley tiene por finalidad garantizar un desarrollo ordenado de la actividad, compatible con la necesidad de garantizar la sostenibilidad técnica y económica del sistema eléctrico en su conjunto. En este sentido, el articulado de la ley establece la obligación de las instalaciones de

autoconsumo de contribuir a la financiación de los costes y servicios del sistema en la misma cuantía que el resto de los consumidores. Transitoriamente, se establecen excepciones para los casos en los que el autoconsumo supone una reducción de costes para el sistema y para las instalaciones existentes de cogeneración.

11.2 DISPOSICIONES GENERALES. ARTÍCULO 9: AUTOCONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

A los efectos de esta ley, se entenderá por autoconsumo el consumo de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación conectadas en el interior de una red de un consumidor o a través de una línea directa de energía eléctrica asociadas a un consumidor.

Se distinguen cuatro modalidades de autoconsumo, aunque sólo nos interesa la primera de ellas:

- A. Modalidades de suministro con autoconsumo. Cuando se trate de un consumidor que dispusiera de una instalación de generación, destinada al consumo propio, conectada en el interior de la red de su punto de suministro y que no estuviera dada de alta en el correspondiente registro como instalación de producción. En este caso existirá un único sujeto de los previstos en el artículo 6, que será el sujeto consumidor.

En el caso en que la instalación de producción de energía eléctrica o de consumo esté conectada total o parcialmente al sistema eléctrico, los titulares de ambas estarán sujetos a las obligaciones y derechos previstos en la presente ley y en su normativa de desarrollo.

Todos los consumidores sujetos a cualquier modalidad de autoconsumo tendrán la obligación de contribuir a los costes y servicios del sistema por la energía autoconsumida, cuando la instalación de generación o de consumo esté conectada total o parcialmente al sistema eléctrico.

Para ello estarán obligados a pagar los mismos peajes de acceso a las redes, cargos asociados a los costes del sistema y costes para la provisión de los servicios de respaldo del sistema que correspondan a un consumidor no sujeto a ninguna de las modalidades de autoconsumo descritas en el apartado anterior.

11.3 ENCAJE LEGAL DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Si bien es cierto que el artículo 9 de la Ley 24/2013 define diferentes modalidades de autoconsumo, la propuesta de utilizar un aprovechamiento hidroeléctrico para utilizarlo como alternativa a la problemática energética actual de la C.G.R.R.L. (M.I.) no se enmarca como una figura definida dentro de la propia Ley, por lo que no estaría sujeta a las obligaciones tributarias que el sistema establece.

Esto se consigue desacoplando el sistema de la red eléctrica general, de modo que el funcionamiento de las instalaciones con la energía generada por el aprovechamiento hidroeléctrico no entraría dentro de la tipificación de autoconsumo y sería un funcionamiento "en isla".

Este logro está basado en que la Ley 24/2013 permite la interrumpibilidad de la conexión, que no es más que desconectarse de ésta por un periodo de tiempo diario a través de un by-pass en la toma.

Aunque el funcionamiento "en isla" conduzca a quedar fuera del marco legislativo como una figura de autoconsumo, lleva asociado algunos inconvenientes que deberán solucionarse para el correcto funcionamiento del sistema de elevaciones y distribución de agua, ya que:

- Todos los equipos de medida (caudalímetros, sondas de nivel, etc.) quedarían desconectados durante este periodo. Lo mismo ocurriría con el sistema de telecontrol y gestión de alarmas.

Esta situación no supondría un problema ya que todos los equipos están alimentados con una tensión de 24 voltios y disponen de baterías con autonomía suficiente para varias semanas. Las baterías se cargarían durante el periodo P-6 en el que sí se estaría conectado a la red eléctrica general.

- La red de media tensión y los sistemas de elevación de carga (puentes grúa) instalados en las elevaciones Segunda, Quinta Aérea y Sexta de Crevillente se quedarían sin energía eléctrica.

Los puentes grúa están conectados a las redes de media tensión de las elevaciones que se utilizan en labores de mantenimiento y reparación con herramientas de pequeña entidad. Estas situaciones puntuales se solucionarían con pequeños grupos electrógenos que alimenten a los equipos necesarios.

12. CONCLUSIONES

- La evolución, mejora y adecuación de las instalaciones en las elevaciones principales de la C.G.R.R.L. (M.I.) ha llegado a crear un sistema robusto y fiable con el que se puede abastecer toda la demanda de agua de riego.
- Existe una estabilidad en las demandas de agua de concesiones cuando se garantiza su disponibilidad y calidad.
- La modernización del sistema de riego en las comunidades de base que ya la han acometido presenta una fuerte implantación, en detrimento de los volúmenes demandados de aguas de concesiones.
- El nuevo proyecto de las elevaciones Segunda-Tercera-Cuarta elimina de raíz la problemática del hundimiento de las galerías pero induce conflictos en cuanto a los costes de distribución y explotación.
- El déficit existente en el Primer Canal de Levante podría suplirse con la ampliación de la balsa de la Tercera Elevación pero implicaría la compra de una parcela y un problema urbanístico y social.
- Cambiar de tarifa eléctrica para seguir funcionando con los grupos actuales debe estudiarse con detenimiento y acudir al mercado eléctrico para negociar con los suministradores.
- La instalación de un aprovechamiento hidroeléctrico en la balsa de la Quinta Elevación para poder suministrar la energía necesaria que cubrir el déficit, conlleva también la posibilidad de reducir la tarifa eléctrica hasta en un 52,90% anualmente.
- Esta disminución de los costes eléctricos se fundamenta en la reducción de los términos de potencia contratados en cada periodo sin que el funcionamiento global de la instalación se vea afectado.
- Se garantiza que la demanda de agua del Traslase en el Tercer Canal de Levante siempre será suficiente para cubrir el déficit existente en el Primer Canal así como para poder ayudar a disminuir los costes eléctricos en el caso de instalación del aprovechamiento hidroeléctrico.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Suárez, J., Martínez, F., Puertas, Jerónimo., "Manual de conducciones uralita". Uralita sistemas de tuberías. 2005

Escribá, D., "Hidráulica para ingenieros". Colección Obras Hidráulicas dirigida por Mateos, M. 1998

Cuesta, L., Vallarino, E., "Aprovechamientos hidroeléctricos" CICCOP. 2000

CEDEX, "Guía Técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión". 2002

Fuertes, V.S., García-Serra, J., Iglesias, P.L., López, G., Martínez, F.J. y Pérez, R., "Modelación y diseño de redes de abastecimiento de agua", GMF (Grupo mecánica de fluidos) Departamento Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Editorial UPV. 2002

CHS (Confederación Hidrográfica del Segura), Propuesta del Proyecto del Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura. 2013

García, C.J., García, T., Sarasúa, J.I., "Saltos hidroeléctricos". Delta Publicaciones Universitarias. 2011

García, C.J., García, T., Sarasúa, J.I., "Evaluación económica de proyectos de obras hidráulicas". Delta Publicaciones Universitarias. 2011



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

máster en ingeniería
hidráulica y medio ambiente
mihma

Título del trabajo fin de Máster:

**ESTUDIO DE LA RED DE
SUMINISTRO DE AGUA DE
RIEGO DE LA C.G.R. RIEGOS DE
LEVANTE (M.I.)
ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA
DE MEJORAS**

Intensificación:

HIDRÁULICA URBANA

Autor:

JOSEP PAGÉS SÁNCHEZ

Director:

PEDRO L. IGLESIAS REY

Fecha: *SEPTIEMBRE de 2014*



Título del trabajo fin de Máster:

**ESTUDIO DE LA RED DE SUMINISTRO DE AGUA DE RIEGO DE LA C.G.R. RIEGOS
DE LEVANTE (M.I.) ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA DE MEJORAS**

Autor: **PAGÉS SÁNCHEZ, JOSEP**

Tipo	A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>	Lugar de realización	VALENCIA,
Director	PEDRO L.	Fecha de lectura	SEPTIEMBRE 2014
Codirector 1	IGLESIAS REY		
Codirector 2			
Tutor			

Resumen:

La Comunidad General de Regantes Riegos de Levante (Margen Izquierda) gestiona, mantiene y explota sus instalaciones de riego desde su puesta en marcha en el año 1923. Con el paso del tiempo se han ido sustituyendo y mejorando las diferentes instalaciones, adecuándose a la evolución de la técnica y a los recursos disponibles.

Actualmente la comunidad de regantes presenta dos grandes esquemas hidráulicos, uno para el agua de concesiones del Río Segura y otro para el agua proveniente del Trasvase Tajo-Segura.

En este trabajo se realiza un estudio de todas las infraestructuras existentes de cada uno de los sistemas de riego, sus usos y demandas. Todas las estaciones de bombeo, embalses, canales principales de distribución, tuberías, etc. son representados en diferentes modelos matemáticos realizados con el programa Epanet donde se validan los resultados obtenidos de diferentes situaciones e hipótesis mediante métodos de calibración.

Se describe el problema actual existente en la gestión de la red de riego tradicional con agua de concesiones en el que los costes de explotación se han visto incrementados desde la puesta en marcha de las nuevas instalaciones. Asimismo, se proponen diferentes alternativas y se estudia la instalación de un aprovechamiento hidroeléctrico como solución.



Abstract:

The General Watering Community Riegos de Levante (Left Bank of Segura River) manages, maintains and exploits its irrigation facilities since its inception on 1923. Almost a hundred years later they have been replacing and improving their installations, adapting to changing of technology and available resources.

Currently the watering community has two large hydraulic diagrams, depending on the source of water (Segura River or Tajo-Segura water transfer).

This study presents all existing infrastructures of each irrigation systems, their uses and demands. Pumping stations, reservoirs, distribution channels, pipelines, etc. are represented in different mathematical models made with Epanet and the results obtained in the program can be checked and calibrated with different methods.

Is presented the current problem on the network management of traditional irrigation in which operating costs have increased since the launch of the new facilities. Also, different alternatives are proposed and the installation of a hydroelectric plant as a solution is studied.

Resum:

La Comunitat General de Regants Regs del Llevant (Marge Esquerre) gestiona, manté i explota les seues instal·lacions de reg desde la seua posada en marxa l'any 1923. Amb el pas del temps s'han anat substituint i millorant les diferents instal·lacions, adequant-se a l'evolució de la tècnica i als recursos disponibles.

Actualment la comunitat de regants presenta dos grans esquemes hidràulics, un per a l'aigua de concessions del Riu Segura i un altre per a l'aigua provinent del Transvasament Tajo-Segura.

En este treball es realitza un estudi de totes les infraestructures existents de cada un dels sistemes de reg, els seus usos i demandes. Totes les estacions de bombeig, embassaments, canals principals de distribució, canonades, etc. són representats en diferents models matemàtics realitzats amb el programa Epanet on es validen els resultats obtinguts de diferents situacions i hipòtesi per mitjà de mètodes de calibratge.

Es descriu el problema actual existent en la gestió de la xarxa de reg tradicional amb aigua de concessions en que els costos d'explotació s'han vist incrementats des de la posada en marxa de les noves instal·lacions. Així mateix, es proposen diferents alternatives i s'estudia la instal·lació d'un aprofitament hidroelèctric com a solució.



Palabras clave: *comunidad de regantes, estación de bombeo, canales, tuberías, aprovechamiento hidroeléctrico.*

Key words: *watering community, pumping station, water channel, pipeline, hydroelectric plant.*

Paraules Claus: *comunitat de regants, estació de bombeig, canal, canonades, aprofitament hidroelèctric.*

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	1
1.1 Historia de la comunidad de regantes	1
1.2 Integrantes de la C.G.R.R.L. (M.I.)	3
1.3 Superficie de riego	4
1.4 Presentación el problema	5
1.5 Objetivo del T.F.M.	5
2. Análisis de las infraestructuras existentes	7
2.1 Tipos de riego	7
2.2 Sistema de riego tradicional con agua de concesiones.....	7
2.2.1 Captación	7
2.2.2 Canal de transporte hacia la primera elevación	9
2.2.3 Elevaciones principales.	10
2.2.4 Evolución de las infraestructuras principales.....	13
2.2.4.1 Primera elevación.....	17
2.2.4.2 Segunda elevación	20
2.2.4.3 Tercera elevación.....	23
2.2.4.4 Cuarta elevación.....	23
2.2.4.5 Quinta elevación	23
2.2.4.6 Sexta elevación de Crevillente	26
2.2.5 Canal principal.....	30
2.2.5.1 Tramo 0. Toma-Primera elevación.....	30
2.2.5.2 Tramo 1. Primera-Segunda elevación	31
2.2.5.3 Tramo 2. Segunda-Tercera elevación	32
2.2.5.4 Tramo 4. Tercera-Cuarta elevación	33
2.2.5.5 Tramo 5. Cuarta-Quinta elevación	34
2.2.5.6 Tramo 6. Quinta aérea-Sexta elevación	34
2.2.6 Canales transversales de distribución.....	35
2.2.6.1 Primer Canal de Levante	35
2.2.6.2 Segundo Canal de Levante	36
2.2.6.3 Segundo Canal de Poniente.....	36
2.2.6.4 Tercer Canal de Levante	37
2.2.6.5 Cuarto Canal de Levante.....	37
2.2.6.6 Cuarto Canal de Poniente	38

2.2.7	Elementos reguladores de la red principal.....	39
2.2.7.1	Parque Natural "El Hondo"	39
2.2.7.1.1	Historia	39
2.2.7.1.2	Hidrología del medio.....	40
2.2.7.1.3	Problemas del medio	41
2.2.7.2	Balsa de la Tercera Elevación	41
2.2.7.3	Balsa de la Cuarta Elevación	42
2.2.7.4	Balsa de la Quinta Elevación	43
2.2.8	Telecontrol de las instalaciones	44
2.3	Sistema de riego tradicional con agua del A.T.S.....	45
2.3.1	Esquema hidráulico de funcionamiento.....	45
2.3.2	Infraestructura dañada	46
2.4	Sistema de riego modernizado	49
2.4.1	Embalse regulador	49
2.4.2	Tuberías principales	52
2.4.3	Estación de filtrado	52
2.4.4	Red secundaria de tuberías	54
2.4.4.1	Cabeceras de sector.....	56
2.4.4.2	Hidrantes.....	56
2.4.5	Telecontrol de las instalaciones	57
2.5	Infraestructura eléctrica.....	59
2.5.1	Antecedentes	59
2.5.2	Descripción general de la red eléctrica	59
3.	Funcionamiento del sistema	61
3.1	Introducción	61
3.2	Sistema de riego tradicional con agua de concesiones.....	61
3.3	Sistema de riego tradicional con agua del A.T.S.....	62
3.4	Simultaneidad de usos	62
3.4.1	Situación 1	63
3.4.2	Situación 2	65
3.5	Sistema de riego modernizado	67
3.6	Análisis del coste del agua.....	68
4.	Análisis de la demanda	69
4.1	Agua de concesiones	69
4.2	Agua del A.T.S.....	71

4.3	Distribución por canales.....	74
4.3.1	Primer Canal de levante.....	74
4.3.1.1	Segundo Canal de Levante	75
4.3.1.2	Segundo Canal de Poniente.....	76
4.3.1.3	Tercer Canal de Levante	77
4.3.1.4	Cuarto Canal de Poniente_Crevillente	81
4.3.1.5	Cuarto Canal de Poniente_Orihuela	82
4.4	Riego modernizado	83
5.	Problemática actual en el sistema de distribución de riego de agua de concesiones	84
5.1	Rotura galería 2ª a 4ª Elevación	84
5.1.1	Reparación de urgencia	85
5.1.2	Proyecto elevaciones 2ª a 4ª.....	86
5.1.2.1	Antecedentes.....	86
5.1.2.2	Limitaciones y condicionantes.....	87
5.1.2.3	Diseño de la solución	93
5.1.2.4	Nuevo esquema hidráulico	101
5.1.2.5	Otras mejoras.....	101
5.2	Tarifa eléctrica	102
5.2.1	Tarifa contratada originalmente.....	102
5.2.2	Facturación	103
5.2.3	Excesos de potencia	103
5.2.4	Nueva tarifa eléctrica provisional.....	104
5.3	Falta de nº de horas de bombeo en P-6.....	105
6.	Modelo matemático del sistema.....	106
6.1	Fases de generación del modelo	106
6.1.1	Recopilación de la información	106
6.1.1.1	Tuberías	106
6.1.1.2	Depósitos y balsas.....	107
6.1.1.3	Bombas	108
6.1.1.4	Demandas.....	108
6.1.1.5	Elementos de regulación	109
6.1.1.6	Consignas	109
6.1.2	Esqueletización de la red	110
6.2	Comprobación de resultados y validación del modelo.....	112
6.2.1	Bombeo a la cuarta elevación.....	112

7. Medidas adoptadas para tratar de paliar el déficit estructural	114
7.1 Traspaso de caudales entre balsas	114
7.2 Bombeo de carácter excepcional en periodos punta	118
8. Propuesta de soluciones y análisis de alternativas	120
8.1 Ampliación o construcción de nuevos elementos de regulación.....	120
8.1.1 Modelo de explotación diario.....	120
8.1.1.1 Hipótesis previa.....	120
8.1.1.2 Situación real	123
8.1.1.3 Hipótesis con depósito de mayor capacidad.....	126
8.2 Búsqueda de una fuente adicional de suministro eléctrico	128
9. Utilización de turbinas como fuente de suministro eléctrico	129
9.1 Esquema planteado	129
9.2 Tipología del aprovechamiento.....	129
9.3 Elementos de obra civil del aprovechamiento.....	130
9.3.1 Embalse de cabecera	130
9.3.2 Toma	130
9.3.3 Tuberías	131
9.4 Parámetros de diseño	131
9.4.1 Salto	131
9.4.2 Caudal de equipamiento	132
9.4.3 Selección de la turbina a instalar	139
9.5 Potencia de la central	140
9.6 Modelo matemático del sistema implementado con el aprovechamiento hidroeléctrico.....	141
9.6.1 Embalse de Crevillente	141
9.6.2 Red de tuberías	141
9.6.3 Estación de filtrado	142
9.6.4 Balsa de la Quinta Elevación.....	142
9.6.5 Turbina	143
9.6.6 Demandas.....	144
9.6.7 Esqueletización de la red	147
9.7 Resultados obtenidos	148
10. Evaluación de la solución propuesta.....	150
10.1 Identificación y evaluación de los costes de construcción.....	150
10.2 Identificación de beneficios	151
10.3 Valoración del beneficio obtenido	151

11. Legislación eléctrica aplicable. Ley 24/2013.....	154
11.1 Antecedentes	154
11.2 Disposiciones generales. Artículo 9: autoconsumo de energía eléctrica	155
11.3 Encaje legal de la solución adoptada	155
12. Conclusiones	157
13. Referencias bibliográficas	158

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Azud y Molino de San Antonio.....	7
Ilustración 2. Toma inicial.....	8
Ilustración 3. Esquema hidráulico en la toma inicial.....	8
Ilustración 4. Vista del azud y la captación.....	9
Ilustración 5. Azarbes de drenaje y canal de transporte.....	10
Ilustración 6. Bomba original conservada en museo.....	11
Ilustración 7. Bombas verticales instaladas a principios de los años 80.....	12
Ilustración 8. Primera Elevación y bombas existentes.....	17
Ilustración 9. Vista general de la instalación, nueva tubería instalada en el canal y bomba sumergible durante su instalación.....	20
Ilustración 10. Instalación en Quinta Elevación Aérea.....	24
Ilustración 11. Galería reversible.....	26
Ilustración 12. Colectores de impulsión a la salida de las bombas actuales.....	27
Ilustración 13. Vista aérea de los embalses del P.N. del Hondo.....	39
Ilustración 14. Centro de telemando.....	44
Ilustración 15. Llenado desde la red de modernización.....	46
Ilustración 16. Fotografías de la arqueta de rotura de carga anterior a la balsa de la Cuarta Elevación.....	47
Ilustración 17. Fotografías del dique y toma flotante.....	51
Ilustración 18. Vista del interior de la arqueta con válvulas de sobrevelocidad.....	52
Ilustración 19. Vista general de la estación de filtrado de la Quinta Elevación.....	53
Ilustración 20. Colectores de derivación y valvulería se seccionamiento.....	54
Ilustración 21. Cabecera de sector con válvulas automáticas.....	56
Ilustración 22. Arqueta de hidrante. Válvula automática, contador y telecontrol.....	57
Ilustración 23. Imágenes del sistema de telegestión.....	58
Ilustración 24. Desprendimientos en galería Segunda-Tercera.....	85
Ilustración 25. Reparación de urgencia de muros y solera.....	86
Ilustración 26. Fotografías de la tubería en canal previo picado para aumentar sección.....	88
Ilustración 27. Fotografías tubería instalada en by-pass de galería.....	89
Ilustración 28. Tubería y útil de carga.....	90
Ilustración 29. Fases de carga.....	91
Ilustración 30. Fases de transporte y colocación.....	92
Ilustración 31. Curva del sistema bombeando a la Tercera Elevación.....	96
Ilustración 32. Curva del sistema bombeando a la Cuarta Elevación.....	97
Ilustración 33. Vista del sistema de protección con válvulas anticipadoras de onda y ventosas.....	100

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Infraestructura hidráulica original.....	2
Figura 2. Esquema hidráulico original	11
Figura 3. Esquema hidráulico mod_1	13
Figura 4. Esquema hidráulico mod_2.....	14
Figura 5. Esquema hidráulico mod_3.....	14
Figura 6. Esquema hidráulico (hundimiento galerías)	14
Figura 7. Esquema hidráulico actual mod_4.....	15
Figura 8. Esquema en planta de las instalaciones existentes para el riego de concesiones	16
Figura 9. Curva bomba PL 7101 190 kW	18
Figura 10. Curva bomba PL 7081 100 kW	19
Figura 11. Curva bomba CP3531 680 kW	21
Figura 12. Curva bomba PL 7081 100 kW	22
Figura 13. Curva bombas CP 3602 460 kW	25
Figura 14. Curva bomba CP 3531 340 kW	28
Figura 15. Curva bomba CP 3312 140 kW	29
Figura 16. Esquema hidráulico red de riego tradicional con agua del A.T.S.	45
Figura 17. Esquema en planta de las instalaciones existentes para el riego tradicional con agua del A.T.S.....	48
Figura 18. Sección tipo del camino de servicio	54
Figura 19. Planta general de la red de modernización	55
Figura 20. Esquema eléctrico.....	60
Figura 21. Esquema general de la simultaneidad de usos. Situación 1	64
Figura 22. Esquema general de la simultaneidad de usos. Situación 2.....	66
Figura 23. Esquema general de la red de modernización	67
Figura 24. Volumen anual de agua de concesiones suministrada por año.....	69
Figura 25. Volumen anual de agua de concesiones distribuido por comunidades de base y año.....	70
Figura 26. Volumen anual de agua del A.T.S. suministrada por año.....	72
Figura 27. Volumen anual de agua del A.T.S. distribuido por comunidades de base y año	73
Figura 28. Distribución anual de agua de concesiones. Primer Canal de Levante.....	74
Figura 29. Distribución anual de agua del A.T.S. Primer Canal de Levante.....	74
Figura 30. Distribución anual de agua de concesiones. Segundo Canal de Levante ...	75
Figura 31. Distribución anual de agua del A.T.S. Segundo Canal de Levante	75
Figura 32. Distribución anual de agua de concesiones. Segundo Canal de Poniente ..	76
Figura 33. Distribución anual de agua del A.T.S. Segundo Canal de Poniente	76
Figura 34. Distribución anual de agua de concesiones. Tercer Canal de Levante.....	77
Figura 35. Distribución anual de agua del A.T.S. Tercer Canal de Levante.....	77
Figura 36. Situación actual y problemática del Tercer Canal de Levante	78
Figura 37. Esquema general propuesto para la futura modernización del Tercer Canal de Levante	79
Figura 38. Porcentaje de hidrantes activos respecto al total, desde su instalación.....	80
Figura 39. Distribución anual de agua de concesiones. Cuarto Canal de Poniente-Crevillente.....	81

Figura 40. Distribución anual de agua del A.T.S. Cuarto Canal de Poniente-Crevillente	81
Figura 41. Distribución anual de agua de concesiones. Cuarto Canal de Poniente-Orihuela.....	82
Figura 42. Distribución anual de agua del A.T.S. Cuarto Canal de Poniente-Orihuela...	82
Figura 43. Distribución anual de agua de modernización	83
Figura 44. Esquema hidráulico (hundimiento galerías)	84
Figura 45. Sección tipo de la conducción en la galería Tercera-Cuarta	90
Figura 46. Régimen permanente bombeando a la Cuarta Elevación	98
Figura 47. Envolvente de presiones tras paro repentino, sin protección.....	98
Figura 48. Evolución de las presiones en la estación de bombeo tras paro repentino, sin protección.....	98
Figura 49. Envolvente de presiones tras paro repentino, con protección	99
Figura 50. Evolución de las presiones en la estación de bombeo.....	99
Figura 51. Caudal a través de las válvulas anticipadoras de onda.....	99
Figura 52. Volumen de la bolsa de aire que ingresa en la ventosa junto a la estación de bombeo	99
Figura 53. Esquema hidráulico actual mod_4.....	101
Figura 54. Calendario energético peninsular 2014	102
Figura 55. Cubicación de la balsa de la Cuarta Elevación	107
Figura 56. Curvas reales de las bombas introducidas	108
Figura 57. Representación de los datos del caudalímetro electromagnético	108
Figura 58. Demanda asociada a una cabecera de canal.....	109
Figura 59. Representación del funcionamiento de las bombas	110
Figura 60. Modelo matemático general	111
Figura 61. Modelo matemático discretizado	111
Figura 62. Presión en la balsa antes de la calibración	112
Figura 63. Presión en la balsa después del primer ajuste.....	113
Figura 64. Presión en la balsa después del segundo ajuste	113
Figura 65. Estadísticas de calibración obtenidas por el modelo.....	113
Figura 66. Plano en planta de la arqueta de derivación situada junto a la balsa de la Tercera Elevación	114
Figura 67. Relación Kv y ángulo de apertura	115
Figura 68. Curva de pérdidas de carga introducida en el modelo	115
Figura 69. Regulación con 30° de apertura.....	116
Figura 70. Bombeo en hora punta por falta de capacidad.....	118
Figura 71. Nivel de las balsas Tercera y Cuarta con el modelo inicial	122
Figura 72. Nivel de la balsa Tercera Elevación con la situación real	124
Figura 73. Nivel de la balsa Cuarta Elevación con la situación real	125
Figura 74. Caudales aportados por las bombas	125
Figura 75. Nivel de balsa Tercera con el aumento de capacidad.....	126
Figura 76. Nivel de balsa Cuarta.....	127
Figura 77. Caudal impulsado por cada una de las bombas.....	127
Figura 78. Toma flotante y canal de descarga del Embalse de Crevillente	130
Figura 79. Distribución anual de agua del A.T.S. Tercer Canal de Levante.....	132
Figura 80. Curva de caudales clasificados en 8 horas de funcionamiento	133
Figura 81. Curva de caudales clasificados en 5 horas de funcionamiento	133
Figura 82. Curva de caudales clasificados en 4 horas de funcionamiento	133
Figura 83. Curva de caudales clasificados en 3 horas de funcionamiento	133

Figura 84. Curva de caudales clasificados en 2 horas de funcionamiento	134
Figura 85. Curva de caudales clasificados en 1 horas de funcionamiento	134
Figura 86. Curva de caudales clasificados en 3 horas de funcionamiento 2007-2013.	135
Figura 87. Curva de caudales clasificados en 2 horas de funcionamiento 2007-2013.	135
Figura 88. Curvas de caudales clasificados en 2 y 3 horas de funcionamiento Jun-Sept 2007-2013	138
Figura 89. Volumen diario medio distribuido meses junio-septiembre del periodo 2007- 2013	138
Figura 90. Ábaco de selección del tipo de turbina (Voest-Alpine)	139
Figura 91. Curva de capacidad Balsa Quinta Elevación	142
Figura 92. Curva característica de la turbina.....	143
Figura 93. Representación de los datos de los caudalímetros electromagnéticos 1L y 2L de modernización en el año 2013.....	144
Figura 94. Patrones de consumo 1L y 2L del año 2013 introducidos en el modelo anual	145
Figura 95. Patrón de consumo 3L del año 2013 introducido en el modelo anual.....	146
Figura 96. Modelo esquemático de la red	147
Figura 97. Evolución del caudal en la turbina a instalar con Q equipamiento 1,5 m ³ /s	148
Figura 98. Evolución de las presiones en la balsa de regulación del Tercer Canal de Levante	148
Figura 99. Evolución del caudal por la tubería principal de modernización	148
Figura 100. Evolución de las presiones en cabecera de los Segundos de Levante y Poniente.....	148
Figura 101. Evolución de las presiones en cabecera del Primero de Levante	149

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Hectáreas brutas actuales por comunidades de base	4
Tabla 2. Características técnicas Primera Elevación.....	17
Tabla 3. Características técnicas Segunda Elevación	20
Tabla 4. Características técnicas Quinta Elevación Aérea	24
Tabla 5. Características técnicas Sexta Elevación Crevillente	27
Tabla 6. Características técnicas tramo 1	30
Tabla 7. Características técnicas tramo 2	31
Tabla 8. Características técnicas tramo 3	32
Tabla 9. Características técnicas tramo 4	33
Tabla 10. Características técnicas tramo 5	34
Tabla 11. Características técnicas tramo 6	34
Tabla 12. Características técnicas Primer Canal de Levante.....	35
Tabla 13. Características técnicas Segundo Canal de Levante	36
Tabla 14. Características técnicas Segundo Canal de Poniente	36
Tabla 15. Características técnicas Tercer Canal de Levante.....	37
Tabla 16. Características técnicas Cuarto Canal de Levante	38
Tabla 17. Características técnicas Cuarto Canal de Poniente.....	38
Tabla 18. Ficha técnica. Balsa Tercera Elevación	41
Tabla 19. Curva de capacidad. Balsa Tercera Elevación.....	42
Tabla 20. Ficha técnica. Balsa Cuarta Elevación.....	42
Tabla 21. Curva de capacidad. Balsa Cuarta Elevación.....	43
Tabla 22. Ficha técnica. Balsa Quinta Elevación	43
Tabla 23. Curva de capacidad. Balsa Quinta Elevación	43
Tabla 24. Ficha técnica. Embalse de Crevillente	50
Tabla 25. Ficha técnica. Línea de filtrado con tipología de mallas	53
Tabla 26. Ficha técnica. Línea de filtrado con tipología de anillas.....	53
Tabla 27. Relación de presiones de trabajo en cada zona.....	56
Tabla 28. Sectorización según superficie modernizada.....	57
Tabla 29. Relación de equipos de transformación	59
Tabla 30. Precio de venta del agua en € por comunidades de base y tipología	68
Tabla 31. Distribución máxima de las aguas de la 1ª fase del Trasvase	71
Tabla 32. Funcionamiento de los equipos bombeando a la Tercera Elevación	95
Tabla 33. Funcionamiento de los equipos bombeando a la Cuarta Elevación.....	96
Tabla 34. Precios reflejados en contrato original.....	103
Tabla 35. Rugosidad absoluta asignada a las conducciones.....	107
Tabla 36. Pérdidas de carga en válvulas	109
Tabla 37. Consignas introducidas de marcha y paro de bombas.....	110
Tabla 38. Ratio energético bombeando a la Tercera Elevación	117
Tabla 39. Ratio energético bombeando a la Cuarta Elevación	117
Tabla 40. Incrementos energéticos porcentuales.....	117
Tabla 41. Secuencia de funcionamiento 17 de Junio de 2014	118
Tabla 42. Controles programados definidas en el modelo inicial	121
Tabla 43. Controles simples definidos en el modelo inicial.....	121
Tabla 44. Déficit medio previsto 17/6/2014.....	122
Tabla 45. Controles programados definidas en el modelo con la situación real.....	123

Tabla 46. Controles simples definidos en el modelo con la situación real	124
Tabla 47. Bombeo en horario fuera de P-6	125
Tabla 48. Controles programados definidas en el modelo con mayor capacidad de depósito	126
Tabla 49. Volumen disponible en balsa 5ª Elevación	135
Tabla 50. Cálculos estimativos si Q_{turb} 1,50 m ³ /s.....	136
Tabla 51. Cálculos estimativos si Q_{turb} 2 m ³ /s.....	136
Tabla 52. Cálculos estimativos si Q_{turb} 2,50 m ³ /s.....	137
Tabla 53. Rugosidad absoluta asignada a las conducciones.....	141
Tabla 54. Pérdidas de carga observadas en estación de filtrado	142
Tabla 55. Pérdidas de carga estimadas en estación de filtrado	142
Tabla 56. Rendimientos de la turbina para salto neto y décimos de caudal	143
Tabla 57. Ratios energéticos de las elevaciones.....	151
Tabla 58. Producciones obtenidas por m ³ turbinado	151
Tabla 59. Consumo anual incorporando la turbina.....	152
Tabla 60. Coste energético anual anterior a la incorporación de la turbina	152
Tabla 61. Coste energético anual posterior a la incorporación de la turbina.....	153

1. INTRODUCCIÓN

1.1 HISTORIA DE LA COMUNIDAD DE REGANTES

La Compañía de Riegos de Levante S.A. fue constituida en Madrid ante el Notario D. Camilo Ávila y Fernández y Fernández de Hinestrosa el día 5 de Junio de 1918 con la finalidad de utilizar el aprovechamiento de aguas públicas y privadas con destino a riegos y usos industriales, producción y explotación de electricidad y la explotación de las concesiones obtenidas y cualquiera otras que se puedan obtener, mediante la emisión de acciones. La 1ª de estas emisiones salió a la luz pública el día 18/XII/1918 y posteriormente, en nuevas fechas, se dieron otras ampliaciones de capital.

La Compañía tuvo, inicialmente, un carácter mixto, formada por capital español y extranjero, este último desembolsado básicamente por la Banca Dreyfus de Francia.

En este sentido, en el año 1918 y a iniciativa del ingeniero de caminos D. José María Serra y Alonso del Real se obtuvo la primera concesión para el aprovechamiento de las aguas procedentes del río Segura cerca de la desembocadura de Guardamar del Segura con un caudal de 2.500 litros por segundo. Posteriormente, el 28/III/1919 se obtuvo la concesión para el aprovechamiento de las aguas procedentes de los azarbes Señor, Reina, Culebrina, Acierto, Enmedio y Mayayo, con un caudal de 2.600 litros por segundo. Y por último, el 26 de Julio de 1922 se obtuvo la concesión para el aprovechamiento de 2.600 litros por segundo procedentes de la cola del río Segura. Todas estas concesiones fueron unificadas por decreto de fecha 9 de Febrero de 1946.

Para el aprovechamiento de estas concesiones fue necesario iniciar una obra magna de construcción de la infraestructura precisa mediante la construcción de la toma de Guardamar del Segura, el canal principal cuya extensión aproximada es de 22 km., canales de riego y distribución, seis elevaciones principales y otras secundarias. Dichas obras finalizaron en el año 1923 siendo inauguradas por S.M. Alfonso XIII quien, a su vez, fue accionista de esta Compañía.

Dada la ausencia de energía eléctrica, el proyecto llevaba asociado la construcción de una central hidroeléctrica en el término municipal de Calasparra y conocida como Central Hidroeléctrica de Almadenes. Llevaba asociada la construcción y tendido de una nueva línea eléctrica de transporte hasta el punto de suministro centralizado situado en un edificio junto a la estación del FFCC de Crevillente.

Así pues, aprovechando que la C.H. de Almadenes era fluyente, el régimen de funcionamiento de las estaciones de bombeo sería totalmente libre ya que la energía hidroeléctrica producida sería la que alimentaría al sistema de elevaciones.

Inicialmente las obras se construyeron para dotar de riego a la zona de Elche, Crevillente y Albaterra, extendiéndose posteriormente a la Huerta de Alicante y finalmente a Orihuela y su área de influencia por medio del 4º canal de poniente. Actualmente los municipios a los que dota de riego son: Orihuela, Benferri, Cox, Redovan, Callosa del Segura, Granja de Rocamora, Albaterra, San Isidro, Catral, Crevillente, Elche, Santa Pola, Alicante, Muchamiel, San Juan y Campello, en una extensión aproximada de 32.000 ha. (brutas) y 21.000 comuneros.

La Figura 1 representa la planta general de la infraestructura hidráulica original, donde se puede ver la desembocadura del Río Segura, el canal principal y los canales de distribución.

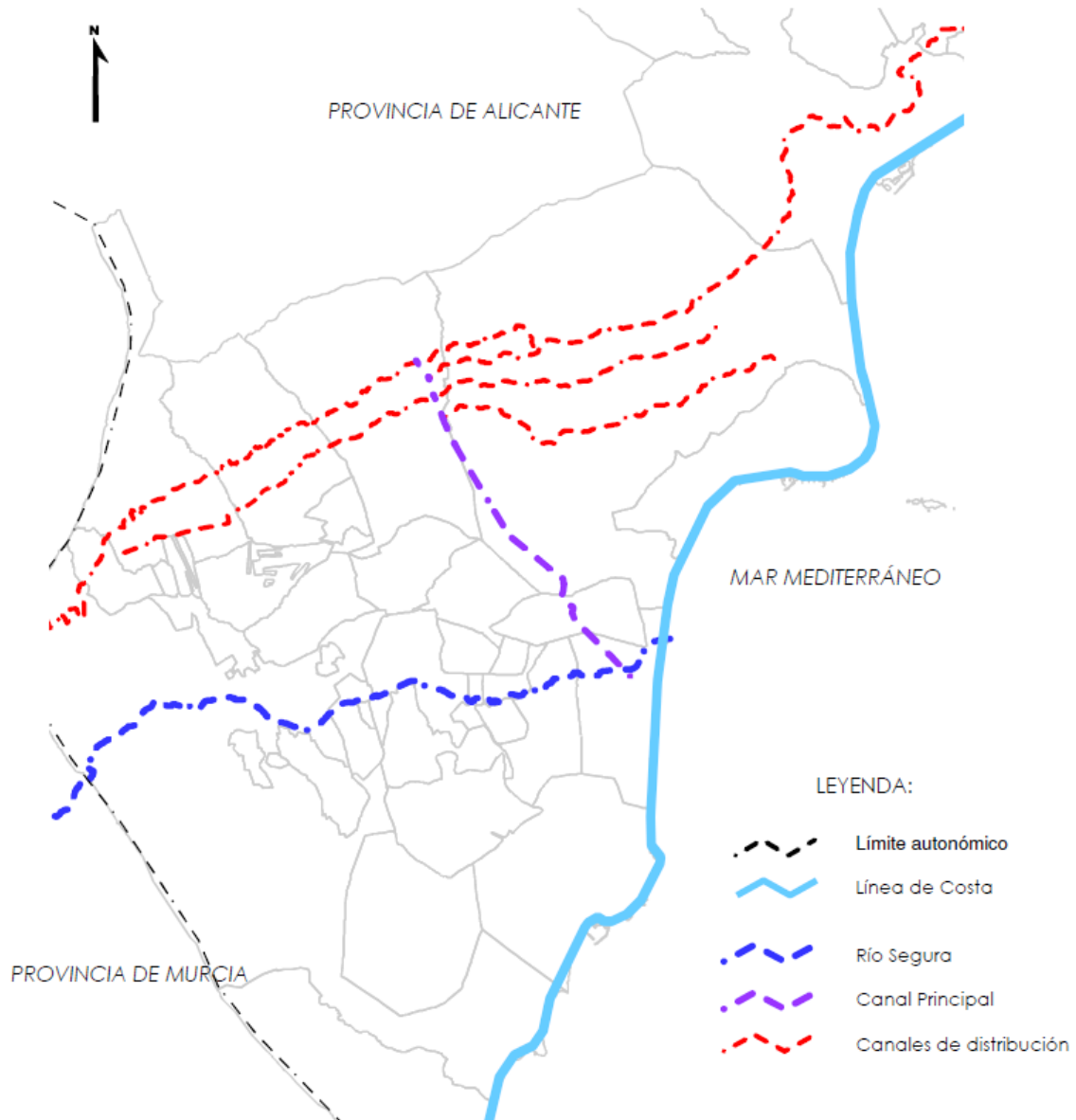


Figura 1. Infraestructura hidráulica original

Por su parte, la Comunidad General de Regantes Riegos de Levante (M.I.) -en adelante C.G.R.R.L.- fue creada por O.M. de 21 de Noviembre de 1940 y Decreto de 14 de Abril de 1942, agrupando a los propietarios y regantes que aprovechan las aguas elevadas por las instalaciones de la Compañía Riegos de Levante S.A. en la margen izquierda del río Segura para la defensa y el ejercicio de los derechos que, como usuario mantienen.

Unos años después de la Guerra Civil Española, se expropia a la Compañía de Riegos de Levante (capital judío) y se cede a Hidroeléctrica Española (actual Iberdrola).

Ante la inminencia de la llegada de los riegos procedentes del Acueducto Tajo-Segura (en adelante A.T.S.) la Comunidad se ve en la necesidad de proceder al rescate anticipado de las instalaciones, obras y concesiones de la Compañía (es decir, antes de que finalizara el plazo de la concesión administrativa - 99 años - de los que era titular la Compañía). Esto fue debido a que el Estado puso como condición para otorgar concesiones de las aguas del A.T.S. el que fueran entidades de derecho público (como las Comunidades de Regantes) por lo que se tuvo que proceder al rescate de las instalaciones de riego, quedándose la empresa eléctrica con los aprovechamientos hidroeléctricos.

Así se inicia el procedimiento de reconversión durante finales de la década de los 60 y principios de los 70 concluyendo con el otorgamiento de escritura pública de fecha 10/XII/1976 ante el notario D. José Caravias Villén en virtud de lo cual la C.G.R.R.L. adquiría los bienes, obras, derechos y obligaciones de los que la Compañía disponía en la margen izquierda del Río Segura.

1.2 INTEGRANTES DE LA C.G.R.R.L. (M.I.)

La zona de riego que domina la C.G.R.R.L. se encuentra situada en los siguientes municipios de la provincia de Alicante: Orihuela, Benferri, Cox, Redovan, Callosa del Segura, Granja de Rocamora, Albuera, San Isidro, Catral, Crevillente, Elche, Santa Pola, Alicante, Muchamiel, San Juan y Campello.

En la actualidad la C.G.R.R.L. funciona como una Comunidad General de Usuarios dividida en varias Comunidades, denominadas de Base, cuyas características generales son:

- Comunidad de Base El Canal: formada por las tierras dominadas por los canales denominados Segundo de Levante y Primero de Levante.
- Comunidad de Base Tercero de Levante: formada por las tierras dominadas por el Tercer Canal de Levante desde su cabecera en Crevillente hasta el túnel del Portichol en el municipio de Alicante.
- Comunidad de Base Sexta y Séptima de Elche: formada por las tierras dominadas por los canales denominados Sexta de Elche Levante, Sexta de Elche Poniente, Séptima de Elche Levante y Séptima de Elche Poniente. Estos canales son una derivación que se produce del Tercer Canal de Levante, a la altura del partidor 34, mediante dos elevaciones en serie denominadas Sexta y Séptima Elevación de Elche.
- Comunidad de Base Cuarto Canal de Levante y Séptima de la Peña: formada por las tierras dominadas por los canales Cuarto Canal de Levante y la Peña. Ésta última zona se encuentra en el norte de la Comunidad donde se elevan las aguas mediante una impulsión denominada Séptima Elevación de la Peña.

- Comunidad de Base de Bacarot: formada por las tierras dominadas por el Tercer Canal de Levante en la partida rural de Bacarot, en el Término Municipal de Alicante.
- Comunidad de Base del Sindicato de la Huerta de Alicante: formada por las tierras dominadas por el Tercer Canal de Levante en los Términos Municipales de Muchamiel, Campello y San Juan. Tiene una elevación intermedia.
- Comunidad de Base Crevillente: formada por las tierras dominadas por los canales Segundo Canal de Poniente y Cuarto Canal de Poniente que se encuentran en el Término Municipal de Crevillente. Además existe una franja de terreno dominada directamente desde el Canal del Trasvase Tajo Segura.
- Comunidad de Base Albalera: formada por las tierras dominadas por los canales Segundo Canal de Poniente y Cuarto Canal de Poniente que se encuentran en el Término Municipal de Albalera. Además existe una franja de terreno dominada directamente desde el Canal del Trasvase Tajo Segura.

Esta Comunidad de Base se desvinculó de la C.G.R.R.L. en el año 1994 y por lo tanto ya no computa su superficie en los derechos y obligaciones así como en el reparto del agua.

- Comunidad de Base Cuarto Canal de Poniente-Orihuela: formada por las tierras dominadas por los canales Cuarto Canal de Poniente que se encuentran en el Término Municipal de Orihuela y Rocamora. Esta última zona se encuentra en el norte de la Comunidad donde se elevan las aguas mediante una impulsión denominada Séptima Elevación de Rocamora.

1.3 SUPERFICIE DE RIEGO

Actualmente el número de hectáreas por cada una de las comunidades de base es, tal y como se refleja en la Tabla 1:

Tabla 1. Hectáreas brutas actuales por comunidades de base

COMUNIDAD DE BASE	HECTÁREAS (brutas)
EL CANAL	8.196
TERCERO LEVANTE	5.207
BACAROT	875
SEXTA Y SÉPTIMA DE ELCHE	2.418
HUERTA DE ALICANTE	1.822
CUARTO LEVANTE Y SÉPTIMA PEÑA	780

CREVILLENTE	1.972
CUARTO PONIENTE-ORIHUELA	5.581
TOTALES	26.851

Las hectáreas efectivas que se consideran teniendo en cuenta los descuentos por caminos, accesos y tierras en blanco son 25.000 Ha.

1.4 PRESENTACIÓN EL PROBLEMA

Hasta el año 2013, la comunidad de regantes tenía contratado una tarifa eléctrica que le permitía poner en funcionamiento sus instalaciones sin restricciones de horario, pudiendo elevar agua a cualquier hora y adaptándose totalmente a la demanda. A día de hoy, no se pueden asumir los costes de esta tarifa.

A este problema se le suma que la capacidad hidráulica se ha visto reducida con la puesta en marcha de una nueva instalación, ya que con las antiguas estaciones de bombeo se podían elevar mayores caudales que la actual, necesitándose por tanto más horas de funcionamiento y debiéndolo encajar dentro del nuevo tramo eléctrico contratado.

Desde la puesta en marcha de la nueva instalación en enero de 2014 se redujo el tramo horario eléctrico disponible, concentrándose en un periodo de tiempo muy reducido la capacidad de elevar el mismo volumen de agua de riego. Este cambio se debe principalmente al ajuste presupuestario en la partida de costes de explotación para poder así hacer frente a la amortización de la propia instalación.

1.5 OBJETIVO DEL T.F.M.

Aprovechando que trabajo como Ingeniero de Caminos, C. y P. para una empresa de ingeniería que presta sus servicios como asistencia técnica a la C.G.R.R.L. (M.I.) y habiendo participado en el equipo de redacción y dirección de las obras de los proyectos que se han desarrollado en los últimos años, he decidido analizar en este Trabajo Fin de Máster los problemas de explotación actualmente existentes así como proponer diferentes soluciones a éstos.

El objetivo del Trabajo Fin de Máster es tratar de encontrar una solución a la falta de capacidad de adaptarse a la demanda de agua de riego actual, debido a las restricciones tarifarias así como a la reducción de la capacidad hidráulica de las instalaciones existentes.

Este objetivo general se concreta en los siguientes objetivos específicos:

- Recopilación de datos e inventariado de las distintas infraestructuras hidráulicas (pasadas y presentes) de la C.G.R.R.L. (M.I.)
- Analizar las infraestructuras existentes en la C.G.R.R.L. (M.I.)

- Analizar el funcionamiento del sistema en su conjunto.
- Analizar las demandas, los recursos y los usos.
- Analizar las posibles alternativas y su viabilidad técnica y económica.
- Componer un modelo matemático que permita operar los diferentes sistemas, actuales y futuros.

2. ANÁLISIS DE LAS INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES

2.1 TIPOS DE RIEGO

En la actualidad existen tres tipos de riego basados en dos esquemas hidráulicos de toma y distribución y dependiendo de los dos tipos de agua de las que se tiene concesión administrativa, con instalaciones claramente diferenciadas en la C.G.R.R.L.

- Aguas de concesiones para el riego tradicional procedentes del Río Segura y azarbes de drenaje.
 - Red de gravedad.

- Aguas del Trasvase Tajo-Segura.
 - Red de gravedad.
 - Red presurizada (modernización)

2.2 SISTEMA DE RIEGO TRADICIONAL CON AGUA DE CONCESIONES

Corresponde a los caudales obtenidos concesionalmente que circulan por el Río Segura así como los drenajes de las zonas regables de la Vega Baja y que desembocan en Guardamar del Segura. Esta agua se conduce a través de una serie de canales y estaciones de bombeo para su distribución y riego por gravedad.

2.2.1 CAPTACIÓN

La captación del agua del Río Segura se realiza a través de un azud de derivación existente original del siglo XIV (Ilustración 1), construido junto al Molino de San Antonio (con su configuración neomudéjar) para moler harina.



Ilustración 1. Azud y Molino de San Antonio

Junto al azud se construyó una nueva toma regulada por compuertas (Ilustración 2) a través de la cual se deriva el agua hacia un canal de transporte del que se alimentará la primera de las elevaciones.



Ilustración 2. Toma inicial

Inicialmente (Ilustración 3) la toma se encontraba sobre el cauce original pero esto cambió cuando en los años 90 se trazó y construyó la nueva desembocadura del Río Segura.



Ilustración 3. Esquema hidráulico en la toma inicial

Con el nuevo trazado se construyó un nuevo azud de derivación regulado por compuertas situado aguas arriba en el que se derivan de manera continua por el viejo cauce un caudal de hasta 4.000 l/s. En caso de un caudal mayor, éste desbordaría y desembocaría por el nuevo cauce (Ilustración 4).

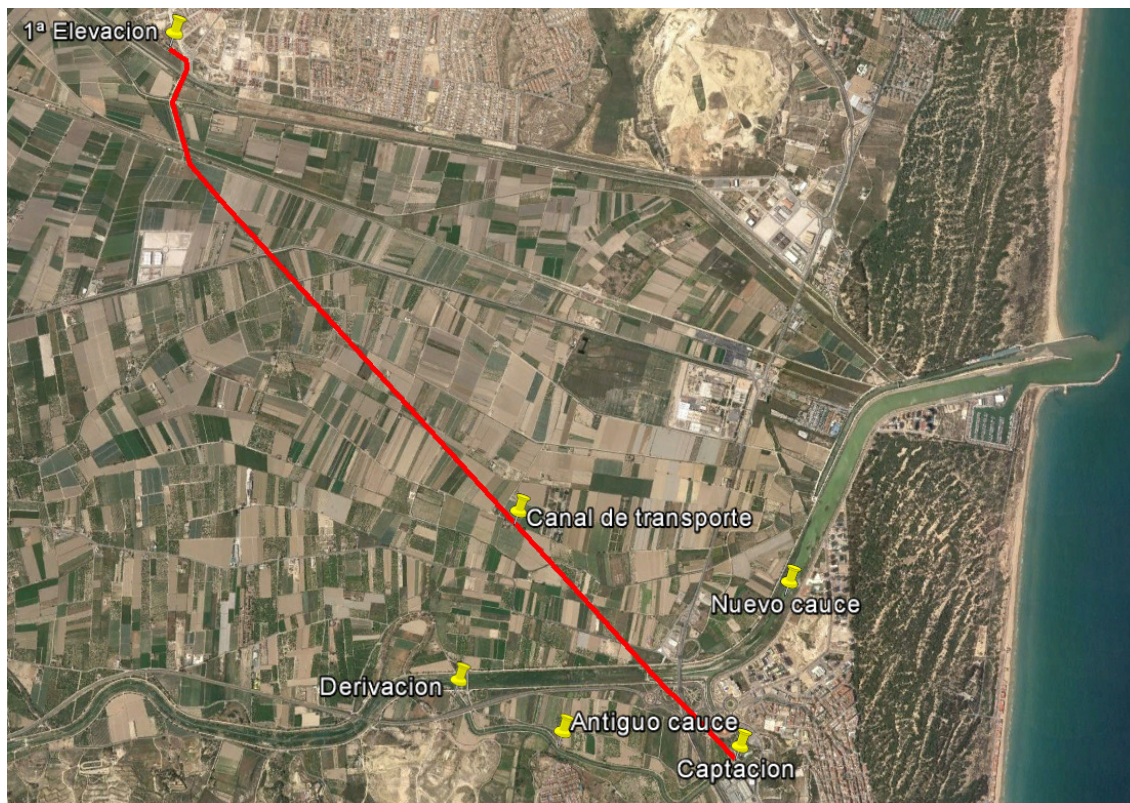


Ilustración 4. Vista del azud y la captación

2.2.2 CANAL DE TRANSPORTE HACIA LA PRIMERA ELEVACIÓN

Desde la toma inicial regulada por compuertas nace un canal (cota de solera +0,50 m.s.n.m.) de transporte, de hormigón en masa con capacidad para 7,70 m³/s y 5.114 m. de longitud que conduce el agua hasta la Primera Elevación.

El canal pasa bajo las azarbes de drenaje denominadas El Señor, La Reina, Culebrina, Enmedio, Acierto y Mayayo. Mediante unas compuertas existe la posibilidad de dejar caer el agua de las azarbes al canal para ser bombeado junto con el agua captada en la desembocadura (Ilustración 5).

Al final del canal existe una Primera Elevación y es en este punto donde se bombeará al Canal Principal, con una capacidad de hasta 8,90 m³/s.



Ilustración 5. Azarbes de drenaje y canal de transporte

2.2.3 ELEVACIONES PRINCIPALES.

- Elevaciones originales (año 1923)

El proyecto original utilizaba la tecnología de la época (principios del siglo XX) donde no se conocían muchos de los avances que hoy día damos por supuestos. La técnica tenía también sus limitaciones en cuanto a la obtención de los materiales y su coste, por lo que la magnitud de la obra en su conjunto puede considerarse histórica.

Los equipos instalados fueron bombas horizontales cuyo rodete lo hacía girar un motor eléctrico externo a la bomba acoplado mediante un eje. Como no existían cojinetes de empuje, la bomba se diseñaba con doble aspiración para compensar así los empujes del agua en el interior de la bomba (Ilustración 6).

Se disponía de manera independiente de una bomba de vacío que lograba cebar la voluta y permitía la aspiración mientras se arrancaba el equipo, logrando así que el agua ascendiera hasta el rodete.

Una vez presurizada, se bombeaba contra la válvula de compuerta que se encontraba cerrada y que poco a poco se abría hasta que el agua era elevada hacia el canal.

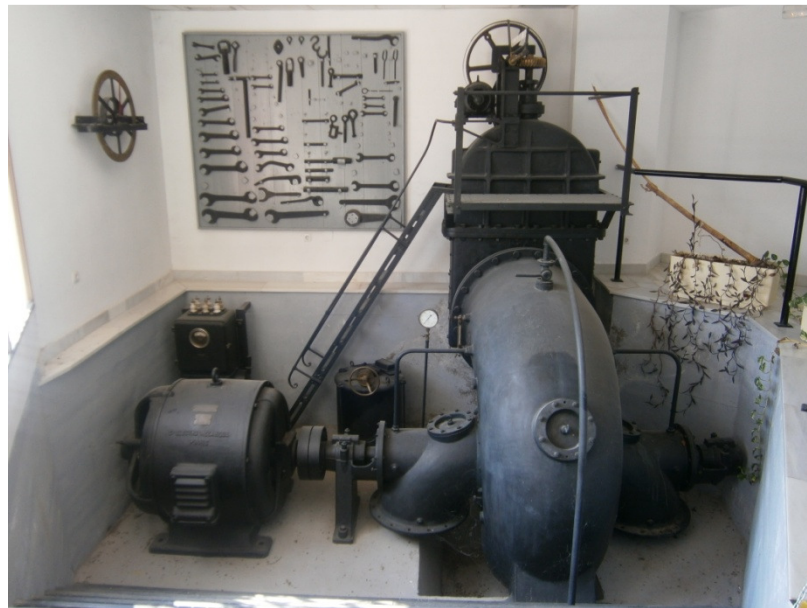


Ilustración 6. Bomba original conservada en museo

Una red principal de canales transportaba el agua entre las elevaciones mientras que existía una red secundaria de canales que distribuía el agua por zonas y dominaban las tierras que tenían por debajo de ellos (Figura 2).

Estos canales principales discurren a cielo abierto o en galerías, las cuales han ido quedando dañadas con el paso del tiempo.

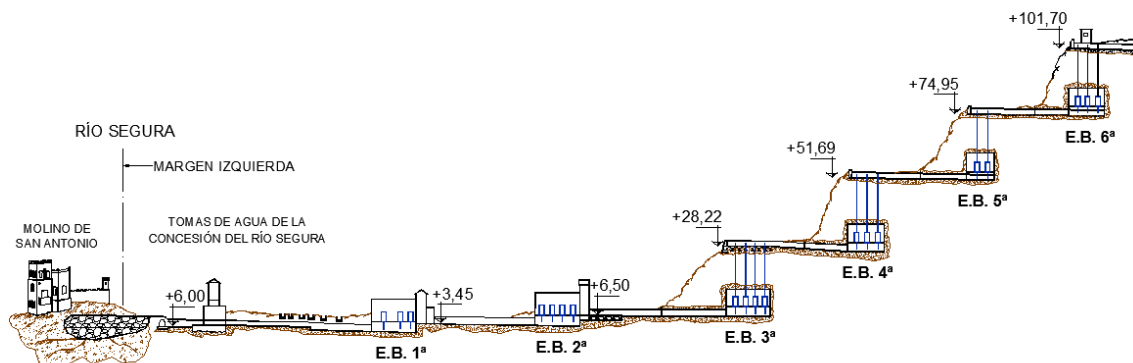


Figura 2. Esquema hidráulico original

- Sustitución de equipos (año 1981)

Entre finales de los 70 y principios de los 80 se llevó a cabo una remodelación de los equipos electromecánicos por parte del Ministerio de Obras Públicas a través de la Confederación Hidrográfica del Segura.

Este proyecto denominado "Proyecto de suministro y montaje de los equipos electromecánicos y de control centralizado de las estaciones principales (números 1 al

6) Riegos de Levante (Alicante)" tuvo un coste total de 1.526.181.109 Ptas. (actualmente más de 9 millones de €)

Estas nuevas bombas eran de hélice y eje vertical, el motor quedaba en la parte superior mientras que a lo largo del eje se disponían unos rodamientos y el sistema de lubricación (Ilustración 7).

Uno de los problemas que presentó este cambio fue que debido a la calidad de las aguas (aguas sucias que contenían cañas de carrizo y peces) se producían atasques en la aspiración generando torsiones en el eje que, junto con los rodamientos, terminaron inservibles a los pocos años de funcionamiento.

Asimismo la salinidad de las aguas elevadas acabaría destrozando toda la instalación, pues eran equipos para abastecimiento de agua dulce.



Ilustración 7. Bombas verticales instaladas a principios de los años 80

- Sustitución de equipos (año 2000)

Pasados unos años la Conselleria de Obras Públicas de la Comunitat Valenciana sustituyó los equipos nuevamente, esta vez por bombas sumergibles de aguas residuales.

Con este proyecto se sustituirían en una primera fase los equipos de la Primera, Segunda y Sexta Elevación. En las fases siguientes se pretendían sustituir el resto de equipos. También se incluía en este proyecto el diseño e instalación de un nuevo sistema de telemando que gestionaba todo el sistema.

Previamente (año 1999) y ante la urgencia de la situación, la propia C.G.R.R.L. trasladó una bomba desde la Primera Elevación hasta la Segunda Elevación y encargó la construcción e instalación inminente de otra bomba capaz de elevar $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Cabe destacar que estas bombas han funcionado durante más de 15 años sin incidencias. Esto ha sido posible gracias a la buena elección de los equipos así como a la evolución de la técnica. Al tratarse de bombas sumergibles el eje es mucho más corto que en las bombas de hélice y eje vertical, garantizando así que los posibles atascos debido a la entrada de cañas o peces no genere pares de torsión capaces de doblar el eje y dañar la bomba.

- Sustitución de equipos (año 2014)

Debido al derrumbamiento de una de las galerías, la C.G.R.R.L. se ve obligada a realizar una fuerte inversión en un proyecto que sustituya el canal por una tubería que permita by-pasearla.

Esto implica cambiar las bombas de la Segunda Elevación por motobombas centrífugas y eliminar del esquema las elevaciones Tercera y Cuarta.

2.2.4 EVOLUCIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS PRINCIPALES

Independientemente de la tipología y el número de equipos instalados, durante el paso de los años se ha ido realizando una serie de actuaciones que han cambiado el esquema de funcionamiento de la instalación.

La primera actuación importante fue la construcción de dos grandes balsas de regulación en las cabeceras de los canales Segundo y Tercero (Figura 3).

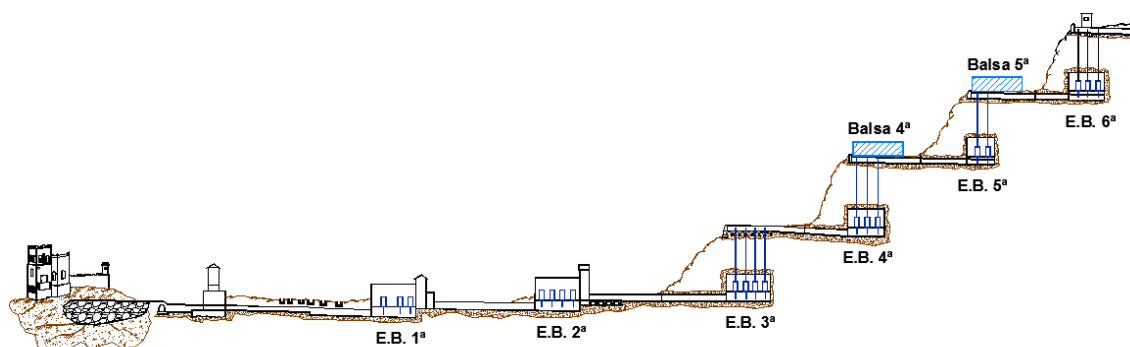


Figura 3. Esquema hidráulico mod_1

Posteriormente las elevaciones 5ª y 6ª desaparecen, siendo sustituidas por las elevaciones 5ª Aérea y 6ª de Crevillente, respectivamente (Figura 4).

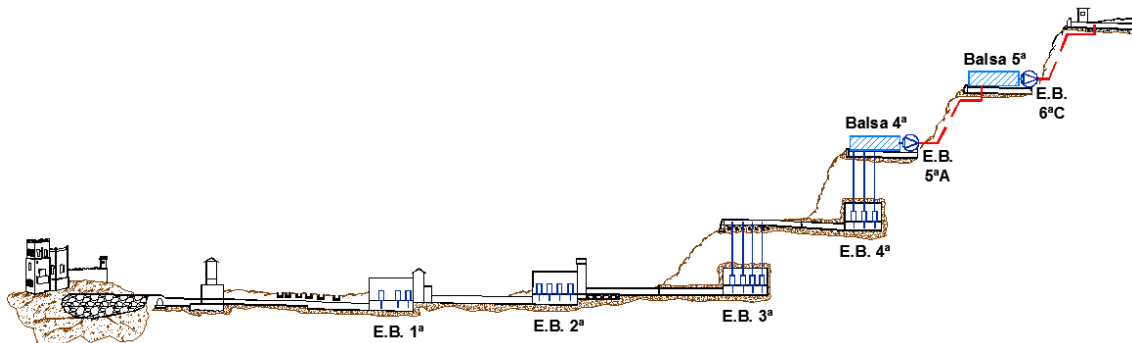


Figura 4. Esquema hidráulico mod_2

Años más tarde, se construye una pequeña balsa de regulación en la cabecera del Primer Canal de Levante (Figura 5).

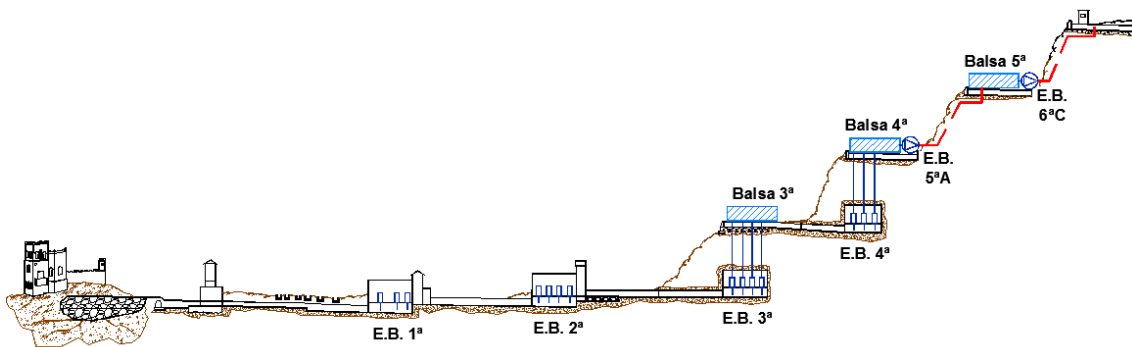


Figura 5. Esquema hidráulico mod_3

Recientemente, el esquema ha vuelto a cambiar drásticamente debido al hundimiento de las galerías que quedaban en funcionamiento (Figura 6) y la desaparición de las elevaciones Tercera y Cuarta. En el año 2014 se ha puesto en marcha el nuevo bombeo de la Segunda Elevación hasta las elevaciones Tercera y Cuarta (Figura 7).

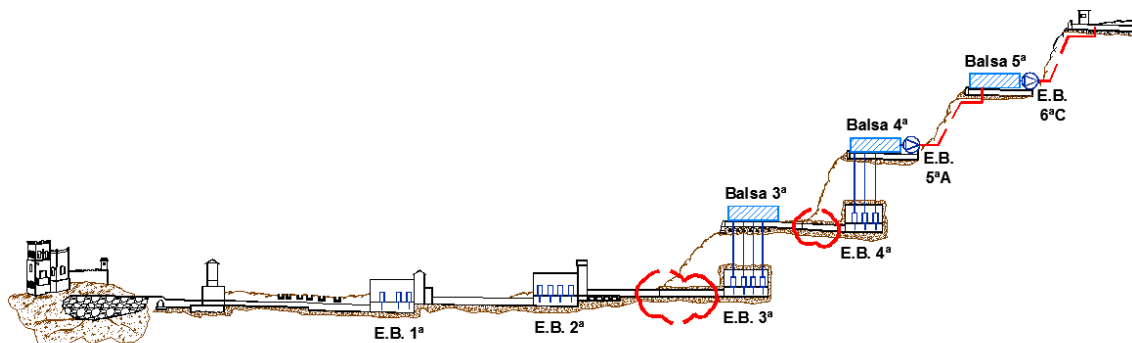


Figura 6. Esquema hidráulico (hundimiento galerías)

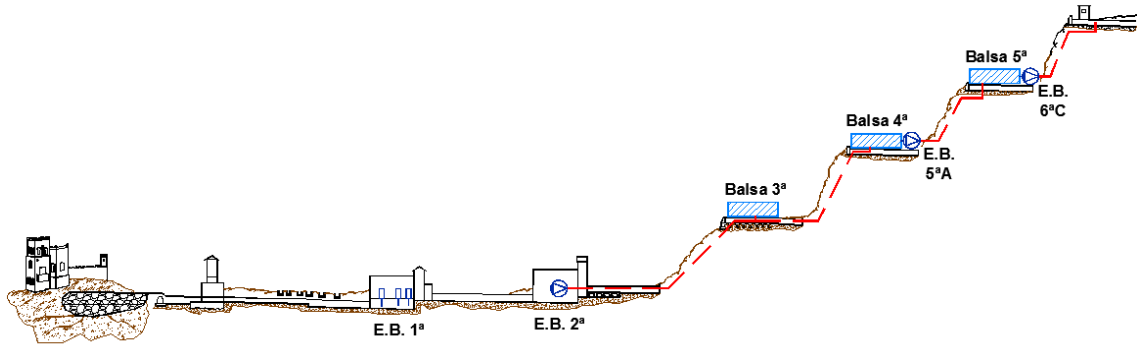


Figura 7. Esquema hidráulico actual mod_4

En la (Figura 8) se representa de manera esquemática la planta actual de la infraestructura hidráulica del sistema de elevaciones para el agua de concesiones.

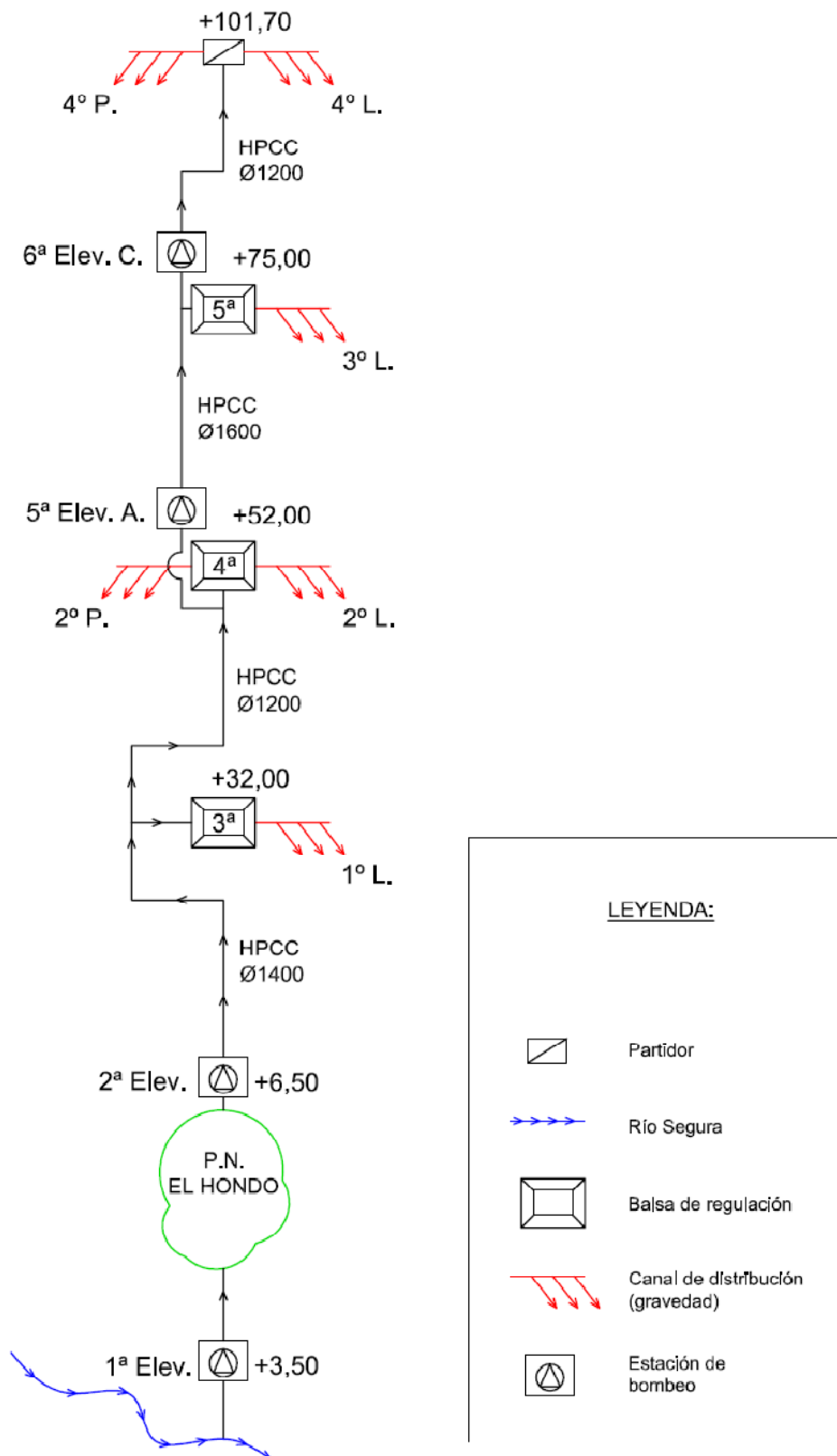


Figura 8. Esquema en planta de las instalaciones existentes para el riego de concesiones

2.2.4.1 PRIMERA ELEVACIÓN

La Primera Elevación eleva el agua hasta un nuevo canal de 7,70 m³/s de capacidad cuya solera en origen está a la cota +3,45 m.s.n.m. y una longitud de 10.827 m. conduciendo el agua hasta la Segunda Elevación.

Tabla 2. Características técnicas Primera Elevación

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INSTALACIÓN ACTUAL	
Desnivel geométrico (m.)	6,50
Capacidad de bombeo (m ³ /s)	8,30
Nº de bombas (Ud.)	4
Potencia instalada (kW)	290



Ilustración 8. Primera Elevación y bombas existentes

En la *ilustración 8* se muestran cuatro fotografías de la Primera Elevación. En la esquina inferior izquierda se puede ver la bomba conocida como el “Secherón” capaz de elevar hasta 5.000 l/s y que se pone en funcionamiento en periodos excepcionales, cuando el caudal por la desembocadura del Río Segura es muy grande. El resto de grupos son motobombas verticales sumergibles cuyas curvas características se muestran a continuación (Figura 9 y Figura 10).

Bomba

Column diameter 1200
Suction Flange Diameter
Impeller diameter 754,9 mm
Number of blades 4

Motor

Motor # P0835.000 54-52-10AA-W 190KW
Stator variant 1
Frecuencia 50 Hz
Tensión nominal 400 V
Nº de polos 10
Fases 3~
Potencia nominal 190 kW
Corriente nominal 415 A
Corriente de arranque 1920 A
Velocidad nominal 590 1/min

Factor de potencia
1/1 Load 0,72
3/4 Load 0,66
1/2 Load 0,54
Eficiencia
1/1 Load 92,5 %
3/4 Load 93,0 %
1/2 Load 92,0 %

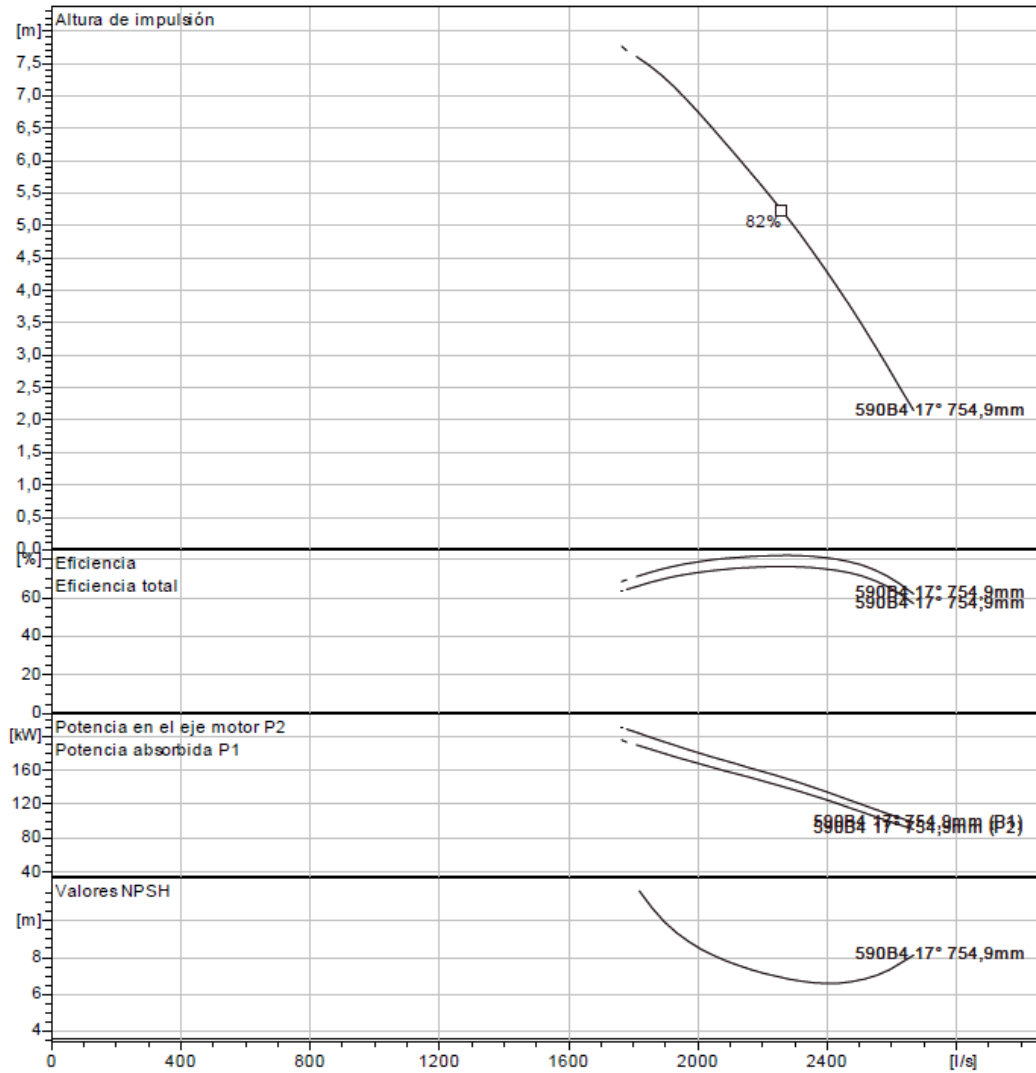


Figura 9. Curva bomba PL 7101 190 kW

Bomba		Motor		
Column diameter	1000	Motor #	P0705.000 43-30-8GA-W 100KW	Factor de potencia
Suction Flange Diameter		Stator variant	1	1/1 Load 0,72
Impeller diameter	570 mm	Frecuencia	50 Hz	3/4 Load 0,66
Number of blades	4	Tensión nominal	400 V	1/2 Load 0,55
		Nº de polos	8	Eficiencia
		Fases	3~	1/1 Load 88,5 %
		Potencia nominal	100 kW	3/4 Load 89,0 %
		Corriente nominal	227 A	1/2 Load 87,5 %
		Corriente de arranque	919 A	
		Velocidad nominal	730 1/min	

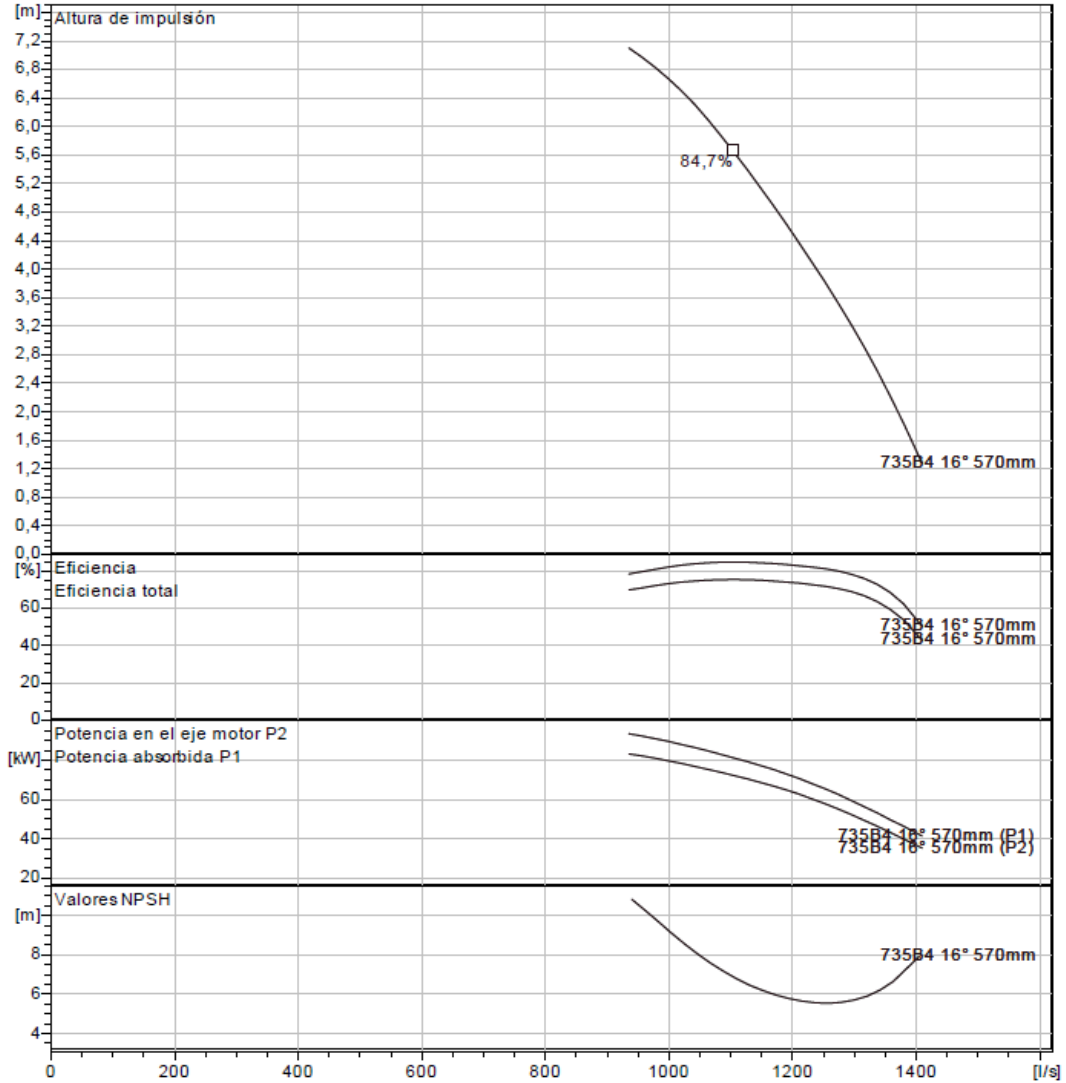


Figura 10. Curva bomba PL 7081 100 kW

2.2.4.2 SEGUNDA ELEVACIÓN

La Segunda Elevación era idéntica a la Primera Elevación y elevaba el agua hasta un nuevo canal de 7,70 m³/s de capacidad cuya solera en origen está a la cota +6,50 m.s.n.m. y una longitud de 2.077 m. (de los cuales 889 m. son en galería) conduciendo el agua hasta la Tercera Elevación.

En Enero de 2014 se puso en marcha la nueva instalación que permite impulsar el agua desde las elevaciones Segunda a Tercera y Segunda a Cuarta. Este proyecto cambia totalmente el esquema original al instalar una tubería de impulsión en lugar de las elevaciones verticales y canal de transporte.

Tabla 3. Características técnicas Segunda Elevación

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INSTALACIÓN ACTUAL	
Desnivel geométrico (m.)	33,50 51,14
Capacidad de bombeo (m ³ /s)	3,60 2,20
Nº de bombas (Ud.)	3
Potencia instalada (kW)	2.040



Ilustración 9. Vista general de la instalación, nueva tubería instalada en el canal y bomba sumergible durante su instalación

En la (Ilustración 9) se muestra la nueva instalación de la Segunda Elevación, uno de los grupos en su maniobra de instalación y el canal de transporte entubado con tubería DN 1400.

La (Figura 11) representa las curvas características de las tres nuevas motobombas sumergibles centrífugas instaladas en 2014.

Bomba		Motor		Factor de potencia	
Diam. de salida	500 mm	Motor #	C0965.000 66-92-6AA-W 680KW	1/1 Load	0,88
Suction Flange Diameter	600 mm	Stator variant	3	3/4 Load	0,87
Impeller diameter	670 mm	Frecuencia	50 Hz	1/2 Load	0,82
Number of blades	3	Tensión nominal	400 V	Eficiencia	
Diámetro interior	105 mm	Nº de polos	6	1/1 Load	96,0 %
		Fases	3~	3/4 Load	96,5 %
		Potencia nominal	680 kW	1/2 Load	96,5 %
		Corriente nominal	1160 A		
		Corriente de arranque	5990 A		
		Velocidad nominal	990 1/min		

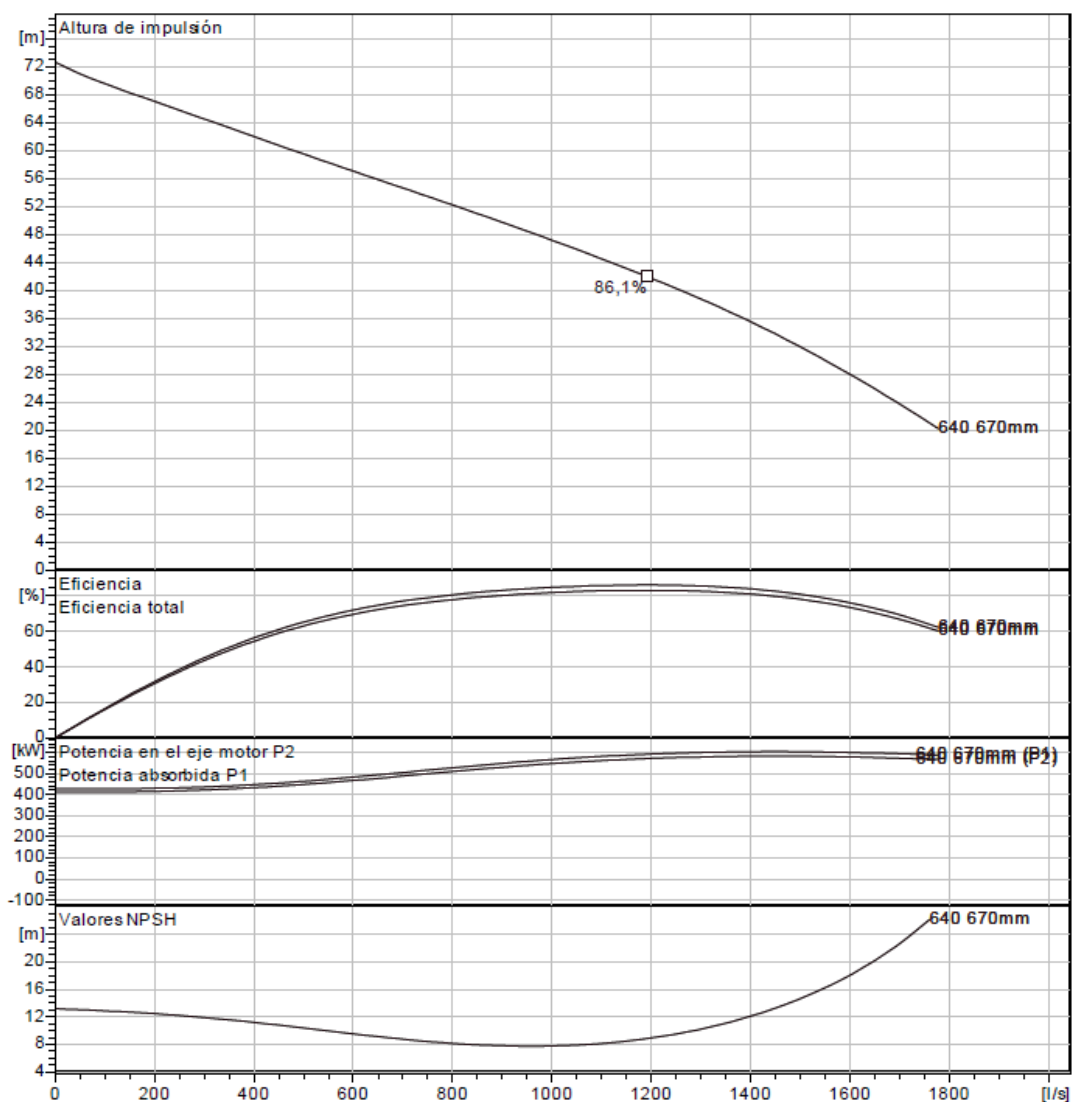


Figura 11. Curva bomba CP3531 680 kW

Existe una cuarta bomba que únicamente tiene una función ambiental, que servirá para el mantenimiento de la calidad de las aguas de los embalses del P.N. El Hondo.

Se presenta la curva característica del equipo en (Figura 12)

Bomba		Motor			
Column diameter	1000	Motor #	P0705.000 43-30-8GA-W 100KW	Factor de potencia	
Suction Flange Diameter		Stator variant	1	1/1 Load	0,72
Impeller diameter	570 mm	Frecuencia	50 Hz	3/4 Load	0,66
Number of blades	4	Tensión nominal	400 V	1/2 Load	0,55
		Nº de polos	8	Eficiencia	
		Fases	3~	1/1 Load	88,5 %
		Potencia nominal	100 KW	3/4 Load	89,0 %
		Corriente nominal	227 A	1/2 Load	87,5 %
		Corriente de arranque	919 A		
		Velocidad nominal	730 1/min		

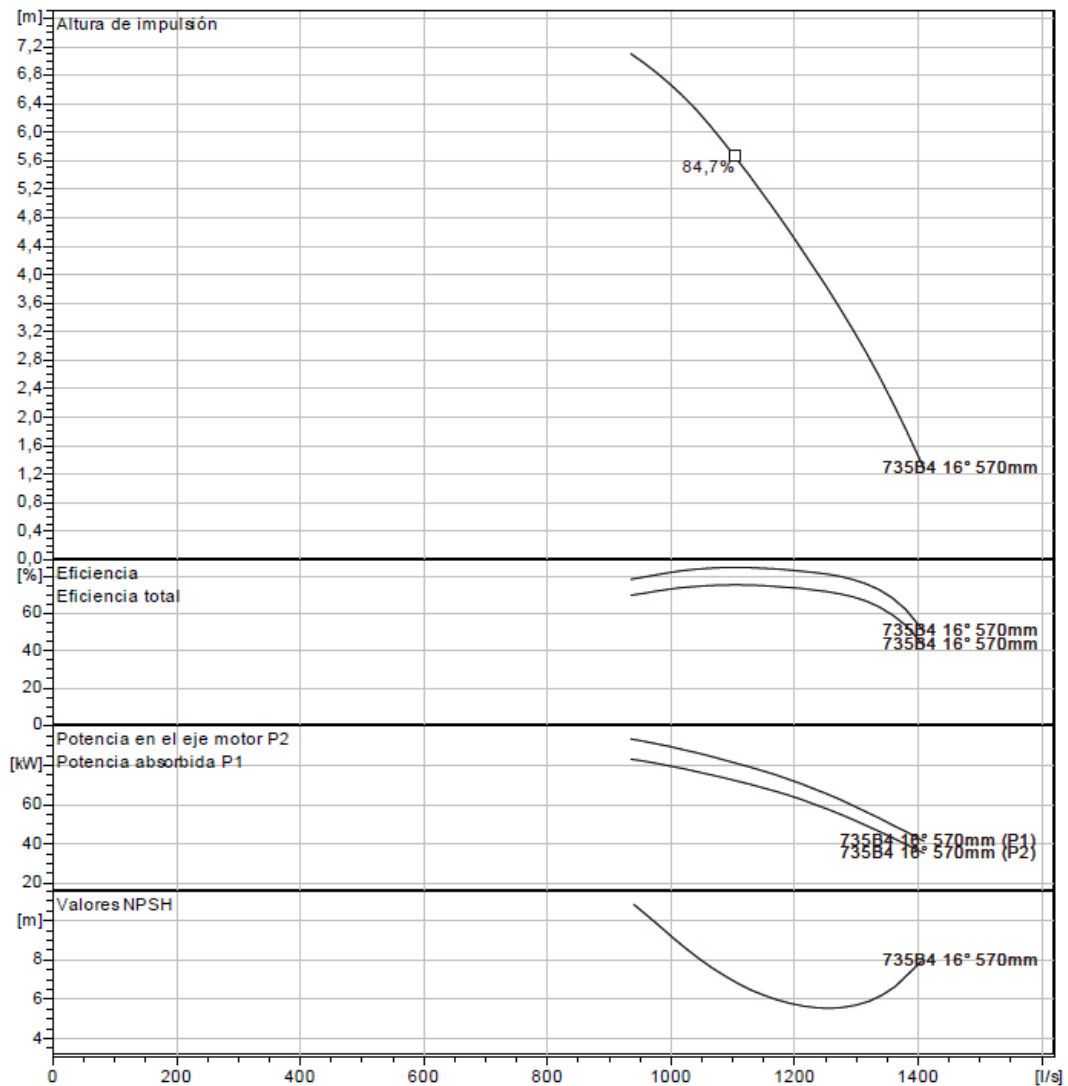


Figura 12. Curva bomba PL 7081 100 kW

2.2.4.3 TERCERA ELEVACIÓN

Al final de la galería existía una elevación denominada Tercera Elevación, donde se elevaba el agua hasta un canal de 5 m³/s de capacidad cuya solera en origen está a la cota +28,22 m.s.n.m. y una longitud de 1.299 m. (de los cuales 986 m. son en galería). Junto al vertedero de bombas de la Tercera Elevación y a la cota +28,61 m.s.n.m. nace transversalmente el Primer Canal de Levante.

Elevaba las aguas procedentes de la Segunda Elevación (a través del Canal Principal y galería en el tramo Segunda-Tercera) hasta el Canal Principal y galería (tramo Tercera-Cuarta).

La Tercera Elevación desaparece del nuevo esquema con la puesta en marcha en enero de 2014 de la nueva instalación que permite impulsar el agua desde las elevaciones Segunda a Tercera y Segunda a Cuarta.

2.2.4.4 CUARTA ELEVACIÓN

Al final de la galería existía una elevación denominada Cuarta Elevación, donde se elevaba el agua hasta una arqueta con cota de fondo de +51,69 m.s.n.m. desde donde nacen transversalmente los canales Segundo Canal de Levante y Segundo Canal de Poniente.

Elevaba las aguas procedentes de la Tercera Elevación (a través del Canal Principal y galería en el tramo Tercera-Cuarta) hasta el Canal Principal y galería (tramo Cuarta-Quinta)

La Cuarta Elevación desaparece del nuevo esquema con la puesta en marcha en enero de 2014 de la nueva instalación que permite impulsar el agua desde las elevaciones Segunda a Tercera y Segunda a Cuarta.

2.2.4.5 QUINTA ELEVACIÓN

Al final de la galería existía una elevación denominada Quinta Elevación, donde se elevaba el agua hasta una arqueta con cota de fondo de +74,95 m.s.n.m. desde donde nace transversalmente el Tercer Canal de Levante.

Debido a la poca capacidad de la galería original que conectaba las elevaciones Quinta y Sexta, a principios de los 80 se ejecutó una nueva impulsión denominada Quinta Elevación Aérea. A través de una tubería de HPCC DN1600 se impulsa el agua desde el vertedero de bombas de la Cuarta Elevación hasta una arqueta cuya solera está a la cota +74,95 m.s.n.m. donde nace el Tercer Canal de Levante.

Con la nueva obra de enero de 2014 se han trasladado las bombas existentes en las elevaciones Tercera y Cuarta a la Quinta Elevación Aérea.

Tabla 4. Características técnicas Quinta Elevación Aérea

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INSTALACIÓN ACTUAL	
Capacidad de bombeo (m ³ /s)	2,80
Nº de bombas (Ud.)	2
Potencia instalada (kW)	920



Ilustración 10. Instalación en Quinta Elevación Aérea

En la Ilustración 10 se muestra una fotografía tomada durante la instalación de los grupos reubicados desde la Tercera y Cuarta Elevación.

Bomba

Diam. de salida	600 mm
Suction Flange Diameter	800 mm
Impeller diameter	675 mm
Number of blades	4
Diámetro interior	126 mm

Motor

Motor #	C0935.000 66-76-8AD-W 460KW
Stator variant	38
Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal	400 V
Nº de polos	8
Fases	3~
Potencia nominal	460 kW
Corriente nominal	835 A
Corriente de arranque	4870 A
Velocidad nominal	745 1/min

Factor de potencia	
1/1 Load	0,83
3/4 Load	0,80
1/2 Load	0,72
Eficiencia	
1/1 Load	95,5 %
3/4 Load	95,5 %
1/2 Load	95,5 %

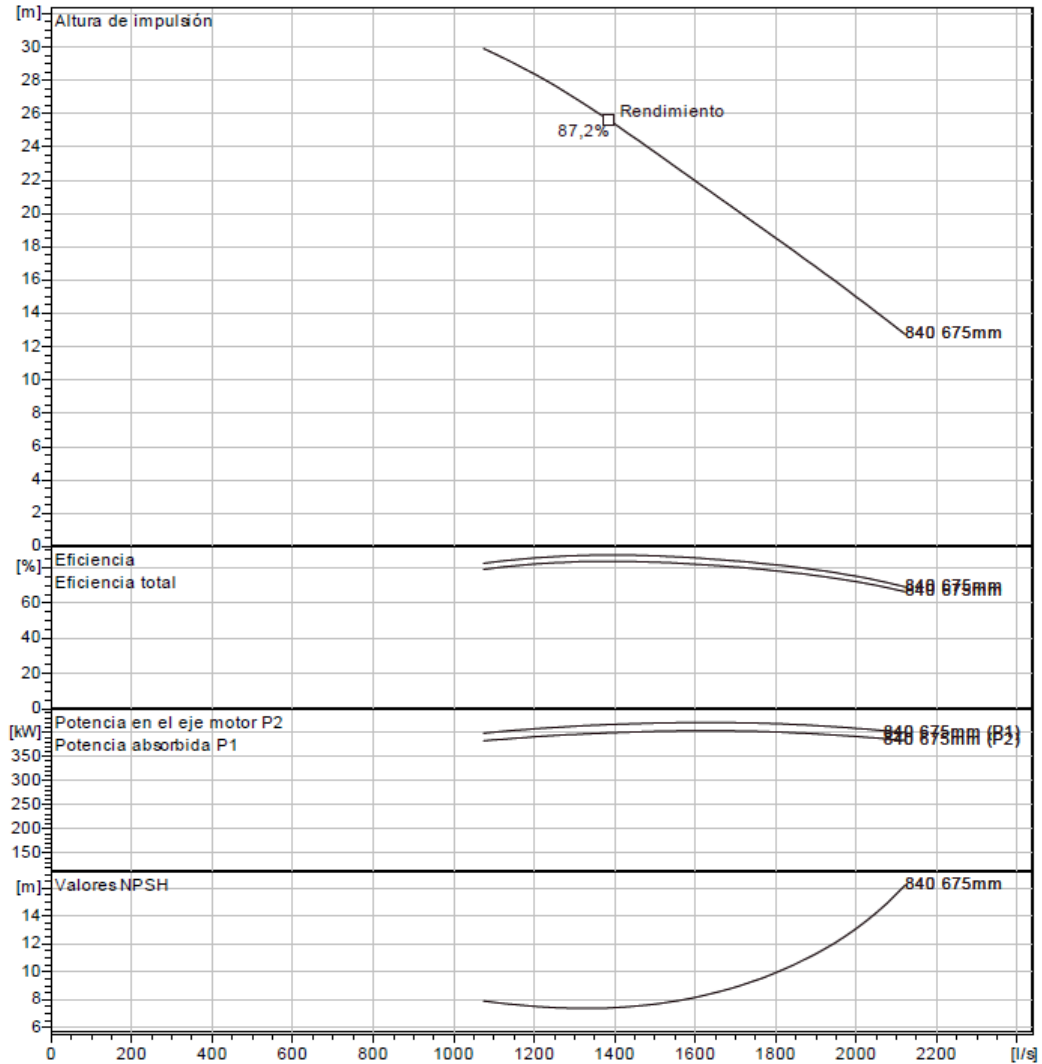


Figura 13. Curva bombas CP 3602 460 kW

La Figura 13 representa la curva característica de las dos bombas instaladas en la Quinta Elevación Aérea.

2.2.4.6 SEXTA ELEVACIÓN DE CREVILLENTE

De la misma arqueta donde nació el Tercer Canal de Levante, se iniciaba también una galería de 1.084 m. de longitud y escasa capacidad que conectaba con la cántara del bombeo de la Sexta Elevación. Al final de esta galería se elevaba el agua hasta una arqueta con cota de fondo de +101'70 m.s.n.m. desde donde nacen transversalmente el Cuarto Canal de Levante y Cuarto Canal de Poniente.

En los años 80 se construyó una galería reversible de 856 m. de longitud y 4.000 l/s (Ilustración 11) cuya solera se encuentra a la misma cota que el canal y que conduce el agua hasta la cántara de la nueva Sexta Elevación de Crevillente. La galería reversible se debía complementar con una gran balsa de regulación ubicada junto al Embalse de Crevillente (aprovechando la zona expropiada de donde se obtuvieron los materiales para construir el dique) y una turbino-bomba instalada en la cabecera de los Canales Cuarto de Levante y Poniente.

Este esquema hubiera permitido elevar agua por la noche (cuando la tarifa eléctrica era más económica) desde la Quinta Elevación (a través de la nueva galería, la Sexta Elevación de Crevillente y la turbino-bomba) hasta la balsa; durante el día (tarifa eléctrica más cara) se bajaría el agua desde la balsa hasta la cabecera del Tercer Canal de Levante previo turbinado y venta de la energía producida.

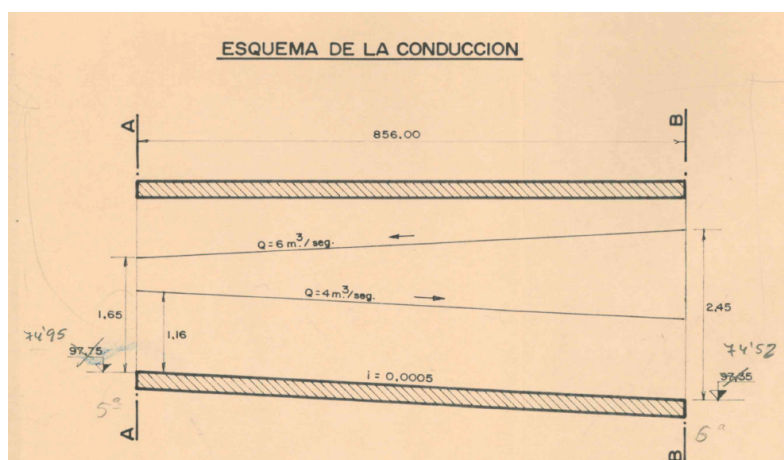


Ilustración 11. Galería reversible

En el año 2000 se instala una motobomba de 140 kW que ha sido la que ha estado en funcionamiento en los últimos años.

Con la nueva obra de enero de 2014 se ha trasladado la bomba existente en la Cuarta Elevación a la Sexta Elevación de Crevillente.

Tabla 5. Características técnicas Sexta Elevación Crevillente

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INSTALACIÓN ACTUAL	
Capacidad de bombeo (m ³ /s)	1,32
Nº de bombas (Ud.)	2
Potencia instalada (kW)	480

En la Ilustración 12 se observan los dos colectores de impulsión correspondientes a cada una de las bombas instaladas en la actualidad.



Ilustración 12. Colectores de impulsión a la salida de las bombas actuales.

La Figura 14 representa la curva característica de la bomba instalada en la Sexta Elevación de Crevillente, reubicada desde la Cuarta Elevación.

Bomba

Diam. de salida 500 mm
Suction Flange Diameter 600 mm
Impeller diameter 720 mm
Number of blades 3
Diámetro interior 105 mm

Motor

Motor # C0905.000 66-56-8AA-W 340KW
Stator variant 38
Frecuencia 50 Hz
Tensión nominal 380 V
Nº de polos 8
Fases 3~
Potencia nominal 340 kW
Corriente nominal 635 A
Corriente de arranque 3100 A
Velocidad nominal 740 1/min

Factor de potencia
1/1 Load 0,85
3/4 Load 0,84
1/2 Load 0,78
Eficiencia
1/1 Load 95,0 %
3/4 Load 95,5 %
1/2 Load 95,5 %

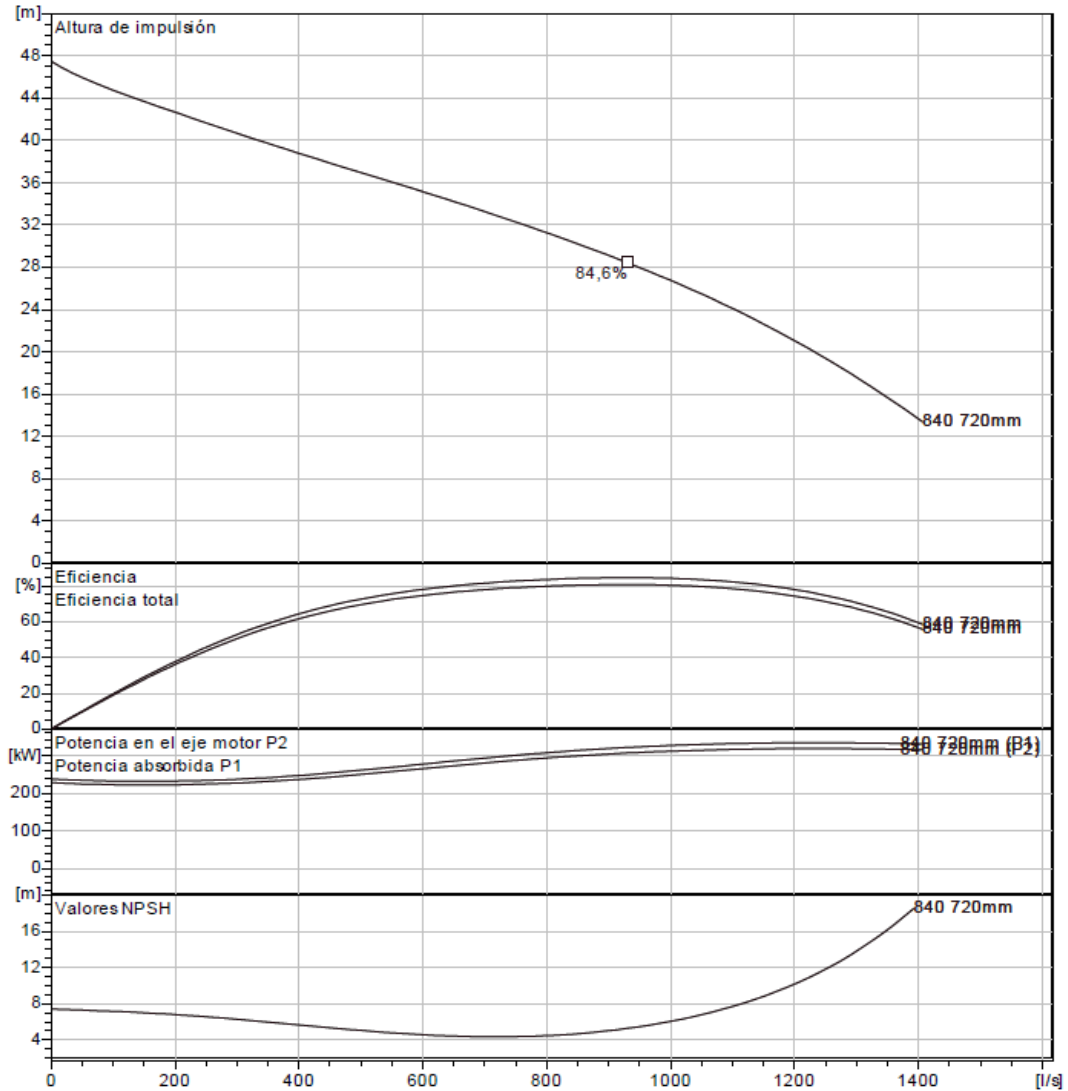


Figura 14. Curva bomba CP 3531 340 kW

Bomba

Diam. de salida 300 mm
Suction Flange Diameter 350 mm
Impeller diameter 520 mm
Number of blades 3
Diámetro interior 102 mm

Motor

Motor # C0735.000 43-44-6BC-W 140KW
Stator variant 1
Frecuencia 50 Hz
Tensión nominal 400 V
Nº de polos 6
Fases 3~
Potencia nominal 140 kW
Corriente nominal 268 A
Corriente de arranque 1540 A
Velocidad nominal 985 1/min

Factor de potencia
1/1 Load 0,81
3/4 Load 0,76
1/2 Load 0,65
Eficiencia
1/1 Load 93,0 %
3/4 Load 93,0 %
1/2 Load 92,5 %

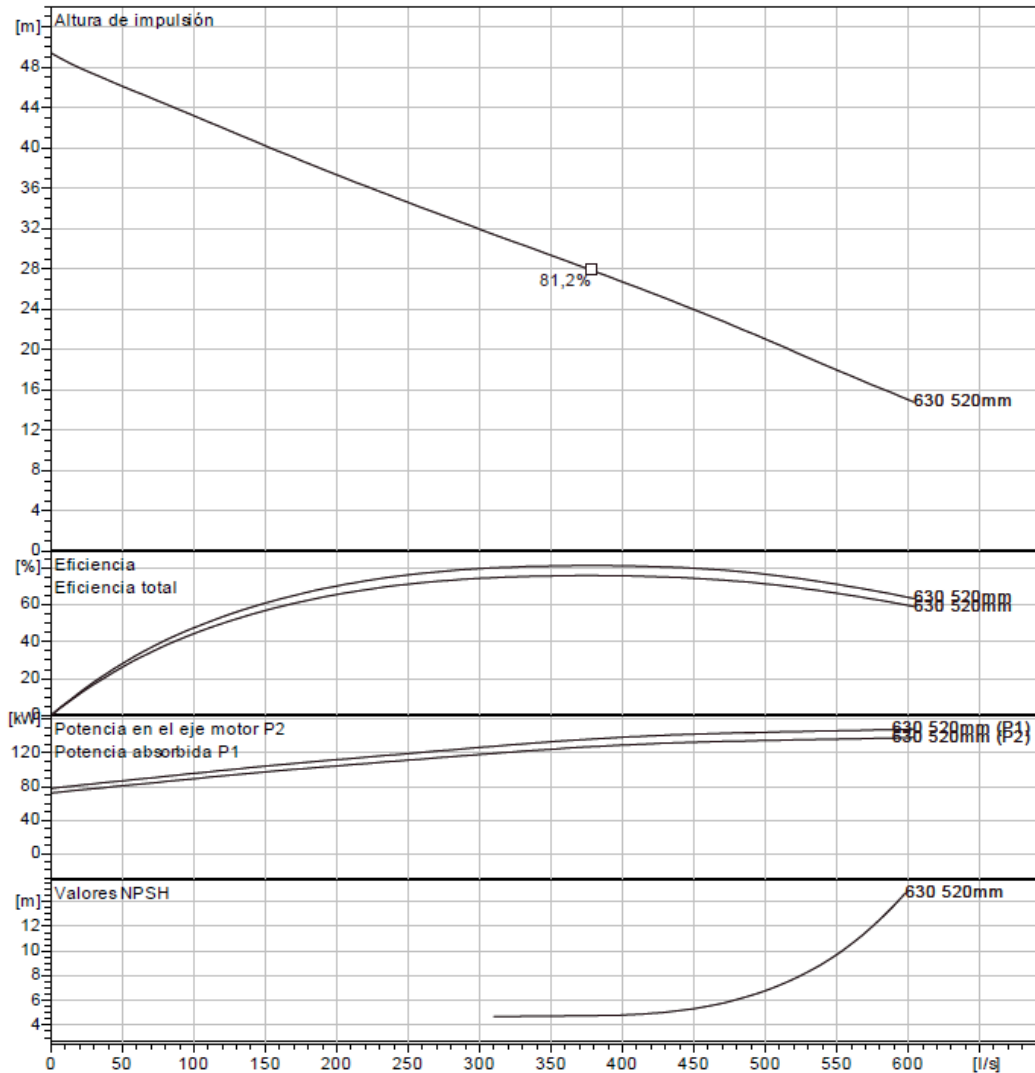


Figura 15. Curva bomba CP 3312 140 kW

La Figura 15 representa la curva característica de la bomba instalada en la Sexta Elevación de Crevillente en el año 2000.

2.2.5 CANAL PRINCIPAL

En las siguientes fichas se relacionan los diferentes tramos de Canal Principal.

2.2.5.1 TRAMO 0. TOMA-PRIMERA ELEVACIÓN

Tabla 6. Características técnicas tramo 1

Nº SUBTRAMO		1.1	
Subtramo	P.K.		
	Toma	3+700	
Longitud (m.)	3.700		
Pendiente (m./m.)	0.0005		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

Nº SUBTRAMO		1.2	
Subtramo	P.K.		
	3+680	4+380	
Longitud (m.)	700		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

Nº SUBTRAMO		1.3	
Subtramo	P.K.		
	4+380	5+114	
Longitud (m.)	734		
Pendiente (m./m.)	0.0003		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

2.2.5.2 TRAMO 1. PRIMERA-SEGUNDA ELEVACIÓN

Tabla 7. Características técnicas tramo 2

Nº SUBTRAMO		2.1	
Subtramo	P.K.		
	5+114	9+828	
Longitud (m.)	4.714		
Pendiente (m./m.)	0.0003		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Pedestal		

Nº SUBTRAMO		2.2	
Subtramo	P.K.		
	9+828	13+131	
Longitud (m.)	3.303		
Pendiente (m./m.)	0.0003		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Sobre terreno natural		

Nº SUBTRAMO		2.3	
Subtramo	P.K.		
	13+131	15+941	
Longitud (m.)	2.810		
Pendiente (m./m.)	0.0003		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

2.2.5.3 TRAMO 2. SEGUNDA-TERCERA ELEVACIÓN

Tabla 8. Características técnicas tramo 3

N° SUBTRAMO		3.1	
Subtramo	P.K.		
	15+941	16+441	
Longitud (m.)	500		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Pedestal		

N° SUBTRAMO		3.2	
Subtramo	P.K.		
	16+441	17+129	
Longitud (m.)	688		
Pendiente (m./m.)	0.0005		
Capacidad (m ³ /s)	7		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

N° SUBTRAMO		3.3	
Subtramo	P.K.		
	17+129	18+018	
Longitud (m.)	889		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	7		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Galería		

El tramo 3 actualmente se encuentra en desuso ya que la nueva instalación conecta las elevaciones Segunda y Tercera con una tubería de hormigón postesado con camisa de chapa DN1400.

2.2.5.4 TRAMO 4. TERCERA-CUARTA ELEVACIÓN

Tabla 9. Características técnicas tramo 4

N° SUBTRAMO		4.1	
Subtramo	P.K.		
	18+018	18+175	
Longitud (m.)	157		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	5		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Pedestal		

N° SUBTRAMO		4.2	
Subtramo	P.K.		
	18+175	18+331	
Longitud (m.)	156		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	5		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Sobre terreno natural		

N° SUBTRAMO		4.3	
Subtramo	P.K.		
	18+331	19+317	
Longitud (m.)	986		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	5		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Galería		

El tramo 4 actualmente se encuentra en desuso ya que la nueva instalación conecta las elevaciones Tercera y Cuarta con una tubería de hormigón postesado con camisa de chapa DN1200.

2.2.5.5 TRAMO 5. CUARTA-QUINTA ELEVACIÓN

Tabla 10. Características técnicas tramo 5

Nº SUBTRAMO		5.1	
Subtramo	P.K.		
	19+317	19+528	
Longitud (m.)	211		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	3		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

Nº SUBTRAMO		5.2	
Subtramo	P.K.		
	19+528	20+395	
Longitud (m.)	867		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	3		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Galería		

El tramo 5 actualmente se encuentra en desuso ya que la instalación realizada a finales de los años 80 la sustituiría por una tubería de hormigón postesado con camisa de chapa DN1600.

2.2.5.6 TRAMO 6. QUINTA AÉREA-SEXTA ELEVACIÓN

Tabla 11. Características técnicas tramo 6

Nº SUBTRAMO		6.1	
Subtramo	P.K.		
	20+420	20+537	
Longitud (m.)	117		
Pendiente (m./m.)	0.0005		
Capacidad (m ³ /s)	1		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

Nº SUBTRAMO		6.2	
Subtramo	P.K.		
	20+537	21+479	
Longitud (m.)	942		
Pendiente (m./m.)	0.0005		
Capacidad (m ³ /s)	1		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Galería reversible		

2.2.6 CANALES TRANSVERSALES DE DISTRIBUCIÓN

Estos canales distribuyen por gravedad las aguas desde las derivaciones existentes en los diferentes tramos del Canal Principal hasta los partidores de riego que, después de aforar las aguas en vertederos de pared delgada, las introducen en la red secundaria de riego.

Los empleados de la C.G.R.R.L. gestionan la red de canales principales y de distribución hasta el vertedero aforador. En ese punto nace una extensa red de acequias y partidores, donde se mide el caudal suministrado a los regantes.

Los canales transversales transportan las aguas por gravedad con una pendiente media de 0,0005 m/m. Originalmente eran de forma trapezoidal y discurrían a cielo abierto, sin embargo en la actualidad éstos se han ido sustituyendo por tuberías de hormigón o por canales de hormigón en masa cubiertos.

Algunos de estos canales tienen elevaciones intermedias desde donde nacen otros canales de similares características. Los distintos canales existentes con sus obras singulares y sucesivas derivaciones son los descritos a continuación.

2.2.6.1 PRIMER CANAL DE LEVANTE

Tiene una longitud total de 20.297 m. y una capacidad variable desde 2.000 l/s en cabecera hasta 500 l/s en la cola. La zona que domina es la que se encuentra por debajo de las cotas +28,61 y +18,65 m.s.n.m.

Los primeros 7.608 m. comprendidos entre la cabecera y el Río Vinalopó, presentan un estado lamentable al ser uno de los dos tramos de canal que se encuentra sin reconstruir y el resto (hasta los 20.297 m.) está formado por una tubería telescópica de hormigón en masa con diámetros comprendidos entre 1.800 mm. y 1.000 mm. Paralelamente a este último tramo transcurre un camino de servicio de 5 m. de anchura.

Tabla 12. Características técnicas Primer Canal de Levante

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	20.297
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	2 - 0,50
Sección tipo	Diversa

2.2.6.2 SEGUNDO CANAL DE LEVANTE

Tiene una longitud total de 10.662 m. y una capacidad variable desde 1.700 l/s en cabecera hasta 500 l/s en la cola. La zona que domina es la comprendida entre las cotas +52,19 y +47'09 m.s.n.m.

Está formado por una tubería telescópica de hormigón armado con diámetros comprendidos entre 1.500 mm. y 1.000 mm. Paralelamente a este último tramo transcurre un camino de servicio de 5 m. de anchura.

En cabecera de canal se dispone de una balsa de regulación de 36.000 m³ de capacidad denominada "Balsa de la Cuarta Elevación"

Tabla 13. Características técnicas Segundo Canal de Levante

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	10.662
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	1,7 – 0,50
Sección tipo	Diversa

2.2.6.3 SEGUNDO CANAL DE PONIENTE

Tiene una longitud total de 12.700 m. y una capacidad variable desde 1.500 l/s en cabecera hasta 500 l/s en la cola. La zona que domina es la que se encuentra por debajo de las cotas +52,22 y +45,64 m.s.n.m.

El tramo comprendido entre la cabecera y el partidor 27, de 10.744 m. de longitud, se encuentra en estado lamentable al ser uno de los dos tramos de canal que se encuentra sin reconstruir y el resto está formado por una tubería telescópica de hormigón en masa con diámetros comprendidos entre 1.500 mm. y 1.000 mm. Paralelamente a este último tramo existe un camino de servicio de 5 m. de anchura.

La cola del canal se prolonga con el denominado Canalillo de Granja.

El Segundo de Canal de Levante comparte la balsa de cabecera descrita en el apartado anterior.

Tabla 14. Características técnicas Segundo Canal de Poniente

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	12.700
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	1,50 – 0,50
Sección tipo	Diversa

2.2.6.4 TERCER CANAL DE LEVANTE

Tiene una longitud total de 47.748 m. y una capacidad variable desde 4.000 l/s (de cabecera hasta el barranco de San Antón), 2.000 l/s hasta Bacarot, 1.000 l/s hasta Alicante y 500 l/s en la cola.

Las cotas que domina son las comprendidas entre la +74,94 m.s.n.m. en cabecera y la +64,25 m.s.n.m. en Bacarot, la zona de Bacarot y la Huerta de Alicante.

Está formado por un canal de sección variable de hormigón en masa cubierto con un forjado hasta Bacarot. Paralelamente a este canal transcurre un camino de servicio de 5 m. de anchura. Desde Bacarot hasta el final está formado por una tubería telescópica de hormigón en masa con diámetros de 1.200 mm. y 1.000 mm.

En cabecera de canal se dispone de una balsa de regulación de 38.000 m³ de capacidad denominada "Balsa de la Quinta Elevación"

En el partidor 35 se encuentra la Sexta Elevación de Elche que eleva las aguas desde el Tercer Canal de Levante hasta la cota +100,33 m.s.n.m. En este punto nacen dos canales denominados Sexta de Elche Poniente y Sexta de Elche Levante.

Además existe un embalse de 20.000 m³ de capacidad denominado "Balsa de la Sexta de Elche" donde encontramos una nueva elevación denominada Séptima Elevación de Elche que eleva las aguas hasta la cota +123'53 m.s.n.m. desde donde nacen los canales denominados Séptimo de Elche Poniente y Séptimo de Elche Levante. En cabecera de estos canales se dispone de un embalse de 100.000 m³ de capacidad denominado "Balsa de la Séptima de Elche"

En el partidor 117 se encuentra la Elevación de Muchamiel que eleva las aguas hasta la cota +100 m.s.n.m. donde se encuentra la balsa "El Pantanet", de 20.000 m³ de capacidad.

Tabla 15. Características técnicas Tercer Canal de Levante

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	47.748
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	4 – 0,50
Sección tipo	Diversa

2.2.6.5 CUARTO CANAL DE LEVANTE

Tiene una longitud total de 6.840 m. y una capacidad variable desde 900 l/s en cabecera hasta 300 l/s en el barranco de Barbasena. Las cotas que domina son las comprendidas entre la +101,70 y +98,28 m.s.n.m.

Está formado por una tubería telescópica de diámetros comprendidos entre 1.200 mm. y 600 mm. de hormigón en masa.

En el partidor 14 se encuentra la Séptima Elevación de la Peña, que eleva las aguas hasta la cota +138'30 m.s.n.m. donde nace el canal denominado "Canal de La Peña". Además existe una balsa de 76.000 m³ de capacidad.

Tabla 16. Características técnicas Cuarto Canal de Levante

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	6.840
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	0,90 – 0,30
Sección tipo	Diversa

2.2.6.6 CUARTO CANAL DE PONIENTE

Tiene una longitud total de 29.080 m. en dos tramos diferenciados. El primero está formado por un ovoide de hormigón en masa con una capacidad de 2.000 l/s desde cabecera hasta el partidor 70. El segundo tramo está formado por una tubería telescópica de hormigón en masa con una capacidad variable desde 1.500 l/s hasta 500 l/s.

Las cotas que domina son las comprendidas entre la +101,70 y la +92,07 m.s.n.m. (partidor 70); la +87,16 m.s.n.m.

En el partidor 70 se encuentra la Séptima Elevación de Rocamora, que eleva las aguas hasta la cota +134,17 m.s.n.m. desde donde nace un canal denominado Séptimo Canal de Rocamora. Además existen dos balsas de 65.000 y 20.000 m³ de capacidad.

Tabla 17. Características técnicas Cuarto Canal de Poniente

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	29.080
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	2 – 0,5
Sección tipo	Diversa

2.2.7 ELEMENTOS REGULADORES DE LA RED PRINCIPAL

2.2.7.1 PARQUE NATURAL "EL HONDO"

El Parque Natural de El Hondo (en adelante El Hondo) está situado entre las coordenadas 0° 43´ Oeste y 0° 49´ Oeste; 38° 9´ Norte y 38° 13´ Norte, situado en la Comarca del Bajo Vinalopó, entre los términos municipales de Elche y Crevillente, en la provincia de Alicante.

El Hondo es un humedal de morfología artificial ubicado en el ámbito de una llanura de inundación aluvial. El funcionamiento hídrico, en la mayoría de los casos, requiere intervención humana y aporte energético en forma de bombeo de agua.

Está formado por dos embalses reguladores de agua de riego, como núcleo principal y un conjunto periférico de hasta 11 charcas con finalidad cinegético-pesquera.

En la Ilustración 13 se muestra una fotografía aérea del Parque Natural.



Ilustración 13. Vista aérea de los embalses del P.N. del Hondo

2.2.7.1.1 HISTORIA

Durante el siglo XVII, el Cardenal D. Luis de Belluga y Moncada desarrolló su proyecto conocido como "Pías Fundaciones" donde desecaron 4.470 Has. de las zonas encharcadas del entorno oeste de la albufera de Elche.

En 1730 se fundan las poblaciones de Nuestra Señora de los Dolores, San Fulgencio y San Felipe de Nerí, destinadas a recoger a los colonos que han de cultivar las tierras desecadas. Por su parte y de forma paralela, D. Francisco Ponce de León, Láncaster y Cárdenas, Duque de Arcos, Maqueda y Nájera, Señor de Elche, obtiene la aprobación real para la fundación del poblado de San Francisco de Asís, lugar de establecimiento de los colonos que han de cultivar la 1000 hectáreas desecadas.

En el entorno que actualmente se enclava El Hondo se desarrollará una agricultura de plantas adaptadas a suelos salinos como alfalfa, algodón, cáñamo etc. La zona húmeda queda reducida a una pequeña charca temporal denominada "Bassa la Llarguera".

En 1932 la R.C.Riegos de Levante adquirió 1600 Has. de las tierras desecadas por la "Pías Fundaciones". Estas tierras se situaban en la antigua charca conocida como Bassa Llarguera. Ese mismo año comienza la construcción, totalmente manual, del embalse de Levante; en 1945 se construiría el de Poniente. En conjunto se inundan 1.100 Has.

Se trataba de una obra poco artificiosa ya que utiliza la depresión natural como vaso de embalse y se construyen diques o motas con los materiales extraídos de zanjas perimetrales a los embalses. Toda la construcción es manual, utilizándose un sistema de encofrado simple de estacas de madera y haces de cañas o carrizos; para la estabilización de los diques y defensa contra la erosión del oleaje se realizaron plantaciones de eucaliptos y cañas.

En la década de los 70, se efectuaron una serie de obras para encharcar de forma permanente los terrenos circundantes a los embalses. Se conforman un conjunto de charcas de aguas salobres entorno a las que se establecen 6 cotos cinegético-pesqueros. Es a partir de este momento cuando se configura la situación actual de El Hondo.

- Dos embalses reguladores de agua de riego.
- Once charcas de aguas salobres.
- Saladares en la periferia.

2.2.7.1.2 HIDROLOGÍA DEL MEDIO

El balance hídrico es muy deficitario, debido a las altas temperaturas estivales, las casi 3.000 horas de insolación anual y la escasez de precipitaciones. La capacidad evaporativa del ecosistema (evapotranspiración) es muy alta, llegando a superar los 1.000 mm año.

Hidrológicamente, El Hondo se divide en dos subunidades:

- Los embalses: dependen únicamente de las aportaciones del Río Segura y los drenajes de la Vega Baja. Los volúmenes captados las últimas décadas han sido muy variables con puntas de hasta 100 Hm³/año hasta la sequía extrema en los años 93 y 94 del pasado siglo.
- Las charcas: dependen de los caudales aportados por aguas de escorrentía y drenaje de tierras de cultivo, las procedentes del acuífero superficial mediante bombeos y la presencia de pequeños manantiales que incrementan los niveles.

El desagüe del humedal se efectúa mediante dos vías:

- La elevación de los volúmenes para riego a través de la Segunda Elevación y el Canal Principal.

- El azarbe de Dalt, que canaliza las aguas de las charcas hasta el mar.

2.2.7.1.3 PROBLEMAS DEL MEDIO

- Escasas aportaciones de recursos hídricos del sistema hídrico del Segura y sus azarbes.
- Alta salinización de las aguas elevadas por la Primera Elevación con salinidades medias superiores a los 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Altos procesos evaporativos superiores a 1.000 mm año.

Todos estos condicionantes inciden en un alto contenido en sales de las aguas embalsadas; la salinidad media de las aguas contenidas en los embalses de El Hondo medidas a lo largo de los últimos 5 años es de 6.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que determina una salinidad media total de 4,5 g/l. (incluidas todas las sales).

2.2.7.2 Balsa de la Tercera Elevación

En el año 2007 se construyó una balsa de regulación junto al Canal Principal (a la salida de la Tercera Elevación) de 16.000 m³ de capacidad en la que se almacenaba el volumen necesario a través del bombeo de la Tercera Elevación (tras su remodelación del año 2006) que captaba el agua directamente desde la galería Segunda-Tercera.

La salida de las bombas estaba conectada con una tubería de hormigón armado DN1000 montada sobre el Canal Principal que llegaba a la balsa. Junto a la balsa existía una "T" con una válvula que regulaba el caudal hacia la balsa o hacia el Canal Principal para continuar su recorrido hacia la Cuarta Elevación.

Tabla 18. Ficha técnica. Balsa Tercera Elevación

FICHA TÉCNICA		
Volumen (m ³)	16.000	
Situación	Coordenadas UTM (H-30 ETRS-89)	
	X= 694.851,80	Y= 4.232.898,55
Tipología	Hormigón armado	
Cota de fondo (m.s.n.m.)	32,22	
Cota de coronación (m.s.n.m.)	37,97	
Cota de aliviadero (m.s.n.m.)	37,47	
Talud interior	1H:1V	

Con la nueva obra puesta en marcha en 2014, la función de la balsa sigue siendo la misma (almacenar parte de los caudales bombeados desde la Segunda Elevación y que se distribuirán por el Primer Canal de Levante)

También existe una conexión a la red principal de riego de modernización que permite llenar la balsa para los periodos en los que el Primer Canal de Levante riegue con agua del A.T.S.

Tabla 19. Curva de capacidad. Balsa Tercera Elevación

ALTURA (M.)	VOLUMEN (M ³)
0	0
1	3.047,6
2	6.095,2
3	9.142,9
4	12.190,5
5	15.238,1
5,25	16.000

2.2.7.3 Balsa de la Cuarta Elevación

En los años 50 se construyó una balsa de regulación junto al Canal Principal (a la salida de la Cuarta Elevación) de casi 37.800 m³ de capacidad en la que se almacenaba el volumen necesario, bombeado a través del bombeo de la Cuarta Elevación (hasta la arqueta donde nacen los canales Segundo de Levante y Poniente) y regulado por compuertas; mediante las diferentes bombas que captaban el agua directamente desde la galería Tercera-Cuarta.

Tabla 20. Ficha técnica. Balsa Cuarta Elevación

FICHA TÉCNICA	
Volumen (m ³)	37.800
Situación	Coordenadas UTM (H-30 ETRS-89)
	X=694.418 Y=4.234.027
Tipología	Hormigón en masa
Cota de fondo (m.s.n.m.)	52,24
Cota de coronación (m.s.n.m.)	55,74
Cota de aliviadero (m.s.n.m.)	55,57
Talud interior	Variable

Con la nueva obra puesta en marcha en 2014, la función de la balsa sigue siendo almacenar parte de los caudales bombeados desde la Segunda Elevación y que se distribuirán por los Canales Segundo de Levante y Segundo de Poniente así como el rebombeo a través de la Quinta Elevación Aérea)

También existe una conexión a la red principal de suministro de agua del A.T.S. para riego tradicional, realizada en los años 70 y que permite llenar la balsa para los periodos en los que los Canales Segundo de Levante y Poniente rieguen con agua del Trasvase.

Tabla 21. Curva de capacidad. Balsa Cuarta Elevación

ALTURA (M.)	VOLUMEN (M ³)
0	0
0,53	4.320
1	9.720
1,51	15.660
1,98	21.060
2,49	27.000
3	32.940
3,33	37.800

2.2.7.4 Balsa de la Quinta Elevación

En los años 50 se construyó una balsa de regulación junto al Canal Principal (a la salida de la Quinta Elevación) de 36.590 m³ de capacidad en la que se almacenaba el volumen necesario, bombeado a través del bombeo de la Quinta Elevación (hasta la arqueta donde nace el Tercer Canal de Levante) y regulado por compuertas directamente desde la galería Cuarta-Quinta.

Esta balsa se puede considerar el núcleo de distribución de agua del A.T.S. para todas las comunidades de base.

Tabla 22. Ficha técnica. Balsa Quinta Elevación

FICHA TÉCNICA	
Volumen (m ³)	36.590
Situación	Coordenadas UTM (H-30 ETRS-89)
	X= 693.997 Y= 4.235.025
Tipología	Hormigón en masa
Cota de fondo (m.s.n.m.)	74,95
Cota de coronación (m.s.n.m.)	80,15
Cota de aliviadero (m.s.n.m.)	79,95
Talud interior	Variable

También existe una conexión a la red principal de suministro de agua del A.T.S. para riego tradicional, realizada en los años 70 que permite llenar la balsa para los periodos en los que el Tercer Canal de Levante riega con agua del Trasvase.

Tabla 23. Curva de capacidad. Balsa Quinta Elevación

ALTURA (M.)	VOLUMEN (M ³)
1	6.000
2	13.878
3	21.870
4	30.132
5	36.590

2.2.8 TELECONTROL DE LAS INSTALACIONES

Lógicamente con el proyecto original no se incluía ningún elemento que permitiera operar telemáticamente las instalaciones.

Fue en la remodelación de las instalaciones del año 1981 cuando se diseñó un gran sistema de telecontrol vía cable, gobernado desde un puesto central junto a la Quinta Elevación (Ilustración 14).

Era un proyecto muy ambicioso pues permitía conocer los niveles en cada uno de los embalses, maniobrar compuertas, arrancar y parar las bombas, etc. Desgraciadamente solo llegó a funcionar durante las primeras semanas tras la puesta en marcha de las instalaciones y se quedó en desuso.



Ilustración 14. Centro de telemando

Posteriormente, dentro de las obras del año 1995 se creó una nueva red de telecontrol mediante radiofrecuencia gobernada desde un puesto central y capaz de controlar todas las maniobras necesarias para el funcionamiento de las instalaciones.

Esta red ha sido mantenida hasta hoy, ampliándose con nuevas actuaciones y haciéndola cada vez más robusta y fiable.

2.3 SISTEMA DE RIEGO TRADICIONAL CON AGUA DEL A.T.S.

En el tramo final del Canal del Post-Trasvase Tajo-Segura se encuentra un aforador (vertedero de pared delgada) que mide los caudales que entran en el sistema hidráulico de la C.G.R.R.L.

El agua suministrada puede derivarse a una estación de bombeo que la eleva hasta el Embalse de Crevillente o bien introducirse en la red presurizada de regadío tradicional de agua del A.T.S. (Ilustración 16).

Para el funcionamiento de la red de riego tradicional con agua del A.T.S. se operaba presurizando la red principal y llenando las balsas de regulación. La distribución en los canales secundarios era idéntica a la distribución del agua de concesiones.

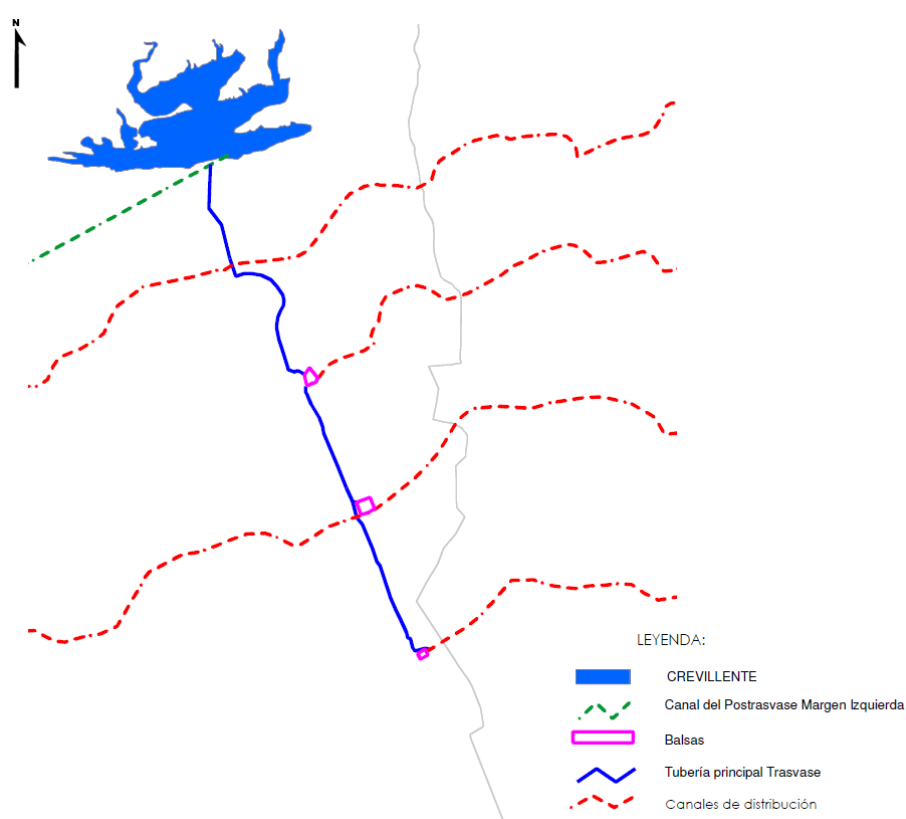


Figura 16. Esquema hidráulico red de riego tradicional con agua del A.T.S.

2.3.1 ESQUEMA HIDRÁULICO DE FUNCIONAMIENTO

Creada a finales de los años 70, esta red se compone de dos tuberías de hormigón pretensado DN1200 que suministra el agua del A.T.S. a los canales de distribución. La energía potencial existente en la cabecera de la red principal se disipa mediante unas arquetas de rotura de carga y válvulas accionadas manualmente. Desde sus inicios esta red ha presentado numerosos problemas obligando a repararla constantemente y dejando temporalmente fuera de servicio el sistema.

No obstante, se ha contado desde siempre con las balsas de regulación de la Cuarta y Quinta Elevación, con capacidad suficiente para disminuir el impacto que estos desabastecimientos pudieran ocasionar. Posteriormente (año 2007) se construyó la balsa de la Tercera Elevación que, con una capacidad menor de regulación, podría también laminar estos problemas.

2.3.2 INFRAESTRUCTURA DAÑADA

En la actualidad las tuberías de la red principal presentan diferentes patologías muy costosas de reparar, derivado no por su complejidad sino por la ubicación de los puntos afectados así como el gran número de éstos.

Tan grave es el problema que en el año 2012 se ejecutó de urgencia una acometida a la tubería principal de modernización para poder llenar la balsa de la Tercera Elevación con agua del A.T.S. pues la tubería original que debía alimentar al Primer Canal de Levante estaba totalmente colapsada, con afecciones incluso a la línea de FFCC Alicante-Murcia. (Ilustración 15).



Ilustración 15. Llenado desde la red de modernización

Las balsas de la Cuarta y Quinta Elevación siguen llenándose mediante las tuberías originales y válvulas reductoras, las cuales han sido reparadas en numerosas ocasiones debido a que no son válvulas adecuadas para el uso que se le está dando.

Esto implica que constantemente se produzcan roturas en esas arqueta, además de las incalculables pérdidas de agua.

En la ilustración 16 se muestran cuatro fotografías correspondientes a una de las arquetas de rotura de carga. Se puede observar la válvula de mariposa utilizada

(totalmente deteriorada) y el vertedero de pared delgada en el que se miden los caudales entrantes a la balsa.



Ilustración 16. Fotografías de la arqueta de rotura de carga anterior a la balsa de la Cuarta Elevación

En la Figura 17 se representa de manera esquemática la planta actual de la infraestructura hidráulica del sistema de riego tradicional con agua del A.T.S.

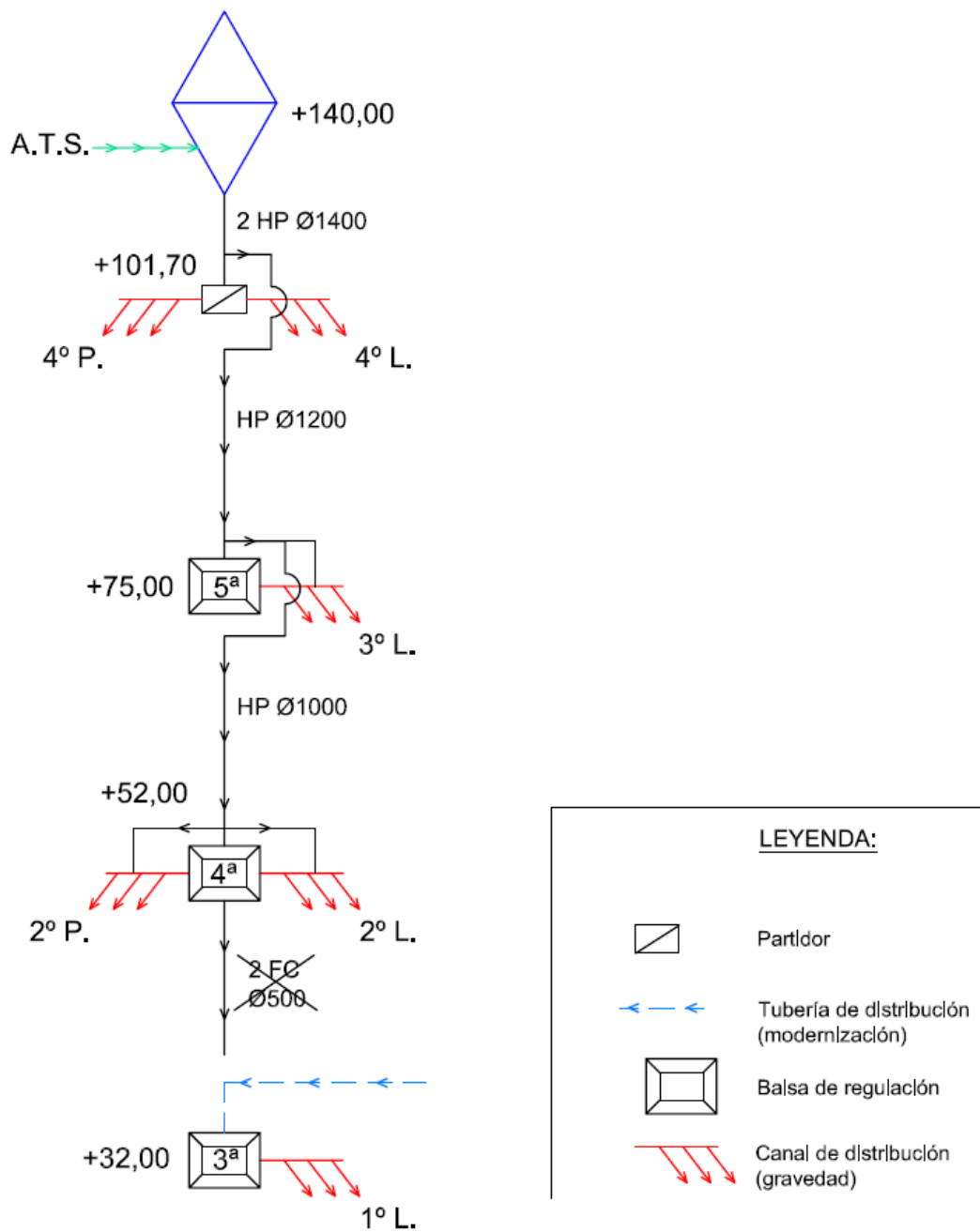


Figura 17. Esquema en planta de las instalaciones existentes para el riego tradicional con agua del A.T.S.

2.4 SISTEMA DE RIEGO MODERNIZADO

Debido al déficit de agua tanto en la cantidad como en la calidad así como la garantía de suministro, y acogiendo al Plan Nacional de Regadíos, la C.G.R.R.L. comenzó a modernizar sus instalaciones hace más de 10 años. Además, el sistema de riego existente no hacía rentable ningún tipo de parcelas al poseer una superficie mínima que no permitía la modernización de la explotación agrícola.

Existía un criterio unánime entre los comuneros de la necesidad de implantar en la zona un cambio en el sistema de riego que permitiera una mejora de la estructura productiva de las explotaciones agrarias, contribuyendo a un aumento de la productividad y de los rendimientos de los cultivos. También se tuvo en cuenta la necesidad de un ahorro efectivo de agua así como un control de los caudales consumidos.

En cuanto a la calidad de las aguas de las distintas procedencias existen diferencias notables. El agua del A.T.S. es de muy buena calidad; el agua de concesiones del Río Segura es de muy mala calidad, (el punto de toma está junto a la desembocadura, con altas concentraciones de sales y nitritos que influyen desfavorablemente en los cultivos de la zona, especialmente en los cítricos, y terminan salinizando el suelo).

La introducción de nuevas tecnologías de riego es una exigencia para una mejor gestión y racionalización de los recursos disponibles, por lo que la implantación de un sistema de riego localizado, automatizado e informatizado, ha de ser una constante en las actuaciones presentes y futuras, representando la tendencia actual en la evolución de los sistemas de riego.

Se trata pues de optimizar la distribución y uso del agua, a fin de disminuir los costes de explotación y conseguir su utilización más eficiente, mediante la construcción de una red presurizada en toda la zona que permita disponer en cada parcela de agua filtrada y a presión, además de controlar el volumen consumido por cada regante que dispondrá de un hidrante de riego en cada parcela.

Actualmente las comunidades de base modernizadas son:

- El Canal (8.196 hectáreas)
- Cuarto de Levante y Séptima de la Peña (780 hectáreas)

2.4.1 EMBALSE REGULADOR

La presa de Crevillente y su embalse se localizan en la Hoja 893 (Elche) del Servicio Geográfico del Ejército, a escala 1:50.000, en su edición de 1997. La presa cierra el Barranco del Bosch o de La Garganta, a unos 6 km. aguas arriba de su desembocadura en la Laguna de El Hondo. Las coordenadas geográficas de la intersección del eje de la presa con el Barranco del Bosch son las siguientes:

- U.T.M.: X=693.330 ; Y=4.236.370

La presa está emplazada en la intersección de la antigua carretera CN-330 con el barranco del Bosch, en el término municipal de Crevillente, provincia de Alicante.

El embalse de Crevillente se construyó en el año 1985 sobre una superficie de 108 hectáreas con una capacidad máxima aproximada de 13 Hm³. Sus características técnicas son las siguientes:

Tabla 24. Ficha técnica. Embalse de Crevillente

FICHA TÉCNICA	
Tipo	Materiales sueltos
Talud de aguas arriba	2,35/1 (H/V)
Materiales	Tierras, escolleras, gravas y arcillas
Talud de aguas abajo	2,60/1 (H/V)
Altura sobre el cauce	54,50 m.
Cota de coronación	147,50 m.
Longitud de coronación	360 m.
Ancho de coronación	12,50 m.
Volumen total de material	1.100.000 m ³ .
Capacidad	13 Hm ³ .

Tiene la función de regular una parte de los caudales transportados por el Canal del Postravase de la Margen Izquierda para suministrar una parte de las demandas de regadío de la C.G.R.R.L.

Su escasa cuenca vertiente y sus reducidas aportaciones no habrían justificado nunca la construcción de este embalse que actúa prácticamente como un depósito de regulación en la cola del Canal del Post-Trasvase (Margen Izquierda).

Tras un largo proceso administrativo y burocrático así como diferentes proyectos y modificaciones, las obras se terminaron en marzo de 1986, cumpliendo con el plazo finalmente estipulado y recepcionado definitivamente el 22 de Julio de 1987.

La entrada de los caudales de aportación se produce a través de una impulsión existente en el final del Canal del Postravase Tajo-Segura. Esta elevación termina en una galería que atraviesa el vaso por su coronación y termina en un aliviadero y una escollera de protección.

La salida del agua se realiza a través de una toma flotante que oscila en función del nivel del agua y que está conectada a la red principal de modernización, previo paso por unas válvulas de sobrevelocidad que dispararían por emergencia en caso de una rotura aguas abajo de la red.

En la Ilustración 17 se muestran dos fotografías que corresponden al dique del embalse y a la toma flotante por la cual se alimenta la red de modernización.



Ilustración 17. Fotografías del dique y toma flotante

2.4.2 TUBERÍAS PRINCIPALES

La actual red de modernización se compone de los siguientes elementos:

- Acometida al embalse de Crevillente:

A la salida del embalse se dispone de una arqueta con dos válvulas de sobrevelocidad que actúan automáticamente cuando el caudal trasegado es mayor del consignado, entendiéndose que hay una rotura aguas abajo y evitando que se vacíe el embalse (Ilustración 18).



Ilustración 18. Vista del interior de la arqueta con válvulas de sobrevelocidad

- Conducción General:

Esta conducción tiene su toma en la acometida del embalse de Crevillente mediante dos tuberías de PRFV DN 1.600 mm. hasta la Estación de Filtrado de la 5ª Elevación, continúa con dos tuberías de PRFV DN 1.300 mm. hasta el origen de los canales Segundo de Levante y Segundo de Poniente y, por último, continúa con una tubería PRFV DN 1.200 mm. hasta el inicio del Primer Canal de Levante.

Esta conducción general, en sus diferentes tramos, alimenta las tuberías secundarias de modernización ya instaladas. Las futuras zonas que se modernicen también se alimentarán de esta conducción general.

2.4.3 ESTACIÓN DE FILTRADO

Junto a la Quinta Elevación, antes del nacimiento del ramal principal del Tercer Canal de Levante, existe una estación de filtrado para uso general de todas las zonas modernizadas (Ilustración 19).



Ilustración 19. Vista general de la estación de filtrado de la Quinta Elevación

Se compone de dos líneas de filtrado, una de mallas y otra de anillas (Tabla 25 y Tabla 26).

Tabla 25. Ficha técnica. Línea de filtrado con tipología de mallas

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Tipología	Mallas
Capacidad l/s)	2.000
Filtrado (μm)	125
Nº tambores	8

Tabla 26. Ficha técnica. Línea de filtrado con tipología de anillas

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Tipología	Anillas
Capacidad l/s)	2.000
Filtrado (μm)	125
Nº líneas	8

Las dos líneas de filtros son autolimpiantes y funcionan en continuo, haciendo más o menos lavados en función del caudal trasegado. El agua de rechazo se vierte a la balsa de la Quinta Elevación situada a pocos metros y será destinada al riego tradicional.

2.4.4 RED SECUNDARIA DE TUBERÍAS

A la salida de la estación de filtrado se produce la bifurcación para cada una de las comunidades de base (Ilustración 20)



Ilustración 20. Colectores de derivación y valvulería se seccionamiento

Agua abajo de esta arqueta nacen las tuberías secundarias de la comunidad de base que actualmente está modernizada* (El Canal). Estas tuberías corresponden con los canales Primero y Segundo de Levante, quedando ubicadas bajo el camino de servicio existente paralelo al canal de riego tradicional.

*La comunidad de regantes 4º Canal de Levante y 7ª de la Peña está modernizada pero es independiente del esquema descrito, ya que se encuentra a una cota superior al embalse de Crevillente y dispone de una estación de bombeo, filtrado y red de tuberías propia.

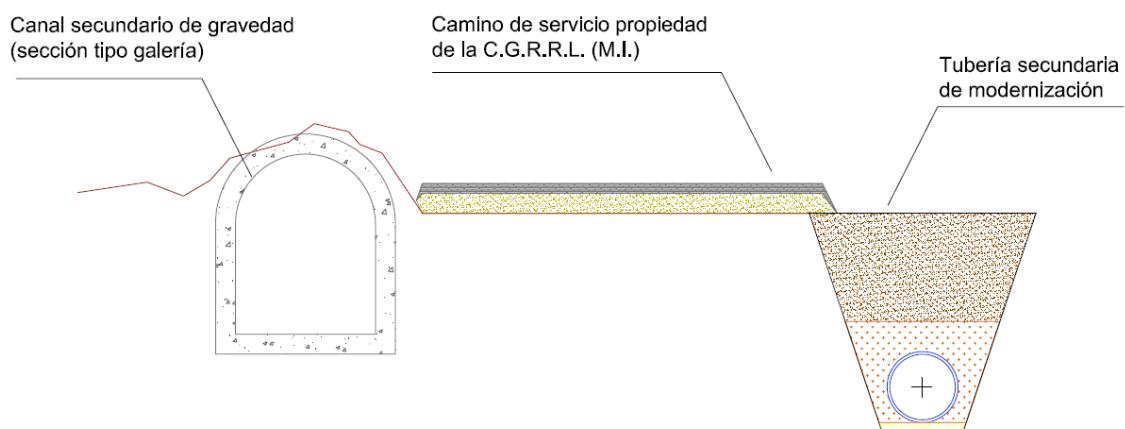


Figura 18. Sección tipo del camino de servicio

En la Figura 18 se representa una de las secciones tipo del camino de servicio por el que discurren tanto los canales secundarios de riego tradicional como las tuberías secundarias de modernización.

La tipología de estas conducciones es diversa dependiendo de la zona. En el Segundo Canal de Levante todos los tramos son de PRFV (DN800-DN500); en el Primer Canal de Levante encontramos el primer tramo de PRFV DN1200, el segundo tramo FD DN1000 y el tercer tramo ACERO (DN 800-500).

En la Figura 19 se reflejan las zonas modernizadas y las tuberías secundarias de distribución, todos conectados al embalse de Crevillente.

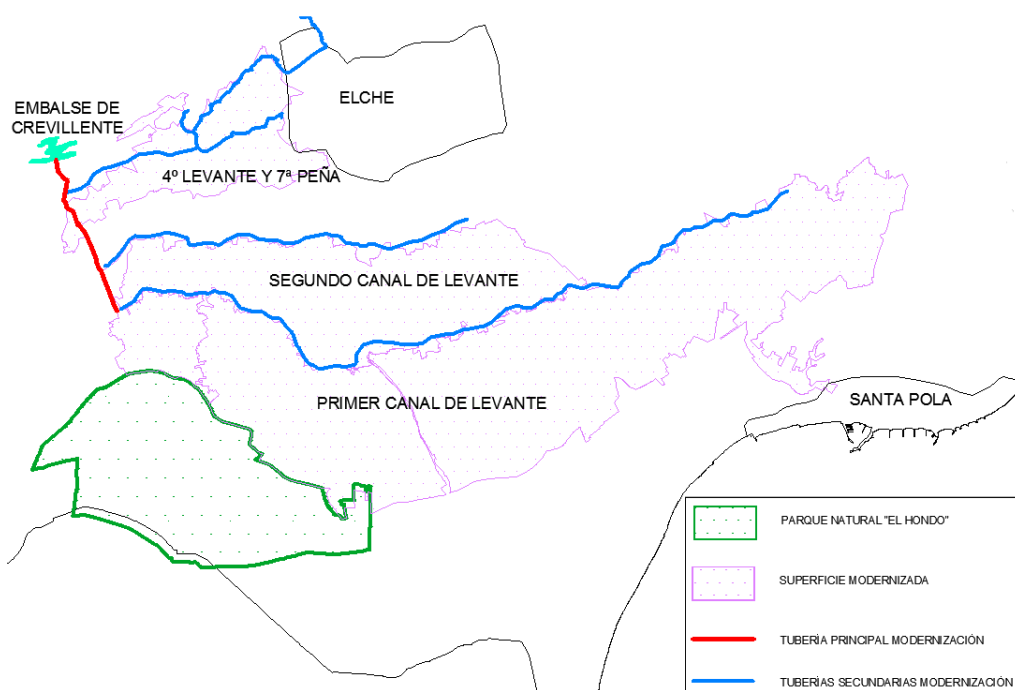


Figura 19. Planta general de la red de modernización

2.4.4.1 CABECERAS DE SECTOR

Debido a la gran superficie que abarca la Modernización de los Regadíos de la C.G.R.R.L. se diseñó la red a partir de la división de la superficie de riego por zonas, que coinciden sensiblemente con la delimitación de las diferentes comunidades de base y sus canales de riego.

Cada una de estas zonas tiene una superficie aproximada de 100 hectáreas y depende de una cabecera de sector, que se alimenta directamente de la red secundaria de tuberías.

Es en este punto donde se reduce la presión (mediante una válvula hidráulica pilotada) y se mide el caudal (a través de un caudalímetro electromagnético) para distribuir a través de la red terciaria o de distribución. Esta red ramificada de tuberías de PE100 es de la que toman directamente los hidrantes y está compuesta por tuberías con diámetros comprendidos entre DN800 y DN75.

Las válvulas reductoras trabajan de manera autónoma en función del caudal que se esté regando. La consigna es dejar aguas abajo de la válvula reductora una presión de 4 atm. por lo que tendremos la siguiente relación de presiones de trabajo: (Tabla 27).

Tabla 27. Relación de presiones de trabajo en cada zona

Zona	Reducción de presión (atm.)
1º Levante	10-4
2º Levante	8-4



Ilustración 21. Cabecera de sector con válvulas automáticas

2.4.4.2 HIDRANTES

Los hidrantes instalados constan de:

- Acometida a la red de PE100 mediante "T" de derivación o collarín
- Válvula de corte

- Ventosa
- Filtro cazapiedras
- Contador con emisor de pulsos
- Válvula hidráulica pilotada de asiento plano con pilotos limitadores de caudal y reductores de presión con apertura mediante solenoide
- Estación remota de control de hidrante

El caudal máximo a regar en cada parcela se obtiene multiplicando por 2'3 l/s la fracción de superficie que se riega en un turno (superficie efectiva).

Previamente se divide la parcela en sectores, según la superficie (Tabla 28)

Tabla 28. Sectorización según superficie modernizada

SUPERFICIE (ha)	Nº de sectores
0-2	1
2-4	2
4-65	3
>65	4



Ilustración 22. Arqueta de hidrante. Válvula automática, contador y telecontrol

2.4.5 TELECONTROL DE LAS INSTALACIONES

La instalación existente contempla el establecimiento de un sistema para el control de los hidrantes así como la apertura y cierre de válvulas y medición de los valores de la instrumentación adicional colocada.

El sistema está compuesto por los subsistemas siguientes:

- Centro de Control (CC).
- Sistema de Control Sectorial (SCS).
- Sistema de Protección (SP).
- Sistema Hidrante (SH).

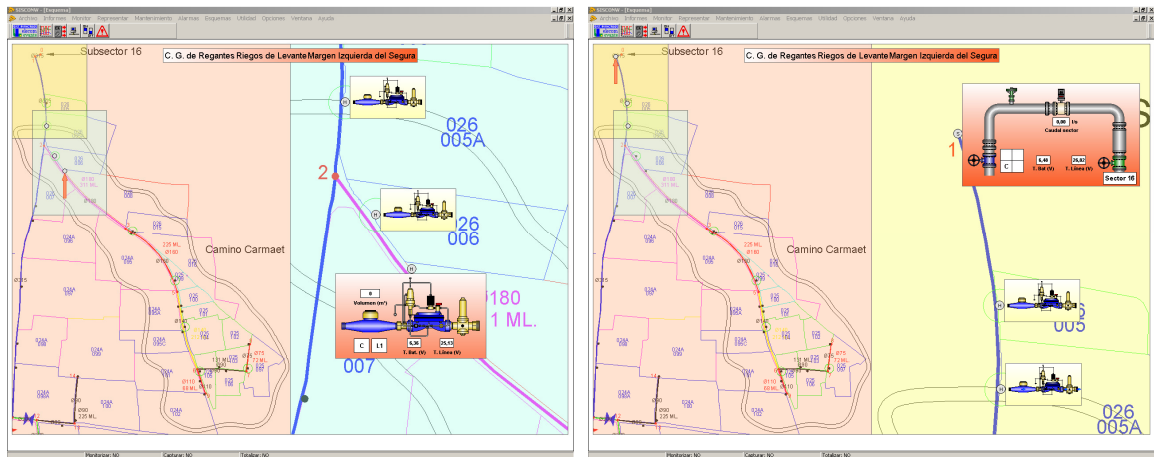


Ilustración 23. Imágenes del sistema de telegestión

El enlace desde el CC hasta cada SCS se establece vía radio mientras que el enlace de este último con cada SH se realiza con cable unifilar de 2 conductores y alcance máximo de 10 Km, pudiendo establecerse redundancia con 4 conductores.

La alimentación en baja tensión a las cabeceras de los distintos sectores se realiza desde el punto de entronque con la compañía eléctrica suministradora. El tendido de cable eléctrico se realizó sobre postes a lo largo de todo el camino de servicio.

Desde cada cabecera de sector y en la misma zanja que las tuberías de la red ramificada se tendió un cable de 2 hilos y tensión de seguridad.

En las oficinas de la comunidad de regantes se centraliza toda la gestión de la red, pudiendo actuar de manera remota sobre cada hidrante o cabecera de sector.

2.5 INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA

2.5.1 ANTECEDENTES

Hablar de la red de riego tradicional implica abordar su esquema de suministro eléctrico.

Como se ha comentado anteriormente, inicialmente se obtenía la energía eléctrica necesaria para los bombeos a través del salto hidroeléctrico de Almadenes y mediante una línea de transporte se alimentaba toda la red de elevaciones de modo que podían funcionar a la demanda, debido al carácter fluyente del aprovechamiento y obviamente no se debía pagar por esta energía.

Casi cien años después la realidad es otra, pues el 100% de la energía eléctrica necesaria para las elevaciones proviene de la compañía suministradora. Este hecho, marcado con la tendencia al alza del precio del kWh, y los múltiples cambios en la legislación están haciendo muy costosa la explotación de la red de riego tradicional.

La situación se agrava todavía más cuando actualmente no existe una tarifa especial para uso agrícola y el tratar de adecuar las potencias contratadas en función de la época del año está penalizado económicamente.

2.5.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA RED ELÉCTRICA

Desde la empresa suministradora se alimenta una subestación eléctrica que la C.G.R.R.L. tiene en propiedad junto a la Cuarta Elevación. La tensión de entrada es 66 kV. y se transforma a 6 kV.

A partir de esta subestación eléctrica y paralelo al camino de servicio de las tuberías principales se tiende una línea eléctrica que llega a cada una de las estaciones de bombeo (salvo la Primera Elevación), donde se transforma de 6 kV. a las diferentes tensiones de trabajo de los equipos (Tabla 29).

Tabla 29. Relación de equipos de transformación

Estación de bombeo	Relación de transformación	Nº transformadores	kVA
Segunda	6 kV-690 V	1	2.500
Quinta Aérea	6 kV-400 V	2	800
Sexta de Crevillente	6 kV-400 V	1	800

La Primera Elevación tiene su propia subestación eléctrica y es totalmente independiente del esquema general del resto de instalaciones.

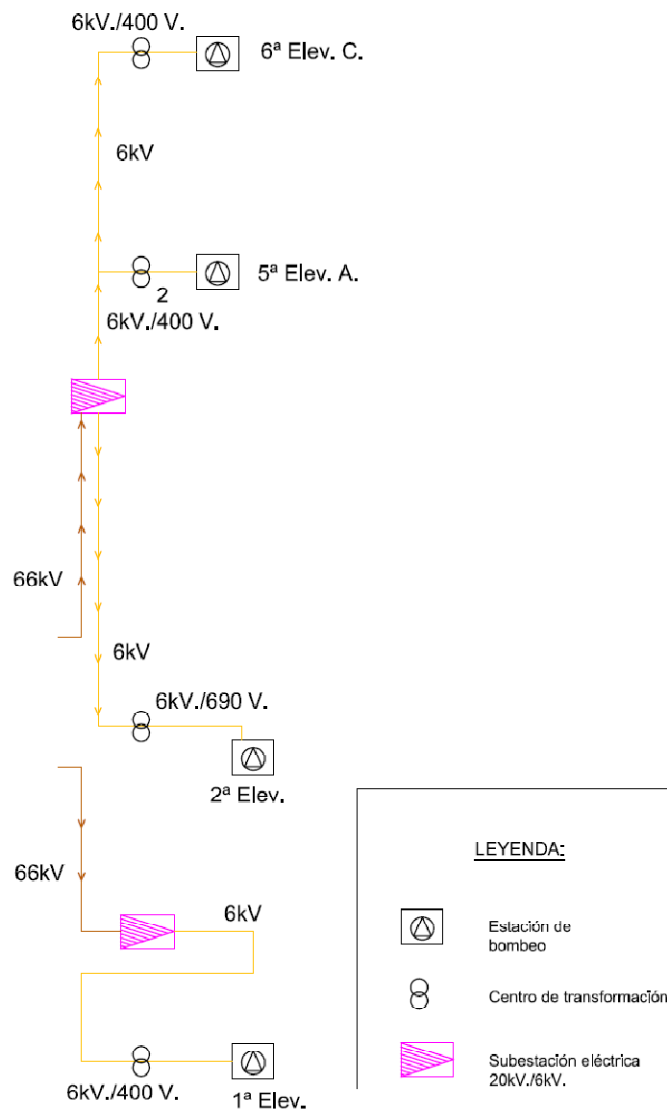


Figura 20. Esquema eléctrico

El esquema representado en la Figura 20 muestra las instalaciones eléctricas que suministran energía eléctrica a las estaciones elevadoras. Se puede comprobar la independencia de la Primera Elevación con respecto al resto de instalaciones y la conectividad entre las elevaciones Segunda, Quinta Aérea y Sexta de Crevillente.

3. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

3.1 INTRODUCCIÓN

La falta de recursos ha sido siempre el principal problema de la Comunidad de Regantes debido, entre otros, a la gran superficie regable así como la alta demanda de agua de riego de los cultivos implantados en la zona.

Con la puesta en marcha del Canal del Post-Trasvase Tajo-Segura se produce un cambio fundamental en el funcionamiento de la Comunidad de Regantes. Por un lado se complementa el déficit hídrico sufrido durante décadas mientras que implícitamente se consigue un agua de calidad antes desconocida. Muchos regantes mantienen sus cultivos de palmeras y granados con el agua de concesiones mientras que otros deciden apostar por los cítricos, por ejemplo.

Por consiguiente el esquema hidráulico de funcionamiento sufre un desdoblamiento, pues se conservan ambos sistemas de riego y se hacen funcionar de manera independiente.

3.2 SISTEMA DE RIEGO TRADICIONAL CON AGUA DE CONCESIONES

Aunque durante diferentes épocas de funcionamiento se han producido múltiples situaciones socio-políticas, económicas y la técnica ha evolucionado muchísimo; el esquema hidráulico principal se ha mantenido hasta la fecha. Con una serie de elevaciones, canales principales y secundarios de transporte, numerosas acequias y balsas de regulación se ha abastecido toda la demanda de la superficie regable durante casi 100 años.

Es la propia Comunidad de Regantes quien hace las ventas del agua que se va a distribuir de manera anticipada. Así, se programan las elevaciones hasta cada uno de los canales principales (o balsas de regulación en su defecto), se preparan los turnos de riego por secciones en diferentes canales y se coordinan los repartos en diferentes partidos hasta que finalmente llega el agua al regante.

Una vez captada el agua desde la desembocadura del Río Segura y transportada hasta la Primera Elevación, se eleva al Canal Principal y se transporta hasta los embalses del P.N. El Hondo. Debido a la diversidad de caudales que el río puede aportar en función de la época del año, en meses húmedos se intenta almacenar el mayor volumen posible en El Hondo para poder disponer de esa agua en época seca.

Cuando todo el servicio está organizado se prepara el agua almacenada en El Hondo para subirla a elevaciones superiores y distribuirla. Esto se debe al carácter fluyente de la Primera Elevación, entendiéndose como “desacoplada” del resto del sistema.

3.3 SISTEMA DE RIEGO TRADICIONAL CON AGUA DEL A.T.S.

En este tipo de riego el inicio del sistema lo marca el Canal del Post-Trasvase, cuando por él circula el caudal que se suministra desde la Confederación Hidrográfica del Segura.

Al ser el final del canal, toda el agua debe ser dirigida hacia un punto de almacenamiento (elevationarla al Embalse de Crevillente o inyectarla en la red principal)

Una vez en la red principal, las diferentes arquetas de rotura de carga van disipando la energía potencial y finalmente se descarga en las balsas de la Quinta, Cuarta o Tercera (este último tramo ya en desuso debido a la rotura de las dos tuberías de FC500)

Desde las balsas de regulación se alimentan los canales de distribución y el servicio de reparto y riego es idéntico al del sistema de riego tradicional con agua de concesiones.

Del mismo modo se hace con la venta del agua, previo pago del precio correspondiente a un volumen determinado (se sirven "horas de agua" equivalente a 180 m³) y en el vertedero aforador de los regantes se miden caudales de 50 o 100 l/s.

Este sistema de prepago facilita no sólo la organización de los turnos y personal sino que es crucial para la programación de las elevaciones en horarios de tarifa eléctrica económica y por otro lado evita la difícil gestión de los impagados.

3.4 SIMULTANEIDAD DE USOS

Uno de los principales problemas que se plantea en el sistema de distribución es el cambio de uso en un mismo canal. No debemos olvidar que el agua de concesiones puede contener una salinidad cercana a 4.000 µS/cm. por lo que un riego de este agua en un cultivo no preparado para ello puede ser devastador.

De un modo simplista se puede decir que estas aguas no llegan a mezclarse de manera significativa, por varios motivos:

- Discurren por un canal o tubería cuya sección relativamente es muy pequeña.
- El transporte en el sentido longitudinal del canal hace que su mezcla sea difícil de lograr.
- El tiempo de retención o de viaje de estas aguas es muy corto impidiendo una mezcla completa.

Es por ello y para no crear una red de canales duplicada (técnicamente y económicamente inviable) se distribuyen los dos tipos de agua alternativamente en función de la demanda. Generalmente se riegan los canales Primero de Levante y Segundo de Levante y Segundo de Poniente con un tipo de agua durante un periodo de dos semanas, mientras que los canales Tercero de Levante, Cuarto de Levante y Cuarto de Poniente utilizan agua de la otra fuente.

3.4.1 SITUACIÓN 1

En el siguiente esquema general (Figura 21) se representa la situación 1, en los que el agua de concesiones se distribuye por los canales Primero de Levante, Segundo de Levante y Segundo de Poniente mientras que en el resto se sirve agua del A.T.S.

En esa situación se opera de la siguiente manera:

La Segunda Elevación trabaja de 00:00 h. a 08:00 h. ininterrumpidamente siguiendo la secuencia:

- Llenado de la balsa de la Tercera Elevación.
- Llenado de la balsa de la Cuarta Elevación.
- Llenado de la balsa de la Tercera Elevación(*)

(*) Como el canal de distribución y los diferentes brazales se han quedado descargados desde el riego anterior, en cuanto la balsa alcanza cierto nivel de agua, se comienza a llenar el canal de distribución mientras se realiza el llenado la balsa ya que su capacidad es muy limitada y faltaría volumen para todo el servicio.

Mientras tanto, el Tercer Canal de Levante y los Cuartos de Levante y Poniente riegan con agua del A.T.S.

Debido a la mayor capacidad de la balsa de la Quinta Elevación, se cuenta con algo de regulación más para el Tercer Canal de Levante. Esto es importante ya que se evita depender de la disponibilidad del servicio del Canal del Post-Trasvase (sería impensable para los volúmenes que se manejan)

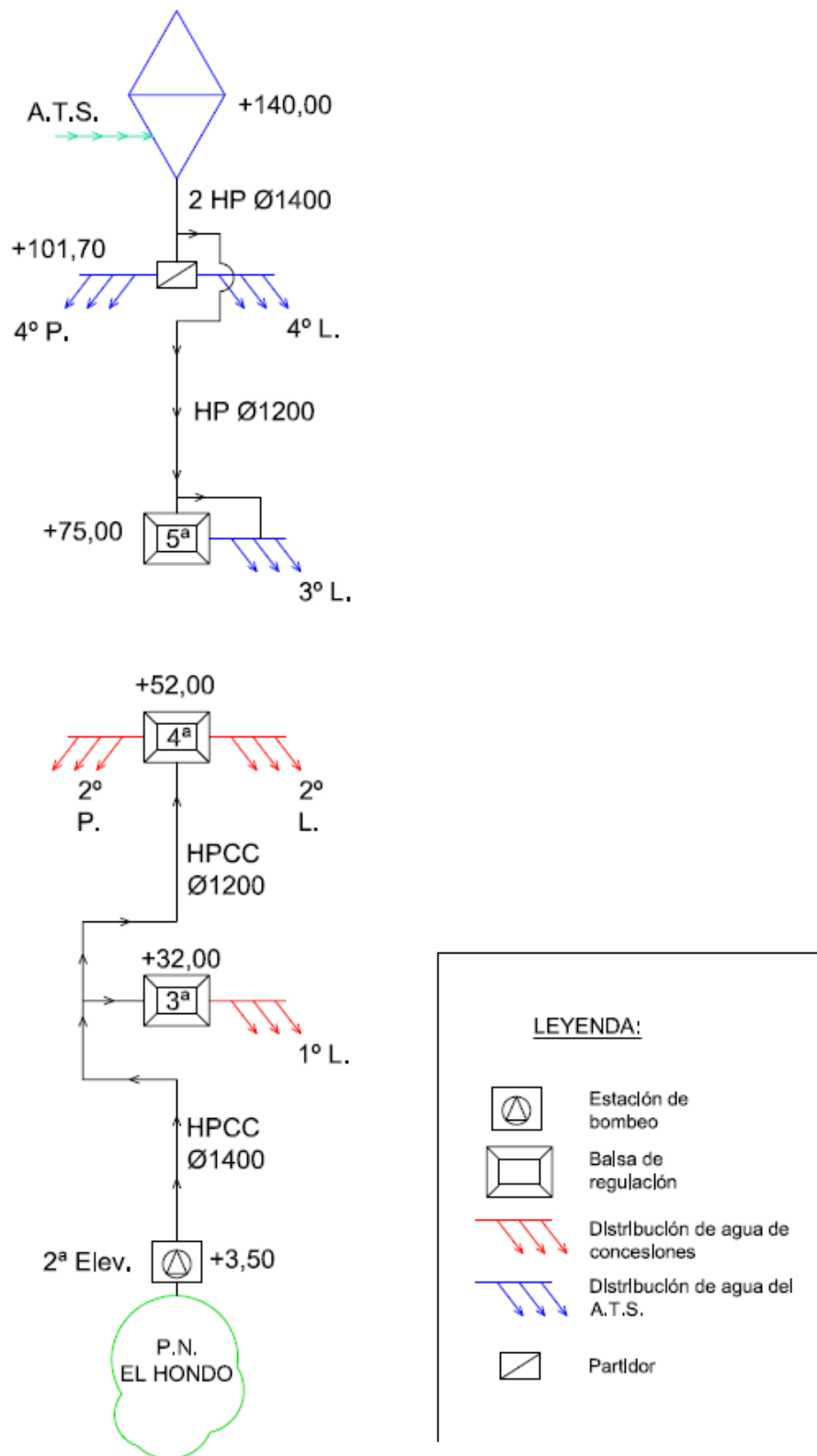


Figura 21. Esquema general de la simultaneidad de usos. Situación 1

3.4.2 SITUACIÓN 2

En el siguiente esquema general (Figura 22) se representa la situación 2, en los que el agua de concesiones se distribuye por los canales Tercero de Levante, Cuarto de Levante y Cuarto de Poniente mientras que en el resto se sirve agua del A.T.S.

En esta situación se opera de la siguiente manera:

La Segunda Elevación trabaja de 00:00 h. a 08:00 h. ininterrumpidamente elevando agua hasta la arqueta que conecta con la Quinta Elevación aérea, la cual rebombee de manera acompasada los caudales que le llegan.

Esto se hace posible con el uso de variadores de frecuencia y sondas de nivel ultrasónicas que regulan el nivel en la cántara evitando que el agua desborde. En caso de una parada brusca de la Quinta Elevación aérea, el sistema de telemando envía una señal a la Segunda Elevación deteniendo todos los equipos.

La Quinta Elevación aérea vierte el agua en la arqueta de la que se alimenta la Sexta Elevación de Crevillente, la cual rebombee el agua al partididor que divide el Cuarto Canal de Levante y el Cuarto Canal de Poniente.

En este caso también se dispone de un variador de frecuencia y sonda de nivel ultrasónica que regula los niveles y se adapta al caudal que recibe sin que se produzcan desbordamientos.

Por otro lado, tenemos los canales Primero y Segundo de Levante y Segundo de Poniente que riegan con agua del A.T.S. Este agua ha pasado por la balsa de la Cuarta Elevación y por la de la Tercera, en este último caso a través de la toma realizada en la red de modernización debido a la rotura de las dos tuberías de fibrocemento DN500.

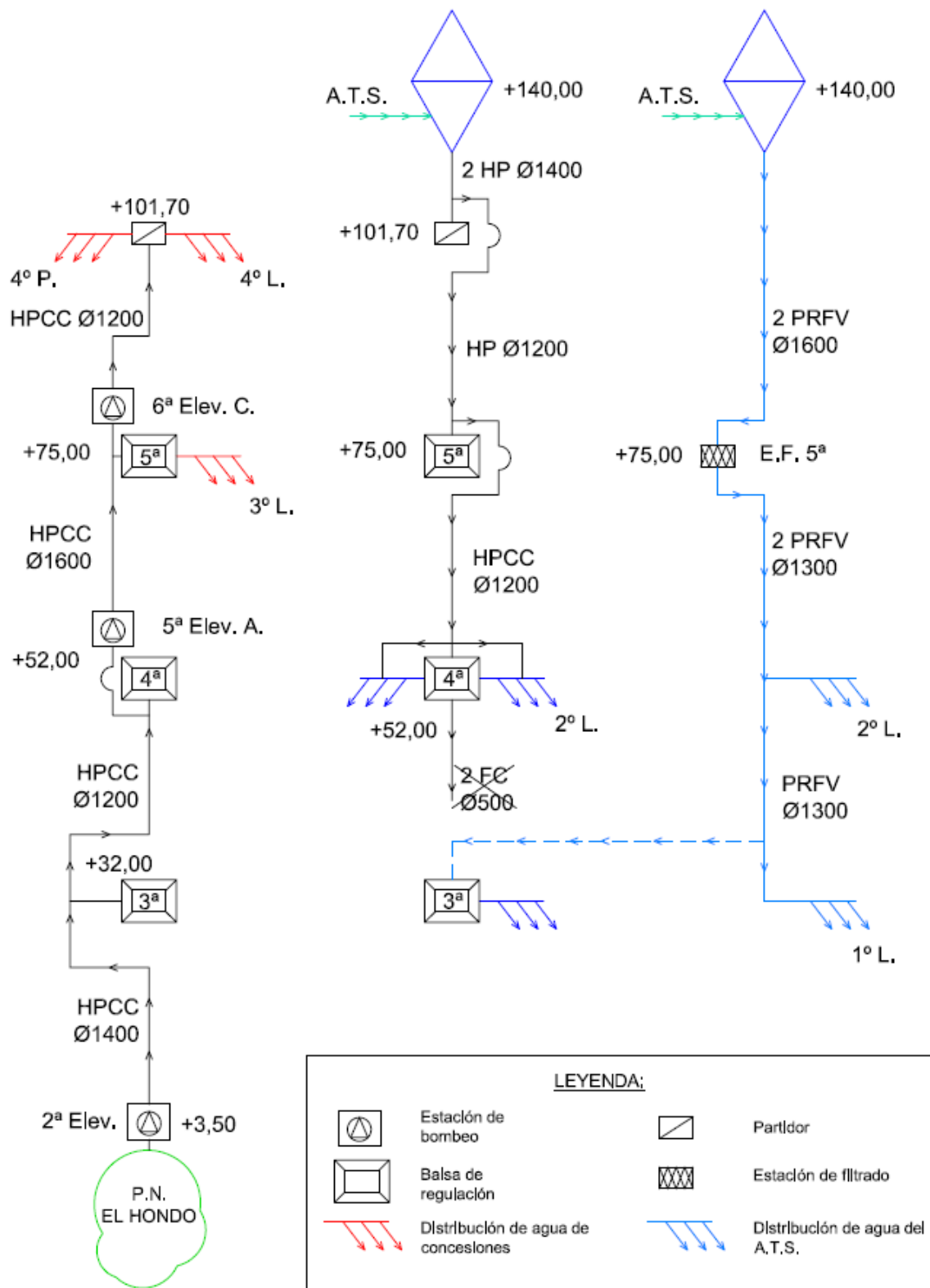


Figura 22. Esquema general de la simultaneidad de usos. Situación 2

3.5 SISTEMA DE RIEGO MODERNIZADO

Las hipótesis de diseño de la red de modernización estaban basadas en la sectorización de las parcelas y en un sistema de distribución por turnos para garantizar las presiones en todos los puntos de la red.

Estas premisas de partida se basaban en que, tarde o temprano, la modernización de toda la C.G.R.R.L. (M.I.) sería una realidad aunque es cierto que actualmente se han paralizado todos los procesos de modernización del resto de comunidades de base debido a la coyuntura económica que vivimos.

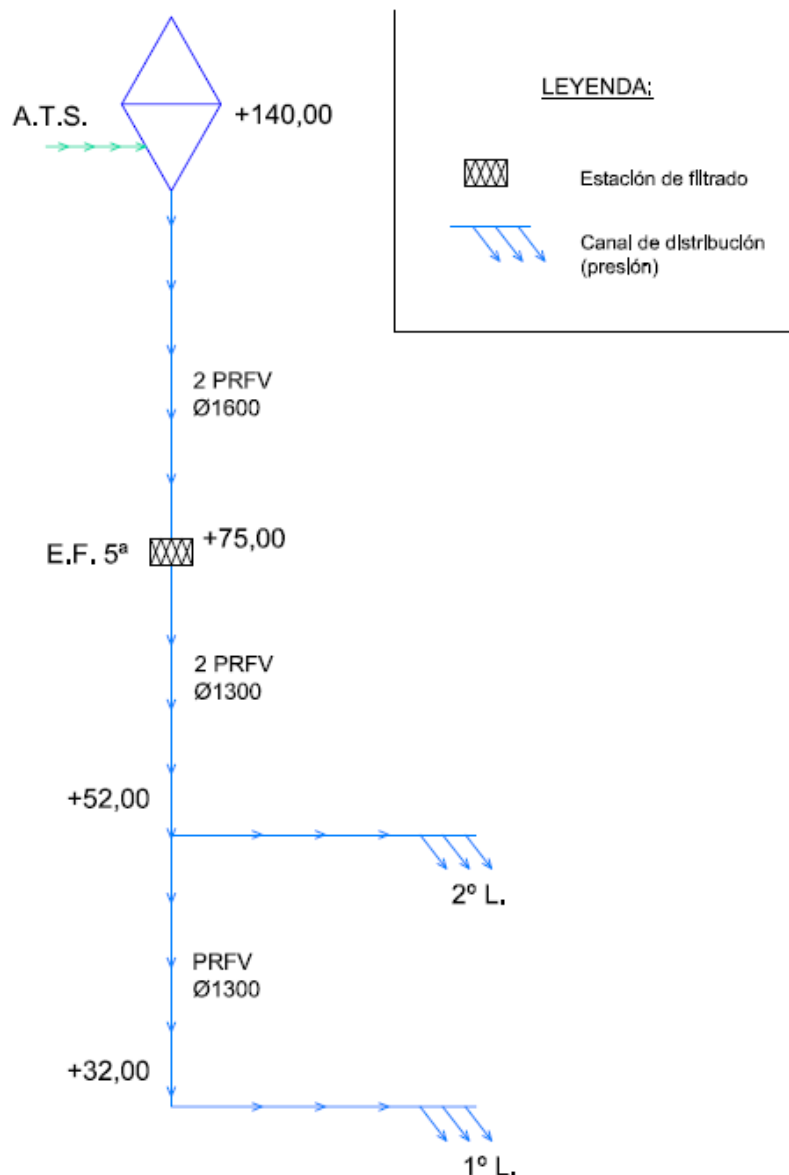


Figura 23. Esquema general de la red de modernización

En el esquema representado en la Figura 18 se puede ver la red de modernización y los canales Primero y Segundo de Levante, previo filtrado en la Quinta Elevación.

3.6 ANÁLISIS DEL COSTE DEL AGUA

Históricamente las unidades de medida de caudal y de volumen no se han correspondido con los habituales o normalizados por el sistema internacional. Los volúmenes de agua se miden por "horas de agua" que corresponde a 180 m³ y los caudales se miden por "tallas de agua" que corresponde a 50 l/s.

Estas medidas no son fruto de la casualidad sino que llevan implícitas una serie de connotaciones tales como:

- La tendencia de toda estandarización es buscar números fáciles de manejar y operaciones sencillas.
- Se utilizan fracciones más cortas (p.ej. 200 horas en lugar de 36.000 m³)
- Servir un riego de "una talla" durante una hora corresponde a "una hora de agua", que es lo que realmente se pide en la venta previa del agua.

Como es lógico, los precios de venta del agua se corresponden con "horas de agua" y en ellos se repercuten diferentes conceptos, en función de la comunidad de base a la que afecte.

Para las aguas de concesiones, estos conceptos incluyen los costes energéticos de elevar el agua desde la toma de la desembocadura del Río Segura hasta cada uno de los canales de distribución. También se incluye el coste de mantenimiento de las infraestructuras principales (estaciones de bombeo, canales, tuberías) y las infraestructuras secundarias (canales de distribución). La mano de obra del personal encargado de distribuir el agua, trabajar en las elevaciones, abrir los partidores, etc. también se incluye en los costes.

En el caso de aguas del A.T.S. se incluyen los mismos conceptos salvo el coste eléctrico, ya que no existen elevaciones porque la cota de llegada del Trasvase es superior a la de las cabeceras de los canales de distribución. Solo existe un bombeo en la zona del Cuarto Canal de Levante, y es por eso por lo que se refleja en el precio un incremento respecto al resto.

Tabla 30. Precio de venta del agua en € por comunidades de base y tipología

COMUNIDAD DE BASE	RIEGO TRADICIONAL	
	CONCESIONES	TRASVASE
PRIMER CANAL	22,00	43,00
SEGUNDO CANAL LEVANTE	25,00	43,00
SEGUNDO CANAL PONIENTE	28,00	46,00
TERCER CANAL	27,00	40,00
CUARTO CANAL LEVANTE	31,00	48,00
CUARTO CANAL PONIENTE	31,00	34,00

Además, la comunidad del Cuarto Canal de Levante no dispone de gente suficiente para distribuir el agua, por lo que se tiene que buscar operarios de otras comunidades que trabajan de manera excepcional y suponiendo esto un incremento de precio considerable en la partida de explotación.

4. ANÁLISIS DE LA DEMANDA

4.1 AGUA DE CONCESIONES

(Fuente: C.H.S)

La incertidumbre es característica en lo que respecta a la disponibilidad de recurso de agua en la cuenca del Segura, con un régimen pluviométrico marcadamente mediterráneo, donde las aportaciones hídricas hacen que los recursos disponibles sean claramente insuficientes (déficit estructural). Sea por causas naturales o como consecuencia de cambios climáticos provocados por la actividad humana, estos episodios particularmente secos parecen haberse hecho más frecuentes y persistentes en los últimos tiempos. Sirvan como muestra de sequías pluviométricas de larga duración la registrada entre los años hidrológicos 1979/80 y 1984/85, o la que se inició al principio de la década de los 90 y finalizó en 1995.

La evolución histórica del agua de concesiones del Río Segura es muy clara, siendo cada vez menor el caudal circulante debido a múltiples factores como son, entre otros:

- La mayor regulación de la cuenca.
- La puesta en marcha de nuevas zonas de regadío.
- La disminución de las aportaciones.

Según los datos de la Comunidad de Regantes, es en el año 1975 donde la serie histórica se puede considerar fiable, representada en la Figura 24.

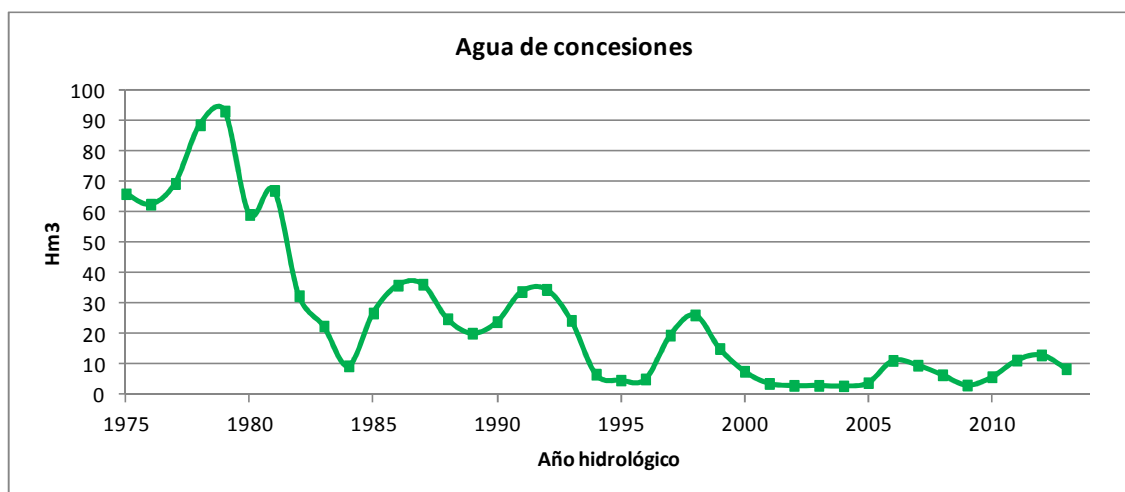


Figura 24. Volumen anual de agua de concesiones suministrada por año

Esta gráfica muestra el volumen total anual suministrado, pero se pueden extraer varias conclusiones evidentes:

- Se comprueba que en épocas hidrológicamente favorables la demanda aumenta debido a la garantía existente.

- Se puede observar la fuerte tendencia a la baja que se produjo en la demanda debido a la llegada del Traspase Tajo-Segura. De un año a otro la reducción fue de un 63% (93 frente a 59 Hm³)
- En la actualidad la demanda ha disminuido ya que la modernización de los campos ha permitido la puesta en marcha de muchas pequeñas parcelas que nunca hubieran sido rentables con el agua de concesiones.

Para realizar el estudio de los volúmenes distribuidos anualmente he decidido centrarme en los últimos siete años, tratando de ver cómo se comportaba la tendencia hasta el inicio de los procesos de modernización y cómo ha evolucionado desde éstos.

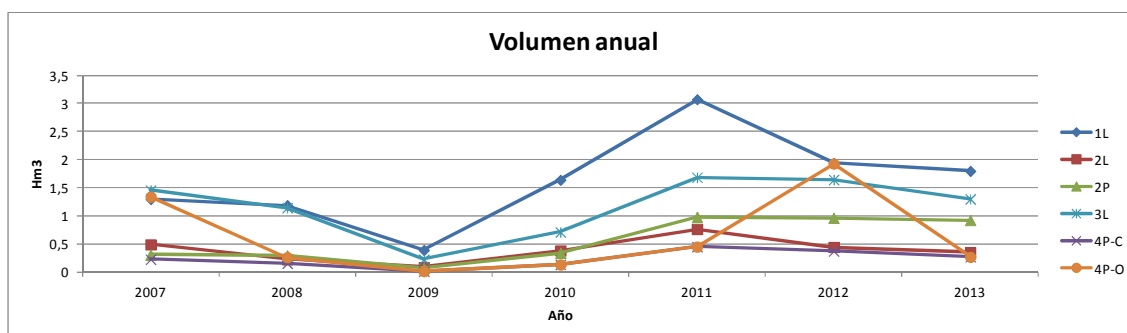


Figura 25. Volumen anual de agua de concesiones distribuido por comunidades de base y año

A simple vista se observa (Figura 25) una distribución homogénea en función de las diferentes comunidades de base, con algún descenso o subida significativos dependiendo de la época seca o húmeda.

En los siguientes apartados se analizarán los datos por comunidades de base, viendo cómo ha ido afectando a la demanda de agua de riego en función de las diferentes situaciones o coyunturas sufridas durante los años de estudio.

Hay que tener en cuenta que los propios regantes conocen la disponibilidad y calidad del agua de concesiones, pues se toman muestras diarias y se mide el caudal que desemboca de manera continua. Esto hace que sea la propia comunidad de regantes quien decida (si es posible) elevar agua de concesiones para su almacenamiento en El Hondo o bien para su riego directamente (rara vez ocurre).

Ya que el recurso se encuentra en un medio fluvial y depende de múltiples factores, no se tendrá disponibilidad siempre que se quiera, entrando la otra fuente de suministro (agua del A.T.S.) en juego y distorsionando las previsiones o estimaciones que se pudieran plantear.

4.2 AGUA DEL A.T.S.

(Fuente: Propuesta del Proyecto del Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura)

La política hidráulica de posguerra aparcó las iniciativas de trasvases intercuenca y orientó su actuación hacia la construcción de embalses de regulación y el desarrollo de los planes de aprovechamientos propios de las cuencas. Una vez la mayoría de infraestructuras previstas estuvieron realizadas, surgió de nuevo la posibilidad de considerar los trasvases.

En la segunda mitad de la década de los 60 se retomaron e impulsaron por la Dirección General de Obras Hidráulicas los estudios básicos sobre posibles trasvases, fundamentalmente llevados a cabo por el Centro de Estudios Hidrográficos, y se revisaron los recursos hídricos de las cuencas, el potencial hidroeléctrico, la viabilidad económica de las transformaciones en riego y el potencial de regadíos, etc.

Por orden ministerial de Obras Públicas de 30 de julio de 1966 se ordenó la redacción de los proyectos de obras para corregir el desequilibrio hidráulico, dando como resultado el "Anteproyecto General del Aprovechamiento Conjunto de los recursos hídricos del centro y sureste de España, complejo Tajo-Segura", que marcaba las líneas maestras de las futuras actuaciones en cuanto a grandes transferencias intercuenca, y fundamentaba el trasvase Tajo-Segura.

El Anteproyecto establecía la derivación y conducción al sureste de un volumen máximo de 600 Hm³ anuales procedentes del Tajo, que podría incrementarse en 400 Hm³ más, cuando se cumplieran las previsiones del Anteproyecto en cuanto a disponibilidades de caudales excedentes.

Entre los años 1972 y 1974 se sucedieron diferentes Decretos del Ministerio de Agricultura por los que se realizaron las declaraciones de interés nacional de las distintas zonas regables de la cuenca que se verían afectadas por el futuro trasvase

Finalmente, la Ley 52/1980, de régimen económico, estableció las normas técnicas de explotación, referidas a volúmenes y caudales, y la distribución territorial y por usos, de las aguas trasvasadas. Esta distribución, definida en la disposición adicional primera de la Ley, se incluyó en la tabla que se muestra (Tabla 31).

Tabla 31. Distribución máxima de las aguas de la 1ª fase del Traspase

ZONA	HM3/AÑO
Vega alta y media del Segura	65
Regadíos de Mula y su comarca	8
Lorca y valle del Guadalentín	65
Riegos de Levante, margen izquierda y derecha, vegas bajas del Segura y saladares de Alicante	125
Campo de Cartagena	122
Valle del Almanzora en Almería	15
Total regadíos	400
Para abastecimiento urbano:	110

Pérdidas (15%):	90
	TOTAL: 600

Tras esta asignación legal global, se concretaron sucesivamente la distribución en comarcas y sectores mediante las actuaciones conjuntas de Obras Públicas con el IRYDA mediante los correspondientes Planes Coordinados, redactados por las diferentes Comisiones Técnicas Mixtas entre 1980 y 1986. Las zonas de riego del trasvase quedaron configuradas mediante perímetros cerrados, en cuyo interior se determinaron las zonas no regables por la calidad de las tierras o las condiciones topográficas.

Tras entrar en vigor la Ley de Aguas en el año 1986, se elaboró el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura en 1998 aprobado por el Real Decreto 1664/1998, de 24 julio. Este Plan Hidrológico conforma un marco donde se establece una ordenación de los usos del agua en el ámbito de la cuenca.

Este Plan Hidrológico estará en vigor hasta el año 2015 donde deberá estar aprobado el nuevo Plan Hidrológico de Cuenca que abarcará el periodo 2015-2021.

El sistema hidráulico diseñado y puesto en marcha a finales de los años 70 era radicalmente opuesto al conocido hasta ahora con el riego de aguas de concesiones pero a la vez tenía una gran similitud en su concepción.

El Canal del Post-Trasvase terminaba en la parte más oriental del término municipal de Crevillente cercano con el límite territorial con la ciudad de Elche. A su llegada, a la cota +120 m.s.n.m. se medía el agua con un vertedero aforador tras el que se iniciaba una red principal de tuberías que derivaba en otra red secundaria y finalmente se distribuía a través de las conducciones existentes del riego tradicional con agua de concesiones.

Desde su llegada, el agua del A.T.S. supuso una revolución en la C.G.R.R.L. pues cubrió el déficit hídrico existente y supuso un cambio en la calidad del agua de riego que permitió introducir muchos cultivos que antes eran imposibles de regar.

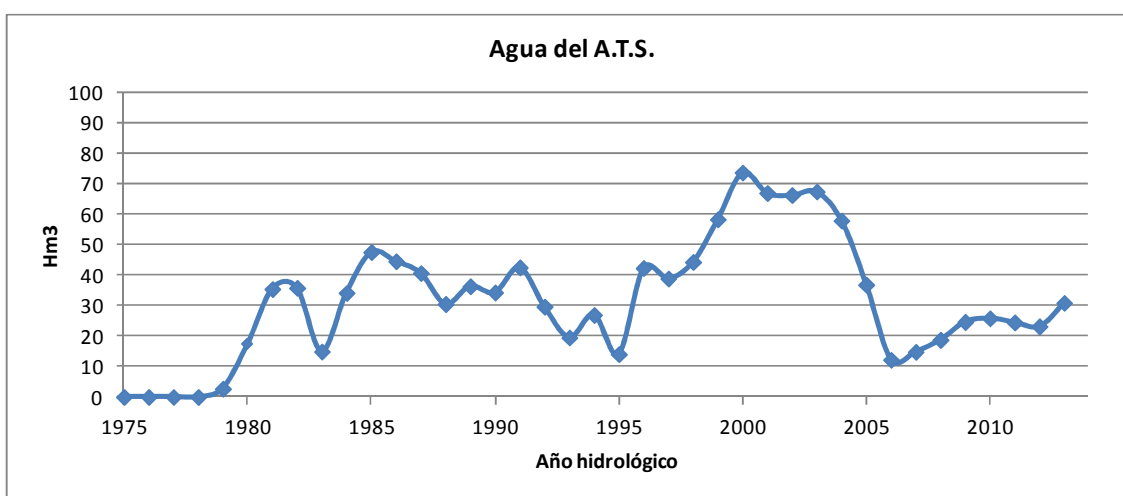


Figura 26. Volumen anual de agua del A.T.S. suministrada por año

Tal y como muestra la Figura 26, la demanda fue incrementando hasta alcanzar su máximo histórico cerca de los 75 Hm³ en el año 2000.

Eventualmente también se comprueba un descenso acusado en la demanda cuando, en épocas húmedas en las que el Río Segura transporta mucho caudal, se aprovecha para disponer un agua de menor precio utilizando la de concesiones.

El suministro de agua del A.T.S. no ha dependido siempre de la demanda, sino que se ha visto influenciado por los diferentes cambios legislativos desarrollados a lo largo de los años.

Con la entrada en vigor de las nuevas normas de explotación del Trasvase Tajo-Segura, parece que se vaya dar garantías a un trasvase que es fundamental para el sector agrícola en las provincias de Alicante, Murcia y Almería.

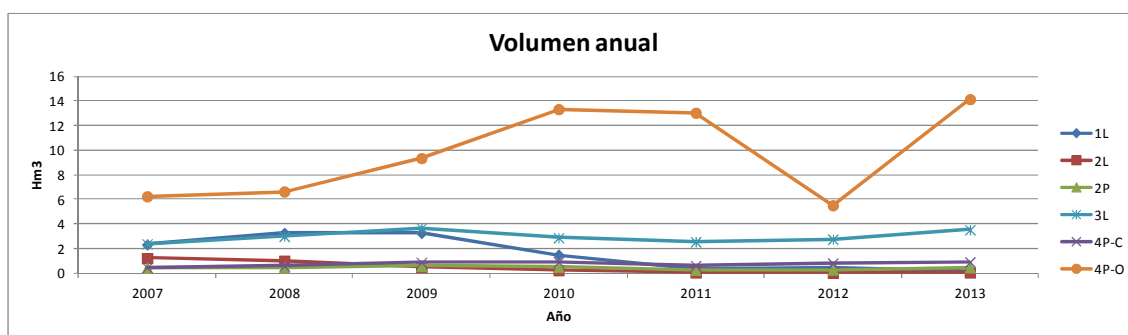


Figura 27. Volumen anual de agua del A.T.S. distribuido por comunidades de base y año

Analizando los volúmenes anuales por comunidades de base (Figura 27) destaca de manera clara la comunidad del Cuarto Canal de Poniente-Orihuela. Esto es debido a que esta comunidad ha mantenido su estructura inicial, siendo grandes fincas las que no se han disgregado y conservan grandes explotaciones agrícolas.

4.3 DISTRIBUCIÓN POR CANALES

4.3.1 PRIMER CANAL DE LEVANTE

Con respecto al agua de concesiones, se comprueba que el Primer Canal de Levante es el que mayor volumen riega. Esto es debido a su gran superficie y a la tipología de los cultivos presentes en esta zona, siendo principalmente huertos de palmeras, granados y hortalizas.

Entre junio de 2009 y mayo de 2010 se completó el proceso de modernización de esta comunidad de base y cuyas tierras no han tenido un fuerte desarrollo urbanístico, con lo que se han mantenido cultivadas (o sin cultivar) durante los años en los que otras zonas se veían convertidas en urbanas.

El precio del agua de concesiones también influye notablemente ya que es un agua que solo tiene que pasar por dos estaciones de bombeo, por lo que el coste de explotación es mucho menor.

Aunque para este estudio no se han incluido datos de la campaña actual, la demanda está siendo ligeramente superior a la del año anterior, ya que las temperaturas son mayores y nos encontramos en un periodo muy seco (de los más fuertes en los últimos 100 años según fuentes de AEMET).

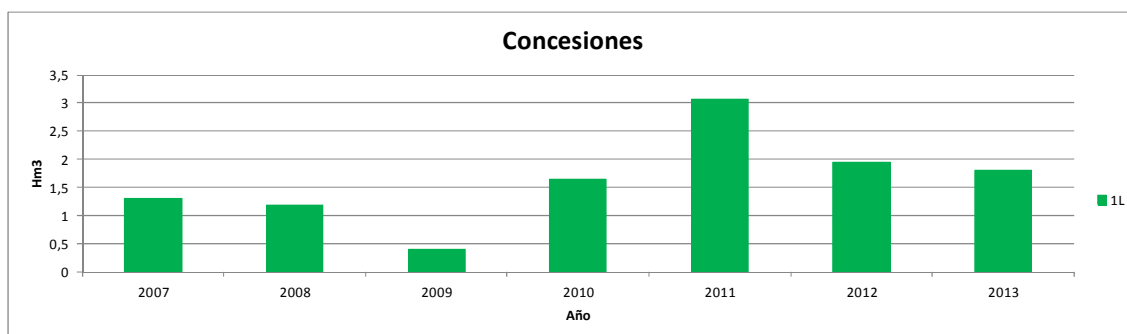


Figura 28. Distribución anual de agua de concesiones. Primer Canal de Levante

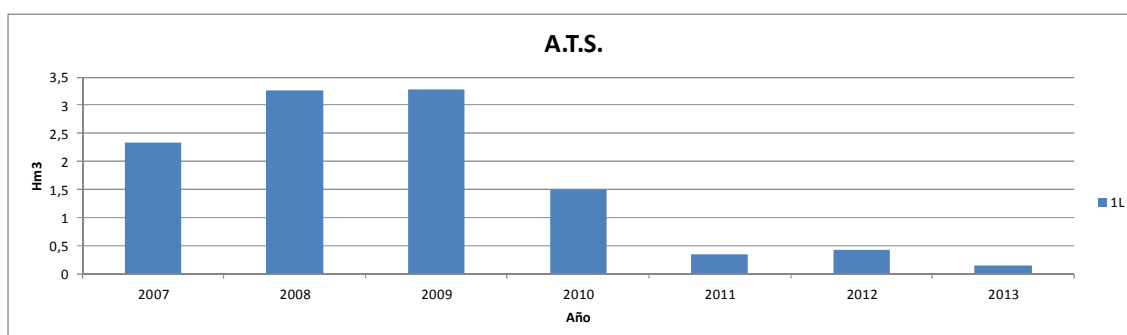


Figura 29. Distribución anual de agua del A.T.S. Primer Canal de Levante

4.3.1.1 SEGUNDO CANAL DE LEVANTE

En el Segundo Canal de Levante se terminaron las obras de modernización a finales de 2007, poniéndose en marcha en enero de 2008. Su evolución en estos últimos años ha sido a la baja, no superándose los dos últimos años los 0,5 Hm³.

Aunque para este estudio no se han incluido datos de la campaña actual, la demanda es idéntica a la del año 2013.

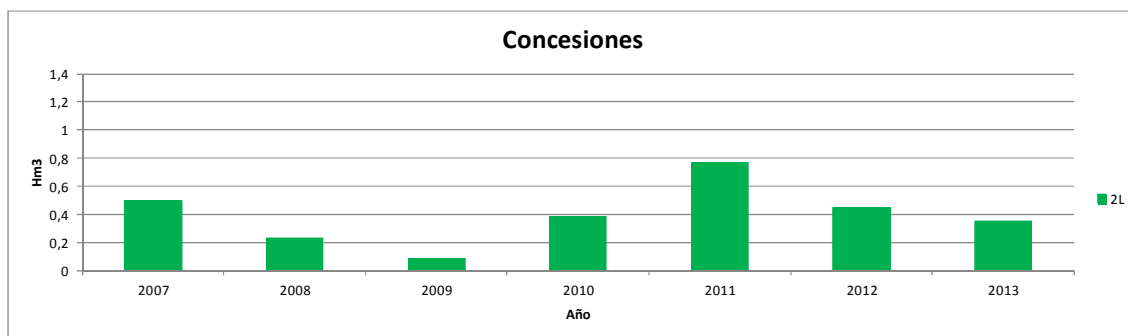


Figura 30. Distribución anual de agua de concesiones. Segundo Canal de Levante

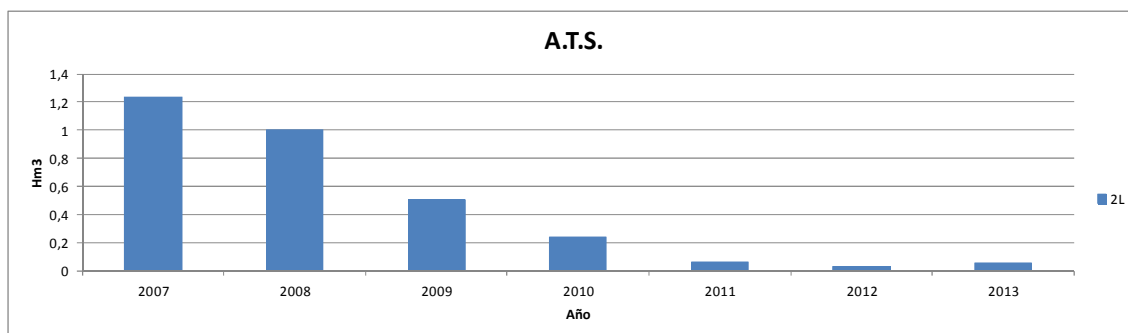


Figura 31. Distribución anual de agua del A.T.S. Segundo Canal de Levante

Como se puede comprobar, cada vez está más en desuso el riego tradicional con agua del A.T.S. pues la gran mayoría de comuneros han apostado por la modernización.

4.3.1.2 SEGUNDO CANAL DE PONIENTE

El Segundo Canal de Poniente es el más estable de todos ya que sus tierras no han sido modernizadas y no han sufrido un cambio de uso, con lo que esta pequeña comunidad de base mantiene sus riegos anualmente en 1 Hm³.

Por la idiosincrasia de sus agricultores y el bajo ratio (superficie/nº de parcelas) es muy poco probable que la comunidad de base de Crevillente se vea inmersa en un proceso de modernización. A esto hay que sumarle la falta de financiación autonómica, estatal y europea necesaria para la puesta en marcha de una obra de tal magnitud y con la que sí contaron sus comunidades vecinas.

Se puede estimar, por tanto, que el consumo de agua de concesiones se mantendrá estable a medio plazo.

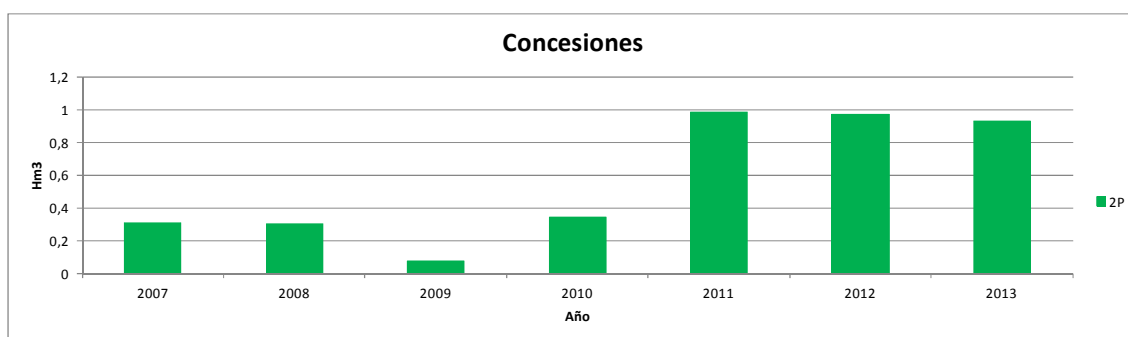


Figura 32. Distribución anual de agua de concesiones. Segundo Canal de Poniente

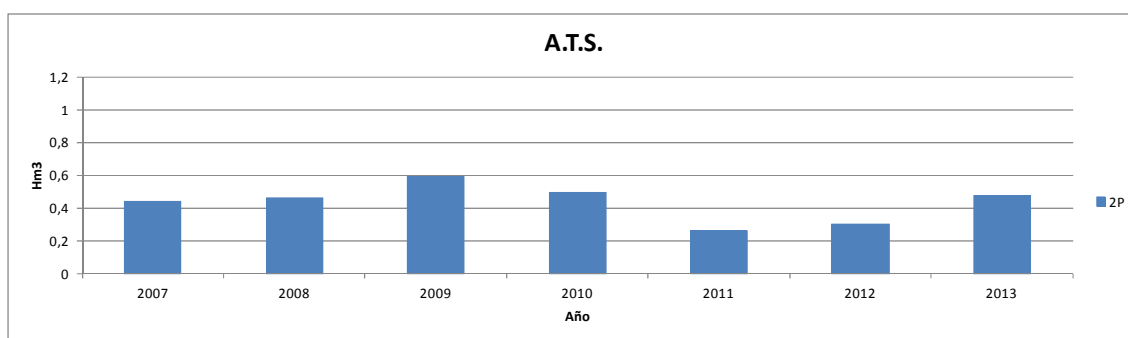


Figura 33. Distribución anual de agua del A.T.S. Segundo Canal de Poniente

4.3.1.3 TERCER CANAL DE LEVANTE

Es la comunidad de base que mayor volumen de agua de concesiones riega por detrás del Primer Canal de Levante. Su superficie se ha visto disminuida a lo largo de los años tras los diversos procesos de urbanización de los términos municipales de Elche y Alicante.

No obstante, su superficie se encuentra consolidada actualmente ya que los nuevos desarrollos urbanísticos previstos en los planes generales están fuera del perímetro regable.

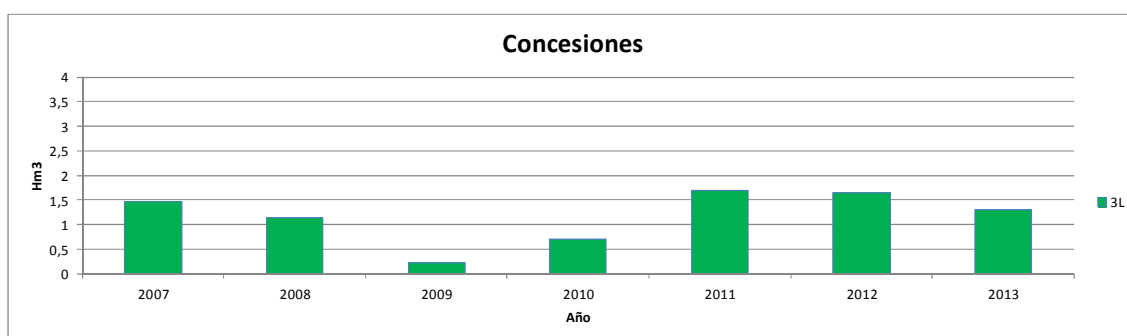


Figura 34. Distribución anual de agua de concesiones. Tercer Canal de Levante

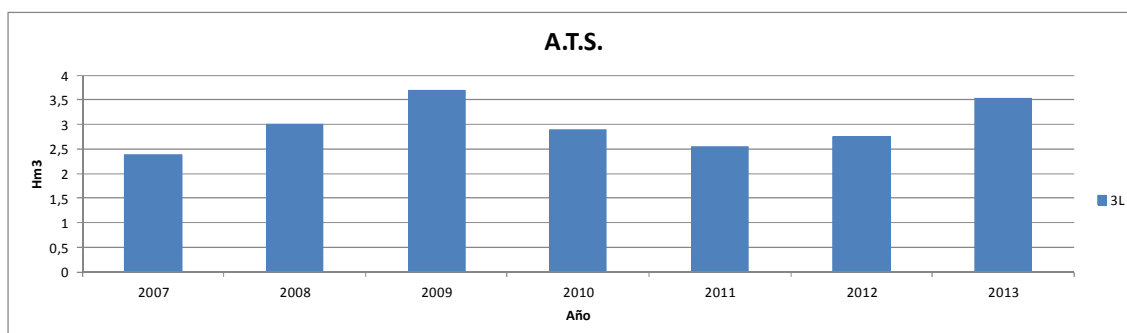


Figura 35. Distribución anual de agua del A.T.S. Tercer Canal de Levante

Esta comunidad de base estuvo a punto de modernizarse en 2010 pero finalmente no llegó a acometer las obras por falta de financiación; los proyectos están redactados y puede que a medio-largo plazo se ejecuten.

El gran inconveniente de la modernización del Tercer Canal de Levante es que por la falta de previsión durante los años de expansión de las ciudades de Elche y Alicante, el día que quieran modernizarse tendrá que acometer un sistema algo diferente al planteado en otras comunidades.

Esto es debido a que originalmente (principios del siglo XX) el Tercer Canal de Levante discurría por la parte sur del casco urbano de Elche y norte de Alicante. A lo largo de los años se ha ido modificando la sección del canal original (ahora está entubado) pero no su traza, por lo que a día de hoy sería impensable ejecutar una conducción principal de modernización de diámetro aproximadamente 1200 mm. a una presión de 7 atmósferas por debajo de las calles de la ciudad.

Una de las alternativas del futuro trazado de la nueva tubería principal de modernización tendría que ser by-passeando la zona sur de Elche y norte de Alicante, lo cual implica unos costes de implantación importantes así como los desvíos de todos los servicios existentes de dos ciudades considerables.

Esta alternativa se presenta en la Figura 36.

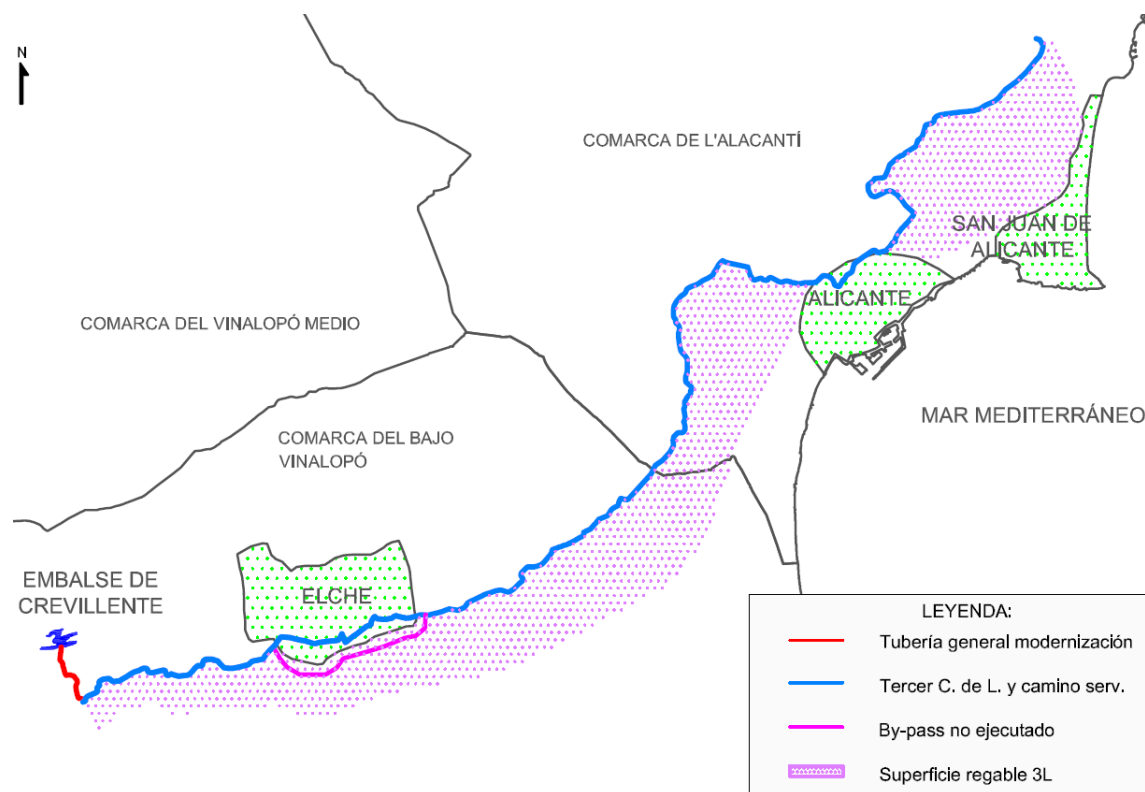


Figura 36. Situación actual y problemática del Tercer Canal de Levante

La otra posibilidad, mucho más factible, sería distribuir el agua de modernización a través de la tubería actual (en lámina libre) hasta pasar el casco urbano de Elche y una vez pasado éste, construir una estación de bombeo que eleve las aguas hasta una nueva balsa que alimente a toda la nueva red presurizada de modernización del Tercer Canal de Levante (Figura 37).

Con respecto al T.M. de Alicante, la nueva tubería de presión podría instalarse bajo la carretera conocida como "Vía Parque" pues hay una franja de terreno dispuesta para ello.

El esquema de funcionamiento sería el siguiente:

- Desde el embalse de Crevillente se vertería a la balsa de la Quinta Elevación (cabecera del Tercer Canal de Levante) por la tubería principal de modernización existente.
- El agua seguiría circulando por el canal actual pero una vez pasado el casco urbano, se bombearía desde la estación de bombeo proyectada hasta un nuevo embalse de regulación situado a la cota suficiente para que la nueva red de modernización tenga la presión adecuada.

- Bajo el camino de servicio existente del Tercer Canal de Levante se instalaría una tubería de presión así como las cabeceras de sector de la red de modernización. A partir de las cabeceras de sector se crearía una red secundaria de suministro a las parcelas tal y como se tiene en las otras comunidades modernizadas.
- La superficie existente entre la cabecera del Tercer Canal de Levante y la futura estación de bombeo tendría que modernizarse desde la tubería secundaria del Segundo Canal de Levante (ya instalada)

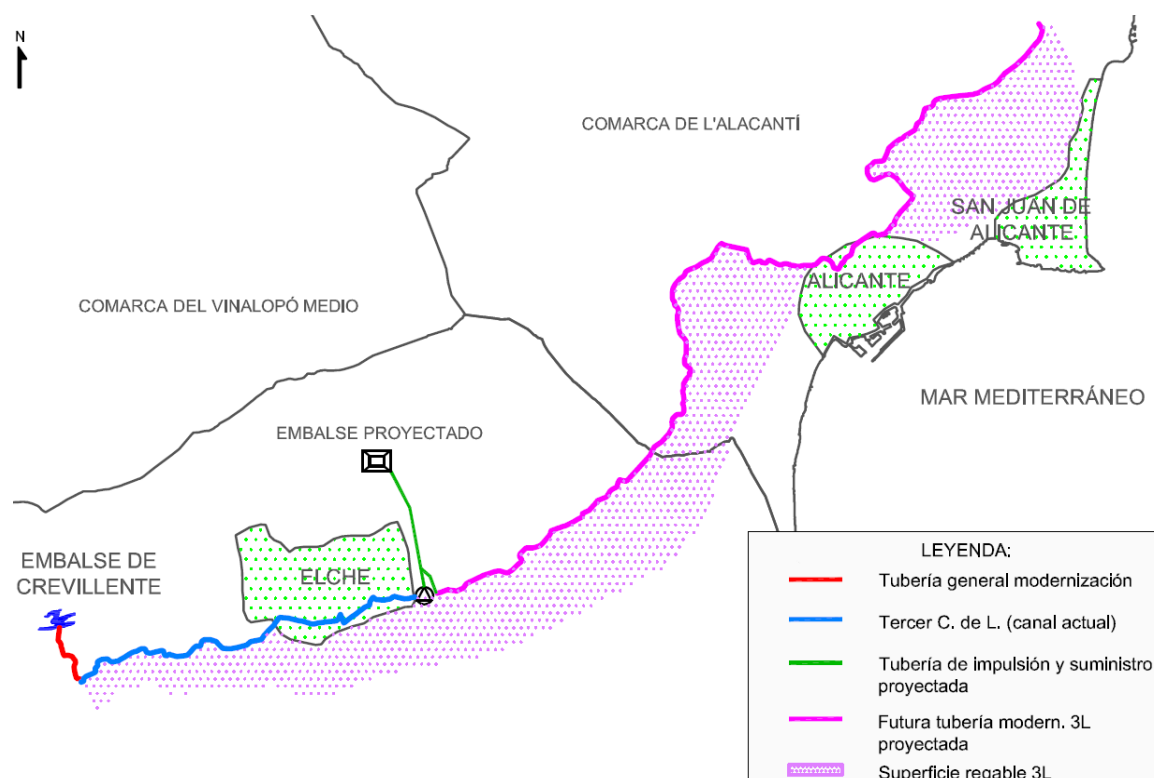


Figura 37. Esquema general propuesto para la futura modernización del Tercer Canal de Levante

A partir de ese momento, la comunidad de base Tercer Canal de Levante se deberá plantear si realmente le interesa mantener el sistema de riego de concesiones ya que deberían seguir compaginando los usos del canal de transporte y soportando las implicaciones que ello conlleva.

No obstante (y con la experiencia observada en otras comunidades de base) se puede pensar que una vez iniciado el proceso de modernización, éste será imparable y la gran mayoría de los comuneros accedan a instalarlo en sus parcelas dejando el riego con agua de concesiones eliminado. En la (Figura 38) vemos la evolución de los hidrantes activados desde la puesta en marcha respecto al número total de comuneros de cada comunidad de base modernizada.

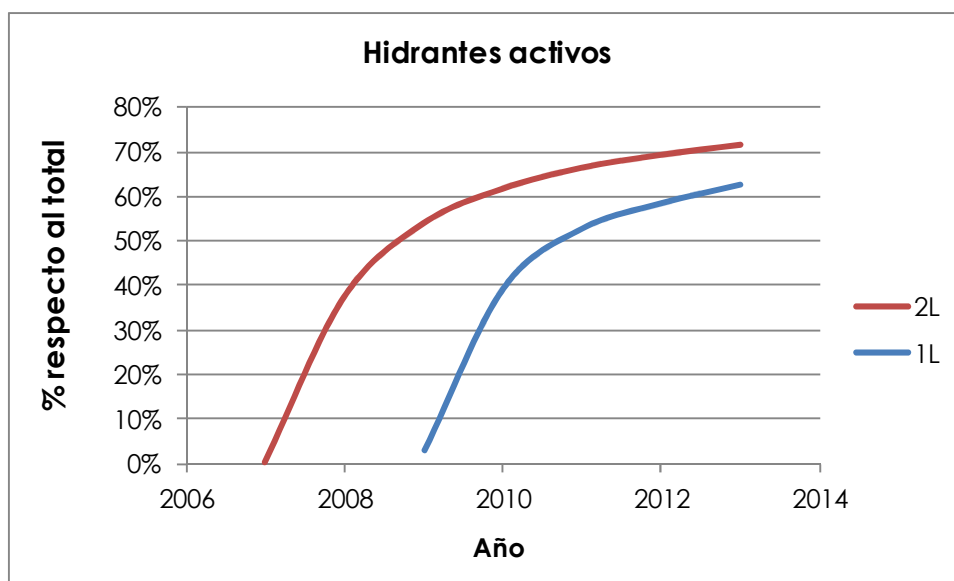


Figura 38. Porcentaje de hidrantes activos respecto al total, desde su instalación

Por otro lado, viendo los volúmenes demandados de agua de concesiones de los últimos años se puede observar la tendencia a la baja de este tipo de agua, además del coste diferencial con otras comunidades por la mayor altura necesaria en los bombeos.

Uno de los motivos de este cambio de tendencia es que los cultivos plantados en esa zona han evolucionado hacia variedades que necesitan buena calidad de agua en detrimento del agua de concesiones.

Así pues, las estimaciones de demanda de agua del A.T.S. para el Tercer Canal de Levante tras su futura modernización se acercan a los 6 Hm³/año.

4.3.1.4 CUARTO CANAL DE PONIENTE_CREVILLENTE

Esta zona riega principalmente del A.T.S. ya que se disparan los costes de explotación debido a la energía que es necesaria para elevar el agua hasta la cota de su canal de distribución. En el periodo 2007-2013 se distribuyeron 1,6 Hm³.

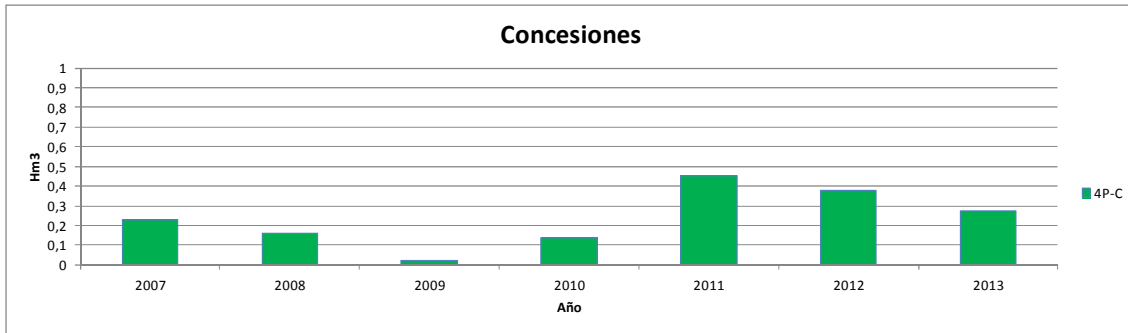


Figura 39. Distribución anual de agua de concesiones. Cuarto Canal de Poniente-Crevillente

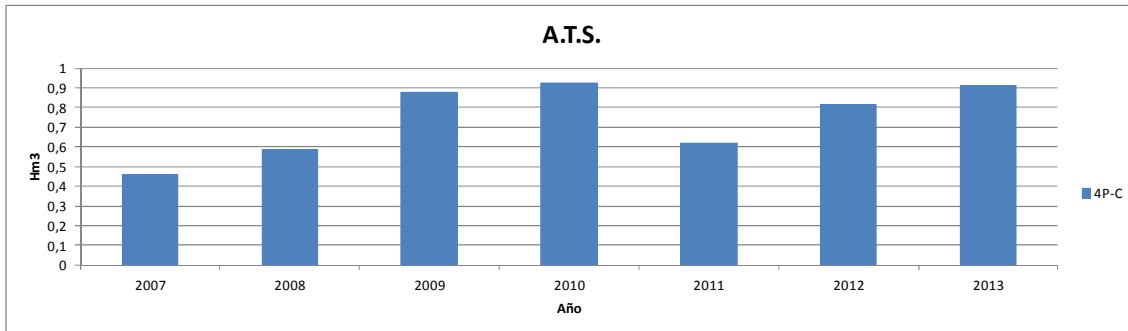


Figura 40. Distribución anual de agua del A.T.S. Cuarto Canal de Poniente-Crevillente

4.3.1.5 CUARTO CANAL DE PONIENTE_ORIHUELA

Esta zona riega principalmente del A.T.S. ya que se disparan los costes de explotación debido a la energía que es necesaria para elevar el agua hasta la cota de su canal de distribución. En el periodo 2007-2013 (descontando el año 2012*) se distribuyeron 2,5 Hm³ frente a los 14,2 Hm³ del A.T.S.

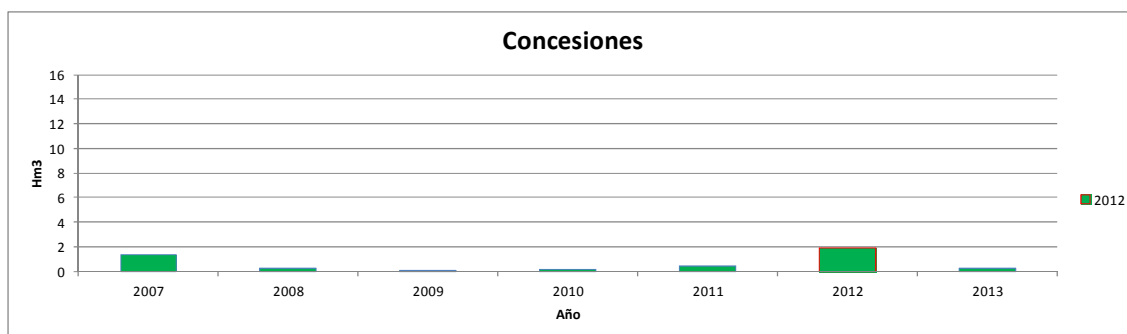


Figura 41. Distribución anual de agua de concesiones. Cuarto Canal de Poniente-Orihuela

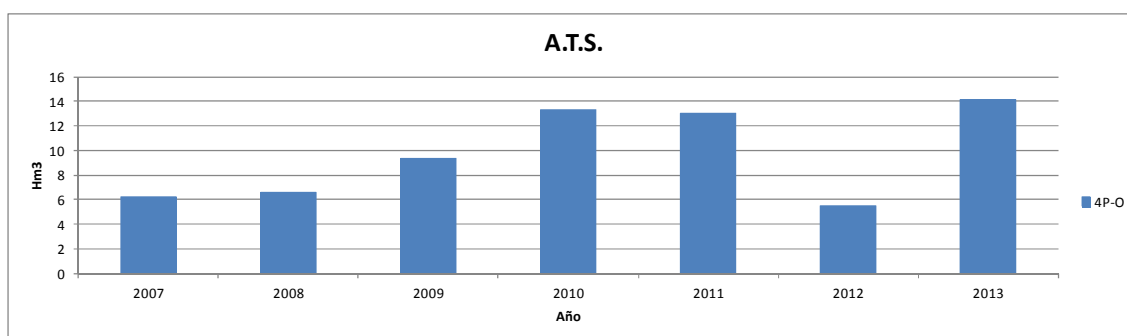


Figura 42. Distribución anual de agua del A.T.S. Cuarto Canal de Poniente-Orihuela

*Nota: El 19 de junio de 2012 se produjo un derrumbe en el túnel del Trasvase Tajo-Segura a su paso por el T.M. de Ulea. Mediante una reparación de urgencia, se pudo restablecer parcialmente el servicio al mes siguiente pero el caudal era inferior a los 4 m³/s por lo que la mayoría de la dotación fue destinada al abastecimiento, por ser prioritario. Posteriormente, a finales del mes de abril de 2013 se dio por finalizada la obra de reparación del túnel y se pudo restablecer el servicio de manera regular. Durante esta crisis hídrica la C.H.S. derivó las aguas antes del túnel al Río Segura y la C.G.R.R.L. elevó durante esos meses las aguas a través de su sistema de elevaciones hasta poder regar el Cuarto Canal de Poniente-Orihuela como si de agua de concesiones se tratase.

En la Figura 41 se puede observar en color rojo que el año 2012 el consumo de agua de "concesiones" se disparó, aunque realmente era agua del A.T.S.

Por otro lado, estas grandes explotaciones llevaron a cabo con sus propios medios unas obras de conversión y transformación del sistema de riego, modernizándose hace más de 20 años. Esto era posible ya que al ser grandes fincas, tenían espacio suficiente para construir una balsa particular y un sistema de riego por goteo que multiplicó sus producciones y les hacía cada vez más competitivos.

4.4 RIEGO MODERNIZADO

La C.G.R.R.L. (M.I.) ha sido una de las primeras que comenzó el proceso de modernización de sus regadíos a raíz del Plan Nacional de Regadíos que empezó a elaborarse a partir del año 1994.

Desde el inicio de las obras de las conducciones generales así como las primeras obras de instalación de las tuberías secundarias y red terciaria, la expectación por ver la evolución de este nuevo sistema era máxima.

Aunque muchos de los regantes se oponían a la modernización por el simple hecho del miedo a lo desconocido, por presentar una actitud inmovilista o bien por otros intereses particulares; y una vez pasado el tiempo, es cuando se puede echar la vista atrás y comprobar que el éxito de la modernización es total.

Los datos más sencillos de obtener para la comunidad de regantes (como es el agua distribuida en uno y otro sistema de riego) son los que demuestran el ascenso imparable de la modernización de los riegos de esta comunidad que pretende seguir con este proceso en cuanto la coyuntura económica mejore.

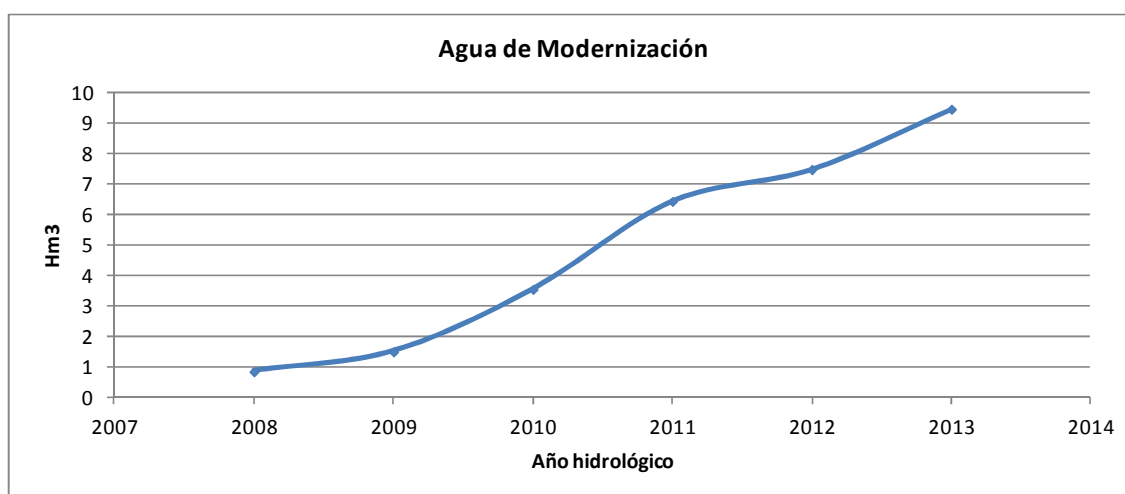


Figura 43. Distribución anual de agua de modernización

Si nos fijamos en la Figura 43 observamos la fuerte tendencia al alza del volumen demandado anualmente, si bien es cierto que en términos de superficie solo se ha modernizado un 28% del total.

5. PROBLEMÁTICA ACTUAL EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE RIEGO DE AGUA DE CONCESIONES

5.1 ROTURA GALERÍA 2ª A 4ª ELEVACIÓN

Para poder derivar las aguas de concesiones embalsadas en El Hondo hasta los canales de riego se han de utilizar varias estaciones de bombeo, construidas a principios del siglo pasado, con tipología de canales abiertos, galerías subterráneas y tuberías de impulsión verticales (en aquella época el acero era muy caro y la mano de obra muy barata).

Los canales y galerías se degradaron de forma acelerada en los últimos años, hasta tal punto que los tramos entre la Segunda, Tercera y Cuarta Elevación se encuentran inservibles, condicionando el servicio de agua de riego en toda la Comunidad de Regantes Figura 44.

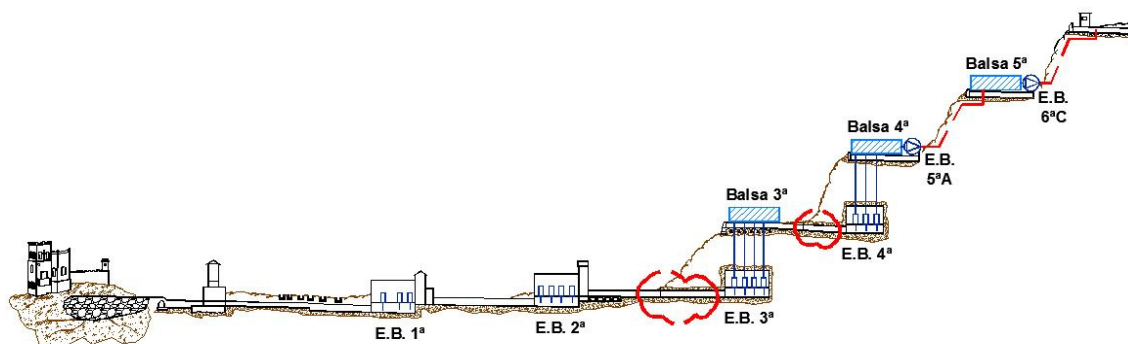


Figura 44. Esquema hidráulico (hundimiento galerías)

En marzo de 2011 la galería de la Segunda a la Tercera Elevación, de 850 m. de longitud presentaba la solera totalmente levantada y los cajeros de los muros se estaban desprendiendo. En el tramo central (Ilustración 24) se observan dos grandes desprendimientos laterales, de muy difícil reparación, que impiden el paso del agua. Asimismo la galería de la Tercera a la Cuarta Elevación, de 1.014 m. de longitud tiene la solera dañada y aparecen desprendimientos en los muros.

Desde un primer momento la renovación de los canales y de las galerías fue descartada por el elevadísimo coste (más de cuatro veces la solución finalmente propuesta), así como el no existir garantía de duración al tratarse de la reparación de una obra ejecutada originalmente hace casi cien años. También se consideró que el plazo de ejecución sería superior a dos años debido a los bajísimos rendimientos en los túneles e imposibilitaba el riego con agua de concesiones en toda la C.G.R.R.L.



Ilustración 24. Desprendimientos en galería Segunda-Tercera

5.1.1 REPARACIÓN DE URGENCIA

Por parte de los servicios técnicos de la Comunidad de Regantes, en Mayo de 2011 se declaró en estado de ruina la galería de la Segunda a la Tercera Elevación. No obstante, para poder salvar la campaña de riego, se propuso realizar una pequeña reparación en la zona más dañada.

Esta reparación de urgencia consistió en la extracción de todo el material derrumbado, estabilización y relleno de las cavernas aparecidas, construcción de los nuevos muros de mampostería y enlucido del tramo afectado de galería (Ilustración 25).

Posteriormente a la reparación se decidió inspeccionar la galería de la Tercera a la Cuarta Elevación para comprobar su estado. Toda la galería tenía la solera fisurada y

la bóveda ya presentaba desprendimientos importantes. Los cajeros de los muros se encontraban desprendidos, confirmándose nuevamente que era un riesgo continuar con el riego siguiendo el esquema actual de canales y galerías.



Ilustración 25. Reparación de urgencia de muros y solera

5.1.2 PROYECTO ELEVACIONES 2ª A 4ª

5.1.2.1 ANTECEDENTES

Tras salvar la campaña de riego de 2011, desde la C.G.R.R.L. se nos encarga a los técnicos la redacción de un proyecto constructivo que sustituya el canal y la galería, por una tubería que conecte la estación de bombeo de la Segunda Elevación con las balsas de la Tercera y Cuarta Elevación.

La construcción de este proyecto denominado "Proyecto para la sustitución de los equipos electromecánicos y conducciones de las elevaciones Segunda a Cuarta, de las obras de mejora y modernización del regadío de la C.G.R.R.L. Fase III. Términos municipales de Elche y Crevillente" fue aprobado por la Junta General de Gobierno de la C.G.R.R.L. y obtuvo la aprobación ambiental por parte de la Conselleria de Infraestructures, Territori i Medi Ambient el 30 de septiembre de 2011.

Debido a la coyuntura económica del momento, la no existencia de subvenciones y con un presupuesto total de 4.309.775,58 € las obras no comienzan hasta febrero de 2013, cuando es la propia Comunidad de Regantes quien, con recursos propios, hace frente al 100% del importe de la obra.

5.1.2.2 LIMITACIONES Y CONDICIONANTES

La aprobación ambiental marcaba una serie de directrices a seguir en el diseño final del proyecto debido, principalmente, a que la estación de bombeo se encuentra dentro del P.N. de El Hondo.

Entre las restricciones de mayor trascendencia definidas en la resolución, se encontraban:

- A. Que la estación de bombeo debía permanecer intacta en su ubicación, estructura y estética:

Esto implicó que no se pudieran colocar más de 3 bombas en el interior del edificio, ya que no existe hueco para ninguna más.

Por otro lado y debido a las dimensiones del edificio, no se podría pensar en colocar calderines antiarriete en su interior para proteger la futura instalación frente al golpe de ariete y tampoco sería posible en el exterior.

- B. Que el trazado de la tubería en los primeros 800 m. (zona dentro del perímetro del parque) debía quedar alojada en el antiguo canal, evitando así el realizar una zanja de gran dimensión en el camino de acceso al parque (Ilustración 26).

Con esta restricción se limita el diámetro de la tubería y directamente la capacidad hidráulica de la instalación, pues el diámetro de la tubería no podía ser mayor de DN1400. Con todo ello, los primeros 200 m. de canal tuvieron que picarse para que la tubería quedase apoyada perfectamente.



Ilustración 26. Fotografías de la tubería en canal previo picado para aumentar sección.

Aparte de los condicionantes impuestos, existían otras limitaciones inherentes a las infraestructuras existentes tales como:

C. Debido al derrumbamiento de la galería Segunda-Tercera había que by-passearla (Ilustración 27):

Esto se decidió hacerlo 50 m. antes de la boca de entrada de ésta y enterrar la tubería bajo el camino de servicio y cruzando bajo la carretera comarcal CV-875 a su paso

por la pedanía de Matola. Todo el resto del primer tramo (hasta la balsa de la Tercera Elevación) se trazó bajo el mismo camino de servicio.



Ilustración 27. Fotografías tubería instalada en by-pass de galería

- D. Los primeros 400 m. del segundo tramo se colocará la tubería en el canal hasta la llegada a la galería, entubándola y cruzando bajo las vías del ferrocarril Elche-Murcia:

Este punto no se podría describir como un condicionante sino como una limitación importantísima en el diseño y concepción del proyecto ya que de haber optado por no entubar este tramo de galería, los trámites administrativos para cruzar una tubería bajo las vías de una línea de ferrocarril nos hubieran llevado directamente a la inviabilidad del proyecto, no sólo por su coste (realizar una hincas de 400 m. a 20 m. de profundidad con un diámetro de camisa exterior de 1600 mm. para poder introducir una tubería de 1200 mm.) sino por su dilatación en el tiempo.

Fue una decisión arriesgada pues la sección de la galería era de 2x1.60 m. más una bóveda de 1 m. y el peso de cada tubo, con una longitud de 6 m., era de más de 7 toneladas.

Además, condicionaba totalmente la capacidad hidráulica del sistema pues no podría instalarse una tubería mayor de DN1200 (Figura 45).

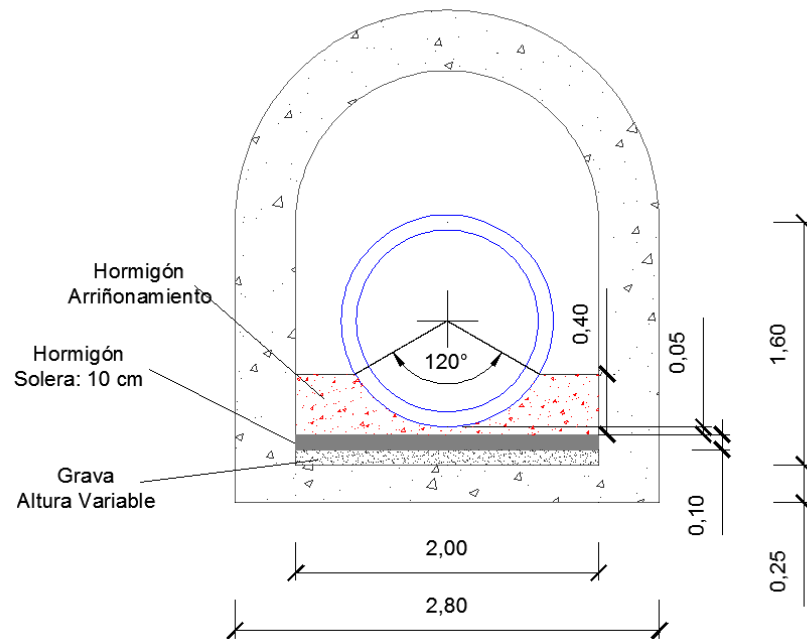


Figura 45. Sección tipo de la conducción en la galería Tercera-Cuarta

La instalación de estos 64 tubos fue posible gracias al diseño de un útil que cargaba los tubos en el exterior de la galería, los transportaba hacia el interior y procedía a su montaje ayudado por un tractor (Ilustración 28).



Ilustración 28. Tubería y útil de carga



Ilustración 29. Fases de carga

En estas fases el útil se introduce a través del tubo y lo carga sobre la viga, siendo actuado por un sistema oleohidráulico manejado por un operario (Ilustración 29).



Ilustración 30. Fases de transporte y colocación

Una vez cargado se desplaza hacia el interior de la galería empujado por un tractor de pequeñas dimensiones. Cuando se coloca el tubo en el interior, el tractor retrocede para repetir la operación (Ilustración 30).

E. La estaciones de bombeo Tercera y Cuarta desaparecen:

Como consecuencia de lo descrito en el punto anterior, también se observó que la galería existente entre la Tercera y Cuarta elevación presentaba zonas donde los hastiales de los muros ya estaban empezando a desprenderse.

Esto obligaba a plantearse la posibilidad de realizar una impulsión en dos etapas: Segunda-Tercera y Segunda-Cuarta. No era nada descabellado pues desde el punto de vista de la explotación de la futura red, se eliminarían dos elevaciones (Tercera y Cuarta) con lo que se podrían disminuir los costes de explotación y mantenimiento.

5.1.2.3 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

La única solución técnicamente viable consistió en la construcción de una nueva impulsión desde la Segunda Elevación a las Elevaciones Tercera y Cuarta, formada por:

- Tubería de impulsión:

Esta nueva tubería de impulsión está dividida en dos tramos. El primero conectará la Segunda Elevación con la Balsa de la Tercera Elevación, con una longitud total de 2.100 m. En los primeros 1.050 m. quedará alojada en el canal a cielo abierto existente y posteriormente en zanja para librar el tramo de galería derruida.

El segundo tramo conectará las Balsas de la Tercera y Cuarta Elevación, siendo la longitud del tramo 1.150 m. En este caso, se entuban 400 m. de galería existente y no dañada para salvar la línea de FFCC cercana. Pasado este punto, se busca la salida a superficie, discurriendo nuevamente en zanja hasta llegar a la Balsa de la Cuarta Elevación.

Con respecto a la tipología de tubería se decidió que fuera de hormigón postesado con camisa de chapa, por sus características de:

- Solución competitiva para grandes diámetros.
- Baja rugosidad absoluta a largo plazo.
- Estabilidad frente a las aguas salinas.
- Posibilidad de trabajar a altas presiones interiores y exteriores.
- No se ve afectada por depresiones.
- Ausencia de incrustaciones en sus paredes que disminuyan la capacidad de transporte.

Partiendo de los condicionantes explicados anteriormente, se calculó el caudal que podría trasegar la tubería fijando previamente una velocidad de 1,5 m/s.

$$Q_1 = 1,50 \cdot \frac{\pi \cdot 1,4^2}{4} = 2,31 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = 1,50 \cdot \frac{\pi \cdot 1,2^2}{4} = 1,70 \text{ m}^3/\text{s}$$

Estos caudales son totalmente insuficientes para los volúmenes que se manejan en la distribución, por lo que se tomó la decisión de elevar el caudal y asumir una mayor velocidad en las tuberías con los riesgos que ello conlleva.

Con todo esto, se fijaron unos caudales mínimos a satisfacer, siendo:

- Q_Segunda-Tercera: 3,60 m³/s
- Q_Segunda-Cuarta: 2,10 m³/s

Ahora las velocidades serían de:

$$V_1 = 3,60 / \frac{\pi \cdot 1,4^2}{4} = 2,34 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_2 = 2,10 / \frac{\pi \cdot 1,2^2}{4} = 1,85 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Pérdidas de carga de la instalación:

Se utilizaron métodos tradicionales de cálculo, utilizando la expresión de Darcy:

$$h_l = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

f: coeficiente de fricción de Darcy

h_l: pérdida de carga (en unidades de longitud)

L: longitud de la tubería

D: diámetro interior de la tubería

v: velocidad media

El coeficiente de fricción de Darcy se calcula mediante la fórmula de Colebrook-White, cuya expresión es la siguiente:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right]$$

Donde:

f: coeficiente de fricción de Darcy

ε : rugosidad absoluta de la tubería

D: diámetro interior de la tubería

Re: número de Reynolds

La rugosidad absoluta de las conducciones de hormigón postesado con camisa de chapa que se adopta es 0,10 mm.

Respecto a las pérdidas localizadas a lo largo de la conducción de impulsión, se considera que son un 10% de las pérdidas continuas por fricción. Aquí se tienen en cuenta las pérdidas localizadas asociadas a la propia estación de bombeo, correspondientes a los codos, válvulas y demás elementos desde la salida de las bombas hasta la conexión con la conducción de impulsión y su llegada a las balsas.

- Nuevo equipo de bombeo:

Estudiando distintos valores de caudal, obtenemos los correspondientes de pérdida de carga en función de la tubería escogida.

Con ello se confeccionan las tablas de pérdidas correspondientes, que al combinarlas con las longitudes equivalentes de los elementos integrantes y los desniveles a salvar, nos permite obtener los puntos de Q/Hm necesarios para construir la curva del sistema de las conducciones.

Combinando esta curva con la de trabajo de las bombas objeto de estudio, conoceremos los puntos de trabajo reales de la instalación.

Los grupos instalados son 3 motobombas sumergibles FLYGT modelo CP 3531.965, diámetro del impulsor 670 mm, salida de voluta 500 mm., motor eléctrico en jaula de ardilla, con una potencia al eje de 680 Kw, a 995 rpm, In 725 A , a 690 V y 50 Hz.

El funcionamiento del sistema según el número de bombas que estén en funcionamiento será, bombeando a la Tercera Elevación:

Tabla 32. Funcionamiento de los equipos bombeando a la Tercera Elevación

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
Qu (l/s)	1330	1272x2 = 2544	1190x3 = 3570
Hman (mca)	38,0	40,0	42,4
PABS/EJE (Kwbomba)	604 / 582	2 x 603 / 582	3 x 596 / 575
η_{hidr} (%)	85,3	85,9	86,2

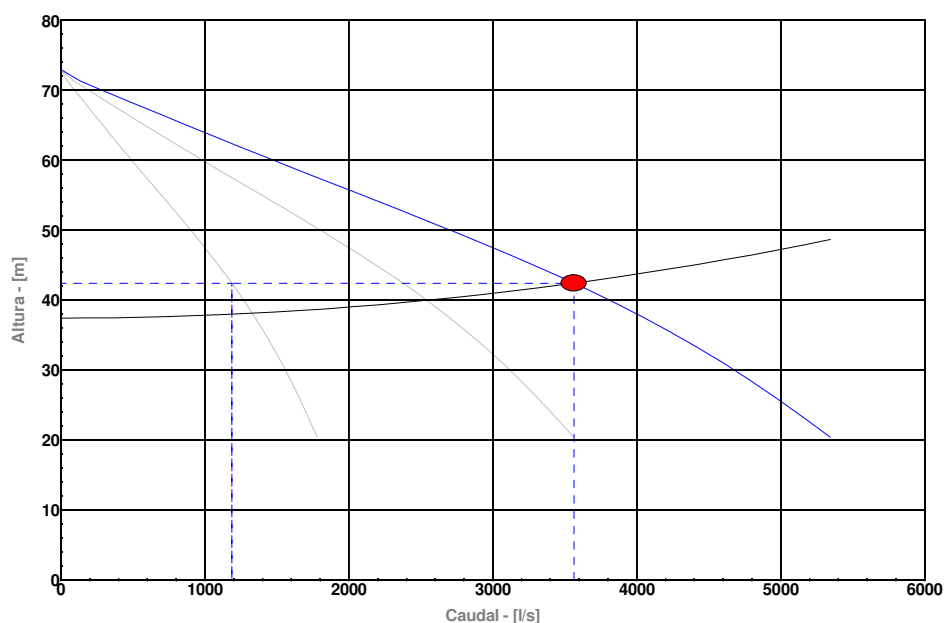


Ilustración 31. Curva del sistema bombeando a la Tercera Elevación

En la Ilustración 31 se muestra la curva resistente del sistema y la intersección con las diferentes curvas de las bombas en función del número de equipos que funcionen en paralelo.

El funcionamiento del sistema según el número de bombas que estén en funcionamiento será, bombeando a la Cuarta Elevación:

Tabla 33. Funcionamiento de los equipos bombeando a la Cuarta Elevación

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
Qu (l/s)	860	786 x 2 = 1572	700 x 3 = 2100
Hman (mca)	51,0	52,8	55
PABS/EJE (Kwbomba)	544 / 524	2 x 528 / 509	3 x 510 / 491
η_{hidr} (%)	82,1	80,1	77,0

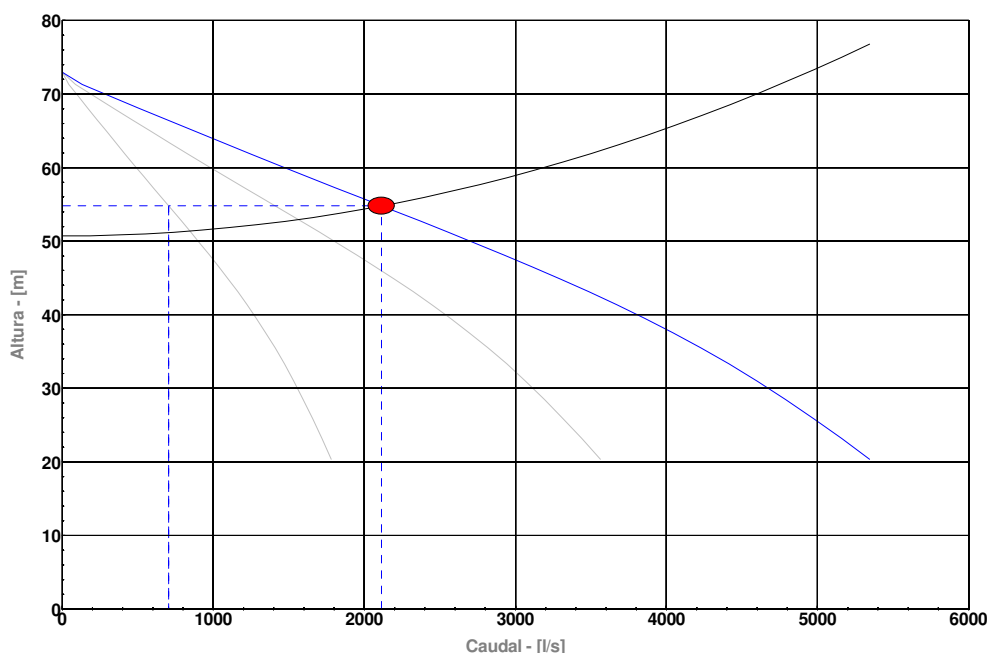


Ilustración 32. Curva del sistema bombeando a la Cuarta Elevación

En la Ilustración 32 se muestra la curva resistente del sistema y la intersección con las diferentes curvas de las bombas en función del número de equipos que funcionen en paralelo.

- Régimen transitorio de la instalación:

Descartando una maniobra brusca de las válvulas de seccionamiento que gobiernan la instalación (derivando el caudal a una balsa u otra), el estudio se centra en una parada brusca del bombeo por un fallo eléctrico.

Tras unos primeros cálculos estimativos y entendiendo la complejidad del sistema así como su solución, se decidió aparcar los métodos tradicionales de cálculo y realizar un modelo matemático para su estudio. Este modelo fue realizado mediante el software de simulación de transitorios Surge 2000 desarrollado por la universidad de Kentucky, USA.

Las dos situaciones estudiadas son: parada brusca con la impulsión de todo el caudal a la Tercera Elevación y parada brusca con la impulsión de todo el caudal a la Cuarta Elevación cuarta con las tres bombas a pleno rendimiento en ambos casos.

Los datos arrojados por el programa y posteriormente analizados son los siguientes:

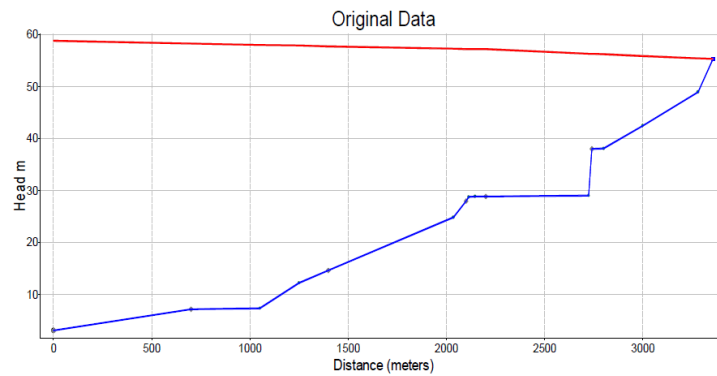


Figura 46. Régimen permanente bombeando a la Cuarta Elevación

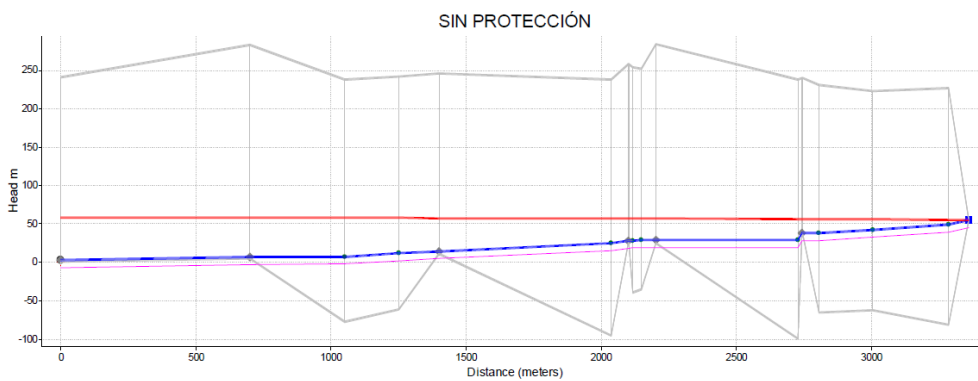


Figura 47. Envoltorio de presiones tras paro repentino, sin protección

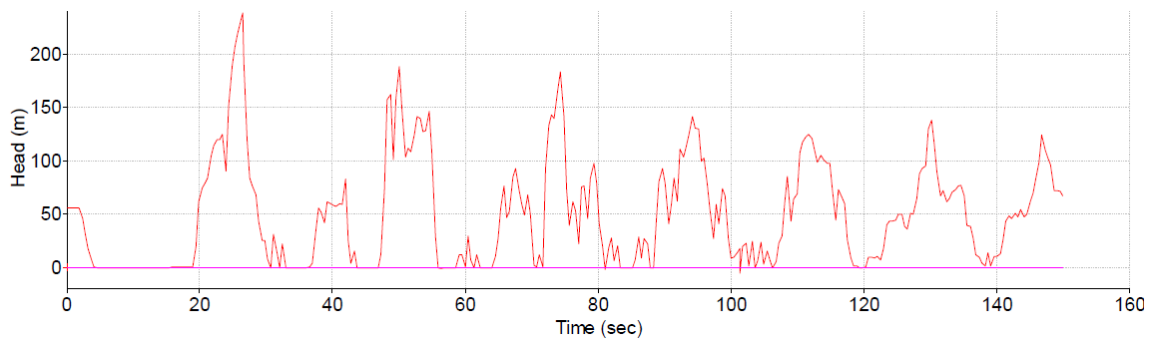


Figura 48. Evolución de las presiones en la estación de bombeo tras paro repentino, sin protección

Para proteger esta instalación se planteó en un primer momento colocar calderines antiarriete para que inyectaran agua cuando cayera la presión en la estación de bombeo pero se descartó esta solución debido a que los calderines eran enormes y no se podían instalar en el entorno del Parque Natural. Su mantenimiento es complejo y ante un fallo de éstos, lo sencillo sería desconectarlos y bombear sin protección.

Se optó por estudiar el sistema de protección mediante válvulas anticipadoras de onda y ventosas de gran capacidad (Ilustración 33) y restrictor a la salida, resultando lo siguiente:

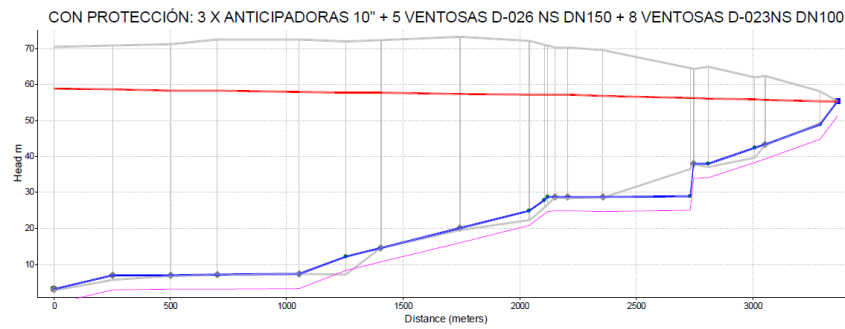


Figura 49. Envolvente de presiones tras paro repentino, con protección

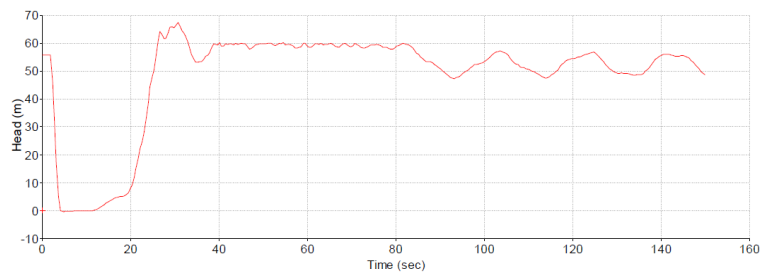


Figura 50. Evolución de las presiones en la estación de bombeo

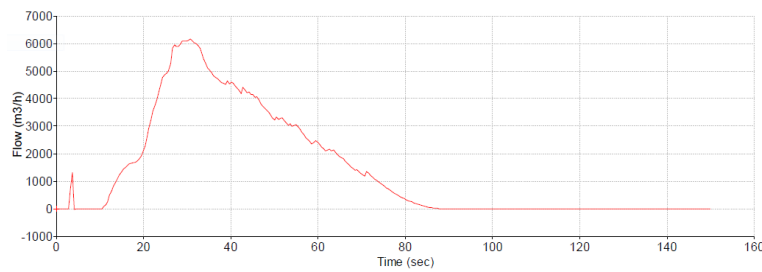


Figura 51. Caudal a través de las válvulas anticipadoras de onda

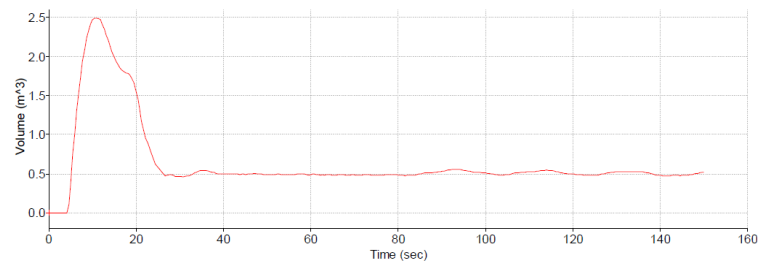


Figura 52. Volumen de la bolsa de aire que ingresa en la ventosa junto a la estación de bombeo



Ilustración 33. Vista del sistema de protección con válvulas anticipadoras de onda y ventosas

5.1.2.4 NUEVO ESQUEMA HIDRÁULICO

Con la puesta en marcha de estas nuevas instalaciones se logrará unificar en un único bombeo la elevación de los mayores volúmenes que son los que riegan los Canales Segundo (Levante y Poniente) y Primero de Levante.

Es significativo el cambio del sistema de distribución por canales de transporte a tuberías presurizadas, debido a las filtraciones y mermas que se producían en la infraestructura original. También se mejora el sistema de distribución al implementar un sistema de automatismo teledirigido que gobierne todas las instalaciones.

Así pues, desde el nuevo bombeo se podrá elevar el volumen necesario a una u otra balsa de riego, que son cabecera de la red de distribución secundaria del riego tradicional (Figura 53).

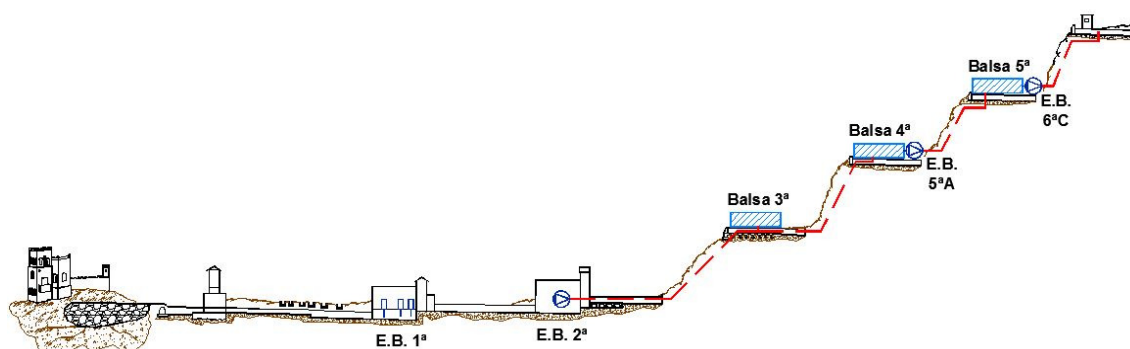


Figura 53. Esquema hidráulico actual mod_4

5.1.2.5 OTRAS MEJORAS

- Los rendimientos energéticos llegarán a estar por encima del 80% frente al 60-65% anterior.
- Se disminuirán las pérdidas de agua en las galerías sustituyéndolas por tuberías que garanticen una total estanquidad.
- Eliminar las paradas en el servicio de distribución por los derrumbes en las galerías.
- Al existir la posibilidad de regulación en todas las impulsiones es posible la regulación automática de todo el nuevo sistema. Esto permite el funcionamiento enseriado de las distintas elevaciones sin los continuos arranques y paradas actuales.
- Disminuir los costes de mantenimiento de las instalaciones.

5.2 TARIFA ELÉCTRICA

Como hemos visto, los volúmenes demandados de agua de concesiones dependen de muchos factores como por ejemplo la época del año, las lluvias acaecidas en el tiempo, la disponibilidad de agua de concesiones, la calidad de ésta, etc.

Lo interesante sería poder adaptar el régimen de tarifa eléctrica a la demanda de agua de riego, ahorrando así muchos costes de explotación, facilitando la distribución y aumentando el volumen de agua servida.

También hay que destacar que con el restrictivo contrato eléctrico existente ajustado a las nuevas reglamentaciones, solamente se permite un cambio de régimen tarifario anual y no se estima que esto pueda cambiar. También influye la carencia de una tarifa eléctrica "agrícola" que no penalice a grandes consumidores como son las comunidades de regantes de todo el territorio, entendiéndose el sector agrícola como un sector estratégico y motor de la economía de muchas regiones.

5.2.1 TARIFA CONTRATADA ORIGINALMENTE

Si analizamos el calendario energético (Figura 54) así como la tarifa eléctrica contratada originalmente, vemos que nos penaliza de manera severa si salimos del rango de las 00:00 - 08:00 h. de lunes a viernes y del fin de semana completo (tramo P-6).

El mes de agosto es el único mes del año en el que podemos disponer de energía económica ya que durante las 24 h. de todos los días es periodo valle (P-6). Hay que destacar que la máxima demanda anual de agua, e implícitamente la máxima demanda de energía eléctrica, se produce no solamente en el mes de agosto sino durante los meses de mayo, junio, julio, septiembre y octubre.

	0_1	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	6_7	7_8	8_9	9_10	10_11	11_12	12_13	13_14	14_15	15_16	16_17	17_18	18_19	19_20	20_21	21_22	22_23	23_24
Enero	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Febrero	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Marzo	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
Abril	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Mayo	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
1ª Quincena Junio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
2ª Quincena Junio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2
Julio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2
Agosto, Sab, Dom y Festivos Nacionales	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
Septiembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
Octubre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Noviembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
Diciembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2

Figura 54. Calendario energético peninsular 2014

Si atendemos ahora al precio de la energía y los términos de potencia (Tabla 34) que se pagan a la distribuidora con la que la comunidad de regantes tiene contratada la energía, vemos una fuerte penalización en los precios fuera del tramo P-6.

Hasta hace unos meses, la comunidad de regantes disponía de un contrato que se dividía en seis tramos, y cuyos precios se representan a continuación:

- P1 = 60 kW.
- P1 a P5 = 2.500 kW.
- P6 = 3.800 kW.

Tabla 34. Precios reflejados en contrato original

Periodo	Término de Potencia €/kW y mes	Término de Energía €/kWh
1	1,846529	0,07965
2	0,924064	0,06096
3	0,676261	0,04793
4	0,676261	0,04621
5	0,676261	0,04827
6	0,308554	0,03620

Estos precios no incluyen el impuesto sobre la electricidad, el I.V.A. y se repercutirán los costes regulados que pueda facturar la distribuidora, como son la reactiva, excesos de potencia, alquiler de equipo de medida, etc.

5.2.2 FACTURACIÓN

Tal y como marca la legislación, para cada uno de los períodos tarifarios aplicables a las tarifas, se contrata una potencia, aplicable durante todo el año. El término de facturación de potencia será el sumatorio resultante de multiplicar la potencia a facturar en cada período tarifario, que se define más adelante, por el término de potencia correspondiente, según la fórmula siguiente: $FP = \sum t_{pi} \times P_{fi}$

- P_{fi} = potencia a facturar en el período tarifario i , expresada en kW.
- t_{pi} = precio anual del término de potencia del período tarifario i .

En estas tarifas el control de la potencia demandada se realiza por medio de las mediciones cuarto-horarias de los equipos de medida y se factura directamente la potencia contratada en cada uno de los 6 períodos.

5.2.3 EXCESOS DE POTENCIA

En el Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre se definen las penalizaciones por Excesos de Potencia.

En el caso de las tarifas P-6 el control de la potencia demandada se realizará por medio de las mediciones cuarto horarias de los equipos de medida.

La potencia a facturar en cada período tarifario será la potencia contratada. En el caso de que la potencia demandada sobrepase en cualquier período horario la potencia contratada en el mismo, se procederá, además, a la facturación de todos y

cada uno de los excesos registrados en cada período, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$F_{EP} = \sum_{i=1}^{i=6} K_i \times 1,4064 \times A_{ei}$$

Donde:

Ki = coeficiente que tomará los siguientes valores dependiendo del período tarifario i:

Período	1	2	3	4	5	6
Ki	1	0,5	0,37	0,37	0,37	0,17

El exceso de potencia (Aei) se calculará de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$A_{ei} = \sqrt{\sum_{j=1}^{j=n} (P_{dj} - P_{ci})^2}$$

Donde:

Pdj = potencia demandada en cada uno de los cuartos de hora del período i en que se haya sobrepasado Pci.

Pci = potencia contratada en el período i en el período considerado.

Estas potencias se expresarán en kW y los excesos de potencia se facturarán mensualmente.

5.2.4 NUEVA TARIFA ELÉCTRICA PROVISIONAL

De manera provisional, aprovechando que se disponía del cambio permitido anualmente en la tarifa eléctrica y tratando de negociar una mejor tarifa eléctrica con distintos suministradores para la campaña 2014-2015, la comunidad de regantes ha cambiado su potencia contratada en los tramos P1-P5, variando también los precios reflejados anteriormente. Además, ya no se tiene un coste fijo de la energía sino que se accede al mercado libremente "pull".

El nuevo contrato también se divide en seis periodos:

- P1 = 60 kW.
- P1 a P5 = 500 kW.
- P6 = 3.800 kW.

La selección de las potencias contratadas en los diferentes tramos respondían a diversos criterios como por ejemplo, pensando que no se iban a exceder las potencias contratadas en cada tramo. También se trataba de buscar un equilibrio entre los costes fijos por términos de potencia y el volumen de agua que se iba a distribuir durante la campaña.

Este punto es clave pues se debe de poner en consonancia los volúmenes de demanda esperados (no conocidos) y las potencias instaladas (conocidas) para toda la campaña sin salir del periodo P-6.

La situación de equilibrio en la que se compensa el exceso de potencia con el término de potencia contratado debería tratarse en un estudio de mayor envergadura y no es objeto de este trabajo por dos razones fundamentales:

- La negociación con diferentes proveedores eléctricos es tediosa y dilatada en el tiempo, atendiendo además a otros factores que entran en juego como por ejemplo el tipo de facturación, la forma de pago, etc.
- Dentro de esa negociación, los precios correspondientes a los términos de potencia y energía varían significativamente por lo que las opciones son múltiples y deben ser estudiadas con detenimiento.

5.3 FALTA DE N° DE HORAS DE BOMBEO EN P-6

Como se ha descrito anteriormente, debido a la disminución en la capacidad de bombeo de la Segunda Elevación por motivos de diseño de las instalaciones (obligado en parte por la resolución ambiental) desde la puesta en marcha de la nueva instalación se están presentando graves problemas en la distribución de la C.G.R.R.L.

También ha sido clave el cambio de tarifa eléctrica contratada, siendo esta nueva tarifa muy reducida en cuanto a número de horas disponibles en periodo valle con potencia suficiente para mover grandes volúmenes de agua. Aunque desde un primer momento se estimó que podría suponer un problema importante para la distribución en los meses de mayor consumo, era una circunstancia casi obligatoria debido a que el capital invertido en la construcción de las instalaciones era 100% proveniente de los recursos propios de la comunidad de regantes y debía reducir sus costes de explotación para poder pasarlos a la partida de amortización del préstamo correspondiente.

Todo esto ha derivado en que, dado que el Primer Canal de Levante tiene un déficit medio diario de capacidad de almacenamiento de entre 7.000 y 15.000 m³ en los meses de mayor consumo, se tiene que aportar más volumen bombeando desde la Segunda Elevación en periodo punta, saltándose las restricciones horarias y pagando la correspondiente penalización.

Desafortunadamente, este déficit debe suplirse cuando la tarifa eléctrica está en su precio más alto, siendo a media mañana. Esto se produce porque la balsa comienza a vaciarse (el servicio de distribución comienza a las 08:00 h.) y la franja horaria de mayor riego queda entorno a las 10:00-19:00 h.

6. MODELO MATEMÁTICO DEL SISTEMA

Una vez conocidas las instalaciones existentes y su funcionamiento se propone el desarrollo de un modelo matemático que permita operar en diferentes escenarios para así poder realizar una propuesta de mejoras y validar su funcionamiento. Este modelo cuasiestacionario se ha realizado con el programa informático EPANET, versión 2.0.

No se trata de un modelo georreferenciado, sino de un modelo energético con el cual se pueden simular las estaciones de bombeo, conducciones y elementos de regulación en diferentes escenarios. Para ello se estudiarán de manera aislada algunos elementos o situaciones reales, comprobando que coinciden los datos arrojados por el programa con la realidad. También se analizará el sistema como un conjunto de subsistemas para conocer el funcionamiento real y poder estudiar diferentes propuestas de mejora.

6.1 FASES DE GENERACIÓN DEL MODELO

El desarrollo del modelo se ha centrado únicamente sobre la parte presurizada, introduciendo los datos relativos a balsas de regulación, grupos de bombeo, tuberías, válvulas, compuertas y consignas que regulan y ordenan el funcionamiento del sistema.

Esto ha sido motivado puesto que no tiene sentido introducir la red de canales de distribución ya que no aportan más información que la que nos puedan dar los registros de sus caudalímetros ubicados en cabecera.

6.1.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Toda la elaboración de un modelo matemático requiere una primera fase de recopilación de la información necesaria para ello, a veces un tanto tediosa debido al gran volumen documental existente y que hay que cribar para su utilización eficiente.

Afortunadamente y debido a que he participado en la redacción del proyecto y la dirección de obra de la instalación puesta en marcha en enero de 2014 ha sido fácil el obtener toda la información necesaria.

Para el desarrollo del modelo se han necesitado los datos relativos a conducciones, elementos de regulación (válvulas), bombas, balsas, consumos, etc. que se describirán en los siguientes apartados.

6.1.1.1 TUBERÍAS

Para la representación de las tuberías se han definido los diámetros, longitudes, materiales y puntos significativos de éstas, obtenidos en los perfiles longitudinales y secciones de los datos existentes en los proyectos "as built".

Las rugosidades definidas en la Tabla 35 se han obtenido de los manuales técnicos de los fabricantes de las conducciones y han sido contrastados con la "Guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión, del Cedex".

Tabla 35. Rugosidad absoluta asignada a las conducciones

Material	K (mm)
Hormigón	0,10
Acero	0,05
PRFV	0,05

Además se ha considerado en cada caso un coeficiente de pérdidas menores correspondiente a cambios de alineación, piezas especiales, etc.

6.1.1.2 DEPÓSITOS Y BALSAS

Se ha introducido la curva de cubicación de las balsas (Figura 55), cotas de solera, niveles máximo y mínimo así como el nivel inicial correspondiente con cada simulación.

En todas las situaciones la entrada de agua se realiza por el fondo, por lo que no ha sido necesario emular una entrada por coronación mediante válvulas sostenedoras de presión.

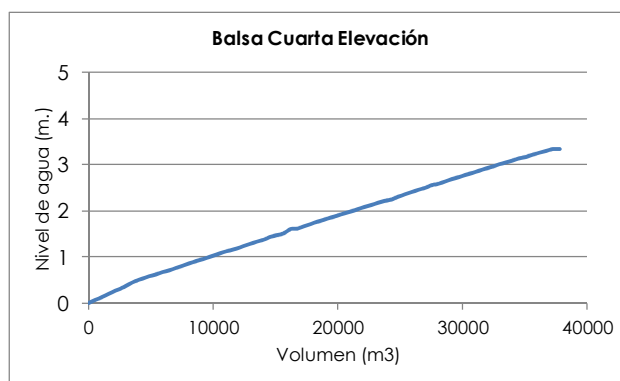


Figura 55. Cubicación de la balsa de la Cuarta Elevación

6.1.1.3 BOMBAS

La introducción de las curvas de las bombas no se ha hecho según los datos teóricos del fabricante ya que de todos los grupos se conocen las curvas reales o "test report" de prueba en fábrica, tratándose de reproducir fielmente el comportamiento de las bombas en sus diferentes puntos de trabajo. También se han introducido las curvas de rendimiento reales de cada una de las bombas (Figura 56).

Respecto a su funcionamiento y gracias al sistema de telecontrol instalado en todas las elevaciones, se conoce con precisión el tiempo de funcionamiento de cada grupo o la frecuencia a la que estaba trabajando, entre otros.

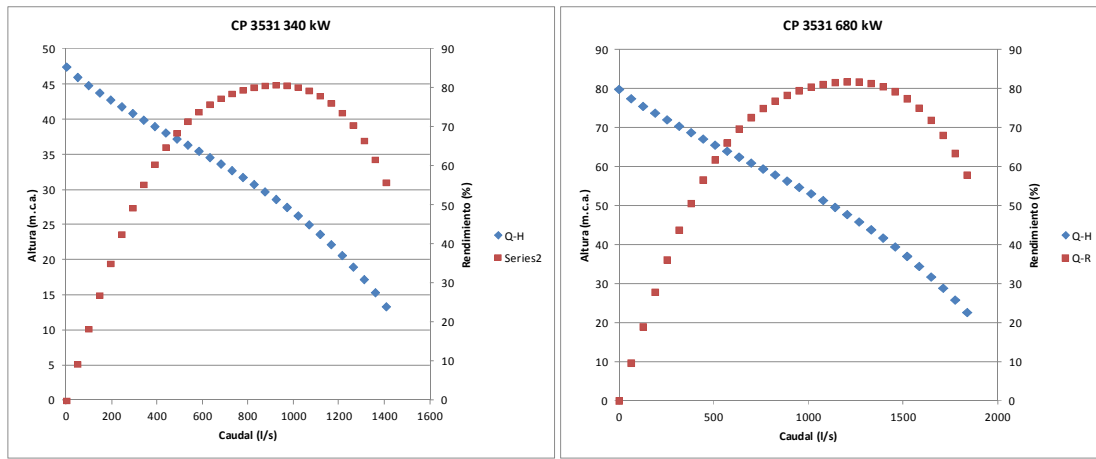


Figura 56. Curvas reales de las bombas introducidas

6.1.1.4 DEMANDAS

Las demandas de cada uno de los puntos de suministro se han modelado con una tabla de patrones de consumo referidas a su caudal medio, a partir de los valores extraídos de la base de datos del caudalímetro (Figura 57).

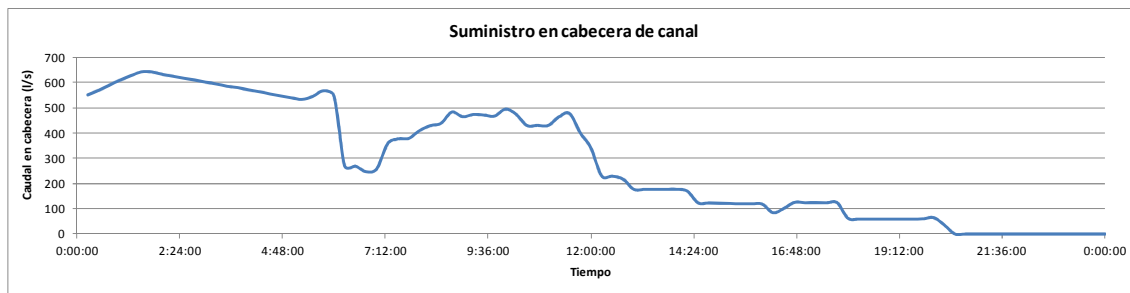


Figura 57. Representación de los datos del caudalímetro electromagnético

Los pares de valores caudal-tiempo importados desde la base de datos del sistema de telecontrol se representan como una demanda del nudo correspondiente a la cabecera de canal Q (t) (Figura 58).

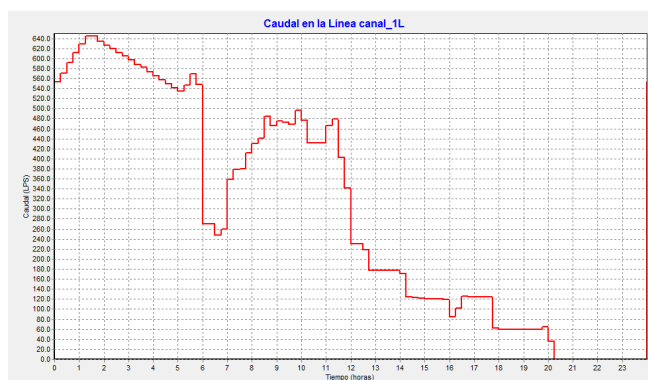


Figura 58. Demanda asociada a una cabecera de canal

6.1.1.5 ELEMENTOS DE REGULACIÓN

Las válvulas se han modelado como válvulas de regulación, introduciendo el coeficiente de pérdidas menores "k" correspondiente al Kv asociado para el grado de apertura seleccionado. Lo mismo se ha hecho con las válvulas de retención (Tabla 36).

Se ha comprobado, con el manómetro existente aguas abajo de las válvulas la pérdida de carga que éstas generan. Aunque la precisión no es métrica, parece que corresponden los valores calculados de pérdida de carga con la real.

Tabla 36. Pérdidas de carga en válvulas

Tipo de válvula	Diámetro nominal (mm.)	Kv(90°)	Coef. pérdidas (k)
Mariposa	700	30.000	0,42
Mariposa	1000	65.000	0,37
Retención	700	30.000	0,42
Retención	800	39.000	0,42

6.1.1.6 CONSIGNAS

Para cada una de las situaciones modeladas y para asegurar el buen funcionamiento del modelo, se ha ido introduciendo las consignas de marcha y paro de las bombas en función de la hora a la que funcionan.

La precisión de los valores de arranque y paro de bombas es de segundos con lo que se puede lograr una reproducción fiel del verdadero funcionamiento en cada caso (Figura 59 y Tabla 37).

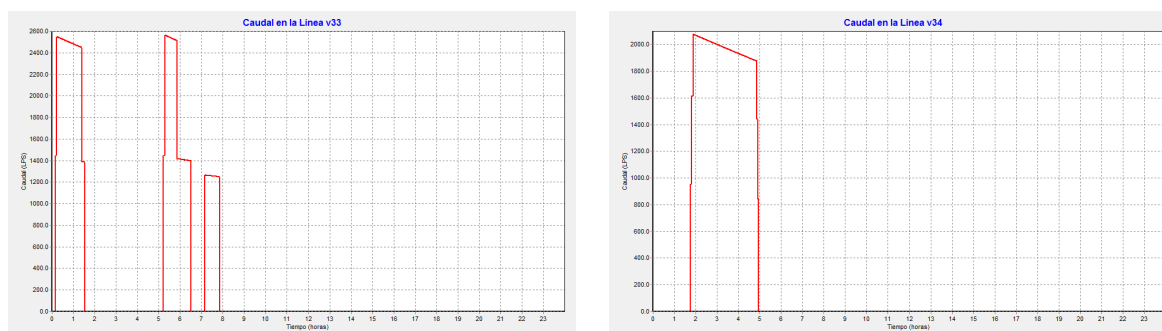


Figura 59. Representación del funcionamiento de las bombas

Tabla 37. Consignas introducidas de marcha y paro de bombas

Fecha	Hora	Funcionamiento
09/06/2014	0:00:00	0
09/06/2014	1:53:15	1
09/06/2014	4:00:00	1
09/06/2014	4:52:14	0

También se controla la apertura y cierre de la válvula 3 cuando se quiere bombear a la balsa de la Cuarta Elevación.

La válvula 4 no hace falta consignarla pues la diferencia de alturas entre las balsas hace que el agua no llegue a la Cuarta Elevación cuando se está bombeando a la Tercera Elevación.

6.1.2 ESQUELETIZACIÓN DE LA RED

Se ha tratado de realizar un modelo muy sencillo para facilitar su operatividad pero que a la vez permita reflejar con detalle el comportamiento real del sistema. En este sentido, por ejemplo, se ha desacoplado la Primera Elevación ya que su aporte al modelo energético de la problemática a estudiar es nulo.

Donde se ha centrado el esfuerzo ha sido en introducir con determinación el número de elementos, nudos y líneas que realmente podían influir en el comportamiento o servirían para comprobar la bondad del modelo.

Es por ello que, una vez desarrollado el modelo inicial que incluye el conjunto de todas las instalaciones existentes objeto de este estudio (Figura 60), éste ha derivado en otros modelos más reducidos con los que era más fácil trabajar (Figura 61). Se facilita así la tarea de manejar tantos elementos como en el general.

La posibilidad de trabajar con modelos menores ha sido únicamente gracias a las características de la red, pues se trata de bombeos enseriados con balsas de regulación y canales que se alimentan desde éstas o en directo desde el bombeo por lo que las posibilidades son múltiples.

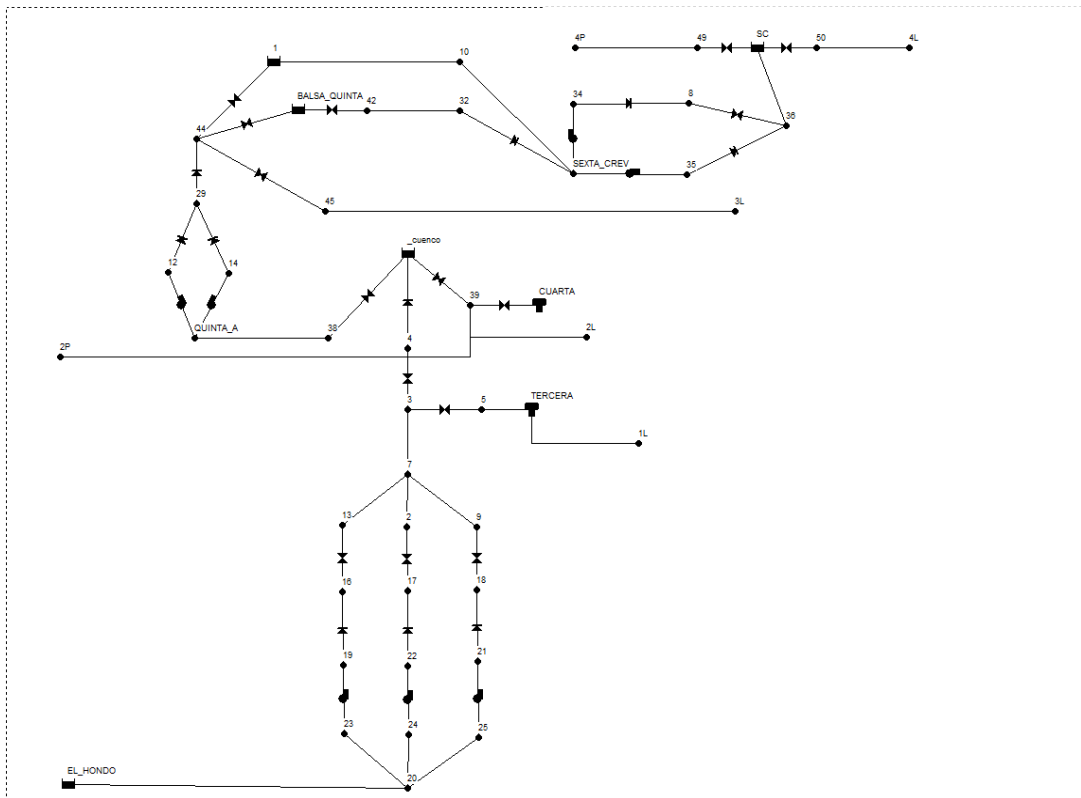


Figura 60. Modelo matemático general

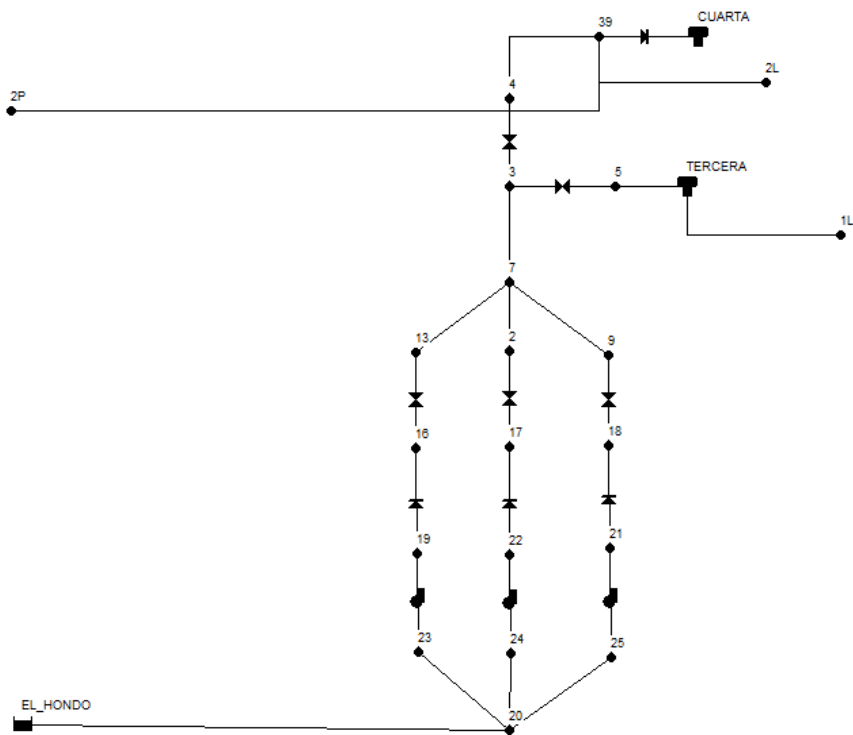


Figura 61. Modelo matemático discretizado

6.2 COMPROBACIÓN DE RESULTADOS Y VALIDACIÓN DEL MODELO

Debido a que los valores de los parámetros introducidos tienen un carácter teórico (la rugosidad de las tuberías entre otros) se pasa ahora a una fase de la elaboración del modelo que es fundamental para su manejo posterior que es la validación y calibración. Los resultados arrojados por el programa son contrastados por los datos obtenidos en campo a través de transductores de presión, caudalímetros en las impulsiones y sondas de nivel ultrasónicas, todos ellos centralizados y almacenados por el sistema de telecontrol en la base de datos.

Para facilitar la tarea de validación del modelo global, he optado por utilizar diferentes modelos simplificados y operar con ellos de modo que se reprodujeran situaciones ya vividas y de las que se disponían los datos para su comprobación.

A continuación se desarrolla el método para calibrar uno de los modelos reducidos:

6.2.1 BOMBEO A LA CUARTA ELEVACIÓN

El día 20 de Mayo de 2014 la balsa de la Cuarta Elevación tenía un nivel inicial de 2,96 m. y se disponía a dar servicio a los canales Segundo de Levante y Poniente.

El servicio de distribución comenzó a las 01:00 h. mientras que el bombeo Segunda-Cuarta empezó a las 00:34 h. hasta que la balsa a las 03:32 h. Antes de las 08:00 h. se volvió a bombear durante 40 minutos para dejar un pequeño volumen como margen de seguridad ya que ese día la planificación de volúmenes se había hecho muy ajustada. Cuando llega el final del servicio de distribución a las 20:00 h. se queda la balsa totalmente vacía.

Introduciendo en el modelo un archivo de calibración correspondiente a los datos almacenados por la sonda de nivel ultrasónica $Z(t)$ real y representando la presión en el nudo correspondiente a la balsa $Z(t)$ modelo, podemos ver cómo el comportamiento es muy similar al real aunque con un desfase en las alturas de la lámina de agua considerable (Figura 62).

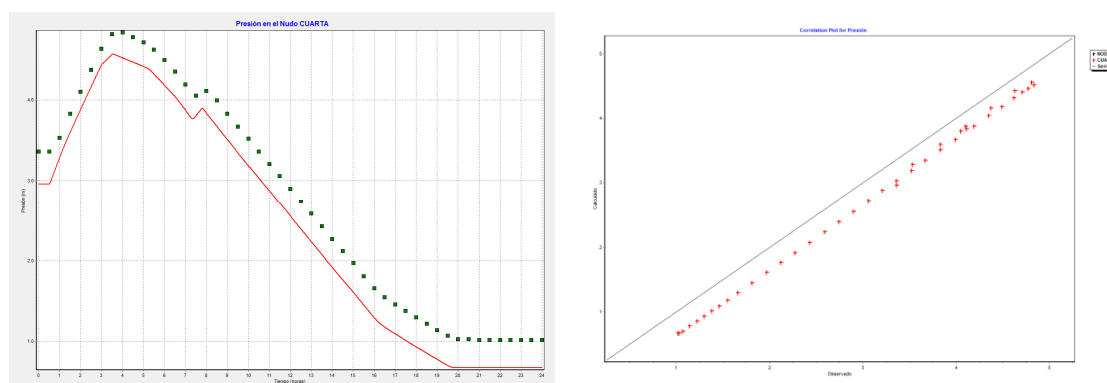


Figura 62. Presión en la balsa antes de la calibración

Este desfase se debía a que la posición relativa de la sonda ultrasónica no estaba perfectamente definida pero fue solucionado posteriormente. A partir de este momento todas las mediciones de esa sonda ultrasónica se han corregido para evitar

así diferencias posteriores. En la Figura 63 se comprueba que el comportamiento del modelo mejora significativamente.

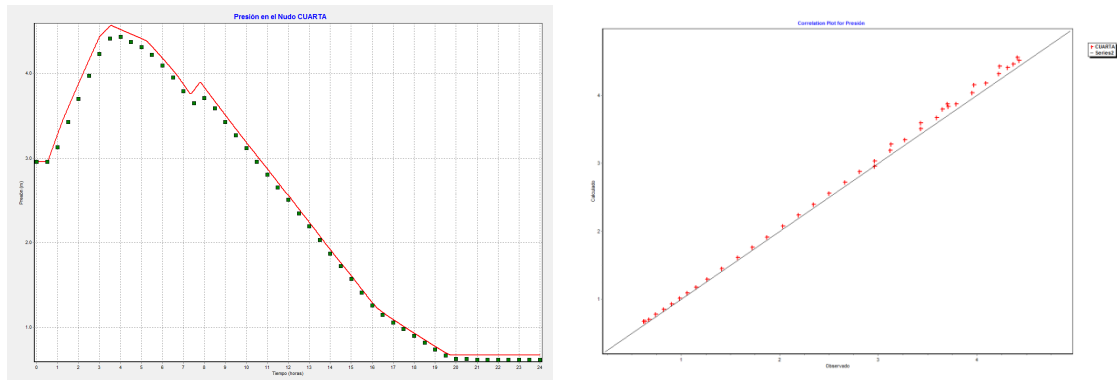


Figura 63. Presión en la balsa después del primer ajuste

Una vez se ha obtenido un ajuste de los parámetros de comparación, el modelo se corrige parcialmente ajustando los coeficientes de pérdidas menores de manera que, probando diferentes valores, se acota la solución definitiva y se valida la solución (Figura 64).

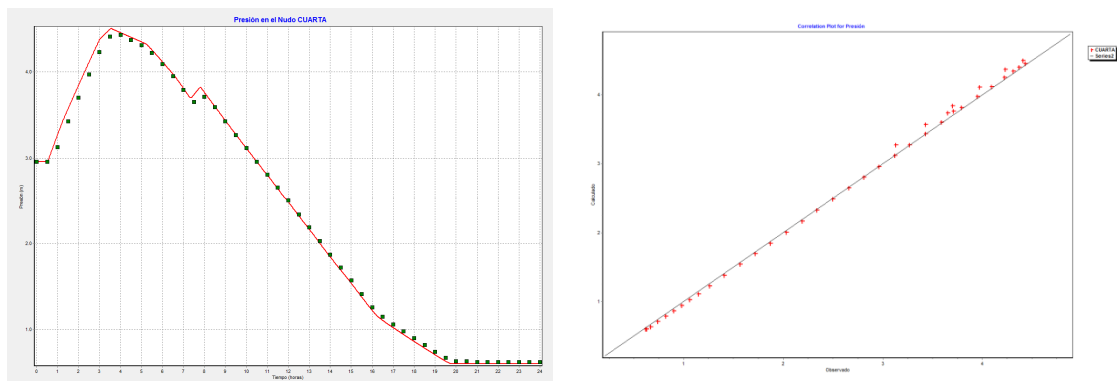


Figura 64. Presión en la balsa después del segundo ajuste

Estadísticas de Calibración para Presión

Localización	Nº Observ Obs	Calc Media	Media	RMS Error	RMS Error
CUARTA	48	2.40	2.41	0.039	0.055
Sistema de Red	48	2.40	2.41	0.039	0.055

Correlación entre los Términos: 0.000

Figura 65. Estadísticas de calibración obtenidas por el modelo

7. MEDIDAS ADOPTADAS PARA TRATAR DE PALIAR EL DÉFICIT ESTRUCTURAL

Hasta la fecha, desde la comunidad de regantes se han puesto en marcha diferentes estrategias para tratar de paliar el déficit estructural sufrido, aunque la efectividad de las mismas se pone en entredicho debido a que estas maniobras han llevado asociado otros problemas que se describen a continuación.

7.1 TRASPASO DE CAUDALES ENTRE BALSAS

La primera medida que se intentó poner en marcha fue el traspaso de agua desde la balsa de la Cuarta Elevación hasta la balsa de la Tercera Elevación, ya que la primera tiene mayor capacidad y se puede llenar en horas valle. En periodo punta, se transferiría agua desde una balsa a otra por la misma conducción de impulsión aprovechando el desnivel favorable existente. Desde el primer momento se planteó como una solución técnicamente viable ya que se pueden laminar las horas puntas de consumo compensándolas con horas de bombeo en periodo nocturno, además de que es una solución empleada en multitud de instalaciones similares.

Cuando el bombeo de la Segunda Elevación entra en funcionamiento, el agua se deriva a una u otra balsa mediante un juego de válvulas de maripapa DN1000 instaladas en una arqueta de derivación situada junto a la Tercera Elevación (Figura 66).

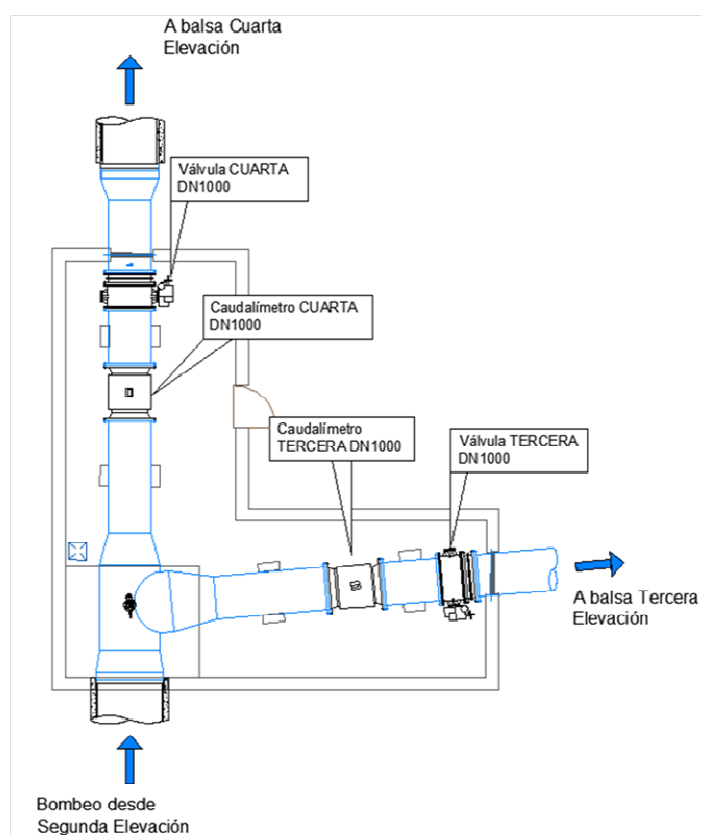


Figura 66. Plano en planta de la arqueta de derivación situada junto a la balsa de la Tercera Elevación

Estas válvulas, pese a que su motorreductor está preparado para regulación, no son las más adecuadas para realizar este tipo de maniobras debido a la magnitud de los caudales manejados, los diámetros de éstas y la diferencia de altura geométrica entre una y otra balsa.

No obstante, se analizó la gráfica de pérdidas de carga del fabricante de la válvula (Figura 67) y se obtuvo una curva de pérdidas (Figura 68) que se podría introducir en un modelo matemático muy esquemático para su estudio con diferentes grados de apertura.

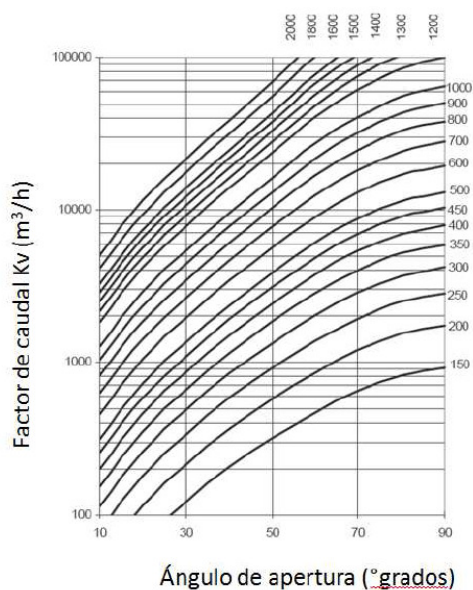


Figura 67. Relación K_v y ángulo de apertura

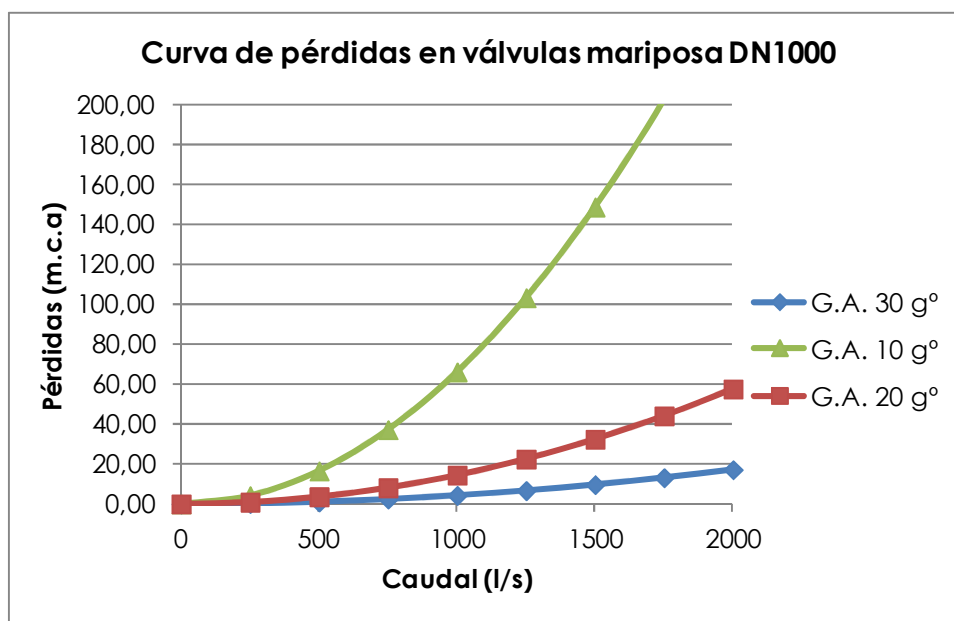


Figura 68. Curva de pérdidas de carga introducida en el modelo

Mediante la utilización de un modelo matemático reducido y simplificado, introduciendo las balsas de la Tercera y Cuarta elevación con los niveles mínimo y máximo respectivamente, la tubería DN1200 y las dos válvulas de mariposa, se ha podido analizar las diferentes situaciones y estudiar los diferenciales de presión aguas arriba y aguas abajo de las válvulas.

Teniendo en cuenta que el fabricante de la válvula limita el diferencial de presión según la expresión $(P2 \geq 0,7 * P1 - 2,80)$ para evitar la cavitación de la válvula, se comprueba que no hay una posible regulación con estas válvulas para la hipótesis planteada. También se limita la apertura mínima de la válvula a 30° por lo que no se puede probar con un menor grado de apertura.

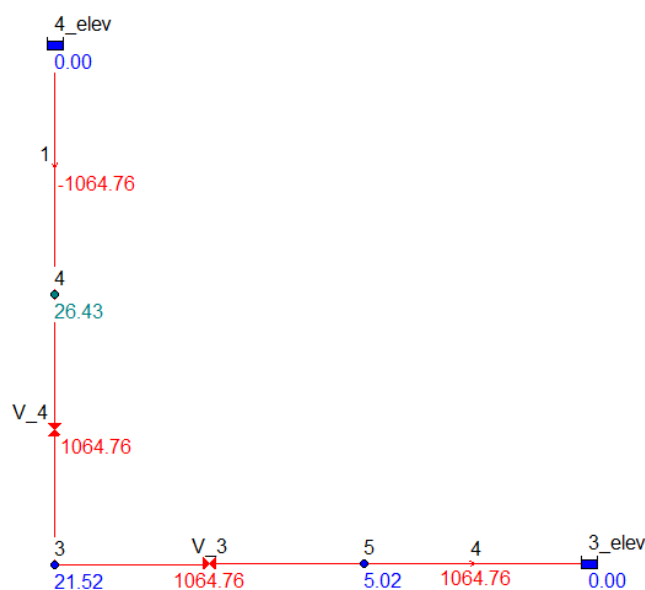


Figura 69. Regulación con 30° de apertura

Se comprueba en el modelo (Figura 69), que el diferencial de presión aguas arriba y aguas abajo de la válvula V_3 es de 16,50 m.c.a. y esto difiere de la consigna marcada:

$$5,02 \geq 0,7 * 21,52 - 2,80$$

No obstante los datos arrojados por el modelo y considerando que las curvas de las válvulas son fruto de aproximaciones a las que se llega por extrapolación de resultados ensayados en válvulas de menor diámetro y en unas condiciones ideales, se realizó un ensayo presencial en el que se probaron diferentes grados de apertura en las dos válvulas durante unos 40 min.

El resultado de la prueba fue que se producía un ruido tremendo en las válvulas y se oían explosiones debidas a la cavitación, por lo que se descartó totalmente esta solución.

Por otro lado, se presentaba un problema de gestión para la propia comunidad de regantes ya que los costes de explotación que se aplican para componer el precio de venta del agua en el Primer Canal de Levante tendrían una penalización

correspondiente al incremento de altura geométrica entre las dos balsas así como las pérdidas de carga en la impulsión.

Si hablamos de términos energéticos, se puede calcular fácilmente el ratio kWh/m³ reflejado en la Tabla 38 y

Tabla 39.

Tabla 38. Ratio energético bombeando a la Tercera Elevación

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
Qu (l/s)	1330	2544	3570
Hman (mca)	38	40	42,4
PABS/EJE (Kwbomba)	604 / 582	2 x 603 / 582	3 x 596 / 575
ηhidr (%)	85,3	85,9	86,2
kWh/m ³	0,1261	0,1317	0,1391

Tabla 39. Ratio energético bombeando a la Cuarta Elevación

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
Qu (l/s)	860	1572	2100
Hman (mca)	51	52,8	55
PABS/EJE (Kwbomba)	544 / 524	2 x 528 / 509	3 x 510 / 491
ηhidr (%)	82,1	80,1	77
kWh/m ³	0,1757	0,1866	0,2024

Claramente se observa el diferencial que se debe añadir al agua que debe elevarse a la balsa de la Cuarta Elevación para posteriormente bajarse a la Tercera Elevación.

Este incremento supone en términos energéticos un incremento de hasta un 45% (Tabla 40) por lo que se considera totalmente inviable.

Tabla 40. Incrementos energéticos porcentuales

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
kWh/m ³ (Bombeo 3º)	0,1261	0,1317	0,1391
kWh/m ³ (Bombeo 4º)	0,1757	0,1866	0,2024
Incremento	39%	42%	45%

7.2 BOMBEO DE CARÁCTER EXCEPCIONAL EN PERIODOS PUNTA

Actualmente la comunidad de regantes está poniendo en marcha los grupos fuera de horario valle para tratar de paliar el déficit existente, asumiendo los sobrecostes derivados de las penalizaciones por exceso de potencia y repercutiéndolos proporcionalmente por m³.

En la Figura 70 se representa el nivel de la balsa de la Primera Elevación y el caudal circulante por la cabecera del Primer Canal de Levante el día 17 de Junio.

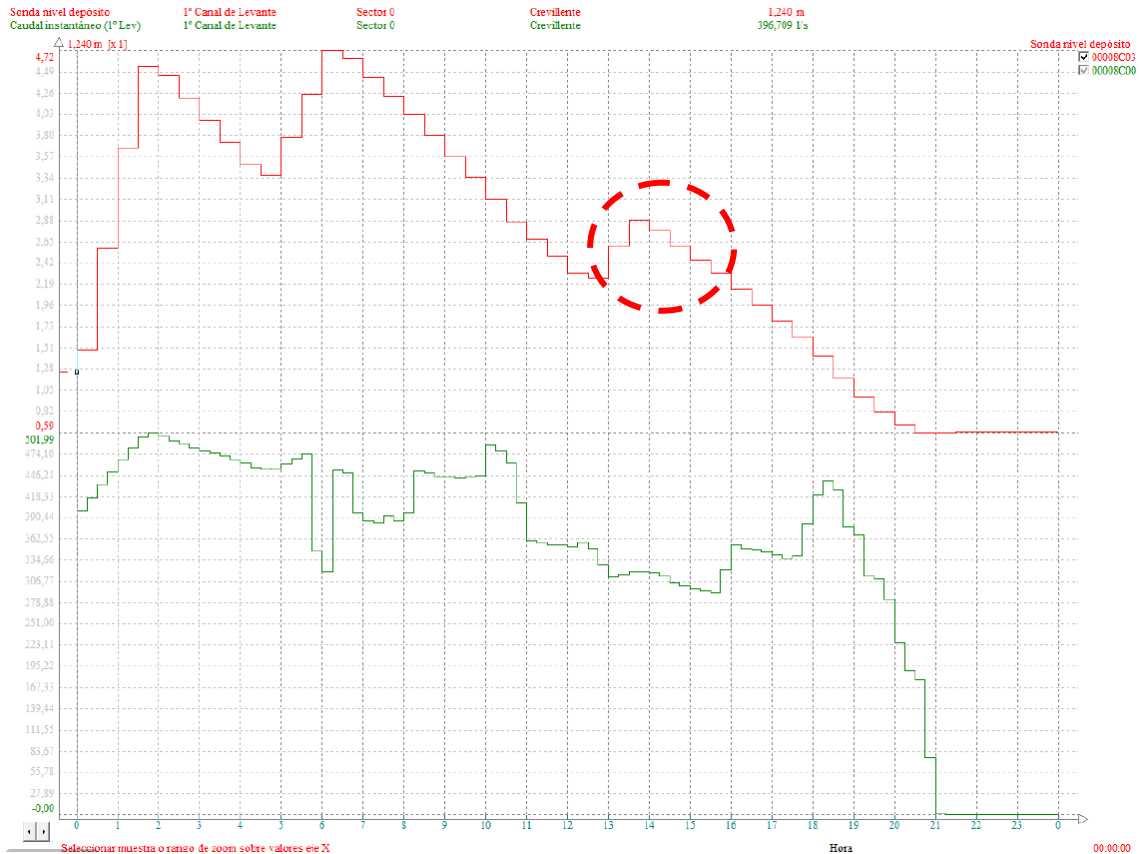


Figura 70. Bombeo en hora punta por falta de capacidad

La secuencia de ese día fue la reflejada en la Tabla 41:

Tabla 41. Secuencia de funcionamiento 17 de Junio de 2014

HORARIO	MANIOBRA BOME
00:00 – 01:30	Llenado balsa Tercera
01:30 – 05:00	Llenado balsa Cuarta
05:00 – 06:00	Llenado balsa Tercera
06:00 – 13:00	-
13:00 – 14:00	Llenado balsa Tercera
14:00 – 21:00	-

Durante una hora se estuvo bombeando a la Tercera Elevación con un grupo, con un consumo aproximado de 600 kW y cuya penalización se reflejó debidamente en la

factura eléctrica. Dicha penalización se puede calcular tal y como se describió anteriormente.

Exceso de potencia:

$$A_e = \sqrt{600 - 500)^2} = 100 \text{ kW}$$

Facturación del exceso de potencia registrado:

$$F_{EP} = 1 \times 1,4064 \text{ €/kW} \times 100 \text{ kW} = 140,64 \text{ €}$$

Término de energía:

$$T_{E(P1)} = 600 \text{ kWh} \times 0,079652 \text{ €/kWh} = 47,79 \text{ €}$$

Estos costes deben incrementarse porcentualmente en concepto de peajes, impuestos sobre electricidad e I.V.A. además del correspondiente término de potencia de todos los periodos contratados ese mes. Una vez se tienen los costes de este exceso de potencia de 1 h. deberían repercutirse en el volumen asociado a 1 hora de funcionamiento del equipo y finalmente al m³ distribuido.

Lamentablemente esta es la solución provisional que se ha adoptado mientras se negocia una nueva tarifa de precios y potencias, pensando en la campaña 2015-2016.

8. PROPUESTA DE SOLUCIONES Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

8.1 AMPLIACIÓN O CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS ELEMENTOS DE REGULACIÓN

Para paliar el déficit existente en la distribución del agua de riego (principalmente en el Primer Canal de Levante) se ha planteado en muchas ocasiones, por ejemplo, el construir una nueva balsa o depósito de regulación en cabecera. Este nuevo depósito permitiría almacenar el agua necesaria para riego en las horas donde la energía eléctrica es más barata y poder disponer de ese volumen para las horas en las que el régimen tarifario eléctrico se convierte en prohibitivo.

Se desarrollan a continuación diferentes modelos que representan la explotación llevada a cabo durante la campaña y diferentes posibles soluciones.

8.1.1 MODELO DE EXPLOTACIÓN DIARIO

8.1.1.1 HIPÓTESIS PREVIA

Un día del pasado mes de junio se retomaba el servicio de distribución de agua de concesiones tras un periodo prolongado con suministro de agua del A.T.S. lo que implicaba una gran demanda y necesidad urgente de riego para los comuneros.

Este servicio se vio comprometido ya que las dos balsas se encontraban vacías y había que llenarlas en las 8 horas de P-6, mientras que la demanda del Primer Canal de Levante sería de unos 43.000 m³ y la de los canales Segundo de Levante y Poniente era también importante.

Desde un primer momento se supo que era imposible realizar esta operación con los grupos disponibles, teniendo en cuenta la capacidad reducida de la balsa de la Tercera Elevación y la ya explicada limitación horaria.

La maniobra que se realizó fue dejar llenas las dos balsas a las 08:00 h. y comenzar la distribución del Primer Canal de Levante (de manera excepcional) desde las 00:00 h. ya que se sabía la urgencia del riego. En el momento en que la balsa de la Tercera Elevación se quedase vacía por completo (sería aproximadamente a primera hora de la tarde) se tenía la orden de volver a elevar el volumen necesario para continuar el riego sin que repercutiera a la explotación del canal. Esto supuso tener que bombear fuera de turno (con la consiguiente penalización) pero se trató de ajustar a que fuera dentro de un tramo lo menos agresivo posible.

La segunda quincena del mes de junio dispone sólo de tramos P-6, P-2 y P-1 por tanto debíamos ajustarnos al tramo P-2, que era en las franjas 08:00-11:00 h. y 19:00-24:00 h. para sufrir la menor penalización posible.

Se realizó una simulación completa de 24 h. en la que se reprodujo el llenado previsto de las balsas y el consumo del Primer Canal de Levante con el caudal marcado por el personal de explotación (600 l/s); el consumo en los canales Segundo de Levante y Poniente era de 300 y 400 l/s respectivamente.

Para ello se establecieron unos controles programados y simples definidos en la Tabla 42 y Tabla 43:

Tabla 42. Controles programados definidas en el modelo inicial

RULE 1	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 1 then link v33 status is open and link v34 status is closed and pump b21 status is open and pump b22 status is open and pump b23 status is open	Este control programado fuerza el arranque de las bombas si el nivel de la balsa de la Tercera Elevación se encuentra por debajo de 1 m. siempre y cuando se encuentre en periodo P-6. Se prioriza el llenado de la balsa de la Tercera Elevación con las válvulas v33 y v34.
RULE 2	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level above 5 then link v33 status is closed and link v34 status is open	Una vez que la balsa de la Tercera Elevación está llena, las válvulas cambian su posición para iniciar el llenado de la balsa de la Cuarta Elevación.
RULE 3	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank CUARTA level above 3.2 then link v34 status is closed and link v33 status is open	Cuando se llena la balsa de la Cuarta Elevación, cambian las posiciones de las válvulas para volver a llenar la balsa de la Tercera Elevación.
RULE 4	Consigna utilizada
if system clocktime > 7.20 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 5 and tank TERCERA level above 4 then pump b22 status is closed and pump b23 status is closed	Los últimos cuarenta minutos antes de que termine el periodo P-6, prioriza el llenado de la balsa de la Tercera Elevación con una única bomba, dejando así el nivel al máximo antes de las 8 h.

Tabla 43. Controles simples definidos en el modelo inicial

Controles definidos	Consigna utilizada
link b21 closed at clocktime 8 am link b22 closed at clocktime 8 am link b23 closed at clocktime 8 am	Pase lo que pase, las bombas se apagan a las 8 h. para no excedernos de potencia fuera de P-6.

Cuando la balsa de la Cuarta alcanza su nivel máximo, la balsa de la Tercera ya se ha descargado parcialmente. En ese momento se vuelve a llenar la balsa de la Tercera. Asimismo, antes de llegar a las 08:00 h. y puesto que a esa hora el nivel de la Tercera se tiene que quedar al máximo, se deja funcionando un solo grupo (Figura 71).

A las 08:00 h. se apagan los equipos hasta las 00:00 h. del día siguiente, por lo que para no entrar en déficit, el volumen dispuesto en las balsas deberá ser mayor o igual al que se pretende distribuir.

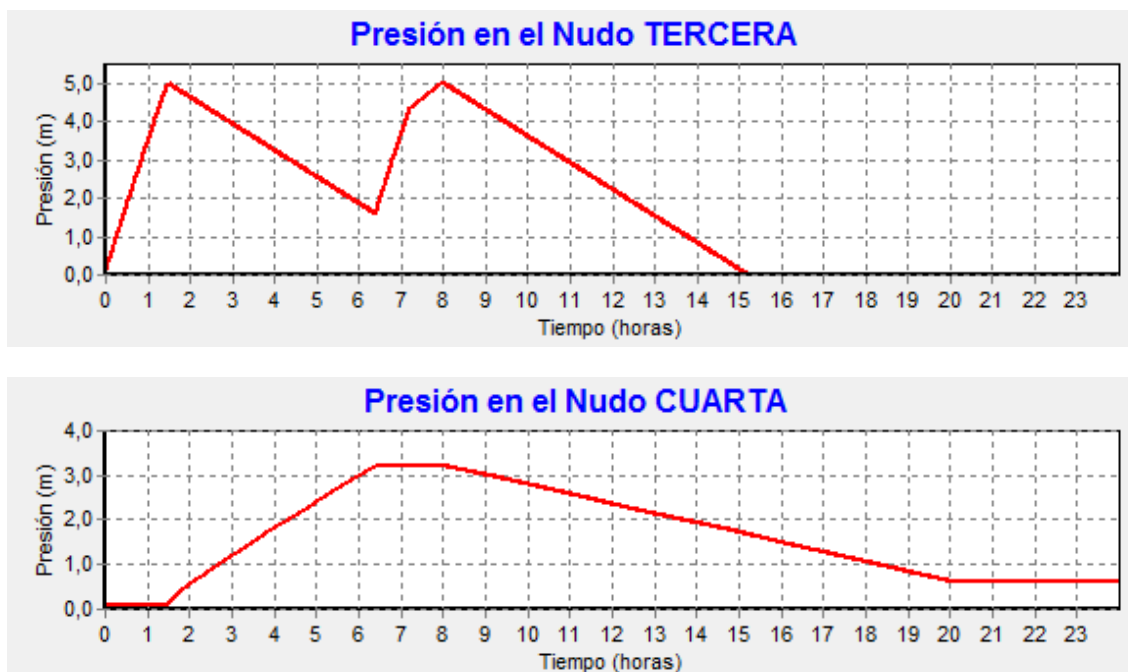


Figura 71. Nivel de las balsas Tercera y Cuarta con el modelo inicial

Aunque las consignas dispuestas priorizan el llenado de la balsa de la Tercera Elevación, vemos que a las 15:12 h. se detiene el proceso por falta de nivel en la balsa que alimenta el Primer Canal de Levante, existiendo un déficit medio de 12.528 m³ tal y como se muestra en la Tabla 44:

Tabla 44. Déficit medio previsto 17/6/2014

Caudal demandado (l/s)	Hora	Volumen (m3)
600	15:12	1.728
600	16:00	2.160
600	17:00	2.160
600	18:00	2.160
600	19:00	2.160
600	20:00	2.160
	Total	12.528

8.1.1.2 SITUACIÓN REAL

En este apartado se va a reflejar la situación real de ese día, con bombeos en horario fuera de P-6 pero cumpliendo el programa de riego. El tiempo de la simulación son 24 h.

Para ello, los patrones de demanda se introducen partiendo de los registros de caudalímetros instalados en cabecera de los canales Primero de Levante y los Segundos de Levante y Poniente. El valor introducido es el $Q(t)$ desde las 00:00 h. hasta la finalización del riego a las 20:00 h.

Se establecieron unos controles programados y simples definidos en la Tabla 45 y Tabla 46:

Tabla 45. Controles programados definidas en el modelo con la situación real

RULE 1	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 1 then link v33 status is open and link v34 status is closed and pump b21 status is open and pump b22 status is open and pump b23 status is open	Este control programado fuerza el arranque de las bombas si el nivel de la balsa de la Tercera Elevación se encuentra por debajo de 1 m. siempre y cuando se encuentre en periodo P-6. Se prioriza el llenado de la balsa de la Tercera Elevación con las válvulas v33 y v34.
RULE 2	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 2 am and tank TERCERA level above 4.99 then link v33 status is closed and link v34 status is open	Si antes de las 02:00 h. la balsa de la Tercera Elevación está llena, las válvulas cambian su posición para iniciar el llenado de la balsa de la Cuarta Elevación.
RULE 3	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 7 am and tank CUARTA level above 3.32 then link v34 status is closed and link v33 status is open	Si antes de las 07:00 h. se llena la balsa de la Cuarta Elevación, cambian las posiciones de las válvulas para volver a llenar la balsa de la Tercera Elevación.
RULE 4	Consigna utilizada
if system clocktime > 5 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 1 then link v33 status is open and link v34 status is closed	Si entre las 05:00 y las 08:00 h. el nivel en la balsa de la Tercera Elevación es inferior a 1 m. las válvulas vuelven a cambiar su posición y se reanuda el llenado.
RULE 5	Consigna utilizada
if system clocktime > 7 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level above 4.6 then pump b22 status is closed and pump b23 status is closed	Si entre las 07:00 y las 08:00 h. el nivel de la balsa de la Tercera Elevación alcanza los 4,60 m. se apagan dos grupos y se llena sólo con uno.

RULE 6	Consigna utilizada
if system clocktime > 9 am and system clocktime <= 11 am and tank TERCERA level below 3.8 then pump b21 status is open	Si entre las 09:00 y las 11:00 h. el nivel de la balsa de la Tercera Elevación desciende de 3,80 m. se arranca un grupo para su llenado.
RULE 7	Consigna utilizada
if system clocktime > 9 am and system clocktime <= 11 am and pump b21 status is open and tank TERCERA level above 4.99 then pump b21 status is closed	Si entre las 09:00 y las 11:00 h. el nivel de la balsa de la Tercera Elevación alcanza el máximo, la bomba se apaga.
RULE 8	Consigna utilizada
if pump b21 status is open and pump b22 status is closed and pump b23 status is closed and tank TERCERA level below 3 and tank TERCERA level above 1.1 then pump b21 status is closed	En el momento en que solo funcione un grupo y el nivel de la balsa de la Tercera Elevación se encuentre entre 3 y 1,10 m. la bomba se apagará. (consigna vinculado a un control simple)

Tabla 46. Controles simples definidos en el modelo con la situación real

Controles definidos	Consigna utilizada
link b21 closed at clocktime 8 am link b22 closed at clocktime 8 am link b23 closed at clocktime 8 am	Pase lo que pase, las bombas se apagan a las 8 h. para no excedernos de potencia fuera de P-6.
link b21 closed at clocktime 11 am	Pase lo que pase, el grupo que funciona fuera del tramo P-6 se apagará cuando termina el periodo P-2
link b21 open if node TERCERA below 0.2	Cuando el nivel de la balsa de la Tercera Elevación descienda de 0,20 m. arrancará un grupo.

La Figura 72 y Figura 73 representan los niveles de las balsas:

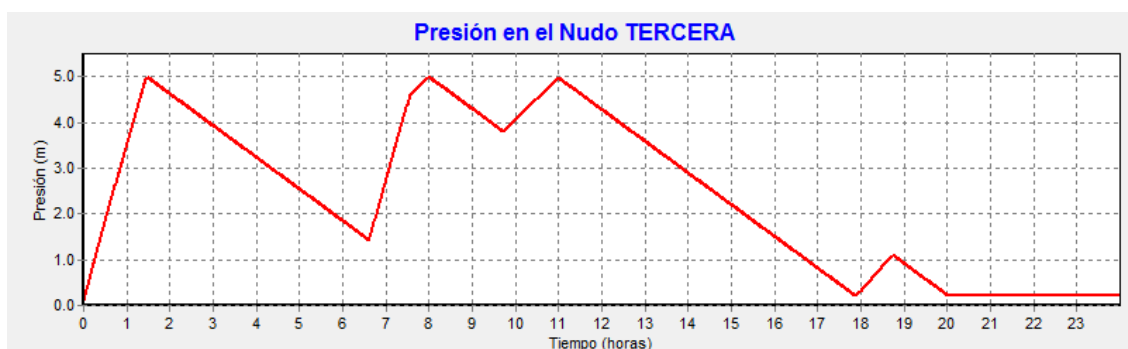


Figura 72. Nivel de la balsa Tercera Elevación con la situación real

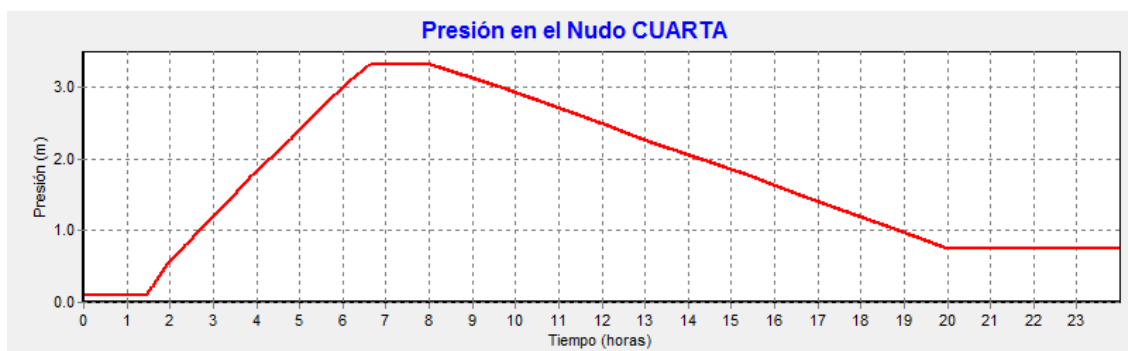


Figura 73. Nivel de la balsa Cuarta Elevación con la situación real

Las figuras presentadas a continuación, muestran el caudal aportado por cada grupo a lo largo de ese día (Figura 74):

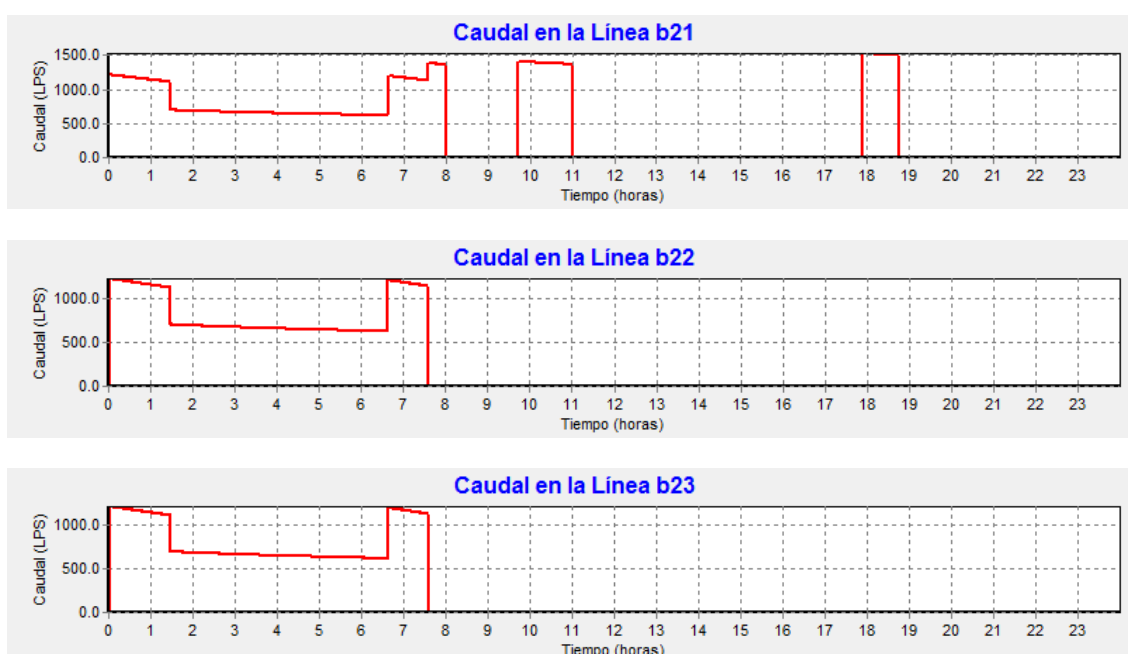


Figura 74. Caudales aportados por las bombas

Si analizamos el caudal aportado por la bomba b21 vemos que termina el llenado de la balsa de la Tercera a las 08:00 h. y vuelve a funcionar en periodo P-2 (entre las 08:00 y las 11:00 h.) Posteriormente vuelve a aportar caudal pero esta vez se tiene que utilizar parte del periodo P-1 ya que el nivel baja por debajo del límite de seguridad, fijado en 0,20 m.

Tabla 47. Bombeo en horario fuera de P-6

Tramo horario (h:min)	Periodo eléctrico	Q medio (l/s)	Volumen (m³)
09:43-10:59	P-2	1.389	6.333
17:54-18:44	P-1	1.515	4.545
		Total	10.878

En la Tabla 47 se define el tiempo de funcionamiento de la bomba que trabaja fuera del periodo P-6, con un volumen total aportado de 10.878 m³.

8.1.1.3 HIPÓTESIS CON DEPÓSITO DE MAYOR CAPACIDAD

Ahora vamos a representar una situación con la hipótesis de ampliar la capacidad de la balsa de la Tercera Elevación 13.000 m³ a un total de 28.590 m³.

Para ello se establecen unas consignas definidas en la Tabla 48:

Tabla 48. Controles programados definidas en el modelo con mayor capacidad de depósito

RULE 1	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 1 then link v33 status is open and link v34 status is closed and pump b21 status is open and pump b22 status is open and pump b23 status is open	Este control programado fuerza el arranque de las bombas si el nivel de la balsa de la Tercera Elevación se encuentra por debajo de 1 m. siempre y cuando se encuentre en periodo P-6. Se prioriza el llenado de la balsa de la Tercera Elevación con las válvulas v33 y v34.
RULE 2	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level above 4.99 then link v33 status is closed and link v34 status is open	Una vez que la balsa de la Tercera Elevación está llena, las válvulas cambian su posición para iniciar el llenado de la balsa de la Cuarta Elevación.
RULE 3	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank CUARTA level above 3 then link v34 status is closed and link v33 status is open	Cuando el nivel en la balsa de la Cuarta Elevación llega a 3 m. se cambian las posiciones de las válvulas para volver a llenar la balsa de la Tercera Elevación.

En la Figura 75 se representa el nivel de la balsa Tercera, y se observa que con el aumento de capacidad planteado se cubriría el déficit existente con estas hipótesis y se lograría aprovechar al máximo las 8 h. de bombeo en periodo P-6.



Figura 75. Nivel de balsa Tercera con el aumento de capacidad

Lo mismo ocurre con el nivel de la balsa de la Cuarta Elevación (Figura 76):

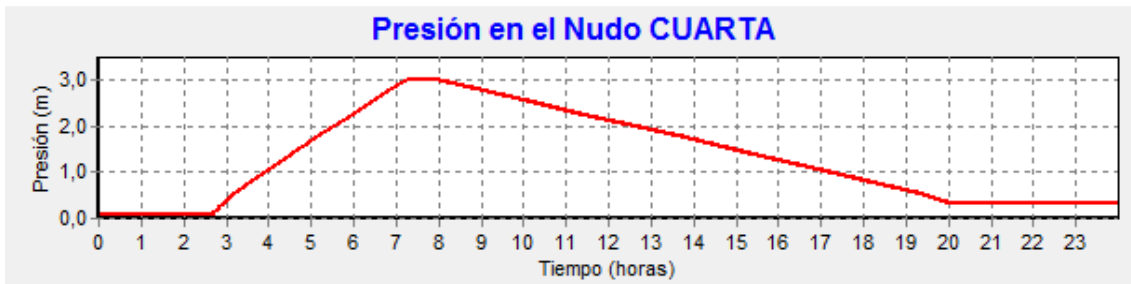


Figura 76. Nivel de balsa Cuarta

El sistema de consignas diseñado hace que el comportamiento de las bombas sea el siguiente, reflejado en la (Figura 77):



Figura 77. Caudal impulsado por cada una de las bombas

Uno de los principales inconvenientes implícitos en esta alternativa es el entorno urbano en el que se emplazaría la balsa ya que la zona de cabecera se encuentra rodeada de viviendas unifamiliares, fábricas, restaurantes e infraestructuras. El rechazo social a la construcción de este elemento es absoluto, además administrativamente tendría una gran complejidad conseguir los permisos necesarios para poder ejecutarla.

Con las balsas ya existentes no existe este problema ya que socialmente se consideran totalmente implantadas. Otro problema importante es que la comunidad de regantes no dispone de terreno en propiedad donde poder ejecutar esta balsa, teniendo que acometer la obra previa compra de la parcela correspondiente.

Esta alternativa queda descartada por los motivos expuestos.

8.2 BÚSQUEDA DE UNA FUENTE ADICIONAL DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

Pocas son las fuentes alternativas de obtención de energía eléctrica en un entorno casi urbano como es el que nos ocupa.

La energía solar ha sido en los últimos años la principal opción para disminuir los costes energéticos en pequeños bombeos aunque con muchas limitaciones importantísimas como son los dos parámetros fundamentales en esta situación:

- Superficie/Potencia (m^2 instalación/kW)
- Precio/Superficie ($\text{€}/\text{m}^2$ instalación)

Aunque la técnica ha evolucionado bastante en los últimos años, los ratios de superficie/producción que se manejan actualmente son cercanos a $30\text{m}^2/1\text{kW}$ para paneles con dispositivos de giro en el eje horizontal N-S y que aumentan la eficiencia notablemente. Esto hace que para poder utilizar un solo grupo de la Segunda Elevación tengamos que disponer al menos de una instalación de 20.000 m^2 .

En cuanto al coste de implantación de todo el sistema, este tipo de instalación puede costar sobre $3\text{€}/\text{W}$, por lo que el monto total puede ser aproximadamente $2.000.000\text{ €}$. Además hay que disponer de un terreno con la superficie adecuada y las condiciones ideales para esta instalación.

El funcionamiento de este sistema sería el conocido "bombeo solar directo" que consiste en elevar agua contra la balsa que se dispone. Se evitaría así la instalación de baterías que encarecerían la solución pero se tendría que adaptar el consumo de las bombas con variadores de frecuencia. Esto podría ser una limitación en nuestro caso ya que sólo se dispone de un variador de frecuencia para los tres grupos de la Segunda Elevación.

También hay que considerar que es un material con gran susceptibilidad de ser robado o dañado debido a la acción vandálica.

Considerando los argumentos expuestos, se desecha esta opción como alternativa a la búsqueda de una fuente adicional de suministro eléctrico.

9. UTILIZACIÓN DE TURBINAS COMO FUENTE DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

La utilización de turbinas para la obtención de energía eléctrica es una alternativa para producir energía "limpia" y se ha visto impulsada en los últimos años desde la propia Administración, quien ha asegurado la rentabilidad económica de muchos pequeños aprovechamientos hidroeléctricos. Si bien es cierto que con la nueva legislación eléctrica se pone freno a la obtención de grandes beneficios económicos derivados del impulso por mejorar y diversificar la obtención de energía, hay otros aspectos que seguirán resultando interesantes como son la investigación y desarrollo de elementos mecánicos e infraestructuras así como el "know how" que se ha generado alrededor de este mercado.

Por otro lado, actualmente las minicentrales eléctricas en España se caracterizan por no superar los 10 MW. de potencia instalada. Aunque el principio físico sea el mismo, las diferencias entre los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos y las grandes centrales convencionales nacen desde el mismo momento de su concepción y diseño; desde los volúmenes y caudales que se manejan hasta la tipología de sus obras o incluso las potencias equipadas serán objeto de diferentes estudios, diseños y construcciones.

9.1 ESQUEMA PLANTEADO

Uno de los objetivos de este trabajo era tratar de encontrar una alternativa a la difícil situación relativa a la tarifa eléctrica que sufre actualmente la C.G.R.R.L. (M.I.) y que le impide, por los motivos ya expuestos, distribuir los volúmenes deseados de aguas de concesiones a unos precios razonables. Aprovechando las infraestructuras existentes para poder encajar una solución técnica y económicamente razonable, se plantea el uso de turbinas como fuente de suministro alternativo en las horas en las que la tarifa eléctrica es más cara.

Analizando detenidamente la red hidráulica, los diferentes orígenes, calidad y usos finales que se le da al agua de riego que distribuye la comunidad de regantes, aparece un esquema muy claro que debemos valorar: **aprovechar la energía potencial del agua almacenada en el Embalse de Crevillente para su uso como riego tradicional o en lámina libre y emplear esa energía obtenida en bombear agua de concesiones en las horas de mayor coste energético.**

9.2 TIPOLOGÍA DEL APROVECHAMIENTO

Tal y como definen los profesores D. Luis Cuesta Diego y D. Eugenio Vallarino en su libro Aprovechamientos hidroeléctricos, existe un esquema mixto entre las presas de derivación y conducción por canal, que son las presas de embalse con un nivel variable y conducción totalmente en presión de manera que se comunica el embalse con la central. Así se aprovecharía el desnivel proporcionado por la presa y ganado por la conducción además de poder regular el caudal turbinado para aumentar la cantidad y calidad de la energía generada.

9.3 ELEMENTOS DE OBRA CIVIL DEL APROVECHAMIENTO

9.3.1 EMBALSE DE CABECERA

Como se ha descrito anteriormente, el Embalse de Crevillente es una presa de materiales sueltos de 13 Hm³ de capacidad cuyo uso es exclusivo de la comunidad de regantes. Su gran capacidad de almacenamiento garantiza el suministro de toda la red de riego con agua del A.T.S. durante gran parte del año.

La entrada de agua al embalse se realiza a través de un canal de descarga que vierte a la cota +147,50 m.s.n.m. sobre una escollera recebada con hormigón para disipar la energía y evitar erosiones sobre el talud.

9.3.2 TOMA

La toma flotante actual desde la que se alimenta toda la red de modernización es una gran estructura metálica articulada en un extremo que le permite bascular en función del nivel de agua del embalse, ayudado por la flotabilidad que le proporciona el otro extremo y desde el cual se capta el agua.

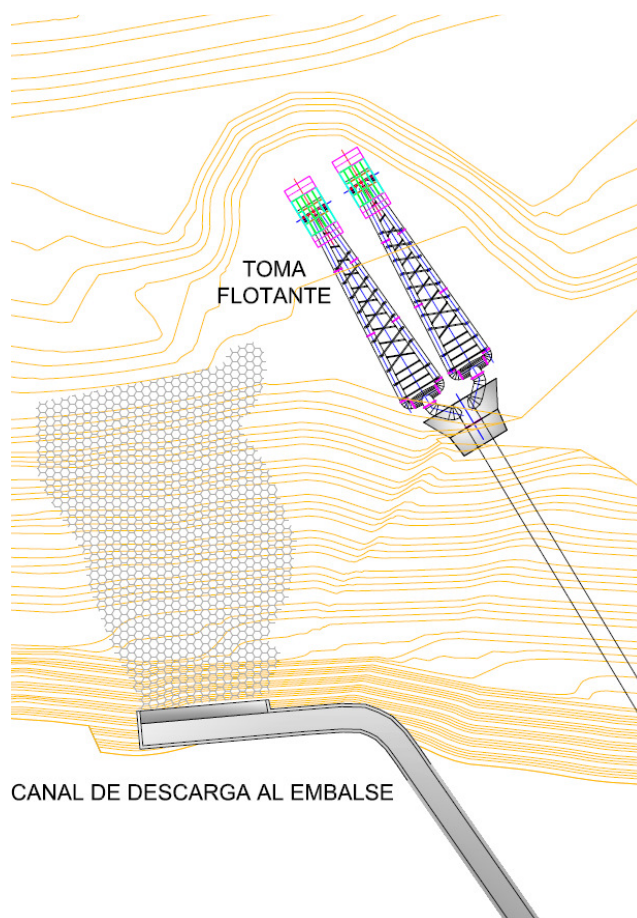


Figura 78. Toma flotante y canal de descarga del Embalse de Crevillente

Es una gran ventaja que la entrada de agua esté separada de la salida, así la toma flotante capta el agua totalmente decantada, evitando así la entrada de sólidos que puedan dañar todos los elementos mecánicos que se encuentran aguas abajo, como es en este caso la turbina.

En la toma nace una tubería de acero DN2000 que atraviesa el cuerpo del dique y cuyo seccionamiento está gobernado por un juego de válvulas especiales dispuestas a tal efecto. Aguas abajo de este dispositivo de seguridad se inicia la red principal de modernización de la comunidad de regantes, descrito anteriormente en el apartado 2.4.2 y que incluye las válvulas de sobrevelocidad existentes en el inicio de las dos tuberías de PRFV DN1600.

9.3.3 TUBERÍAS

Peculiaridades aparte, este aprovechamiento hidroeléctrico consta de todos los elementos necesarios para su cometido. Las tuberías principales que alimentan la red de modernización serán asemejadas a tuberías forzadas ya que transportan el agua desde la cámara de carga o embalse hasta la turbina salvando el desnivel necesario.

Su timbraje es suficiente para soportar el régimen de trabajo de la central ya que están diseñadas para las mismas condiciones (el funcionamiento de la turbina no deja de ser un nudo de consumo en cabecera de una red).

Por otro lado y debido a que el diseño inicial de la red de modernización se basó en el consumo de toda la superficie regable (25.000 hectáreas), las infraestructuras existentes se encuentran actualmente en un estado de sobredimensionamiento. Esto juega a nuestro favor ya que las pérdidas de carga existentes a lo largo de la conducción son mínimas.

9.4 PARÁMETROS DE DISEÑO

La potencia instalada en un aprovechamiento y por tanto la energía disponible para la generación durante un tiempo "t" es directamente proporcional a dos variables:

- Caudal que se turbinada.
- Salto disponible.

9.4.1 SALTO

El salto es la diferencia de nivel entre la toma y la reposición del caudal turbinado, diferenciándose el salto bruto (H_b), salto útil (H_u) y salto neto (H_n).

El salto bruto es la diferencia entre las láminas de agua en la toma y el punto de descarga; el salto útil es la diferencia entre la lámina de agua en la cámara de carga y el nivel de desagüe de la turbina; el salto neto es el resultado de restar al salto útil las pérdidas de carga debidas al paso del agua por los diferentes elementos.

En nuestro caso, debemos tener en cuenta que el nivel del embalse de Crevillente es variable en función del volumen almacenado pero existe una razón fundamental para

considerarlo como un valor fijo en los cálculos a realizar y no es más que la tendencia por parte de la comunidad de regantes a tener el embalse a un nivel constante de +140 m.s.n.m. aproximadamente.

La razón fundamental es que durante el invierno se aporta más volumen del que consume la red para preparar así la campaña de riego donde la demanda se dispara.

Así se garantiza que si hay cualquier problema de suministro por parte del A.T.S. durante la campaña de riego, la red no se vea desabastecida.

9.4.2 CAUDAL DE EQUIPAMIENTO

Como se ha descrito anteriormente en el apartado 4.3.1.3 las demandas actuales de la comunidad de base Tercer Canal de Levante son anualmente superiores a 3 Hm³ (Figura 79) y la tendencia es al alza debido a la disminución de la calidad y cantidad de agua de concesiones, a la puesta en marcha de nuevas explotaciones agrarias que permanecían abandonadas y a la tipología de la red principal de la futura modernización de esta comunidad de base (ver Figura 37)

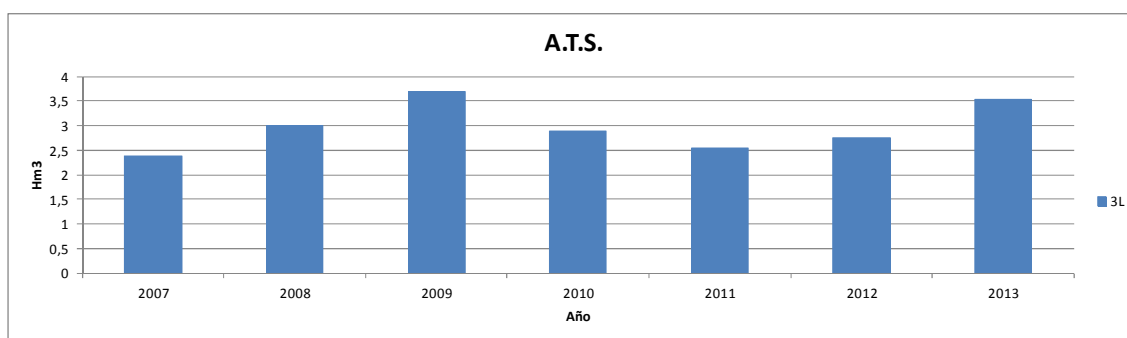


Figura 79. Distribución anual de agua del A.T.S. Tercer Canal de Levante

Independientemente del volumen potencial turbinable se tienen que considerar otros factores muy importantes:

- Este agua debe satisfacer la demanda diaria de los regantes del Tercer Canal de Levante.
- La capacidad de la balsa de la Quinta Elevación donde se restituirá el caudal turbinado es limitada, aunque se puede simultanear la turbinación y el suministro.
- El canal de riego tiene capacidad de transporte limitada.

Asumiendo estas premisas, se ha optado por estudiar los volúmenes diarios distribuidos desde los años 2007 a 2013 y evaluar diferentes escenarios, en los que se llenase la balsa con el volumen total diario en un número determinado de horas que serían las horas de funcionamiento de la turbina.

En las siguientes gráficas (Figura 80 a Figura 85) se representan las curvas de caudales clasificados para los escenarios de 8, 5, 4, 3, 2, 1 horas de llenado de la balsa (y funcionamiento de la turbina) respectivamente.

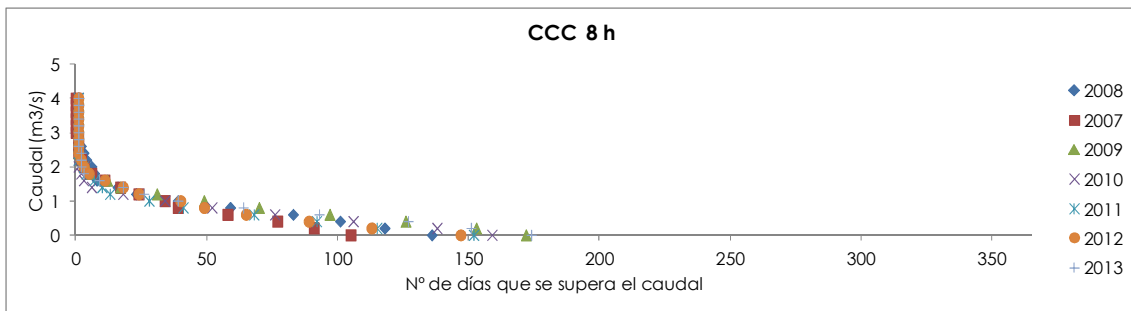


Figura 80. Curva de caudales clasificados en 8 horas de funcionamiento

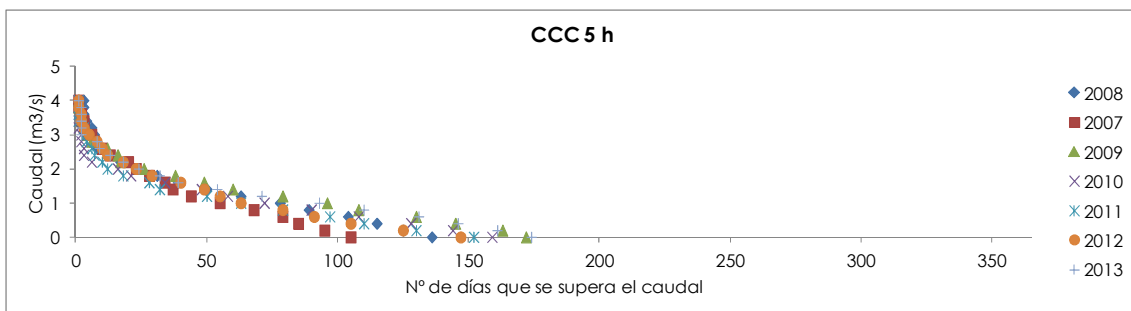


Figura 81. Curva de caudales clasificados en 5 horas de funcionamiento

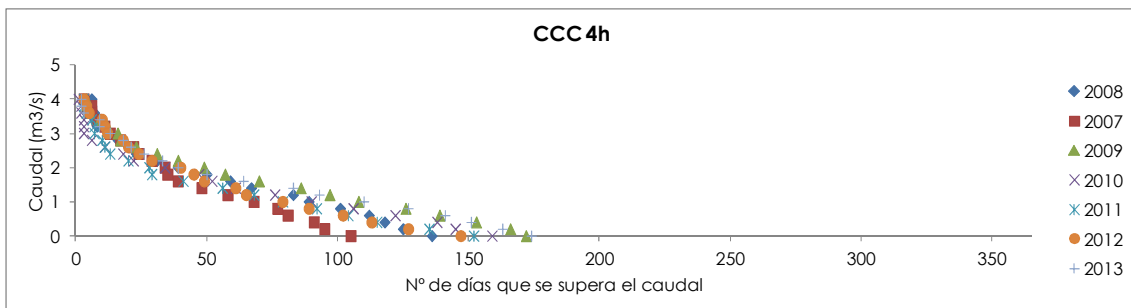


Figura 82. Curva de caudales clasificados en 4 horas de funcionamiento

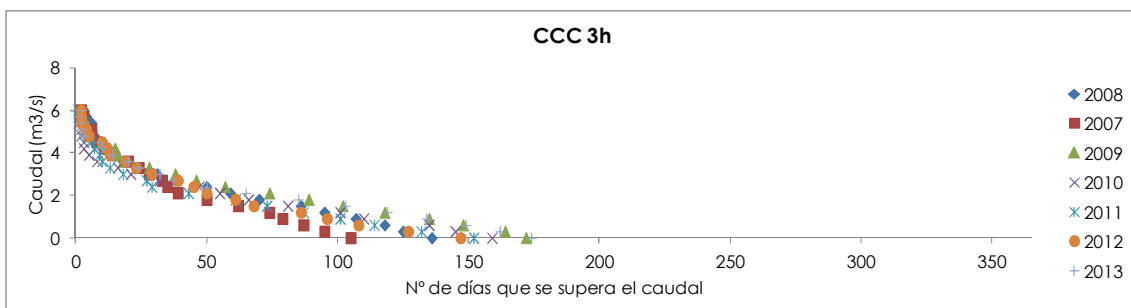


Figura 83. Curva de caudales clasificados en 3 horas de funcionamiento

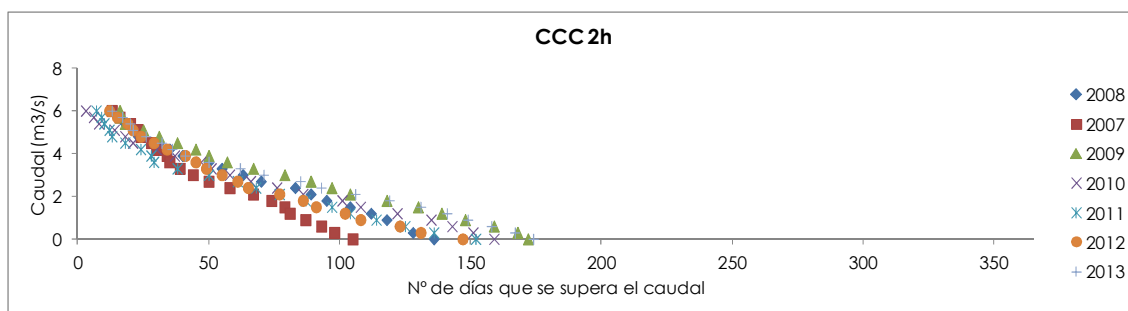


Figura 84. Curva de caudales clasificados en 2 horas de funcionamiento

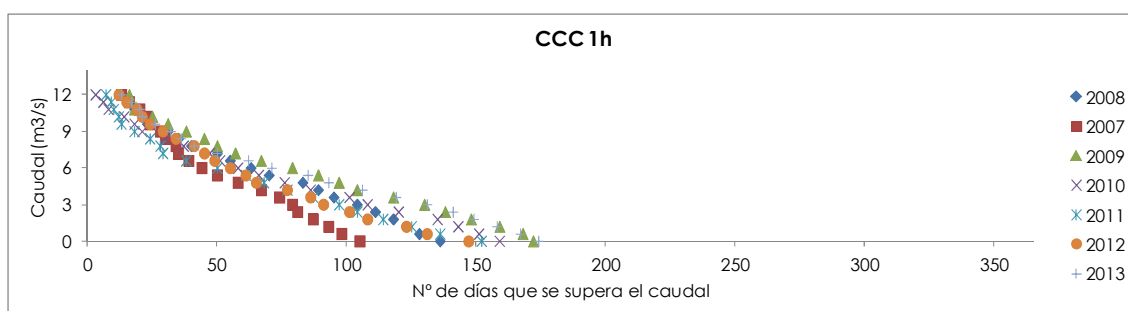


Figura 85. Curva de caudales clasificados en 1 hora de funcionamiento

Estas curvas de caudales clasificados indican el número de días del año que se superan diferentes caudales en función del número de horas de funcionamiento de la turbina.

El caudal de equipamiento se establece a partir de la curva de caudales clasificados elegida y trataremos de seleccionar un caudal que quede dentro de un rango marcado por los Q80 y Q100, siendo el Q80 el caudal demandado durante 80 días al año y el Q100 el que se demanda durante 100 días al año (en un determinado escenario que dependerá del nº de horas de funcionamiento). Esto es un método habitual en centrales hidroeléctricas convencionales, en las que se tienen en cuenta otros parámetros como por ejemplo el caudal ecológico del río. Pero por otro lado, un caudal de equipamiento comprendido entre Q80 y Q100 supone asegurar la capacidad de turbinar al menos durante 3 meses al año y afortunadamente los meses de mayor demanda de agua en el Tercer Canal de Levante (turbinado) coincide con los meses de mayor demanda de agua en el Primer Canal de Levante (bombeo) por lo que disponibilidad y demanda se acoplan en el tiempo.

Esta metodología puede servir en nuestro caso como una aproximación a la solución definitiva, pero hay que estudiar el problema de manera inversa para ajustar el caudal de equipamiento a las necesidades demandadas ya que nuestra función no va a ser vender energía sino producir la necesaria para cubrir nuestro déficit.

El déficit diario existente en el Primer Canal de Levante se encuentra entorno a los 10.000 m³ en los meses de mayor consumo, con puntas cercanas a 15.000 m³. Considerando que una hora de funcionamiento de uno de los grupos de la Segunda Elevación equivale a elevar 4.788 m³ a la balsa de la Tercera Elevación, tendremos cubierto el déficit punta en un periodo de tiempo de 3 horas aproximadamente.

Veamos ahora cómo sería la curva de caudales clasificados si toda la demanda diaria se turbinase durante 3 y 2 horas, de media entre los años 2007 y 2013 de la serie histórica estudiada (Figura 86 y Figura 87):

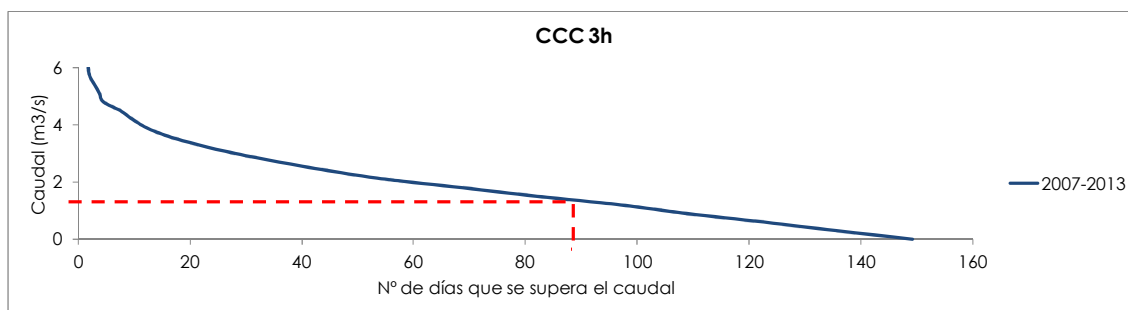


Figura 86. Curva de caudales clasificados en 3 horas de funcionamiento 2007-2013

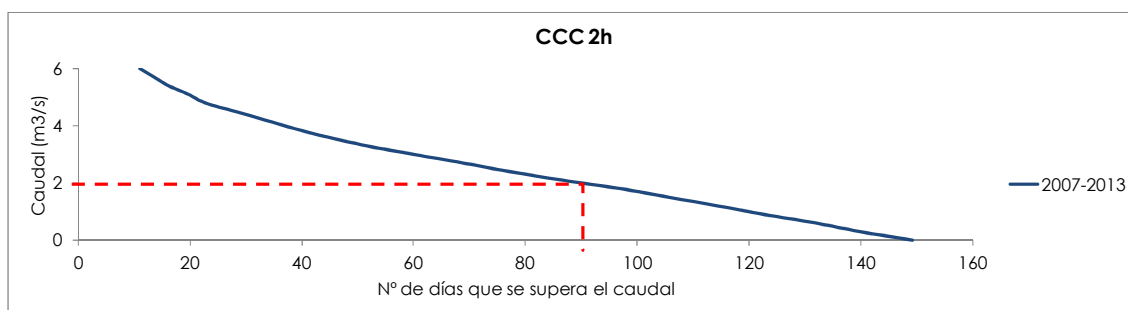


Figura 87. Curva de caudales clasificados en 2 horas de funcionamiento 2007-2013

Estas dos figuras nos indican que nuestro caudal a equipar puede estar entorno a los 1,5 -2 m³/s ya que nos garantiza que durante 90 días al año vamos a poder suministrar la demanda del Tercer Canal de Levante en un periodo de 2 o 3 horas.

Debemos comprobar (Tabla 49) que en esas 2 horas de funcionamiento con un caudal turbinado de 2 m³/s no se supere un volumen de 36.000 m³ que es la capacidad de la balsa, ya que podría darse una situación desfavorable en la que no se quisiera regar durante el día y se tendría que almacenar el volumen turbinado en la balsa (rara vez ocurriría).

Tabla 49. Volumen disponible en balsa 5ª Elevación

Horas funcionamiento turbina	Q equipado (m ³ /s)	Volumen turbinado (m ³)	V. disponible balsa 5ª Elev. (m ³)
1	2	7.400	28.800
2	2	14.400	21.600
3	2	21.600	14.400
4	2	28.800	7.200

Una vez tenemos predimensionado el caudal de equipamiento, se calcula la potencia generada, el nº de horas de funcionamiento de la turbina y el bombeo, así como los volúmenes potenciales que se podrán elevar a cada una de las balsas en función del nº de bombas puestas en marcha (Tabla 50, Tabla 51, Tabla 52)

Con ello se comprobará a partir de qué volumen diario de riego del Tercer Canal de Levante se cubrirá el déficit que buscamos, en función del caudal turbinado.

Cuando la potencia generada sea inferior a la potencia de una o varias bombas en paralelo, se marcará la celda con las letras "P.I." y cuyo significado será "potencia insuficiente".

Se ha tenido en cuenta en estos cálculos un salto neto de 65 m.c.a. y unos rendimientos de 0,85 para la parte mecánica y 0,95 para la parte eléctrica. (Estos rendimientos son genéricos por lo que el cálculo definitivo se realizará con los valores de la turbina escogida).

Tabla 50. Cálculos estimativos si Q_turb 1,50 m3/s

Vol. 3L (m ³)	Q turb (m ³ /s)	Pot gen. (kW)	Nº h. funci.	Nº h. bombeo	Q bombeado (m ³ /s)				V. potencial a elevar (m ³)			
					2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a		2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a	
					1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b
2000	1,5	727	0,37	0,37	1,33	2,54	0,86	1,57	1773	P.I.	1147	P.I.
4000	1,5	727	0,74	0,74	1,33	2,54	0,86	1,57	3547	P.I.	2293	P.I.
6000	1,5	727	1,11	1,11	1,33	2,54	0,86	1,57	5320	P.I.	3440	P.I.
8000	1,5	727	1,48	1,48	1,33	2,54	0,86	1,57	7093	P.I.	4587	P.I.
10000	1,5	727	1,85	1,85	1,33	2,54	0,86	1,57	8867	P.I.	5733	P.I.
12000	1,5	727	2,22	2,22	1,33	2,54	0,86	1,57	10640	P.I.	6880	P.I.
14000	1,5	727	2,59	2,59	1,33	2,54	0,86	1,57	12413	P.I.	8027	P.I.
16000	1,5	727	2,96	2,96	1,33	2,54	0,86	1,57	14187	P.I.	9173	P.I.
18000	1,5	727	3,33	3,33	1,33	2,54	0,86	1,57	15960	P.I.	10320	P.I.
20000	1,5	727	3,70	3,70	1,33	2,54	0,86	1,57	17733	P.I.	11467	P.I.
22000	1,5	727	4,07	4,07	1,33	2,54	0,86	1,57	19507	P.I.	12613	P.I.
24000	1,5	727	4,44	4,44	1,33	2,54	0,86	1,57	21280	P.I.	13760	P.I.
26000	1,5	727	4,81	4,81	1,33	2,54	0,86	1,57	23053	P.I.	14907	P.I.
28000	1,5	727	5,19	5,19	1,33	2,54	0,86	1,57	24827	P.I.	16053	P.I.
30000	1,5	727	5,56	5,56	1,33	2,54	0,86	1,57	26600	P.I.	17200	P.I.

Tabla 51. Cálculos estimativos si Q_turb 2 m3/s

Vol. 3L (m ³)	Q turb (m ³ /s)	Pot gen. (kW)	Nº h. funci.	Nº h. bombeo	Q bombeado (m ³ /s)				V. potencial a elevar (m ³)			
					2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a		2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a	
					1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b
2000	2	969	0,28	0,28	1,33	2,54	0,86	1,57	1330	P.I.	860	P.I.
4000	2	969	0,56	0,56	1,33	2,54	0,86	1,57	2660	P.I.	1720	P.I.
6000	2	969	0,83	0,83	1,33	2,54	0,86	1,57	3990	P.I.	2580	P.I.
8000	2	969	1,11	1,11	1,33	2,54	0,86	1,57	5320	P.I.	3440	P.I.

10000	2	969	1,39	1,39	1,33	2,54	0,86	1,57	6650	P.I.	4300	P.I.
12000	2	969	1,67	1,67	1,33	2,54	0,86	1,57	7980	P.I.	5160	P.I.
14000	2	969	1,94	1,94	1,33	2,54	0,86	1,57	9310	P.I.	6020	P.I.
16000	2	969	2,22	2,22	1,33	2,54	0,86	1,57	10640	P.I.	6880	P.I.
18000	2	969	2,50	2,50	1,33	2,54	0,86	1,57	11970	P.I.	7740	P.I.
20000	2	969	2,78	2,78	1,33	2,54	0,86	1,57	13300	P.I.	8600	P.I.
22000	2	969	3,06	3,06	1,33	2,54	0,86	1,57	14630	P.I.	9460	P.I.
24000	2	969	3,33	3,33	1,33	2,54	0,86	1,57	15960	P.I.	10320	P.I.
26000	2	969	3,61	3,61	1,33	2,54	0,86	1,57	17290	P.I.	11180	P.I.
28000	2	969	3,89	3,89	1,33	2,54	0,86	1,57	18620	P.I.	12040	P.I.
30000	2	969	4,17	4,17	1,33	2,54	0,86	1,57	19950	P.I.	12900	P.I.

Tabla 52. Cálculos estimativos si Q_turb 2,50 m³/s

Vol. 3L (m ³)	Q turb (m ³ /s)	Pot gen. (kW)	Nº h. funci.	Nº h. bombeo	Q bombeado (m ³ /s)				V. potencial a elevar (m ³)			
					2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a		2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a	
					1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b
2000	2,5	1212	0,22	0,22	1,33	2,54	0,86	1,57	1064	2035	688	1258
4000	2,5	1212	0,44	0,44	1,33	2,54	0,86	1,57	2128	4070	1376	2515
6000	2,5	1212	0,67	0,67	1,33	2,54	0,86	1,57	3192	6106	2064	3773
8000	2,5	1212	0,89	0,89	1,33	2,54	0,86	1,57	4256	8141	2752	5030
10000	2,5	1212	1,11	1,11	1,33	2,54	0,86	1,57	5320	10176	3440	6288
12000	2,5	1212	1,33	1,33	1,33	2,54	0,86	1,57	6384	12211	4128	7546
14000	2,5	1212	1,56	1,56	1,33	2,54	0,86	1,57	7448	14246	4816	8803
16000	2,5	1212	1,78	1,78	1,33	2,54	0,86	1,57	8512	16282	5504	10061
18000	2,5	1212	2,00	2,00	1,33	2,54	0,86	1,57	9576	18317	6192	11318
20000	2,5	1212	2,22	2,22	1,33	2,54	0,86	1,57	10640	20352	6880	12576
22000	2,5	1212	2,44	2,44	1,33	2,54	0,86	1,57	11704	22387	7568	13834
24000	2,5	1212	2,67	2,67	1,33	2,54	0,86	1,57	12768	24422	8256	15091
26000	2,5	1212	2,89	2,89	1,33	2,54	0,86	1,57	13832	26458	8944	16349
28000	2,5	1212	3,11	3,11	1,33	2,54	0,86	1,57	14896	28493	9632	17606
30000	2,5	1212	3,33	3,33	1,33	2,54	0,86	1,57	15960	30528	10320	18864

Comparamos los valores destacados en las tablas y vemos que cuanto mayor sea el caudal de equipamiento, mayor es el volumen necesario a turbinar para poder elevar con un grupo el volumen marcado como objetivo (10.000-15.000 m³), pero tendríamos energía disponible que se perdería. En el caso de utilizar dos bombas, lógicamente el volumen necesario a turbinar para cumplir el déficit disminuye. Por ello, vamos a tratar de buscar un caudal de equipamiento que nos permita utilizar dos bombas en paralelo para no sólo cubrir el déficit objetivo sino que nos ayude directamente a producir la energía necesaria para elevar gran parte de los volúmenes demandados.

Lo primero que debemos considerar es que los valores anteriormente calculados han sido fruto de utilizar series anuales completas, pero puede que nos arroje algo más de información si desagregamos estas series anuales y las agrupamos, por ejemplo, en los meses de junio a septiembre.

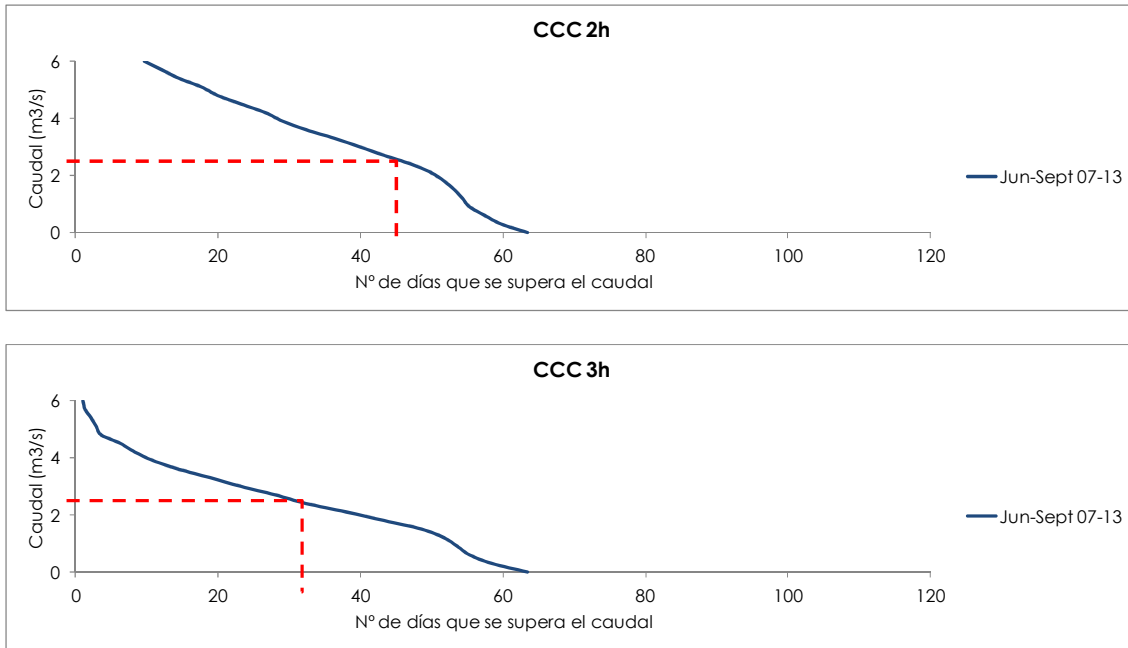


Figura 88. Curvas de caudales clasificados en 2 y 3 horas de funcionamiento Jun-Sept 2007-2013

Estas dos gráficas (Figura 88) refuerzan la teoría de aumentar el caudal de equipamiento y permitir así mayor aprovechamiento de la instalación.

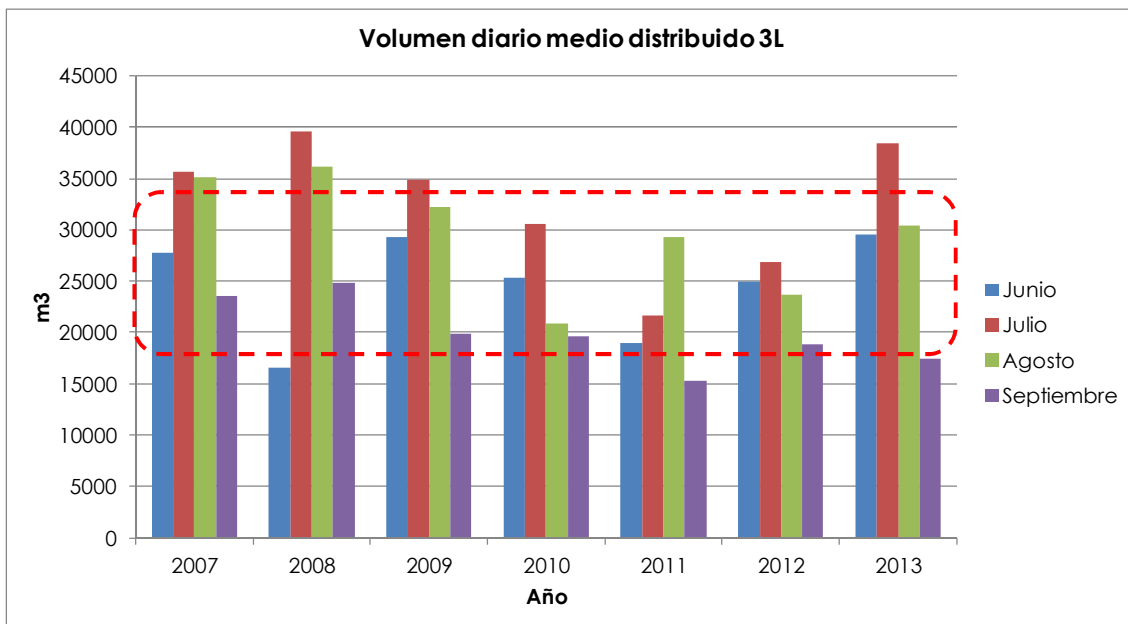


Figura 89. Volumen diario medio distribuido meses junio-septiembre del periodo 2007-2013

Se comprueba también que durante los meses de junio a septiembre de la serie 2007-2013, el volumen diario distribuido en cabecera del Tercer Canal de Levante presenta valores tendentes a los 20.000-35.000 m³ (Figura 89) asegurando también la demanda del recurso necesaria.

Antes de concluir este punto se debe reflexionar en que un caudal de equipamiento determinado no tiene que verse obligado siempre a ser el caudal de funcionamiento ya que la gran ventaja de las turbinas que puedan encajar en esta solución presentan valores de rendimientos muy altos para caudales diferentes al de diseño. Esto implica que si no podemos disponer del 100% del caudal nominal de diseño, al menos podamos aprovechar el caudal disponible con rendimientos que nos permitan utilizar una bomba.

De todos los casos estudiados, se define como referencia un caudal de equipamiento de 2,50 m³/s.

9.4.3 SELECCIÓN DE LA TURBINA A INSTALAR

Para preseleccionar el tipo de turbina a instalar, se utiliza un ábaco genérico de uso habitual y que aparece en multitud de publicaciones. Con ello se determina el tipo de turbina en función del caudal y la altura.

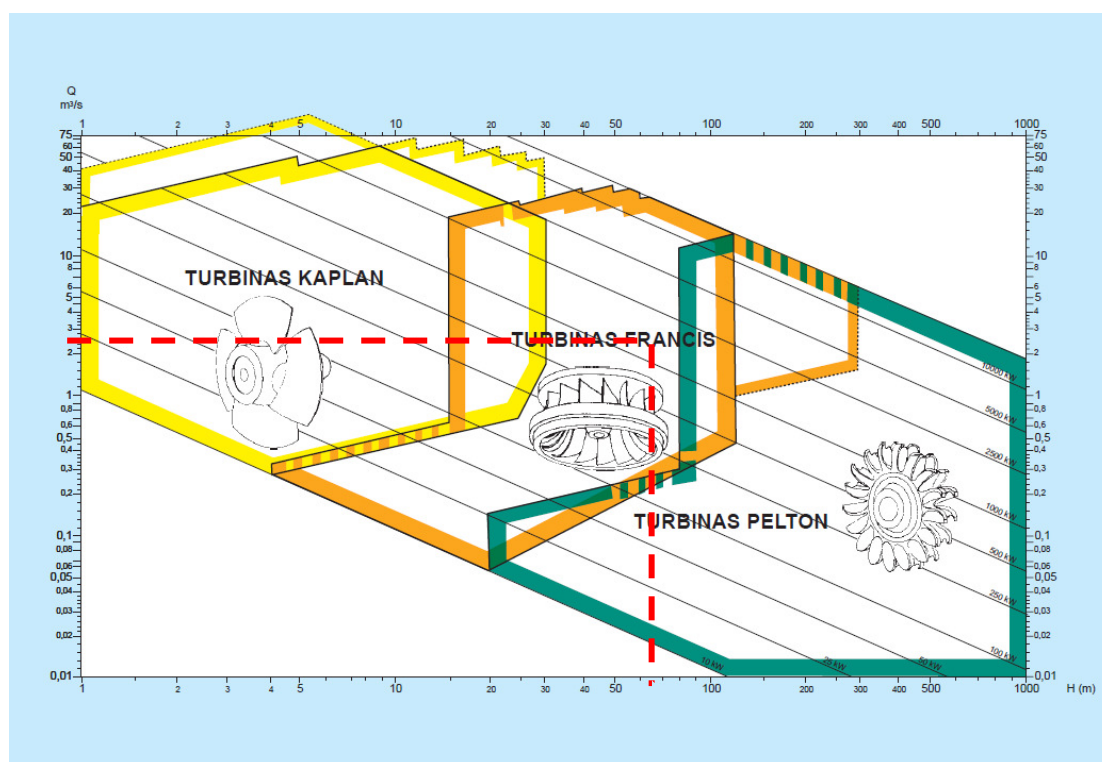


Figura 90. Ábaco de selección del tipo de turbina (Voest-Alpine)

Se selecciona una turbina Francis, siendo su tipología turbina de reacción. Normalmente tienen la entrada radial en el rodete y la salida es axial.

La gran ventaja de esta tipología es que mantiene unos rendimientos aceptables con una variabilidad de caudal de hasta el 40% del caudal nominal.

9.5 POTENCIA DE LA CENTRAL

La potencia eléctrica teórica que puede generar la central, viene dada por la expresión:

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H_n$$

donde:

P: Potencia instalada en kW

Q: Caudal en m³/s

H_n: Salto útil en m

Sin embargo la potencia útil a la salida de la central es igual a:

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H_n \cdot e$$

siendo $e = \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr}$

donde:

e: Factor de eficiencia de la central

η_t : Rendimiento de la turbina

η_g : Rendimiento del generador

η_{tr} : Rendimiento del transformador

(Puede tomarse como factor de eficiencia de la central un valor 0,85)

$$\text{Potencia útil} = 9,81 \cdot 2,50 \cdot (140 - 77,45) \cdot 0,85 = 1.303,93 \text{ kW}$$

Se toma como cota absoluta de restitución el nivel medio de la balsa:

$$\text{Nivel de restitución} = 74,95 + \left(\frac{5}{2}\right) = 77,45 \text{ m.s.n.m.}$$

Con estos 1.303 kW útiles nos aseguramos el funcionamiento en paralelo de dos bombas CP3531 de la Segunda Elevación, cuyo consumo conjunto es cercano a los 1.200 kW.

9.6 MODELO MATEMÁTICO DEL SISTEMA IMPLEMENTADO CON EL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO

Ahora que conocemos todos los problemas presentados anteriormente y sabemos el alcance de la solución definitiva, pasamos a desarrollar un nuevo modelo matemático que permita operar en diferentes escenarios para así comprobar la validez de la propuesta.

Este nuevo modelo se rige según las mismas premisas que los modelos presentados anteriormente, no siendo por tanto un modelo georreferenciado, sino un modelo energético con el cual se puede simular la red de modernización, la turbina a implementar y alguna parte necesaria de la red de riego tradicional.

También se trata de comprobar la pérdida de carga en las tuberías principales de modernización, para asegurarnos que la caída de presión en cabecera de esta red como consecuencia de la utilización puntual de la turbina no lleva asociada distorsiones en el funcionamiento de la red.

Se obtendrá con ello el par de valores caudal turbinado-pérdidas de carga generadas en la turbina y a partir de estos datos se elaborará una tabla con la que podremos conocer los resultados del aprovechamiento en términos energéticos.

Las fases de generación de este modelo reducido son las mismas que las descritas en el *apartado 6.1* y sus principales componentes son:

9.6.1 EMBASLE DE CREVILLENTE

Como se ha expuesto en el *apartado 9.4.1* el embalse de Crevillente se va a introducir en el modelo como un embalse con nivel constante, a la cota +140 m.s.n.m.

Este punto es la cabecera de la red y se considera como de capacidad infinita ya que durante la campaña de riego se aporta constantemente un volumen de agua que no influirá en el comportamiento de la red, pues se igualan entradas con salidas.

9.6.2 RED DE TUBERÍAS

Para la representación de las tuberías se han definido los diámetros, longitudes, materiales y puntos significativos de éstas, obtenidos en los perfiles longitudinales y secciones de los datos existentes en los proyectos "as built".

Las rugosidades definidas (Tabla 53) se han obtenido de los manuales técnicos de los fabricantes de las conducciones y han sido contrastados con la "Guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión, del Cedex".

Tabla 53. Rugosidad absoluta asignada a las conducciones

Material	K (mm)
Acero	0,05
PRFV	0,05

Además se ha considerado en cada caso un coeficiente de pérdidas menores correspondiente a cambios de alineación, piezas especiales, etc.

9.6.3 ESTACIÓN DE FILTRADO

La estación de filtrado de la Quinta Elevación, con sus dos módulos, está preparada para un caudal máximo de 4 m³/s. La pérdida de carga observada en el régimen de funcionamiento actual (con caudales máximos de 2 m³/s) se muestra a continuación:

Tabla 54. Pérdidas de carga observadas en estación de filtrado

Caudal (l/s)	Pérdida de carga (m.c.a.)
0	0
1000	5
2000	10

Ya que la estación de filtrado nunca ha sobrepasado los 2 m³/s no se conoce con certeza el valor de las pérdidas de carga para caudales mayores. No obstante, hay que pensar que la tubería que conecta la red principal con la turbina está conectada justo aguas arriba de la estación de filtrado por lo que la caída de presión por este elemento no habrá que tenerla en cuenta. Se estima que la caída de presión para caudales mayores de 2000 l/s actuales será:

Tabla 55. Pérdidas de carga estimadas en estación de filtrado

Caudal (l/s)	Pérdida de carga (m.c.a.)
3000	20
4000	30

9.6.4 Balsa DE LA QUINTA ELEVACIÓN

Se ha introducido la curva de cubicación de la balsa (Figura 91), cota de solera, nivel máximo y mínimo así como el nivel inicial correspondiente con cada simulación.

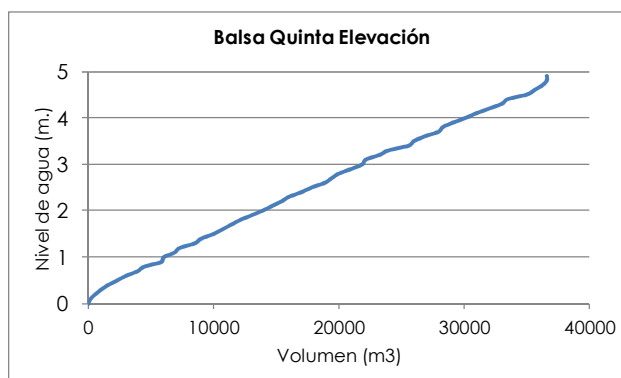


Figura 91. Curva de capacidad Balsa Quinta Elevación

9.6.5 TURBINA

La introducción de las curvas características de la turbina se ha realizado según los datos teóricos que el fabricante ha facilitado.

- Salto neto nominal: 65 m.
- Caudal: 2,5 m³/s.
- Potencia: 1.401,67 kW.

La turbina se ha representado en el modelo como una válvula de propósito general asociada a una curva de pérdidas que representa los valores del fabricante.

Tabla 56. Rendimientos de la turbina para salto neto y décimos de caudal

Rendimiento (%)	Décimos de caudal
88,00%	10/10
89,30%	9/10
89,70%	8/10
89,60%	7/10
88,60%	6/10
86,30%	5/10
82,30%	4/10

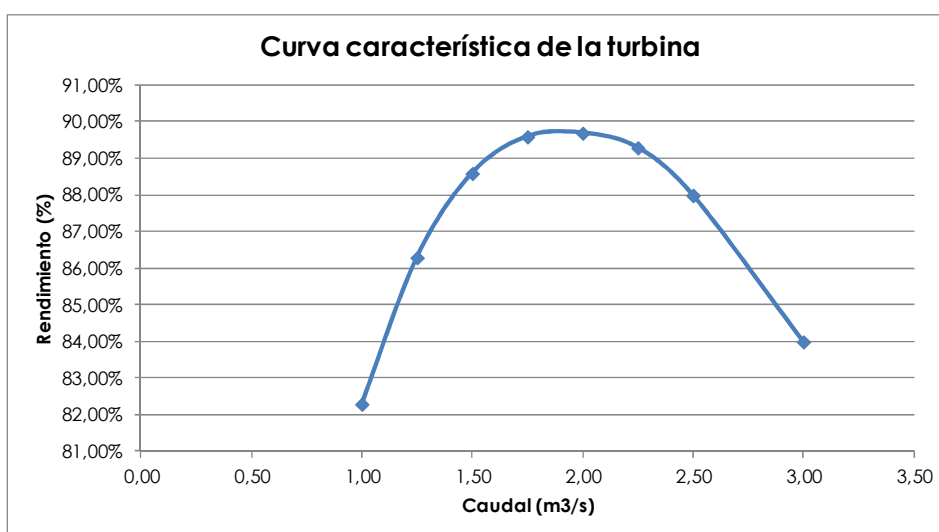


Figura 92. Curva característica de la turbina

9.6.6 DEMANDAS

Se ha representado un año completo del sistema, con las demandas anuales de toda la modernización y el riego con agua del Trasvase del Tercero de Levante (año 2013).

Si observamos el registro anual de los caudalímetros de modernización del Primero y Segundo de Levante (Figura 93) podemos ver que presentan tres matices que se van a comentar a continuación.

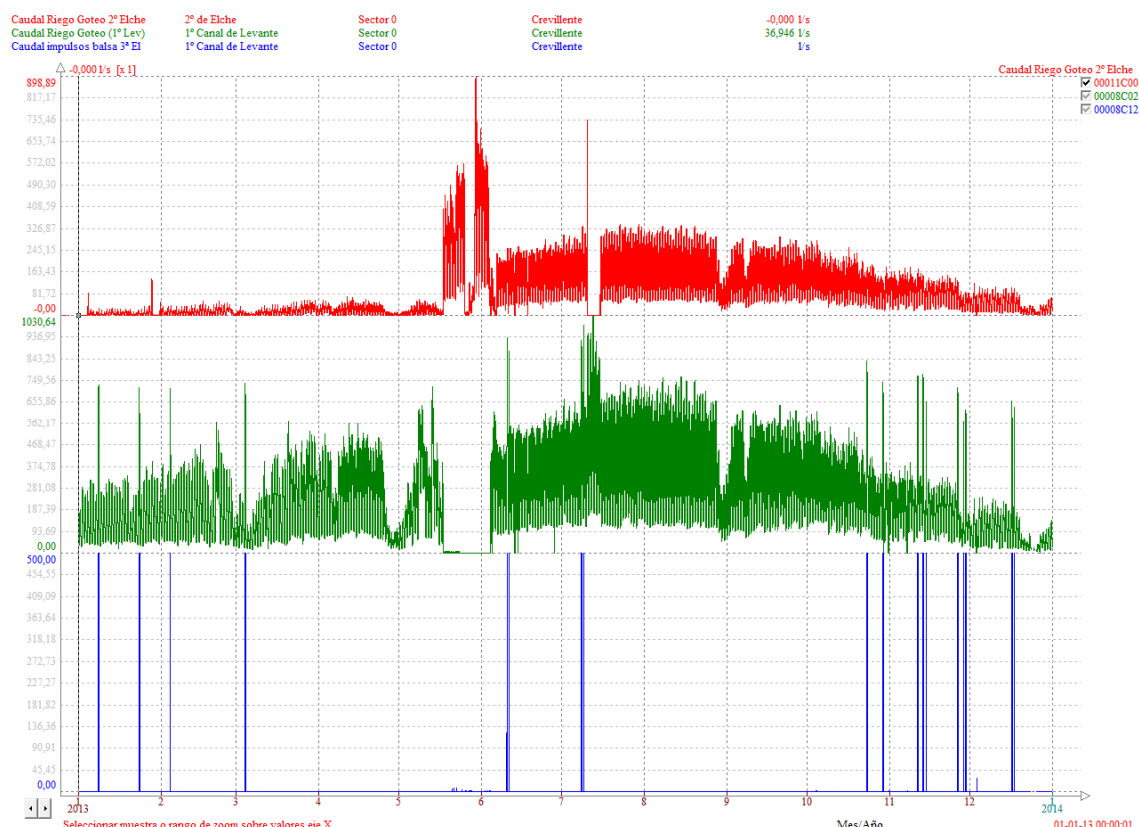


Figura 93. Representación de los datos de los caudalímetros electromagnéticos 1L y 2L de modernización en el año 2013

El primero de ellos es que los registros puntuales de color azul y de muy corto periodo de tiempo son los llenados de la balsa de la Tercera Elevación que se realizan como consecuencia de la infraestructura dañada y que se ha explicado en el apartado 2.3.2

Estos registros han sido medidos en el caudalímetro dispuesto a la entrada de la balsa pero también se registran en el caudalímetro 1L por lo que deben ser descontados de este último. Una vez realizada esta tarea de tratamiento de datos se genera un patrón de consumo con un intervalo horario ya que el programa no soporta tal cantidad de datos.

El segundo que podemos extraer de la Figura 93 es que hay un periodo de tiempo en el que el caudal del Primero de Levante se interrumpe y el del Segundo de Levante se dispara. Esto no es ninguna distorsión sino que es producto de una rotura producida en la tubería principal del Primero de Levante. Gracias a que las dos redes están

conectadas por dos colectores centrales (normalmente cerrados) existe el suministro alternativo y se garantiza el suministro.

El último matiz es algún pico puntual y de muy corto periodo de tiempo que presentan los registros 1L y 2L y que no coinciden con el suministro alternativo ni con el llenado de la balsa; pues son roturas que se producen en la red y hasta que son detectadas y aislado el tramo en concreto, el caudal se dispara (saliéndose fuera de todo rango habitual) como consecuencia de la rotura. Estos valores no se van a desagregar del patrón, pues representan situaciones reales que se pueden durante la explotación diaria de la red.

Siguiendo el mismo procedimiento que en los modelos anteriores, se generan los patrones de consumo asociados a cada una de las demandas (Figura 94).

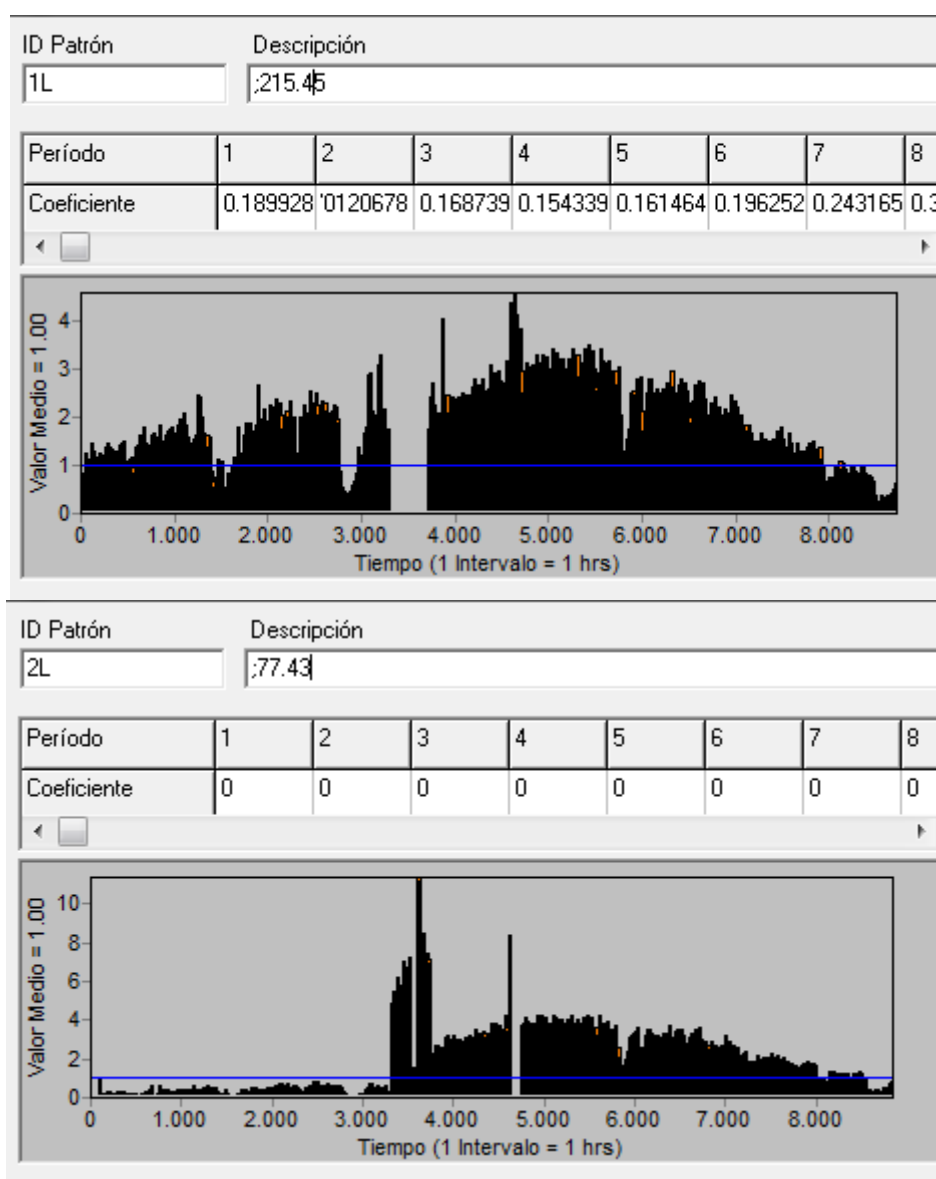


Figura 94. Patrones de consumo 1L y 2L del año 2013 introducidos en el modelo anual

El patrón de consumo del Tercero de Levante tendrá que ser modelado en este caso de diferente forma, ya que no es un consumo constante en el tiempo sino que se reduce a un cierto número de horas al día, en días concretos.

Se ha propuesto un patrón de consumo igual a distribuir el volumen diario en doce horas de servicio (08:00-20:00 h.) que es el horario habitual de trabajo (Figura 95).

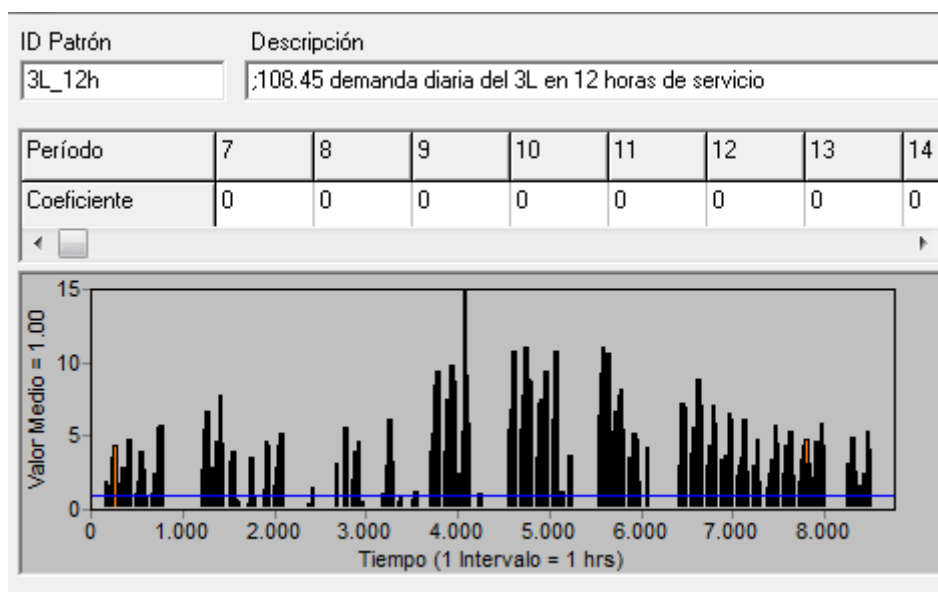


Figura 95. Patrón de consumo 3L del año 2013 introducido en el modelo anual

En cambio, el funcionamiento de la turbina sólo se produce durante un periodo más corto, para poder así equipar un caudal mayor. La balsa de la Quinta Elevación será el vínculo que armonizará los caudales turbinados con los distribuidos, por lo que se establece una consigna en la turbina para que funcione durante tres horas al día y sólo cuando la balsa permanezca entre ciertos niveles.

No debemos olvidar que la comunidad de base Segundo Canal de Poniente todavía no está modernizada pero su futura modernización dependerá de las tuberías principales por lo que también debemos considerarlo como un nudo de consumo. Viendo la semejanza entre los patrones de consumo del Segundo y Primero de Levante, se asume como válido el de uno de ellos (Segundo de Levante) pero la demanda base se corrige proporcionalmente a la superficie..

9.6.7 ESQUELETIZACIÓN DE LA RED

Se ha tratado de realizar un modelo muy sencillo para facilitar su operatividad pero que a la vez permita reflejar con detalle el comportamiento real del sistema (Figura 96):

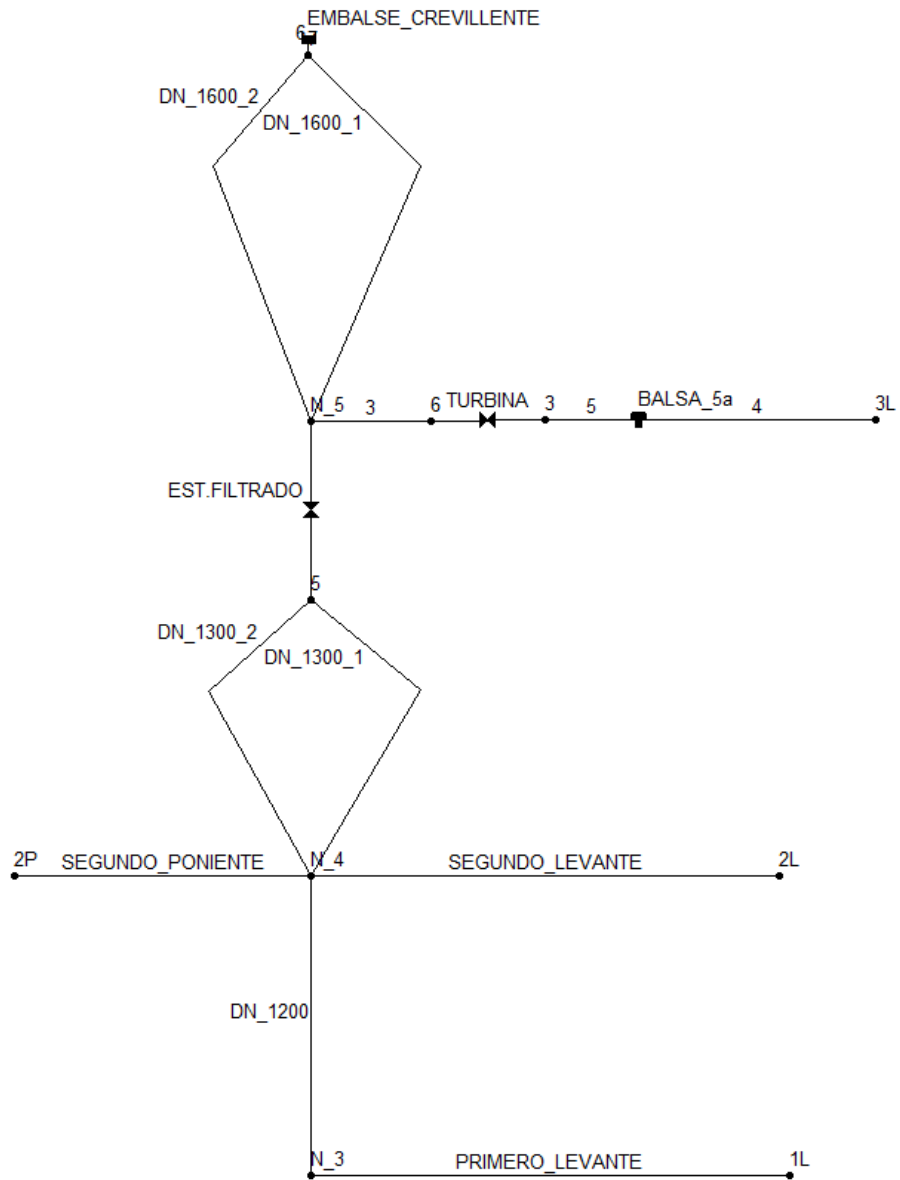


Figura 96. Modelo esquemático de la red

9.7 RESULTADOS OBTENIDOS

En las siguientes figuras (Figura 97, Figura 98, Figura 99) se representan los meses de julio y agosto de 2013 y se observa el comportamiento de la turbina, la balsa y su distribución en cabecera del Tercer Canal de Levante.

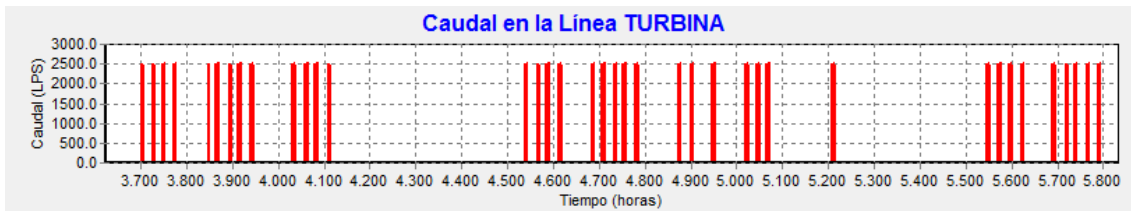


Figura 97. Evolución del caudal en la turbina a instalar con $Q_{\text{equipamiento}} 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$

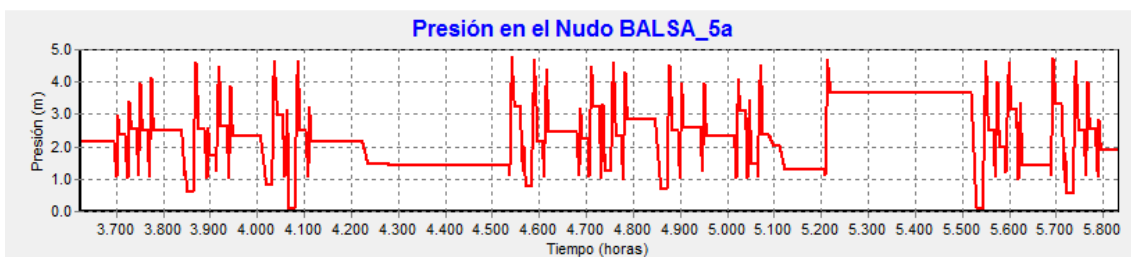


Figura 98. Evolución de las presiones en la balsa de regulación del Tercer Canal de Levante

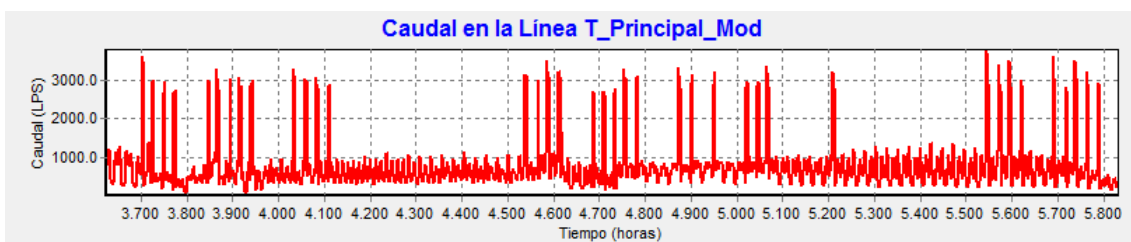


Figura 99. Evolución del caudal por la tubería principal de modernización

Atendiendo ahora a las presiones en los nudos que representan las cabeceras de las tuberías secundarias de modernización (nudos N_3 y N_4) vemos que la caída de presión es insignificante y no afecta, por tanto, la simultaneidad de caudales que pueda ocurrir durante las 8.760 horas del modelo estudiado (Figura 100, Figura 101).

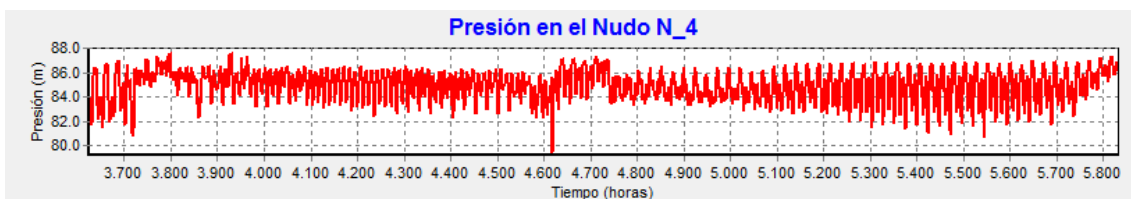


Figura 100. Evolución de las presiones en cabecera de los Segundos de Levante y Poniente

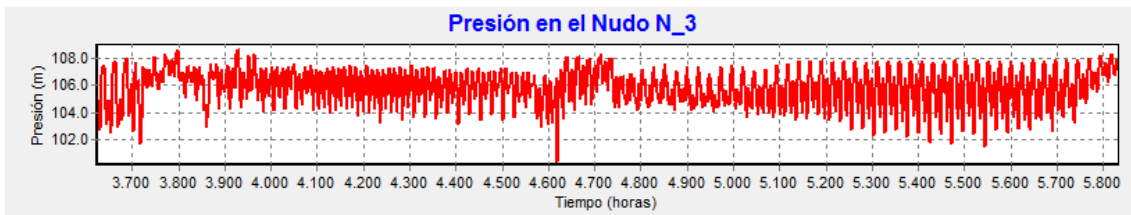


Figura 101. Evolución de las presiones en cabecera del Primero de Levante

Se comprueba por tanto que la caída de presión producida por la instalación de la turbina y el consumo de las zonas modernizadas es inferior a la máxima establecida para que la red de modernización funcione en condiciones óptimas. Asimismo se asegura un buen funcionamiento del sistema propuesto incluso con la hipótesis de modernización del Segundo Canal de Poniente.

10. EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

En este apartado se tratará de identificar si la solución propuesta puede ser viable o no, pero teniendo claro que no tratamos de realizar un análisis financiero en el que se determine una rentabilidad económica fruto de la obtención de beneficios.

Se trata pues de dilucidar si la solución propuesta puede ser interesante no sólo para la solución del problema de déficit existente sino para disminuir el coste de explotación derivado del alto consumo energético del sistema.

10.1 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS COSTES DE CONSTRUCCIÓN

Puesto que la intención de este trabajo no es ni mucho menos la redacción de un proyecto constructivo y teniendo en cuenta el carácter académico con el que debe ser tomado el estudio, los costes de la medida implantada se analizan de manera grosera para poder llegar a concluir si el planteamiento sería o no rentable a largo plazo.

Según la oferta* aportada por la empresa suministradora, los equipos electromecánicos ascienden a un total de 300.000 €, incluyendo:

- Turbina Francis, eje horizontal.
- Central oleohidráulica.
- Alternador.
- Válvula de mariposa.
- Sistema de by-pass.
- Montaje y pruebas.

*Nota: Las empresas dedicadas a este sector suelen ser bastante reservadas en los datos aportados en sus ofertas y más aún cuando el fin último no implica ningún interés comercial, como es este caso; de ahí la precariedad de los datos aportados.

También se ha acudido a una empresa especializada en instalaciones eléctricas de este tipo y aporta una solución a la conexión de los equipos con la red eléctrica existente, centro de transformación y equipos auxiliares por un total de 100.000 €.

Con respecto a la obra civil necesaria para la instalación del grupo se considera que conlleva diferentes actuaciones valoradas en 200.000 €, y que se enumeran a continuación:

- Acometida a la red principal de modernización aguas arriba de la estación de filtrado.
- Demolición parcial del muro de la balsa de la Quinta Elevación y ejecución de foso para la instalación de la calderería, la turbina y la obra de retorno.
- Instalación de los equipos.
- Ejecución de caseta auxiliar para la instalación de los cuadros eléctricos y resto de aparamenta.
- Elementos de seguridad.

Los costes de mantenimiento se estiman en 6.000 €/año.

10.2 IDENTIFICACIÓN DE BENEFICIOS

Tal y como se ha expuesto anteriormente, la puesta en marcha de un sistema de aprovechamiento hidroeléctrico y la utilización de esa energía para alimentar los equipos electromecánicos de la Segunda Elevación, lleva asociadas tres componentes fundamentales en la búsqueda de la rentabilidad del nuevo sistema:

- No se demandará energía fuera de periodo valle (si así fuera, sería sin exceder la potencia contratada).
- Disminuirá la energía consumida ya que se detrae un gran volumen del total anual a elevar desde la Segunda Elevación.
- Se podrá reducir la potencia contratada en los diferentes periodos ya que toda la demanda se podrá cubrir en P-6 incluso con menores potencias.

10.3 VALORACIÓN DEL BENEFICIO OBTENIDO

Tomando como referencia de estudio el año 2013 y analizando las diferentes tarifas eléctricas aplicables, podemos comparar y evaluar los resultados obtenidos antes y después de la incorporación del aprovechamiento hidroeléctrico.

De los 4,66 Hm³ de agua de concesiones distribuida, el 38,65 % corresponde al Primer Canal de Levante (bombeo Segunda-Tercera) y el resto a los canales Segundos de Levante y Poniente, Tercero de Levante y Cuarto de Poniente. Estos porcentajes son los valores a partir de los cuales se reparten proporcionalmente los costes eléctricos.

Los ratios energéticos utilizados son:

Tabla 57. Ratios energéticos de las elevaciones

Elevación	kWh/m ³
Segunda-Tercera	0,1317
Segunda-Cuarta	0,20

Veamos ahora qué volumen útil se puede disponer en cada una de las balsas cuando turbinamos un metro cúbico de agua en la Quinta Elevación:

Tabla 58. Producciones obtenidas por m³ turbinado

m ³ turbinado	m ³ bombeado 2 ^a -3 ^a	m ³ bombeado 2 ^a -4 ^a
1	1,0176	0,6288

Si consideramos un porcentaje de utilización del 80% (relaciona las horas de funcionamiento de la Segunda Elevación con respecto a las horas de funcionamiento de la turbina, debido a paradas o labores de mantenimiento) se estima que todo el volumen del Primer Canal de Levante del año 2013 se pudiera disponer con 47.475 kWh que serían utilizados en el periodo P-6 y solamente con 2 grupos; el resto de energía se aportaría con el aprovechamiento hidroeléctrico.

Lo mismo ocurre para el resto del volumen que se distribuye a las otras comunidades de base, pero en este caso solo consideramos un porcentaje de utilización del 5%.

Tabla 59. Consumo anual incorporando la turbina

Canales	Volumen (m ³)	kWh/m ³	kWh/año	% Utilización	E. cons (kWh)
Primero de L.	1.802.385	0,1317	237.374	0,80	47.475
Resto	2.861.235	0,2000	572.247	0,05	543.635

Valoramos en las siguientes tablas el coste total reflejado en la factura que tendría de elevar el volumen del año 2013 a los diferentes canales con la situación anterior y posterior a la incorporación de la turbina.

Tabla 60. Coste energético anual anterior a la incorporación de la turbina

TÉRMINO ENERGÍA				TÉRMINO ENERGÍA		
P	E. cons (kWh)	Precio (€/kWh)	Coste E. (€)	E. cons (kWh)	Precio (€/kWh)	Coste E. (€)
1	0		0,00	0		0,00
2	0		0,00	0		0,00
3	0		0,00	0		0,00
4	0		0,00	0		0,00
5	0		0,00	0		0,00
6	237.374	0,055	13055,58	572.247	0,055	31473,59
			13.055,58 €			31.473,59 €
TÉRMINO POTENCIA				TÉRMINO POTENCIA		
P	P. cont (kW)	Precio (€/kW/mes)	Coste T.P. (€)	P. cont (kW)	Precio (€/kW/mes)	Coste T.P. (€)
1	60	1,846529	1329,50	60	1,846529	1329,50
2	500	0,924064	5544,38	500	0,924064	5544,38
3	500	0,676261	4057,57	500	0,676261	4057,57
4	500	0,676261	4057,57	500	0,676261	4057,57
5	500	0,676261	4057,57	500	0,676261	4057,57
6	3800	0,308554	14070,06	3800	0,308554	14070,06
			33.116,65 €			33.116,65 €
	Coste E. (1L)		12.793,32 €	Coste E. (Resto)		20.333,62 €
IMPUESTO ELECTRICIDAD				IMPUESTO ELECTRICIDAD		
	4,864%		1.321,58 €			2.648,75 €
	S_TOTAL FACTURA 1L		27.170,47 €	S_TOTAL FACTURA Resto		54.455,95 €
	IVA		5.705,80 €	IVA		11.435,75 €
	TOTAL 1L		32.876,27 €	TOTAL Resto		65.891,70 €
				TOTAL ANUAL		98.767,97 €

En la Tabla 60 se reflejan los costes energéticos teniendo en cuenta las potencias contratadas actualmente y un precio medio del kWh en periodo P-6 de 0,055 €.

Tabla 61. Coste energético anual posterior a la incorporación de la turbina

TÉRMINO ENERGÍA				TÉRMINO ENERGÍA			
P	E. cons (kWh)	Precio (€/kWh)	Coste E. (€)	E. cons (kWh)	Precio (€/kWh)	Coste E. (€)	
1	0		0,00	0		0,00	
2	0		0,00	0		0,00	
3	0		0,00	0		0,00	
4	0		0,00	0		0,00	
5	0		0,00	0		0,00	
6	47.475	0,055	2611,12	543.635	0,055	29899,91	
			2.611,12 €			29.899,91 €	
TÉRMINO POTENCIA				TÉRMINO POTENCIA			
P	P. cont (kW)	Precio (€/kW/mes)	Coste T.P. (€)	P. cont (kW)	Precio (€/kW/mes)	Coste T.P. (€)	
1	60	1,846529	1329,50	60	1,846529	1329,50	
2	60	0,924064	665,33	60	0,924064	665,33	
3	60	0,676261	486,91	60	0,676261	486,91	
4	60	0,676261	486,91	60	0,676261	486,91	
5	60	0,676261	486,91	60	0,676261	486,91	
6	1400	0,308554	5183,71	1400	0,308554	5183,71	
			8.639,26 €			8.639,26 €	
		Coste E. (1L)	3.337,44 €			Coste E. (Resto)	5.304,50 €
IMPUESTO ELECTRICIDAD				IMPUESTO ELECTRICIDAD			
	4,864%		304,13 €				1.799,89 €
	S_TOTAL FACTURA 1L		6.252,69 €	S_TOTAL FACTURA Resto			37.004,30 €
	IVA		1.313,06 €	IVA			7.770,90 €
	TOTAL 1L		7.565,75 €	TOTAL Resto			44.775,21 €
				TOTAL ANUAL			52.340,96 €

En la Tabla 61 se calculan los costes energéticos asumiendo la bajada del término de potencia y reduciendo drásticamente el consumo del bombeo hacia el Primer Canal de Levante.

La gran ventaja de esta solución radica en la reducción drástica de los términos de potencia contratados en cada periodo, pues es el concepto que más penaliza la factura eléctrica actualmente.

Se reduciría por tanto la factura eléctrica anualmente en un 52,90%.

11. LEGISLACIÓN ELÉCTRICA APLICABLE. LEY 24/2013

11.1 ANTECEDENTES

Actualmente el Sector Eléctrico se rige según la nueva Ley 24/2013, de 26 de octubre aunque todavía no se ha desarrollado el Real Decreto correspondiente.

La presente Ley tiene como finalidad básica establecer la regulación del sector eléctrico garantizando el suministro eléctrico con los niveles necesarios de calidad y al mínimo coste posible, asegurar la sostenibilidad económica y financiera del sistema y permitir un nivel de competencia efectiva en el sector eléctrico, todo ello dentro de los principios de protección medioambiental de una sociedad moderna.

La nueva ley se enmarca también en un contexto de integración de los mercados eléctricos europeos. En este sentido, la ley tiene en cuenta la normativa europea de aplicación en el sector eléctrico, en particular, la Directiva 2009/72/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de julio de 2009 sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad, que fue transpuesta por el Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. También tiene en cuenta el marco europeo de intercambios transfronterizos de electricidad fijado por el Reglamento (CE) n.º 714/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio de 2009, relativo a las condiciones de acceso a la red para el comercio transfronterizo de electricidad.

La elevada penetración de las tecnologías de producción a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos, incluidas en el denominado régimen especial de producción de energía eléctrica, ha ocasionado que su regulación singular ligada a la potencia y a su tecnología carezca de objeto. Por el contrario, hace preciso que la regulación contemple a estas instalaciones de manera análoga a la del resto de tecnologías que se integran en el mercado, y en todo caso, que sean consideradas por razón de su tecnología e implicaciones en el sistema, en lugar de por su potencia, por lo que se abandonan los conceptos diferenciados de régimen ordinario y especial. Por este motivo se procede a una regulación unificada, sin perjuicio de las consideraciones singulares que sea preciso establecer.

El régimen retributivo de las energías renovables, cogeneración y residuos se basará en la necesaria participación en el mercado de estas instalaciones, complementado los ingresos de mercado con una retribución regulada específica que permita a estas tecnologías competir en nivel de igualdad con el resto de tecnologías en el mercado. Esta retribución específica complementaria será suficiente para alcanzar el nivel mínimo necesario para cubrir los costes que, a diferencia de las tecnologías convencionales, estas no puedan recuperar en el mercado y les permitirá obtener una rentabilidad adecuada con referencia a la instalación tipo en cada caso aplicable.

El desarrollo del autoconsumo como fuente alternativa de generación de electricidad al margen del sistema eléctrico requiere la regulación de una actividad que no tenía hasta la fecha un marco legal y reglamentario específico. La ley tiene por finalidad garantizar un desarrollo ordenado de la actividad, compatible con la necesidad de garantizar la sostenibilidad técnica y económica del sistema eléctrico en su conjunto. En este sentido, el articulado de la ley establece la obligación de las instalaciones de

autoconsumo de contribuir a la financiación de los costes y servicios del sistema en la misma cuantía que el resto de los consumidores. Transitoriamente, se establecen excepciones para los casos en los que el autoconsumo supone una reducción de costes para el sistema y para las instalaciones existentes de cogeneración.

11.2 DISPOSICIONES GENERALES. ARTÍCULO 9: AUTOCONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

A los efectos de esta ley, se entenderá por autoconsumo el consumo de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación conectadas en el interior de una red de un consumidor o a través de una línea directa de energía eléctrica asociadas a un consumidor.

Se distinguen cuatro modalidades de autoconsumo, aunque sólo nos interesa la primera de ellas:

- A. Modalidades de suministro con autoconsumo. Cuando se trate de un consumidor que dispusiera de una instalación de generación, destinada al consumo propio, conectada en el interior de la red de su punto de suministro y que no estuviera dada de alta en el correspondiente registro como instalación de producción. En este caso existirá un único sujeto de los previstos en el artículo 6, que será el sujeto consumidor.

En el caso en que la instalación de producción de energía eléctrica o de consumo esté conectada total o parcialmente al sistema eléctrico, los titulares de ambas estarán sujetos a las obligaciones y derechos previstos en la presente ley y en su normativa de desarrollo.

Todos los consumidores sujetos a cualquier modalidad de autoconsumo tendrán la obligación de contribuir a los costes y servicios del sistema por la energía autoconsumida, cuando la instalación de generación o de consumo esté conectada total o parcialmente al sistema eléctrico.

Para ello estarán obligados a pagar los mismos peajes de acceso a las redes, cargos asociados a los costes del sistema y costes para la provisión de los servicios de respaldo del sistema que correspondan a un consumidor no sujeto a ninguna de las modalidades de autoconsumo descritas en el apartado anterior.

11.3 ENCAJE LEGAL DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Si bien es cierto que el artículo 9 de la Ley 24/2013 define diferentes modalidades de autoconsumo, la propuesta de utilizar un aprovechamiento hidroeléctrico para utilizarlo como alternativa a la problemática energética actual de la C.G.R.R.L. (M.I.) no se enmarca como una figura definida dentro de la propia Ley, por lo que no estaría sujeta a las obligaciones tributarias que el sistema establece.

Esto se consigue desacoplando el sistema de la red eléctrica general, de modo que el funcionamiento de las instalaciones con la energía generada por el aprovechamiento hidroeléctrico no entraría dentro de la tipificación de autoconsumo y sería un funcionamiento "en isla".

Este logro está basado en que la Ley 24/2013 permite la interrumpibilidad de la conexión, que no es más que desconectarse de ésta por un periodo de tiempo diario a través de un by-pass en la toma.

Aunque el funcionamiento "en isla" conduzca a quedar fuera del marco legislativo como una figura de autoconsumo, lleva asociado algunos inconvenientes que deberán solucionarse para el correcto funcionamiento del sistema de elevaciones y distribución de agua, ya que:

- Todos los equipos de medida (caudalímetros, sondas de nivel, etc.) quedarían desconectados durante este periodo. Lo mismo ocurriría con el sistema de telecontrol y gestión de alarmas.

Esta situación no supondría un problema ya que todos los equipos están alimentados con una tensión de 24 voltios y disponen de baterías con autonomía suficiente para varias semanas. Las baterías se cargarían durante el periodo P-6 en el que sí se estaría conectado a la red eléctrica general.

- La red de media tensión y los sistemas de elevación de carga (puentes grúa) instalados en las elevaciones Segunda, Quinta Aérea y Sexta de Crevillente se quedarían sin energía eléctrica.

Los puentes grúa están conectados a las redes de media tensión de las elevaciones que se utilizan en labores de mantenimiento y reparación con herramientas de pequeña entidad. Estas situaciones puntuales se solucionarían con pequeños grupos electrógenos que alimenten a los equipos necesarios.

12. CONCLUSIONES

- La evolución, mejora y adecuación de las instalaciones en las elevaciones principales de la C.G.R.R.L. (M.I.) ha llegado a crear un sistema robusto y fiable con el que se puede abastecer toda la demanda de agua de riego.
- Existe una estabilidad en las demandas de agua de concesiones cuando se garantiza su disponibilidad y calidad.
- La modernización del sistema de riego en las comunidades de base que ya la han acometido presenta una fuerte implantación, en detrimento de los volúmenes demandados de aguas de concesiones.
- El nuevo proyecto de las elevaciones Segunda-Tercera-Cuarta elimina de raíz la problemática del hundimiento de las galerías pero induce conflictos en cuanto a los costes de distribución y explotación.
- El déficit existente en el Primer Canal de Levante podría suplirse con la ampliación de la balsa de la Tercera Elevación pero implicaría la compra de una parcela y un problema urbanístico y social.
- Cambiar de tarifa eléctrica para seguir funcionando con los grupos actuales debe estudiarse con detenimiento y acudir al mercado eléctrico para negociar con los suministradores.
- La instalación de un aprovechamiento hidroeléctrico en la balsa de la Quinta Elevación para poder suministrar la energía necesaria que cubrir el déficit, conlleva también la posibilidad de reducir la tarifa eléctrica hasta en un 52,90% anualmente.
- Esta disminución de los costes eléctricos se fundamenta en la reducción de los términos de potencia contratados en cada periodo sin que el funcionamiento global de la instalación se vea afectado.
- Se garantiza que la demanda de agua del Traslase en el Tercer Canal de Levante siempre será suficiente para cubrir el déficit existente en el Primer Canal así como para poder ayudar a disminuir los costes eléctricos en el caso de instalación del aprovechamiento hidroeléctrico.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Suárez, J., Martínez, F., Puertas, Jerónimo., "Manual de conducciones uralita". Uralita sistemas de tuberías. 2005

Escribá, D., "Hidráulica para ingenieros". Colección Obras Hidráulicas dirigida por Mateos, M. 1998

Cuesta, L., Vallarino, E., "Aprovechamientos hidroeléctricos" CICCP. 2000

CEDEX, "Guía Técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión". 2002

Fuertes, V.S., García-Serra, J., Iglesias, P.L., López, G., Martínez, F.J. y Pérez, R., "Modelación y diseño de redes de abastecimiento de agua", GMF (Grupo mecánica de fluidos) Departamento Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Editorial UPV. 2002

CHS (Confederación Hidrográfica del Segura), Propuesta del Proyecto del Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura. 2013

García, C.J., García, T., Sarasúa, J.I., "Saltos hidroeléctricos". Delta Publicaciones Universitarias. 2011

García, C.J., García, T., Sarasúa, J.I., "Evaluación económica de proyectos de obras hidráulicas". Delta Publicaciones Universitarias. 2011



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

máster en ingeniería
hidráulica y medio ambiente
mihma

Título del trabajo fin de Máster:

**ESTUDIO DE LA RED DE
SUMINISTRO DE AGUA DE
RIEGO DE LA C.G.R. RIEGOS DE
LEVANTE (M.I.)
ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA
DE MEJORAS**

Intensificación:

HIDRÁULICA URBANA

Autor:

JOSEP PAGÉS SÁNCHEZ

Director:

PEDRO L. IGLESIAS REY

Fecha: *SEPTIEMBRE de 2014*



Título del trabajo fin de Máster:

ESTUDIO DE LA RED DE SUMINISTRO DE AGUA DE RIEGO DE LA C.G.R. RIEGOS DE LEVANTE (M.I.) ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA DE MEJORAS

Autor: **PAGÉS SÁNCHEZ, JOSEP**

Tipo	A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>	Lugar de realización	VALENCIA,
Director	PEDRO L.	Fecha de lectura	SEPTIEMBRE 2014
Codirector 1	IGLESIAS REY		
Codirector 2			
Tutor			

Resumen:

La Comunidad General de Regantes Riegos de Levante (Margen Izquierda) gestiona, mantiene y explota sus instalaciones de riego desde su puesta en marcha en el año 1923. Con el paso del tiempo se han ido sustituyendo y mejorando las diferentes instalaciones, adecuándose a la evolución de la técnica y a los recursos disponibles.

Actualmente la comunidad de regantes presenta dos grandes esquemas hidráulicos, uno para el agua de concesiones del Río Segura y otro para el agua proveniente del Trasvase Tajo-Segura.

En este trabajo se realiza un estudio de todas las infraestructuras existentes de cada uno de los sistemas de riego, sus usos y demandas. Todas las estaciones de bombeo, embalses, canales principales de distribución, tuberías, etc. son representados en diferentes modelos matemáticos realizados con el programa Epanet donde se validan los resultados obtenidos de diferentes situaciones e hipótesis mediante métodos de calibración.

Se describe el problema actual existente en la gestión de la red de riego tradicional con agua de concesiones en el que los costes de explotación se han visto incrementados desde la puesta en marcha de las nuevas instalaciones. Asimismo, se proponen diferentes alternativas y se estudia la instalación de un aprovechamiento hidroeléctrico como solución.



Abstract:

The General Watering Community Riegos de Levante (Left Bank of Segura River) manages, maintains and exploits its irrigation facilities since its inception on 1923. Almost a hundred years later they have been replacing and improving their installations, adapting to changing of technology and available resources.

Currently the watering community has two large hydraulic diagrams, depending on the source of water (Segura River or Tajo-Segura water transfer).

This study presents all existing infrastructures of each irrigation systems, their uses and demands. Pumping stations, reservoirs, distribution channels, pipelines, etc. are represented in different mathematical models made with Epanet and the results obtained in the program can be checked and calibrated with different methods.

Is presented the current problem on the network management of traditional irrigation in which operating costs have increased since the launch of the new facilities. Also, different alternatives are proposed and the installation of a hydroelectric plant as a solution is studied.

Resum:

La Comunitat General de Regants Regs del Llevant (Marge Esquerre) gestiona, manté i explota les seues instal·lacions de reg desde la seua posada en marxa l'any 1923. Amb el pas del temps s'han anat substituint i millorant les diferents instal·lacions, adequant-se a l'evolució de la tècnica i als recursos disponibles.

Actualment la comunitat de regants presenta dos grans esquemes hidràulics, un per a l'aigua de concessions del Riu Segura i un altre per a l'aigua provinent del Transvasament Tajo-Segura.

En este treball es realitza un estudi de totes les infraestructures existents de cada un dels sistemes de reg, els seus usos i demandes. Totes les estacions de bombeig, embassaments, canals principals de distribució, canonades, etc. són representats en diferents models matemàtics realitzats amb el programa Epanet on es validen els resultats obtinguts de diferents situacions i hipòtesi per mitjà de mètodes de calibratge.

Es descriu el problema actual existent en la gestió de la xarxa de reg tradicional amb aigua de concessions en que els costos d'explotació s'han vist incrementats des de la posada en marxa de les noves instal·lacions. Així mateix, es proposen diferents alternatives i s'estudia la instal·lació d'un aprofitament hidroelèctric com a solució.



Palabras clave: *comunidad de regantes, estación de bombeo, canales, tuberías, aprovechamiento hidroeléctrico.*

Key words: *watering community, pumping station, water channel, pipeline, hydroelectric plant.*

Paraules Claus: *comunitat de regants, estació de bombeig, canal, canonades, aprofitament hidroelèctric.*

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	1
1.1 Historia de la comunidad de regantes	1
1.2 Integrantes de la C.G.R.R.L. (M.I.)	3
1.3 Superficie de riego	4
1.4 Presentación el problema	5
1.5 Objetivo del T.F.M.	5
2. Análisis de las infraestructuras existentes	7
2.1 Tipos de riego	7
2.2 Sistema de riego tradicional con agua de concesiones.....	7
2.2.1 Captación	7
2.2.2 Canal de transporte hacia la primera elevación	9
2.2.3 Elevaciones principales.	10
2.2.4 Evolución de las infraestructuras principales.....	13
2.2.4.1 Primera elevación.....	17
2.2.4.2 Segunda elevación	20
2.2.4.3 Tercera elevación.....	23
2.2.4.4 Cuarta elevación.....	23
2.2.4.5 Quinta elevación	23
2.2.4.6 Sexta elevación de Crevillente	26
2.2.5 Canal principal.....	30
2.2.5.1 Tramo 0. Toma-Primera elevación.....	30
2.2.5.2 Tramo 1. Primera-Segunda elevación	31
2.2.5.3 Tramo 2. Segunda-Tercera elevación	32
2.2.5.4 Tramo 4. Tercera-Cuarta elevación	33
2.2.5.5 Tramo 5. Cuarta-Quinta elevación	34
2.2.5.6 Tramo 6. Quinta aérea-Sexta elevación	34
2.2.6 Canales transversales de distribución.....	35
2.2.6.1 Primer Canal de Levante	35
2.2.6.2 Segundo Canal de Levante	36
2.2.6.3 Segundo Canal de Poniente.....	36
2.2.6.4 Tercer Canal de Levante	37
2.2.6.5 Cuarto Canal de Levante.....	37
2.2.6.6 Cuarto Canal de Poniente	38

2.2.7	Elementos reguladores de la red principal.....	39
2.2.7.1	Parque Natural "El Hondo"	39
2.2.7.1.1	Historia	39
2.2.7.1.2	Hidrología del medio.....	40
2.2.7.1.3	Problemas del medio	41
2.2.7.2	Balsa de la Tercera Elevación	41
2.2.7.3	Balsa de la Cuarta Elevación	42
2.2.7.4	Balsa de la Quinta Elevación	43
2.2.8	Telecontrol de las instalaciones	44
2.3	Sistema de riego tradicional con agua del A.T.S.....	45
2.3.1	Esquema hidráulico de funcionamiento.....	45
2.3.2	Infraestructura dañada	46
2.4	Sistema de riego modernizado	49
2.4.1	Embalse regulador	49
2.4.2	Tuberías principales	52
2.4.3	Estación de filtrado	52
2.4.4	Red secundaria de tuberías	54
2.4.4.1	Cabeceras de sector.....	56
2.4.4.2	Hidrantes.....	56
2.4.5	Telecontrol de las instalaciones	57
2.5	Infraestructura eléctrica.....	59
2.5.1	Antecedentes	59
2.5.2	Descripción general de la red eléctrica	59
3.	Funcionamiento del sistema	61
3.1	Introducción	61
3.2	Sistema de riego tradicional con agua de concesiones.....	61
3.3	Sistema de riego tradicional con agua del A.T.S.....	62
3.4	Simultaneidad de usos	62
3.4.1	Situación 1	63
3.4.2	Situación 2	65
3.5	Sistema de riego modernizado	67
3.6	Análisis del coste del agua.....	68
4.	Análisis de la demanda	69
4.1	Agua de concesiones	69
4.2	Agua del A.T.S.....	71

4.3	Distribución por canales.....	74
4.3.1	Primer Canal de levante.....	74
4.3.1.1	Segundo Canal de Levante	75
4.3.1.2	Segundo Canal de Poniente.....	76
4.3.1.3	Tercer Canal de Levante	77
4.3.1.4	Cuarto Canal de Poniente_Crevillente	81
4.3.1.5	Cuarto Canal de Poniente_Orihuela	82
4.4	Riego modernizado	83
5.	Problemática actual en el sistema de distribución de riego de agua de concesiones	84
5.1	Rotura galería 2ª a 4ª Elevación	84
5.1.1	Reparación de urgencia	85
5.1.2	Proyecto elevaciones 2ª a 4ª.....	86
5.1.2.1	Antecedentes.....	86
5.1.2.2	Limitaciones y condicionantes.....	87
5.1.2.3	Diseño de la solución	93
5.1.2.4	Nuevo esquema hidráulico	101
5.1.2.5	Otras mejoras.....	101
5.2	Tarifa eléctrica	102
5.2.1	Tarifa contratada originalmente.....	102
5.2.2	Facturación	103
5.2.3	Excesos de potencia	103
5.2.4	Nueva tarifa eléctrica provisional.....	104
5.3	Falta de nº de horas de bombeo en P-6.....	105
6.	Modelo matemático del sistema.....	106
6.1	Fases de generación del modelo	106
6.1.1	Recopilación de la información	106
6.1.1.1	Tuberías	106
6.1.1.2	Depósitos y balsas.....	107
6.1.1.3	Bombas	108
6.1.1.4	Demandas.....	108
6.1.1.5	Elementos de regulación	109
6.1.1.6	Consignas	109
6.1.2	Esqueletización de la red	110
6.2	Comprobación de resultados y validación del modelo.....	112
6.2.1	Bombeo a la cuarta elevación.....	112

7. Medidas adoptadas para tratar de paliar el déficit estructural	114
7.1 Traspaso de caudales entre balsas	114
7.2 Bombeo de carácter excepcional en periodos punta	118
8. Propuesta de soluciones y análisis de alternativas	120
8.1 Ampliación o construcción de nuevos elementos de regulación.....	120
8.1.1 Modelo de explotación diario.....	120
8.1.1.1 Hipótesis previa.....	120
8.1.1.2 Situación real	123
8.1.1.3 Hipótesis con depósito de mayor capacidad.....	126
8.2 Búsqueda de una fuente adicional de suministro eléctrico	128
9. Utilización de turbinas como fuente de suministro eléctrico	129
9.1 Esquema planteado	129
9.2 Tipología del aprovechamiento.....	129
9.3 Elementos de obra civil del aprovechamiento.....	130
9.3.1 Embalse de cabecera	130
9.3.2 Toma	130
9.3.3 Tuberías	131
9.4 Parámetros de diseño	131
9.4.1 Salto	131
9.4.2 Caudal de equipamiento	132
9.4.3 Selección de la turbina a instalar	139
9.5 Potencia de la central	140
9.6 Modelo matemático del sistema implementado con el aprovechamiento hidroeléctrico.....	141
9.6.1 Embalse de Crevillente	141
9.6.2 Red de tuberías	141
9.6.3 Estación de filtrado	142
9.6.4 Balsa de la Quinta Elevación.....	142
9.6.5 Turbina	143
9.6.6 Demandas.....	144
9.6.7 Esqueletización de la red	147
9.7 Resultados obtenidos	148
10. Evaluación de la solución propuesta.....	150
10.1 Identificación y evaluación de los costes de construcción.....	150
10.2 Identificación de beneficios	151
10.3 Valoración del beneficio obtenido	151

11. Legislación eléctrica aplicable. Ley 24/2013.....	154
11.1 Antecedentes	154
11.2 Disposiciones generales. Artículo 9: autoconsumo de energía eléctrica	155
11.3 Encaje legal de la solución adoptada	155
12. Conclusiones	157
13. Referencias bibliográficas	158

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Azud y Molino de San Antonio.....	7
Ilustración 2. Toma inicial.....	8
Ilustración 3. Esquema hidráulico en la toma inicial.....	8
Ilustración 4. Vista del azud y la captación.....	9
Ilustración 5. Azarbes de drenaje y canal de transporte.....	10
Ilustración 6. Bomba original conservada en museo.....	11
Ilustración 7. Bombas verticales instaladas a principios de los años 80.....	12
Ilustración 8. Primera Elevación y bombas existentes.....	17
Ilustración 9. Vista general de la instalación, nueva tubería instalada en el canal y bomba sumergible durante su instalación.....	20
Ilustración 10. Instalación en Quinta Elevación Aérea.....	24
Ilustración 11. Galería reversible.....	26
Ilustración 12. Colectores de impulsión a la salida de las bombas actuales.....	27
Ilustración 13. Vista aérea de los embalses del P.N. del Hondo.....	39
Ilustración 14. Centro de telemando.....	44
Ilustración 15. Llenado desde la red de modernización.....	46
Ilustración 16. Fotografías de la arqueta de rotura de carga anterior a la balsa de la Cuarta Elevación.....	47
Ilustración 17. Fotografías del dique y toma flotante.....	51
Ilustración 18. Vista del interior de la arqueta con válvulas de sobrevelocidad.....	52
Ilustración 19. Vista general de la estación de filtrado de la Quinta Elevación.....	53
Ilustración 20. Colectores de derivación y valvulería se seccionamiento.....	54
Ilustración 21. Cabecera de sector con válvulas automáticas.....	56
Ilustración 22. Arqueta de hidrante. Válvula automática, contador y telecontrol.....	57
Ilustración 23. Imágenes del sistema de telegestión.....	58
Ilustración 24. Desprendimientos en galería Segunda-Tercera.....	85
Ilustración 25. Reparación de urgencia de muros y solera.....	86
Ilustración 26. Fotografías de la tubería en canal previo picado para aumentar sección.....	88
Ilustración 27. Fotografías tubería instalada en by-pass de galería.....	89
Ilustración 28. Tubería y útil de carga.....	90
Ilustración 29. Fases de carga.....	91
Ilustración 30. Fases de transporte y colocación.....	92
Ilustración 31. Curva del sistema bombeando a la Tercera Elevación.....	96
Ilustración 32. Curva del sistema bombeando a la Cuarta Elevación.....	97
Ilustración 33. Vista del sistema de protección con válvulas anticipadoras de onda y ventosas.....	100

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Infraestructura hidráulica original.....	2
Figura 2. Esquema hidráulico original	11
Figura 3. Esquema hidráulico mod_1	13
Figura 4. Esquema hidráulico mod_2.....	14
Figura 5. Esquema hidráulico mod_3.....	14
Figura 6. Esquema hidráulico (hundimiento galerías)	14
Figura 7. Esquema hidráulico actual mod_4.....	15
Figura 8. Esquema en planta de las instalaciones existentes para el riego de concesiones	16
Figura 9. Curva bomba PL 7101 190 kW	18
Figura 10. Curva bomba PL 7081 100 kW	19
Figura 11. Curva bomba CP3531 680 kW	21
Figura 12. Curva bomba PL 7081 100 kW	22
Figura 13. Curva bombas CP 3602 460 kW	25
Figura 14. Curva bomba CP 3531 340 kW	28
Figura 15. Curva bomba CP 3312 140 kW	29
Figura 16. Esquema hidráulico red de riego tradicional con agua del A.T.S.	45
Figura 17. Esquema en planta de las instalaciones existentes para el riego tradicional con agua del A.T.S.....	48
Figura 18. Sección tipo del camino de servicio	54
Figura 19. Planta general de la red de modernización	55
Figura 20. Esquema eléctrico.....	60
Figura 21. Esquema general de la simultaneidad de usos. Situación 1	64
Figura 22. Esquema general de la simultaneidad de usos. Situación 2.....	66
Figura 23. Esquema general de la red de modernización	67
Figura 24. Volumen anual de agua de concesiones suministrada por año.....	69
Figura 25. Volumen anual de agua de concesiones distribuido por comunidades de base y año.....	70
Figura 26. Volumen anual de agua del A.T.S. suministrada por año.....	72
Figura 27. Volumen anual de agua del A.T.S. distribuido por comunidades de base y año	73
Figura 28. Distribución anual de agua de concesiones. Primer Canal de Levante.....	74
Figura 29. Distribución anual de agua del A.T.S. Primer Canal de Levante.....	74
Figura 30. Distribución anual de agua de concesiones. Segundo Canal de Levante ...	75
Figura 31. Distribución anual de agua del A.T.S. Segundo Canal de Levante	75
Figura 32. Distribución anual de agua de concesiones. Segundo Canal de Poniente ..	76
Figura 33. Distribución anual de agua del A.T.S. Segundo Canal de Poniente	76
Figura 34. Distribución anual de agua de concesiones. Tercer Canal de Levante.....	77
Figura 35. Distribución anual de agua del A.T.S. Tercer Canal de Levante.....	77
Figura 36. Situación actual y problemática del Tercer Canal de Levante	78
Figura 37. Esquema general propuesto para la futura modernización del Tercer Canal de Levante	79
Figura 38. Porcentaje de hidrantes activos respecto al total, desde su instalación.....	80
Figura 39. Distribución anual de agua de concesiones. Cuarto Canal de Poniente-Crevillente.....	81

Figura 40. Distribución anual de agua del A.T.S. Cuarto Canal de Poniente-Crevillente	81
Figura 41. Distribución anual de agua de concesiones. Cuarto Canal de Poniente-Orihuela.....	82
Figura 42. Distribución anual de agua del A.T.S. Cuarto Canal de Poniente-Orihuela...	82
Figura 43. Distribución anual de agua de modernización	83
Figura 44. Esquema hidráulico (hundimiento galerías)	84
Figura 45. Sección tipo de la conducción en la galería Tercera-Cuarta	90
Figura 46. Régimen permanente bombeando a la Cuarta Elevación	98
Figura 47. Envolvente de presiones tras paro repentino, sin protección.....	98
Figura 48. Evolución de las presiones en la estación de bombeo tras paro repentino, sin protección.....	98
Figura 49. Envolvente de presiones tras paro repentino, con protección	99
Figura 50. Evolución de las presiones en la estación de bombeo.....	99
Figura 51. Caudal a través de las válvulas anticipadoras de onda.....	99
Figura 52. Volumen de la bolsa de aire que ingresa en la ventosa junto a la estación de bombeo	99
Figura 53. Esquema hidráulico actual mod_4.....	101
Figura 54. Calendario energético peninsular 2014	102
Figura 55. Cubicación de la balsa de la Cuarta Elevación	107
Figura 56. Curvas reales de las bombas introducidas	108
Figura 57. Representación de los datos del caudalímetro electromagnético	108
Figura 58. Demanda asociada a una cabecera de canal.....	109
Figura 59. Representación del funcionamiento de las bombas	110
Figura 60. Modelo matemático general	111
Figura 61. Modelo matemático discretizado	111
Figura 62. Presión en la balsa antes de la calibración	112
Figura 63. Presión en la balsa después del primer ajuste.....	113
Figura 64. Presión en la balsa después del segundo ajuste	113
Figura 65. Estadísticas de calibración obtenidas por el modelo.....	113
Figura 66. Plano en planta de la arqueta de derivación situada junto a la balsa de la Tercera Elevación	114
Figura 67. Relación Kv y ángulo de apertura	115
Figura 68. Curva de pérdidas de carga introducida en el modelo	115
Figura 69. Regulación con 30° de apertura.....	116
Figura 70. Bombeo en hora punta por falta de capacidad.....	118
Figura 71. Nivel de las balsas Tercera y Cuarta con el modelo inicial	122
Figura 72. Nivel de la balsa Tercera Elevación con la situación real	124
Figura 73. Nivel de la balsa Cuarta Elevación con la situación real	125
Figura 74. Caudales aportados por las bombas	125
Figura 75. Nivel de balsa Tercera con el aumento de capacidad.....	126
Figura 76. Nivel de balsa Cuarta.....	127
Figura 77. Caudal impulsado por cada una de las bombas.....	127
Figura 78. Toma flotante y canal de descarga del Embalse de Crevillente	130
Figura 79. Distribución anual de agua del A.T.S. Tercer Canal de Levante.....	132
Figura 80. Curva de caudales clasificados en 8 horas de funcionamiento	133
Figura 81. Curva de caudales clasificados en 5 horas de funcionamiento	133
Figura 82. Curva de caudales clasificados en 4 horas de funcionamiento	133
Figura 83. Curva de caudales clasificados en 3 horas de funcionamiento	133

Figura 84. Curva de caudales clasificados en 2 horas de funcionamiento	134
Figura 85. Curva de caudales clasificados en 1 horas de funcionamiento	134
Figura 86. Curva de caudales clasificados en 3 horas de funcionamiento 2007-2013.	135
Figura 87. Curva de caudales clasificados en 2 horas de funcionamiento 2007-2013.	135
Figura 88. Curvas de caudales clasificados en 2 y 3 horas de funcionamiento Jun-Sept 2007-2013	138
Figura 89. Volumen diario medio distribuido meses junio-septiembre del periodo 2007- 2013	138
Figura 90. Ábaco de selección del tipo de turbina (Voest-Alpine)	139
Figura 91. Curva de capacidad Balsa Quinta Elevación	142
Figura 92. Curva característica de la turbina.....	143
Figura 93. Representación de los datos de los caudalímetros electromagnéticos 1L y 2L de modernización en el año 2013.....	144
Figura 94. Patrones de consumo 1L y 2L del año 2013 introducidos en el modelo anual	145
Figura 95. Patrón de consumo 3L del año 2013 introducido en el modelo anual.....	146
Figura 96. Modelo esquemático de la red	147
Figura 97. Evolución del caudal en la turbina a instalar con Q equipamiento 1,5 m ³ /s	148
Figura 98. Evolución de las presiones en la balsa de regulación del Tercer Canal de Levante	148
Figura 99. Evolución del caudal por la tubería principal de modernización	148
Figura 100. Evolución de las presiones en cabecera de los Segundos de Levante y Poniente.....	148
Figura 101. Evolución de las presiones en cabecera del Primero de Levante	149

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Hectáreas brutas actuales por comunidades de base	4
Tabla 2. Características técnicas Primera Elevación.....	17
Tabla 3. Características técnicas Segunda Elevación	20
Tabla 4. Características técnicas Quinta Elevación Aérea	24
Tabla 5. Características técnicas Sexta Elevación Crevillente	27
Tabla 6. Características técnicas tramo 1	30
Tabla 7. Características técnicas tramo 2	31
Tabla 8. Características técnicas tramo 3	32
Tabla 9. Características técnicas tramo 4	33
Tabla 10. Características técnicas tramo 5	34
Tabla 11. Características técnicas tramo 6	34
Tabla 12. Características técnicas Primer Canal de Levante.....	35
Tabla 13. Características técnicas Segundo Canal de Levante	36
Tabla 14. Características técnicas Segundo Canal de Poniente	36
Tabla 15. Características técnicas Tercer Canal de Levante.....	37
Tabla 16. Características técnicas Cuarto Canal de Levante	38
Tabla 17. Características técnicas Cuarto Canal de Poniente.....	38
Tabla 18. Ficha técnica. Balsa Tercera Elevación	41
Tabla 19. Curva de capacidad. Balsa Tercera Elevación.....	42
Tabla 20. Ficha técnica. Balsa Cuarta Elevación.....	42
Tabla 21. Curva de capacidad. Balsa Cuarta Elevación.....	43
Tabla 22. Ficha técnica. Balsa Quinta Elevación	43
Tabla 23. Curva de capacidad. Balsa Quinta Elevación	43
Tabla 24. Ficha técnica. Embalse de Crevillente	50
Tabla 25. Ficha técnica. Línea de filtrado con tipología de mallas	53
Tabla 26. Ficha técnica. Línea de filtrado con tipología de anillas.....	53
Tabla 27. Relación de presiones de trabajo en cada zona.....	56
Tabla 28. Sectorización según superficie modernizada.....	57
Tabla 29. Relación de equipos de transformación	59
Tabla 30. Precio de venta del agua en € por comunidades de base y tipología	68
Tabla 31. Distribución máxima de las aguas de la 1ª fase del Trasvase	71
Tabla 32. Funcionamiento de los equipos bombeando a la Tercera Elevación	95
Tabla 33. Funcionamiento de los equipos bombeando a la Cuarta Elevación.....	96
Tabla 34. Precios reflejados en contrato original.....	103
Tabla 35. Rugosidad absoluta asignada a las conducciones.....	107
Tabla 36. Pérdidas de carga en válvulas	109
Tabla 37. Consignas introducidas de marcha y paro de bombas.....	110
Tabla 38. Ratio energético bombeando a la Tercera Elevación	117
Tabla 39. Ratio energético bombeando a la Cuarta Elevación	117
Tabla 40. Incrementos energéticos porcentuales.....	117
Tabla 41. Secuencia de funcionamiento 17 de Junio de 2014	118
Tabla 42. Controles programados definidas en el modelo inicial	121
Tabla 43. Controles simples definidos en el modelo inicial.....	121
Tabla 44. Déficit medio previsto 17/6/2014.....	122
Tabla 45. Controles programados definidas en el modelo con la situación real.....	123

Tabla 46. Controles simples definidos en el modelo con la situación real	124
Tabla 47. Bombeo en horario fuera de P-6	125
Tabla 48. Controles programados definidas en el modelo con mayor capacidad de depósito	126
Tabla 49. Volumen disponible en balsa 5ª Elevación	135
Tabla 50. Cálculos estimativos si Q_{turb} 1,50 m ³ /s.....	136
Tabla 51. Cálculos estimativos si Q_{turb} 2 m ³ /s.....	136
Tabla 52. Cálculos estimativos si Q_{turb} 2,50 m ³ /s.....	137
Tabla 53. Rugosidad absoluta asignada a las conducciones.....	141
Tabla 54. Pérdidas de carga observadas en estación de filtrado	142
Tabla 55. Pérdidas de carga estimadas en estación de filtrado	142
Tabla 56. Rendimientos de la turbina para salto neto y décimos de caudal	143
Tabla 57. Ratios energéticos de las elevaciones.....	151
Tabla 58. Producciones obtenidas por m ³ turbinado	151
Tabla 59. Consumo anual incorporando la turbina.....	152
Tabla 60. Coste energético anual anterior a la incorporación de la turbina	152
Tabla 61. Coste energético anual posterior a la incorporación de la turbina.....	153

1. INTRODUCCIÓN

1.1 HISTORIA DE LA COMUNIDAD DE REGANTES

La Compañía de Riegos de Levante S.A. fue constituida en Madrid ante el Notario D. Camilo Ávila y Fernández y Fernández de Hinestrosa el día 5 de Junio de 1918 con la finalidad de utilizar el aprovechamiento de aguas públicas y privadas con destino a riegos y usos industriales, producción y explotación de electricidad y la explotación de las concesiones obtenidas y cualquiera otras que se puedan obtener, mediante la emisión de acciones. La 1ª de estas emisiones salió a la luz pública el día 18/XII/1918 y posteriormente, en nuevas fechas, se dieron otras ampliaciones de capital.

La Compañía tuvo, inicialmente, un carácter mixto, formada por capital español y extranjero, este último desembolsado básicamente por la Banca Dreyfus de Francia.

En este sentido, en el año 1918 y a iniciativa del ingeniero de caminos D. José María Serra y Alonso del Real se obtuvo la primera concesión para el aprovechamiento de las aguas procedentes del río Segura cerca de la desembocadura de Guardamar del Segura con un caudal de 2.500 litros por segundo. Posteriormente, el 28/III/1919 se obtuvo la concesión para el aprovechamiento de las aguas procedentes de los azarbes Señor, Reina, Culebrina, Acierto, Enmedio y Mayayo, con un caudal de 2.600 litros por segundo. Y por último, el 26 de Julio de 1922 se obtuvo la concesión para el aprovechamiento de 2.600 litros por segundo procedentes de la cola del río Segura. Todas estas concesiones fueron unificadas por decreto de fecha 9 de Febrero de 1946.

Para el aprovechamiento de estas concesiones fue necesario iniciar una obra magna de construcción de la infraestructura precisa mediante la construcción de la toma de Guardamar del Segura, el canal principal cuya extensión aproximada es de 22 km., canales de riego y distribución, seis elevaciones principales y otras secundarias. Dichas obras finalizaron en el año 1923 siendo inauguradas por S.M. Alfonso XIII quien, a su vez, fue accionista de esta Compañía.

Dada la ausencia de energía eléctrica, el proyecto llevaba asociado la construcción de una central hidroeléctrica en el término municipal de Calasparra y conocida como Central Hidroeléctrica de Almadenes. Llevaba asociada la construcción y tendido de una nueva línea eléctrica de transporte hasta el punto de suministro centralizado situado en un edificio junto a la estación del FFCC de Crevillente.

Así pues, aprovechando que la C.H. de Almadenes era fluyente, el régimen de funcionamiento de las estaciones de bombeo sería totalmente libre ya que la energía hidroeléctrica producida sería la que alimentaría al sistema de elevaciones.

Inicialmente las obras se construyeron para dotar de riego a la zona de Elche, Crevillente y Albaterra, extendiéndose posteriormente a la Huerta de Alicante y finalmente a Orihuela y su área de influencia por medio del 4º canal de poniente. Actualmente los municipios a los que dota de riego son: Orihuela, Benferri, Cox, Redovan, Callosa del Segura, Granja de Rocamora, Albaterra, San Isidro, Catral, Crevillente, Elche, Santa Pola, Alicante, Muchamiel, San Juan y Campello, en una extensión aproximada de 32.000 ha. (brutas) y 21.000 comuneros.

La Figura 1 representa la planta general de la infraestructura hidráulica original, donde se puede ver la desembocadura del Río Segura, el canal principal y los canales de distribución.

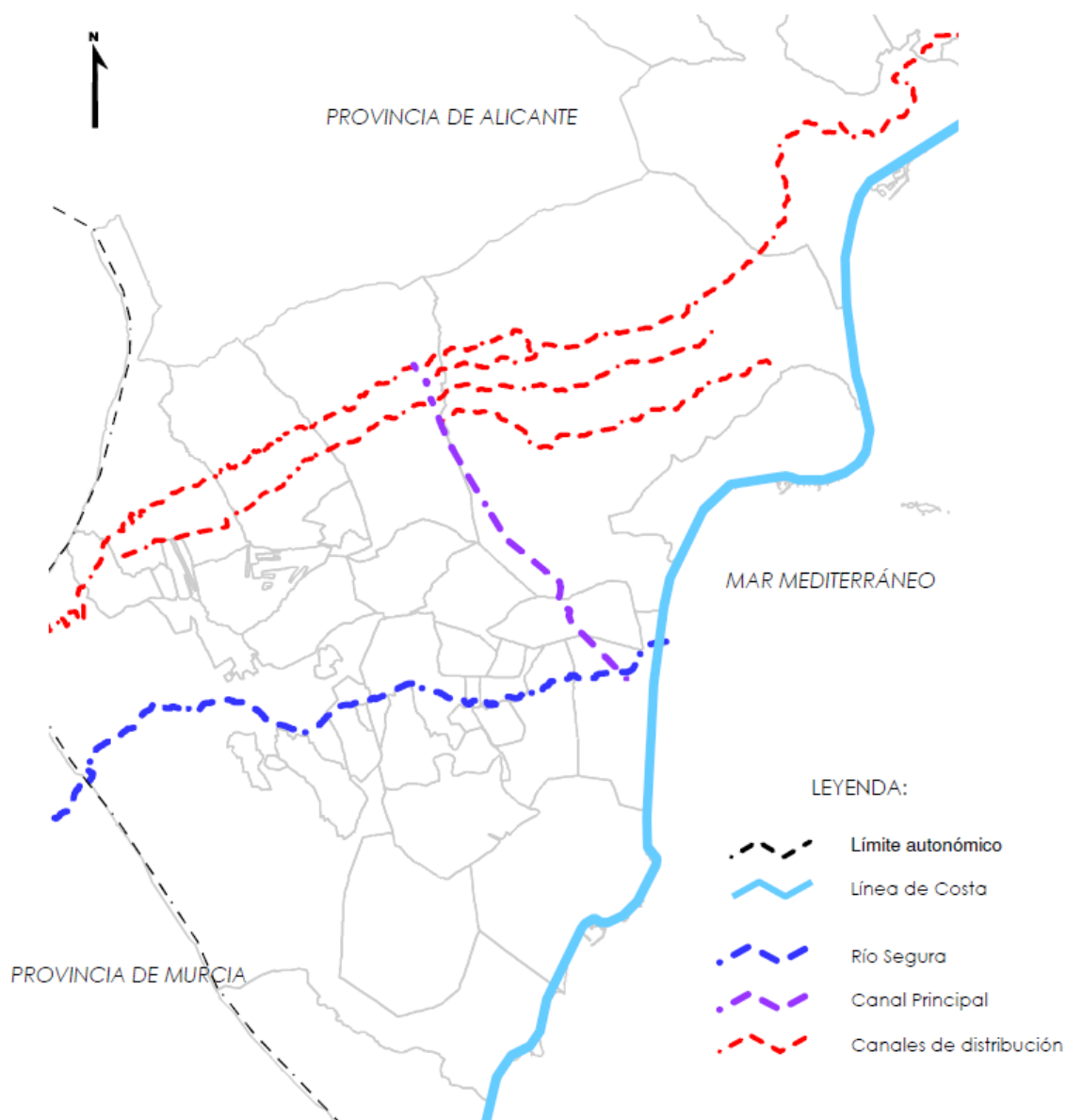


Figura 1. Infraestructura hidráulica original

Por su parte, la Comunidad General de Regantes Riegos de Levante (M.I.) -en adelante C.G.R.R.L.- fue creada por O.M. de 21 de Noviembre de 1940 y Decreto de 14 de Abril de 1942, agrupando a los propietarios y regantes que aprovechan las aguas elevadas por las instalaciones de la Compañía Riegos de Levante S.A. en la margen izquierda del río Segura para la defensa y el ejercicio de los derechos que, como usuario mantienen.

Unos años después de la Guerra Civil Española, se expropia a la Compañía de Riegos de Levante (capital judío) y se cede a Hidroeléctrica Española (actual Iberdrola).

Ante la inminencia de la llegada de los riegos procedentes del Acueducto Tajo-Segura (en adelante A.T.S.) la Comunidad se ve en la necesidad de proceder al rescate anticipado de las instalaciones, obras y concesiones de la Compañía (es decir, antes de que finalizara el plazo de la concesión administrativa - 99 años - de los que era titular la Compañía). Esto fue debido a que el Estado puso como condición para otorgar concesiones de las aguas del A.T.S. el que fueran entidades de derecho público (como las Comunidades de Regantes) por lo que se tuvo que proceder al rescate de las instalaciones de riego, quedándose la empresa eléctrica con los aprovechamientos hidroeléctricos.

Así se inicia el procedimiento de reconversión durante finales de la década de los 60 y principios de los 70 concluyendo con el otorgamiento de escritura pública de fecha 10/XII/1976 ante el notario D. José Caravias Villén en virtud de lo cual la C.G.R.R.L. adquiría los bienes, obras, derechos y obligaciones de los que la Compañía disponía en la margen izquierda del Río Segura.

1.2 INTEGRANTES DE LA C.G.R.R.L. (M.I.)

La zona de riego que domina la C.G.R.R.L. se encuentra situada en los siguientes municipios de la provincia de Alicante: Orihuela, Benferri, Cox, Redovan, Callosa del Segura, Granja de Rocamora, Albuera, San Isidro, Catral, Crevillente, Elche, Santa Pola, Alicante, Muchamiel, San Juan y Campello.

En la actualidad la C.G.R.R.L. funciona como una Comunidad General de Usuarios dividida en varias Comunidades, denominadas de Base, cuyas características generales son:

- Comunidad de Base El Canal: formada por las tierras dominadas por los canales denominados Segundo de Levante y Primero de Levante.
- Comunidad de Base Tercero de Levante: formada por las tierras dominadas por el Tercer Canal de Levante desde su cabecera en Crevillente hasta el túnel del Portichol en el municipio de Alicante.
- Comunidad de Base Sexta y Séptima de Elche: formada por las tierras dominadas por los canales denominados Sexta de Elche Levante, Sexta de Elche Poniente, Séptima de Elche Levante y Séptima de Elche Poniente. Estos canales son una derivación que se produce del Tercer Canal de Levante, a la altura del partidor 34, mediante dos elevaciones en serie denominadas Sexta y Séptima Elevación de Elche.
- Comunidad de Base Cuarto Canal de Levante y Séptima de la Peña: formada por las tierras dominadas por los canales Cuarto Canal de Levante y la Peña. Ésta última zona se encuentra en el norte de la Comunidad donde se elevan las aguas mediante una impulsión denominada Séptima Elevación de la Peña.

- Comunidad de Base de Bacarot: formada por las tierras dominadas por el Tercer Canal de Levante en la partida rural de Bacarot, en el Término Municipal de Alicante.
- Comunidad de Base del Sindicato de la Huerta de Alicante: formada por las tierras dominadas por el Tercer Canal de Levante en los Términos Municipales de Muchamiel, Campello y San Juan. Tiene una elevación intermedia.
- Comunidad de Base Crevillente: formada por las tierras dominadas por los canales Segundo Canal de Poniente y Cuarto Canal de Poniente que se encuentran en el Término Municipal de Crevillente. Además existe una franja de terreno dominada directamente desde el Canal del Trasvase Tajo Segura.
- Comunidad de Base Albalera: formada por las tierras dominadas por los canales Segundo Canal de Poniente y Cuarto Canal de Poniente que se encuentran en el Término Municipal de Albalera. Además existe una franja de terreno dominada directamente desde el Canal del Trasvase Tajo Segura.

Esta Comunidad de Base se desvinculó de la C.G.R.R.L. en el año 1994 y por lo tanto ya no computa su superficie en los derechos y obligaciones así como en el reparto del agua.

- Comunidad de Base Cuarto Canal de Poniente-Orihuela: formada por las tierras dominadas por los canales Cuarto Canal de Poniente que se encuentran en el Término Municipal de Orihuela y Rocamora. Esta última zona se encuentra en el norte de la Comunidad donde se elevan las aguas mediante una impulsión denominada Séptima Elevación de Rocamora.

1.3 SUPERFICIE DE RIEGO

Actualmente el número de hectáreas por cada una de las comunidades de base es, tal y como se refleja en la Tabla 1:

Tabla 1. Hectáreas brutas actuales por comunidades de base

COMUNIDAD DE BASE	HECTÁREAS (brutas)
EL CANAL	8.196
TERCERO LEVANTE	5.207
BACAROT	875
SEXTA Y SÉPTIMA DE ELCHE	2.418
HUERTA DE ALICANTE	1.822
CUARTO LEVANTE Y SÉPTIMA PEÑA	780

CREVILLENTE	1.972
CUARTO PONIENTE-ORIHUELA	5.581
TOTALES	26.851

Las hectáreas efectivas que se consideran teniendo en cuenta los descuentos por caminos, accesos y tierras en blanco son 25.000 Ha.

1.4 PRESENTACIÓN EL PROBLEMA

Hasta el año 2013, la comunidad de regantes tenía contratado una tarifa eléctrica que le permitía poner en funcionamiento sus instalaciones sin restricciones de horario, pudiendo elevar agua a cualquier hora y adaptándose totalmente a la demanda. A día de hoy, no se pueden asumir los costes de esta tarifa.

A este problema se le suma que la capacidad hidráulica se ha visto reducida con la puesta en marcha de una nueva instalación, ya que con las antiguas estaciones de bombeo se podían elevar mayores caudales que la actual, necesitándose por tanto más horas de funcionamiento y debiéndolo encajar dentro del nuevo tramo eléctrico contratado.

Desde la puesta en marcha de la nueva instalación en enero de 2014 se redujo el tramo horario eléctrico disponible, concentrándose en un periodo de tiempo muy reducido la capacidad de elevar el mismo volumen de agua de riego. Este cambio se debe principalmente al ajuste presupuestario en la partida de costes de explotación para poder así hacer frente a la amortización de la propia instalación.

1.5 OBJETIVO DEL T.F.M.

Aprovechando que trabajo como Ingeniero de Caminos, C. y P. para una empresa de ingeniería que presta sus servicios como asistencia técnica a la C.G.R.R.L. (M.I.) y habiendo participado en el equipo de redacción y dirección de las obras de los proyectos que se han desarrollado en los últimos años, he decidido analizar en este Trabajo Fin de Máster los problemas de explotación actualmente existentes así como proponer diferentes soluciones a éstos.

El objetivo del Trabajo Fin de Máster es tratar de encontrar una solución a la falta de capacidad de adaptarse a la demanda de agua de riego actual, debido a las restricciones tarifarias así como a la reducción de la capacidad hidráulica de las instalaciones existentes.

Este objetivo general se concreta en los siguientes objetivos específicos:

- Recopilación de datos e inventariado de las distintas infraestructuras hidráulicas (pasadas y presentes) de la C.G.R.R.L. (M.I.)
- Analizar las infraestructuras existentes en la C.G.R.R.L. (M.I.)

- Analizar el funcionamiento del sistema en su conjunto.
- Analizar las demandas, los recursos y los usos.
- Analizar las posibles alternativas y su viabilidad técnica y económica.
- Componer un modelo matemático que permita operar los diferentes sistemas, actuales y futuros.

2. ANÁLISIS DE LAS INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES

2.1 TIPOS DE RIEGO

En la actualidad existen tres tipos de riego basados en dos esquemas hidráulicos de toma y distribución y dependiendo de los dos tipos de agua de las que se tiene concesión administrativa, con instalaciones claramente diferenciadas en la C.G.R.R.L.

- Aguas de concesiones para el riego tradicional procedentes del Río Segura y azarbes de drenaje.
 - Red de gravedad.

- Aguas del Traspase Tajo-Segura.
 - Red de gravedad.
 - Red presurizada (modernización)

2.2 SISTEMA DE RIEGO TRADICIONAL CON AGUA DE CONCESIONES

Corresponde a los caudales obtenidos concesionalmente que circulan por el Río Segura así como los drenajes de las zonas regables de la Vega Baja y que desembocan en Guardamar del Segura. Esta agua se conduce a través de una serie de canales y estaciones de bombeo para su distribución y riego por gravedad.

2.2.1 CAPTACIÓN

La captación del agua del Río Segura se realiza a través de un azud de derivación existente original del siglo XIV (Ilustración 1), construido junto al Molino de San Antonio (con su configuración neomudéjar) para moler harina.



Ilustración 1. Azud y Molino de San Antonio

Junto al azud se construyó una nueva toma regulada por compuertas (Ilustración 2) a través de la cual se deriva el agua hacia un canal de transporte del que se alimentará la primera de las elevaciones.



Ilustración 2. Toma inicial

Inicialmente (Ilustración 3) la toma se encontraba sobre el cauce original pero esto cambió cuando en los años 90 se trazó y construyó la nueva desembocadura del Río Segura.



Ilustración 3. Esquema hidráulico en la toma inicial

Con el nuevo trazado se construyó un nuevo azud de derivación regulado por compuertas situado aguas arriba en el que se derivan de manera continua por el viejo cauce un caudal de hasta 4.000 l/s. En caso de un caudal mayor, éste desbordaría y desembocaría por el nuevo cauce (Ilustración 4).

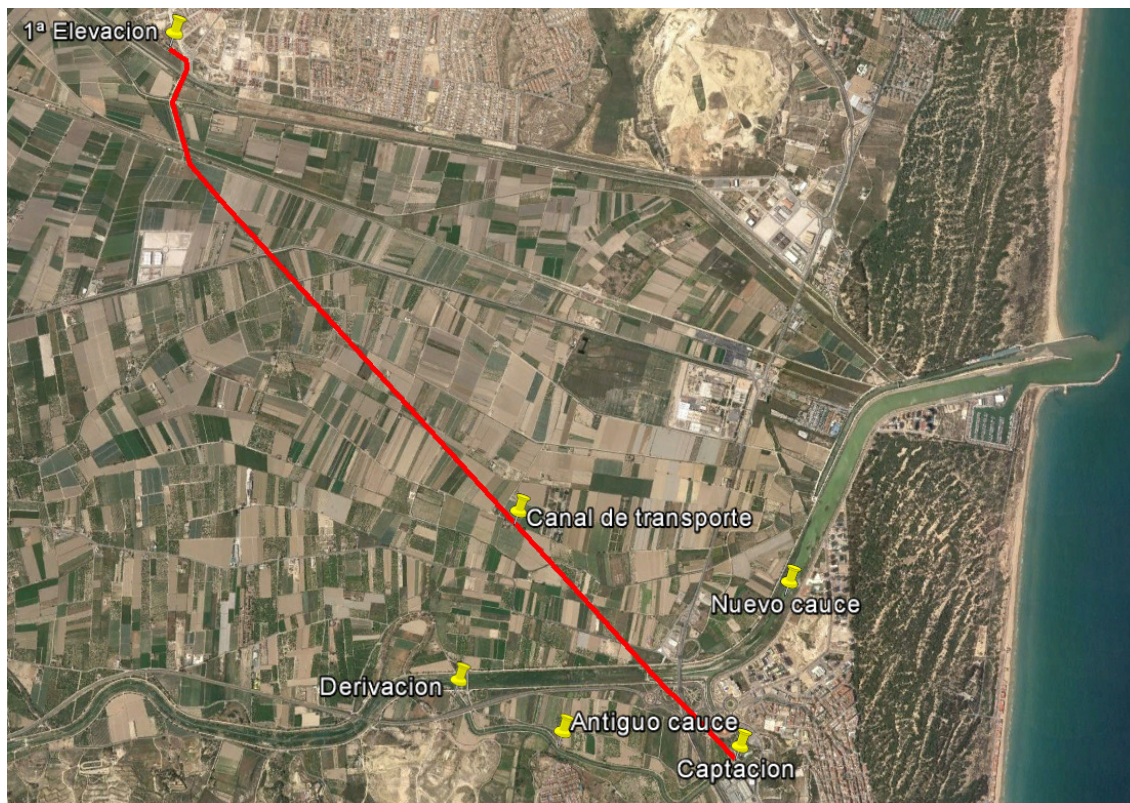


Ilustración 4. Vista del azud y la captación

2.2.2 CANAL DE TRANSPORTE HACIA LA PRIMERA ELEVACIÓN

Desde la toma inicial regulada por compuertas nace un canal (cota de solera +0,50 m.s.n.m.) de transporte, de hormigón en masa con capacidad para 7,70 m³/s y 5.114 m. de longitud que conduce el agua hasta la Primera Elevación.

El canal pasa bajo las azarbes de drenaje denominadas El Señor, La Reina, Culebrina, Enmedio, Acierto y Mayayo. Mediante unas compuertas existe la posibilidad de dejar caer el agua de las azarbes al canal para ser bombeado junto con el agua captada en la desembocadura (Ilustración 5).

Al final del canal existe una Primera Elevación y es en este punto donde se bombeará al Canal Principal, con una capacidad de hasta 8,90 m³/s.



Ilustración 5. Azarbes de drenaje y canal de transporte

2.2.3 ELEVACIONES PRINCIPALES.

- Elevaciones originales (año 1923)

El proyecto original utilizaba la tecnología de la época (principios del siglo XX) donde no se conocían muchos de los avances que hoy día damos por supuestos. La técnica tenía también sus limitaciones en cuanto a la obtención de los materiales y su coste, por lo que la magnitud de la obra en su conjunto puede considerarse histórica.

Los equipos instalados fueron bombas horizontales cuyo rodete lo hacía girar un motor eléctrico externo a la bomba acoplado mediante un eje. Como no existían cojinetes de empuje, la bomba se diseñaba con doble aspiración para compensar así los empujes del agua en el interior de la bomba (Ilustración 6).

Se disponía de manera independiente de una bomba de vacío que lograba cebar la voluta y permitía la aspiración mientras se arrancaba el equipo, logrando así que el agua ascendiera hasta el rodete.

Una vez presurizada, se bombeaba contra la válvula de compuerta que se encontraba cerrada y que poco a poco se abría hasta que el agua era elevada hacia el canal.

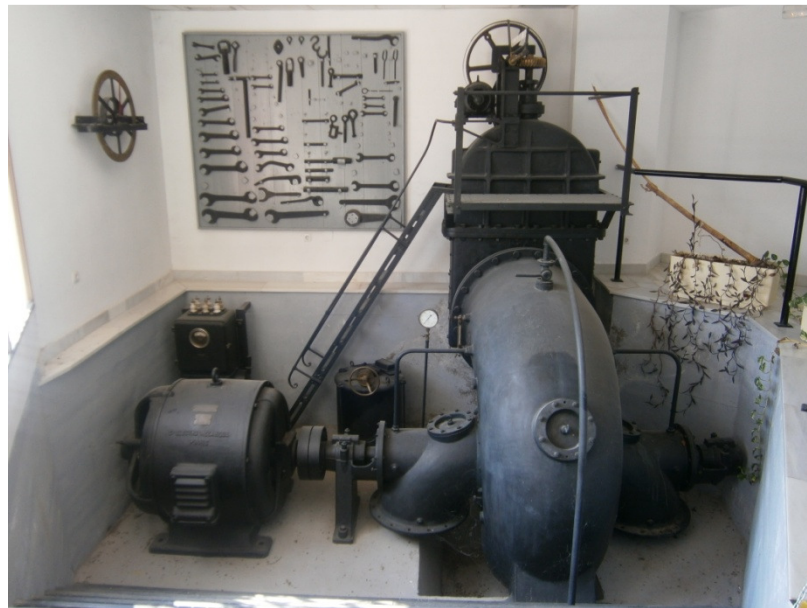


Ilustración 6. Bomba original conservada en museo

Una red principal de canales transportaba el agua entre las elevaciones mientras que existía una red secundaria de canales que distribuía el agua por zonas y dominaban las tierras que tenían por debajo de ellos (Figura 2).

Estos canales principales discurren a cielo abierto o en galerías, las cuales han ido quedando dañadas con el paso del tiempo.

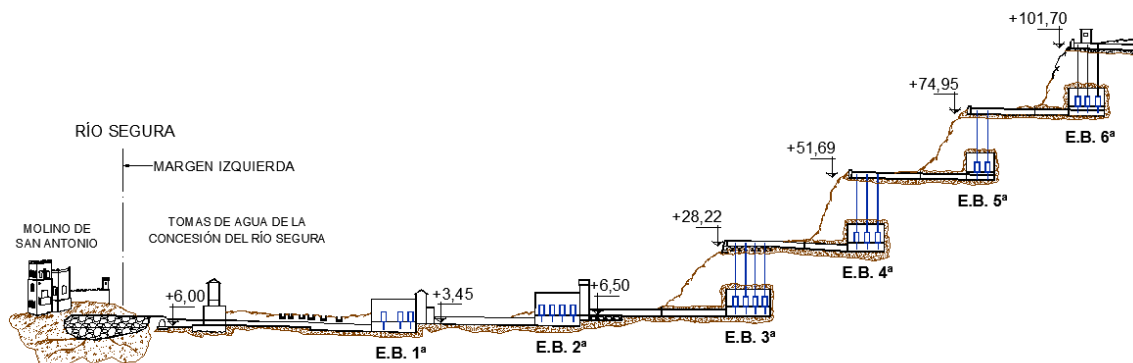


Figura 2. Esquema hidráulico original

- Sustitución de equipos (año 1981)

Entre finales de los 70 y principios de los 80 se llevó a cabo una remodelación de los equipos electromecánicos por parte del Ministerio de Obras Públicas a través de la Confederación Hidrográfica del Segura.

Este proyecto denominado "Proyecto de suministro y montaje de los equipos electromecánicos y de control centralizado de las estaciones principales (números 1 al

6) Riegos de Levante (Alicante)" tuvo un coste total de 1.526.181.109 Ptas. (actualmente más de 9 millones de €)

Estas nuevas bombas eran de hélice y eje vertical, el motor quedaba en la parte superior mientras que a lo largo del eje se disponían unos rodamientos y el sistema de lubricación (Ilustración 7).

Uno de los problemas que presentó este cambio fue que debido a la calidad de las aguas (aguas sucias que contenían cañas de carrizo y peces) se producían atasques en la aspiración generando torsiones en el eje que, junto con los rodamientos, terminaron inservibles a los pocos años de funcionamiento.

Asimismo la salinidad de las aguas elevadas acabaría destrozando toda la instalación, pues eran equipos para abastecimiento de agua dulce.



Ilustración 7. Bombas verticales instaladas a principios de los años 80

- Sustitución de equipos (año 2000)

Pasados unos años la Conselleria de Obras Públicas de la Comunitat Valenciana sustituyó los equipos nuevamente, esta vez por bombas sumergibles de aguas residuales.

Con este proyecto se sustituirían en una primera fase los equipos de la Primera, Segunda y Sexta Elevación. En las fases siguientes se pretendían sustituir el resto de equipos. También se incluía en este proyecto el diseño e instalación de un nuevo sistema de telemando que gestionaba todo el sistema.

Previamente (año 1999) y ante la urgencia de la situación, la propia C.G.R.R.L. trasladó una bomba desde la Primera Elevación hasta la Segunda Elevación y encargó la construcción e instalación inminente de otra bomba capaz de elevar $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Cabe destacar que estas bombas han funcionado durante más de 15 años sin incidencias. Esto ha sido posible gracias a la buena elección de los equipos así como a la evolución de la técnica. Al tratarse de bombas sumergibles el eje es mucho más corto que en las bombas de hélice y eje vertical, garantizando así que los posibles atascos debido a la entrada de cañas o peces no genere pares de torsión capaces de doblar el eje y dañar la bomba.

- Sustitución de equipos (año 2014)

Debido al derrumbamiento de una de las galerías, la C.G.R.R.L. se ve obligada a realizar una fuerte inversión en un proyecto que sustituya el canal por una tubería que permita by-passearla.

Esto implica cambiar las bombas de la Segunda Elevación por motobombas centrífugas y eliminar del esquema las elevaciones Tercera y Cuarta.

2.2.4 EVOLUCIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS PRINCIPALES

Independientemente de la tipología y el número de equipos instalados, durante el paso de los años se ha ido realizando una serie de actuaciones que han cambiado el esquema de funcionamiento de la instalación.

La primera actuación importante fue la construcción de dos grandes balsas de regulación en las cabeceras de los canales Segundo y Tercero (Figura 3).

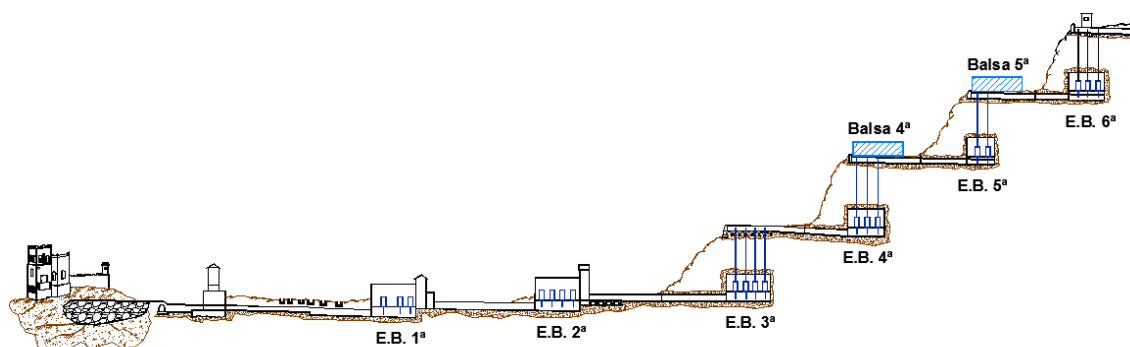


Figura 3. Esquema hidráulico mod_1

Posteriormente las elevaciones 5ª y 6ª desaparecen, siendo sustituidas por las elevaciones 5ª Aérea y 6ª de Crevillente, respectivamente (Figura 4).

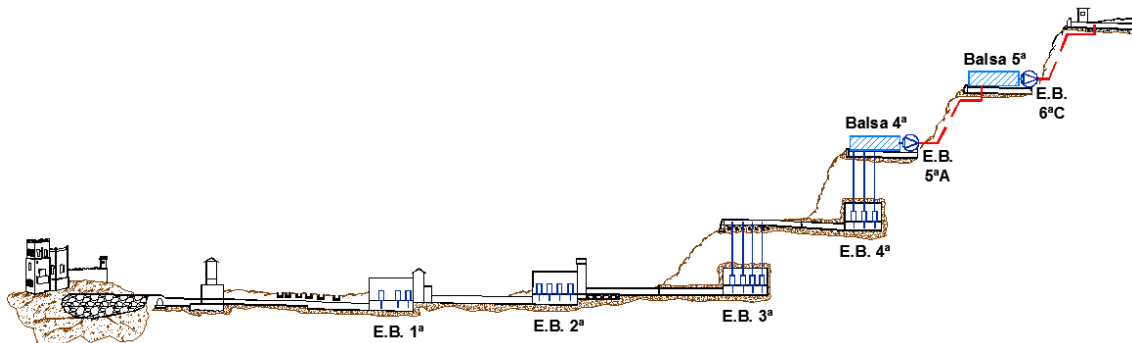


Figura 4. Esquema hidráulico mod_2

Años más tarde, se construye una pequeña balsa de regulación en la cabecera del Primer Canal de Levante (Figura 5).

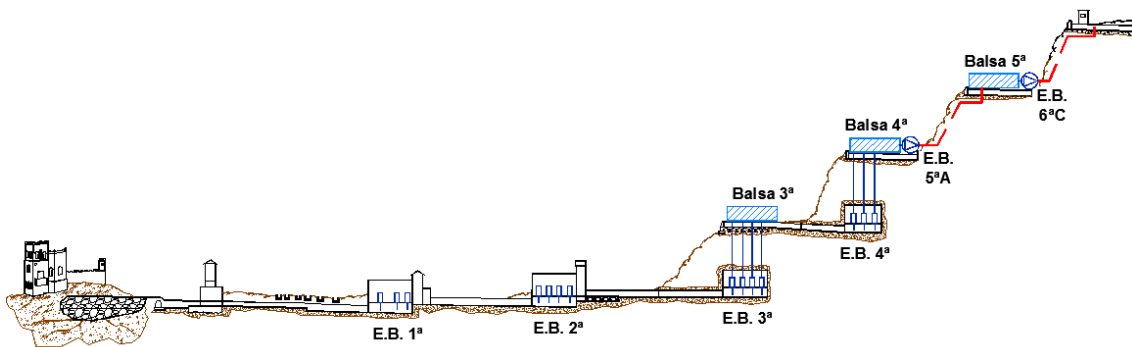


Figura 5. Esquema hidráulico mod_3

Recientemente, el esquema ha vuelto a cambiar drásticamente debido al hundimiento de las galerías que quedaban en funcionamiento (Figura 6) y la desaparición de las elevaciones Tercera y Cuarta. En el año 2014 se ha puesto en marcha el nuevo bombeo de la Segunda Elevación hasta las elevaciones Tercera y Cuarta (Figura 7).

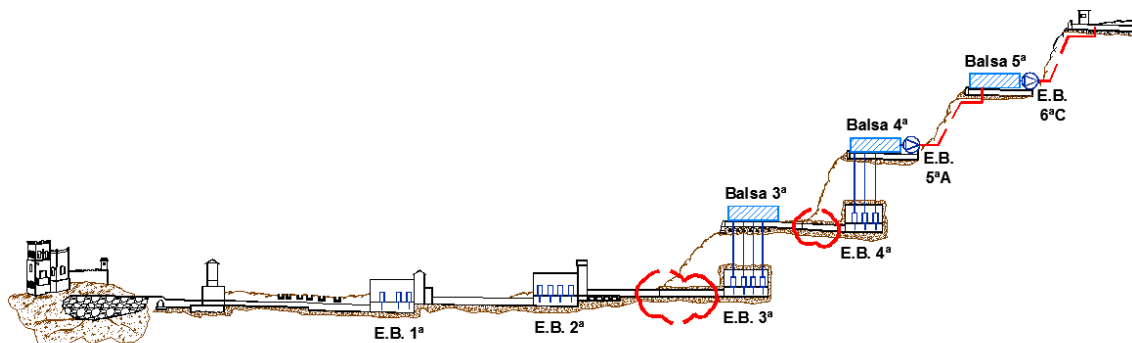


Figura 6. Esquema hidráulico (hundimiento galerías)

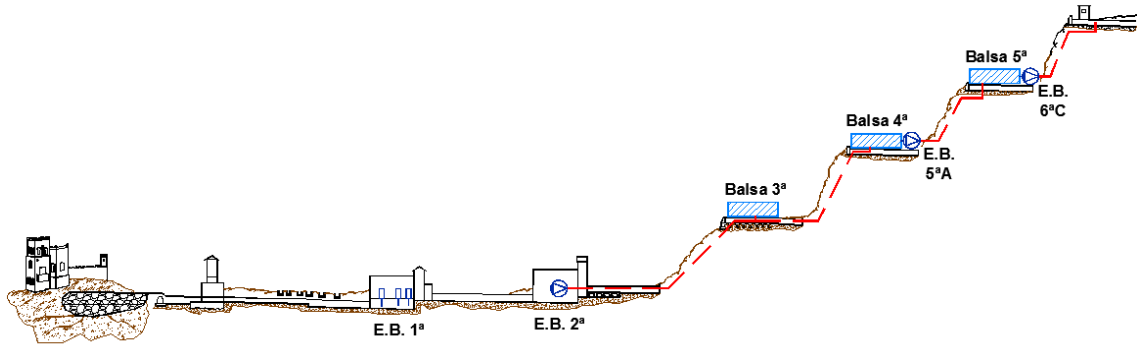


Figura 7. Esquema hidráulico actual mod_4

En la (Figura 8) se representa de manera esquemática la planta actual de la infraestructura hidráulica del sistema de elevaciones para el agua de concesiones.

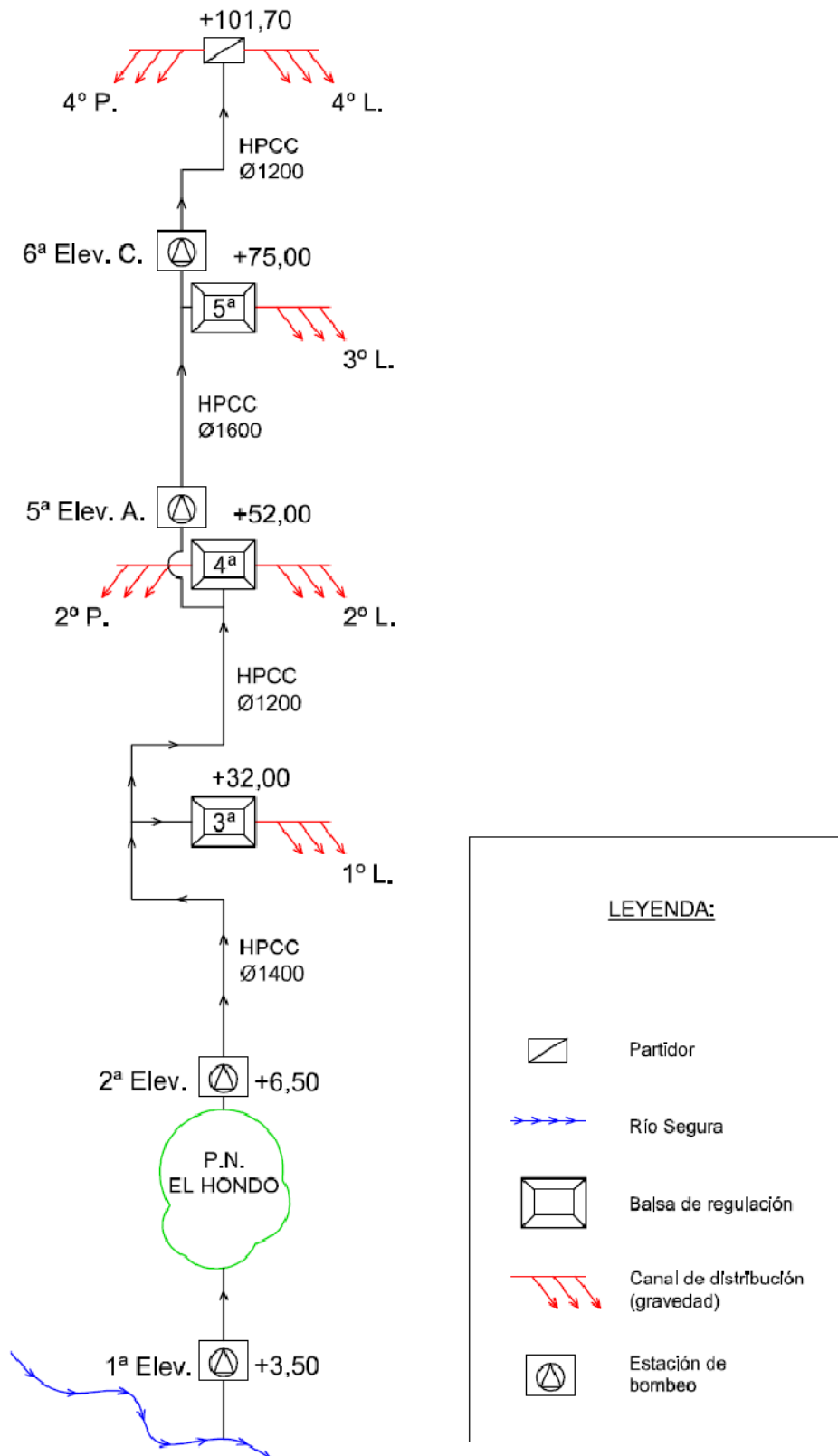


Figura 8. Esquema en planta de las instalaciones existentes para el riego de concesiones

2.2.4.1 PRIMERA ELEVACIÓN

La Primera Elevación eleva el agua hasta un nuevo canal de 7,70 m³/s de capacidad cuya solera en origen está a la cota +3,45 m.s.n.m. y una longitud de 10.827 m. conduciendo el agua hasta la Segunda Elevación.

Tabla 2. Características técnicas Primera Elevación

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INSTALACIÓN ACTUAL	
Desnivel geométrico (m.)	6,50
Capacidad de bombeo (m ³ /s)	8,30
Nº de bombas (Ud.)	4
Potencia instalada (kW)	290



Ilustración 8. Primera Elevación y bombas existentes

En la *ilustración 8* se muestran cuatro fotografías de la Primera Elevación. En la esquina inferior izquierda se puede ver la bomba conocida como el “Secherón” capaz de elevar hasta 5.000 l/s y que se pone en funcionamiento en periodos excepcionales, cuando el caudal por la desembocadura del Río Segura es muy grande. El resto de grupos son motobombas verticales sumergibles cuyas curvas características se muestran a continuación (Figura 9 y Figura 10).

Bomba

Column diameter 1200
Suction Flange Diameter
Impeller diameter 754,9 mm
Number of blades 4

Motor

Motor # P0835.000 54-52-10AA-W 190KW
Stator variant 1
Frecuencia 50 Hz
Tensión nominal 400 V
Nº de polos 10
Fases 3~
Potencia nominal 190 kW
Corriente nominal 415 A
Corriente de arranque 1920 A
Velocidad nominal 590 1/min

Factor de potencia
1/1 Load 0,72
3/4 Load 0,66
1/2 Load 0,54
Eficiencia
1/1 Load 92,5 %
3/4 Load 93,0 %
1/2 Load 92,0 %

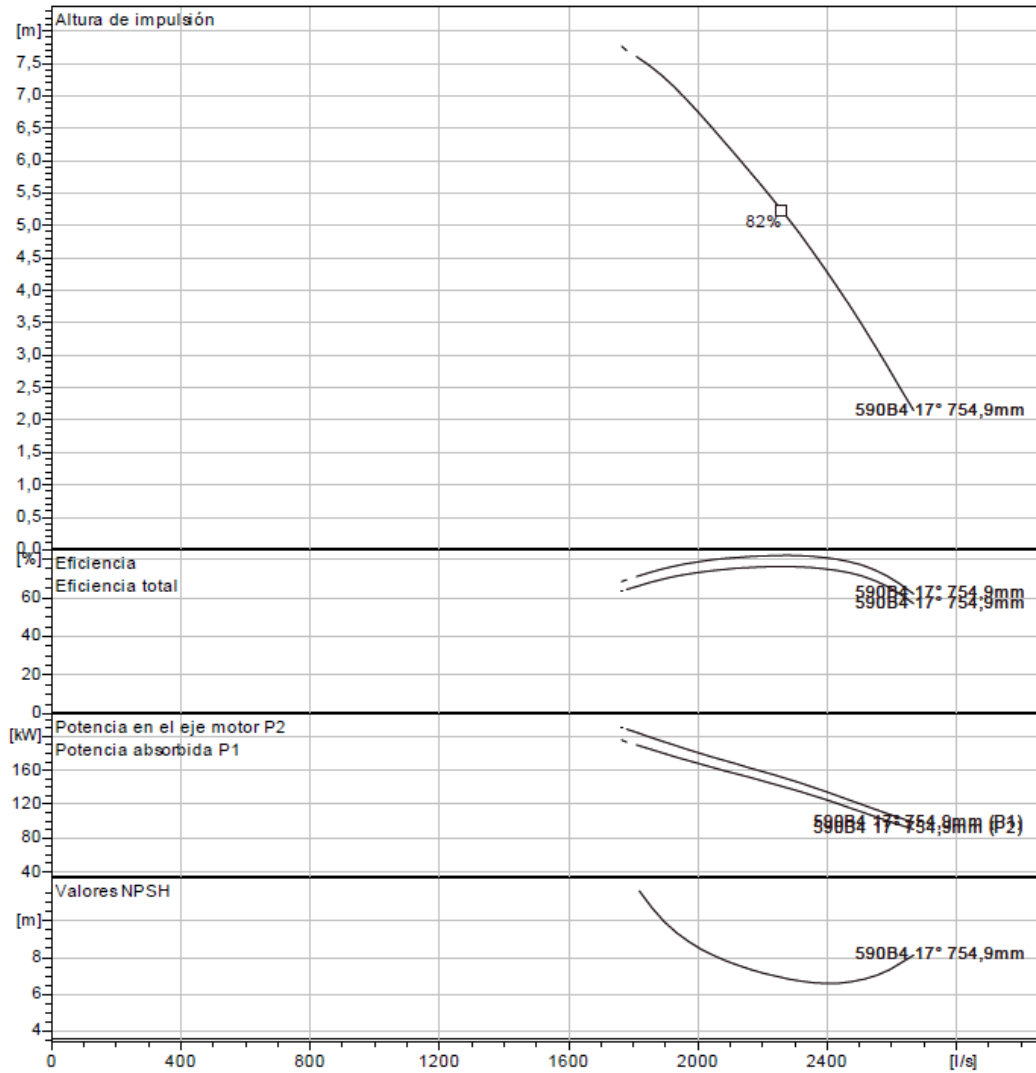


Figura 9. Curva bomba PL 7101 190 kW

Bomba

Column diameter 1000
Suction Flange Diameter
Impeller diameter 570 mm
Number of blades 4

Motor

Motor # P0705.000 43-30-8GA-W 100KW
Stator variant 1
Frecuencia 50 Hz
Tensión nominal 400 V
Nº de polos 8
Fases 3~
Potencia nominal 100 kW
Corriente nominal 227 A
Corriente de arranque 919 A
Velocidad nominal 730 1/min

Factor de potencia
1/1 Load 0,72
3/4 Load 0,66
1/2 Load 0,55
Eficiencia
1/1 Load 88,5 %
3/4 Load 89,0 %
1/2 Load 87,5 %

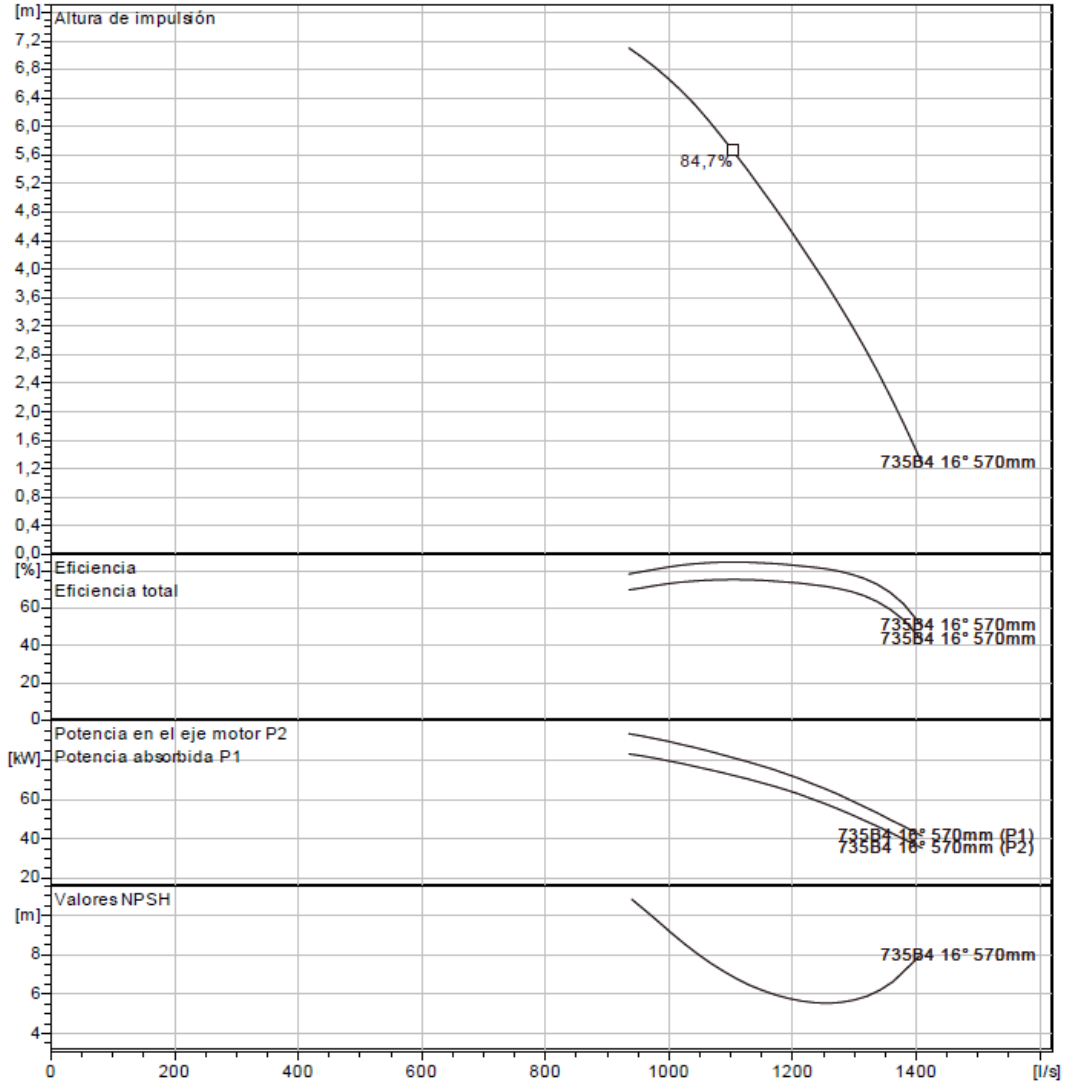


Figura 10. Curva bomba PL 7081 100 kW

2.2.4.2 SEGUNDA ELEVACIÓN

La Segunda Elevación era idéntica a la Primera Elevación y elevaba el agua hasta un nuevo canal de 7,70 m³/s de capacidad cuya solera en origen está a la cota +6,50 m.s.n.m. y una longitud de 2.077 m. (de los cuales 889 m. son en galería) conduciendo el agua hasta la Tercera Elevación.

En Enero de 2014 se puso en marcha la nueva instalación que permite impulsar el agua desde las elevaciones Segunda a Tercera y Segunda a Cuarta. Este proyecto cambia totalmente el esquema original al instalar una tubería de impulsión en lugar de las elevaciones verticales y canal de transporte.

Tabla 3. Características técnicas Segunda Elevación

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INSTALACIÓN ACTUAL	
Desnivel geométrico (m.)	33,50 51,14
Capacidad de bombeo (m ³ /s)	3,60 2,20
Nº de bombas (Ud.)	3
Potencia instalada (kW)	2.040



Ilustración 9. Vista general de la instalación, nueva tubería instalada en el canal y bomba sumergible durante su instalación

En la (Ilustración 9) se muestra la nueva instalación de la Segunda Elevación, uno de los grupos en su maniobra de instalación y el canal de transporte entubado con tubería DN 1400.

La (Figura 11) representa las curvas características de las tres nuevas motobombas sumergibles centrífugas instaladas en 2014.

Bomba		Motor		Factor de potencia	
Diam. de salida	500 mm	Motor #	C0965.000 66-92-6AA-W 680KW	1/1 Load	0,88
Suction Flange Diameter	600 mm	Stator variant	3	3/4 Load	0,87
Impeller diameter	670 mm	Frecuencia	50 Hz	1/2 Load	0,82
Number of blades	3	Tensión nominal	400 V	Eficiencia	
Diámetro interior	105 mm	Nº de polos	6	1/1 Load	96,0 %
		Fases	3~	3/4 Load	96,5 %
		Potencia nominal	680 kW	1/2 Load	96,5 %
		Corriente nominal	1160 A		
		Corriente de arranque	5990 A		
		Velocidad nominal	990 1/min		

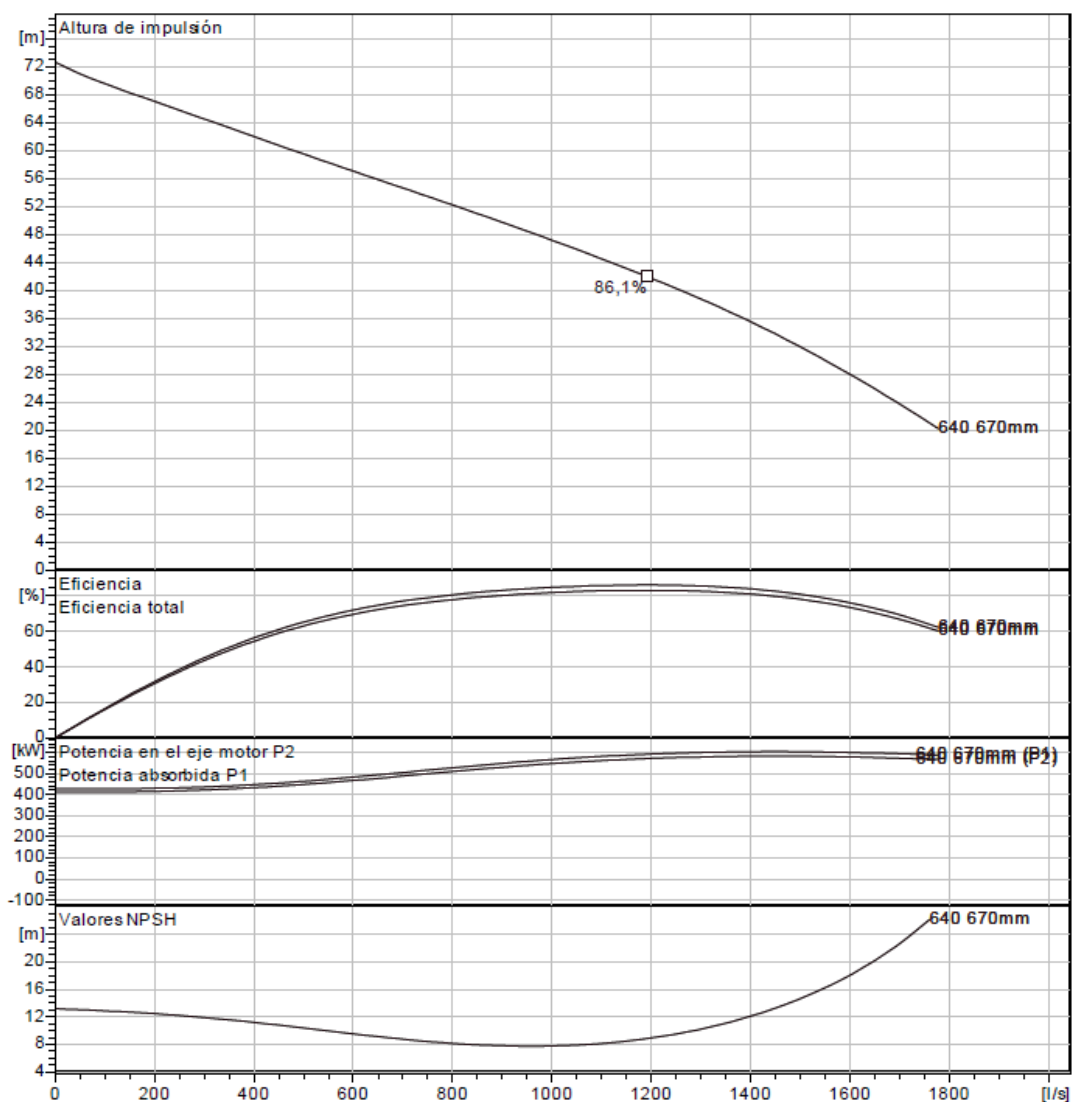


Figura 11. Curva bomba CP3531 680 kW

Existe una cuarta bomba que únicamente tiene una función ambiental, que servirá para el mantenimiento de la calidad de las aguas de los embalses del P.N. El Hondo.

Se presenta la curva característica del equipo en (Figura 12)

Bomba		Motor		Factor de potencia	
Column diameter	1000	Motor #	P0705.000 43-30-8GA-W 100KW	1/1 Load	0,72
Suction Flange Diameter		Stator variant	1	3/4 Load	0,66
Impeller diameter	570 mm	Frecuencia	50 Hz	1/2 Load	0,55
Number of blades	4	Tensión nominal	400 V	Eficiencia	
		Nº de polos	8	1/1 Load	88,5 %
		Fases	3~	3/4 Load	89,0 %
		Potencia nominal	100 kW	1/2 Load	87,5 %
		Corriente nominal	227 A		
		Corriente de arranque	919 A		
		Velocidad nominal	730 1/min		

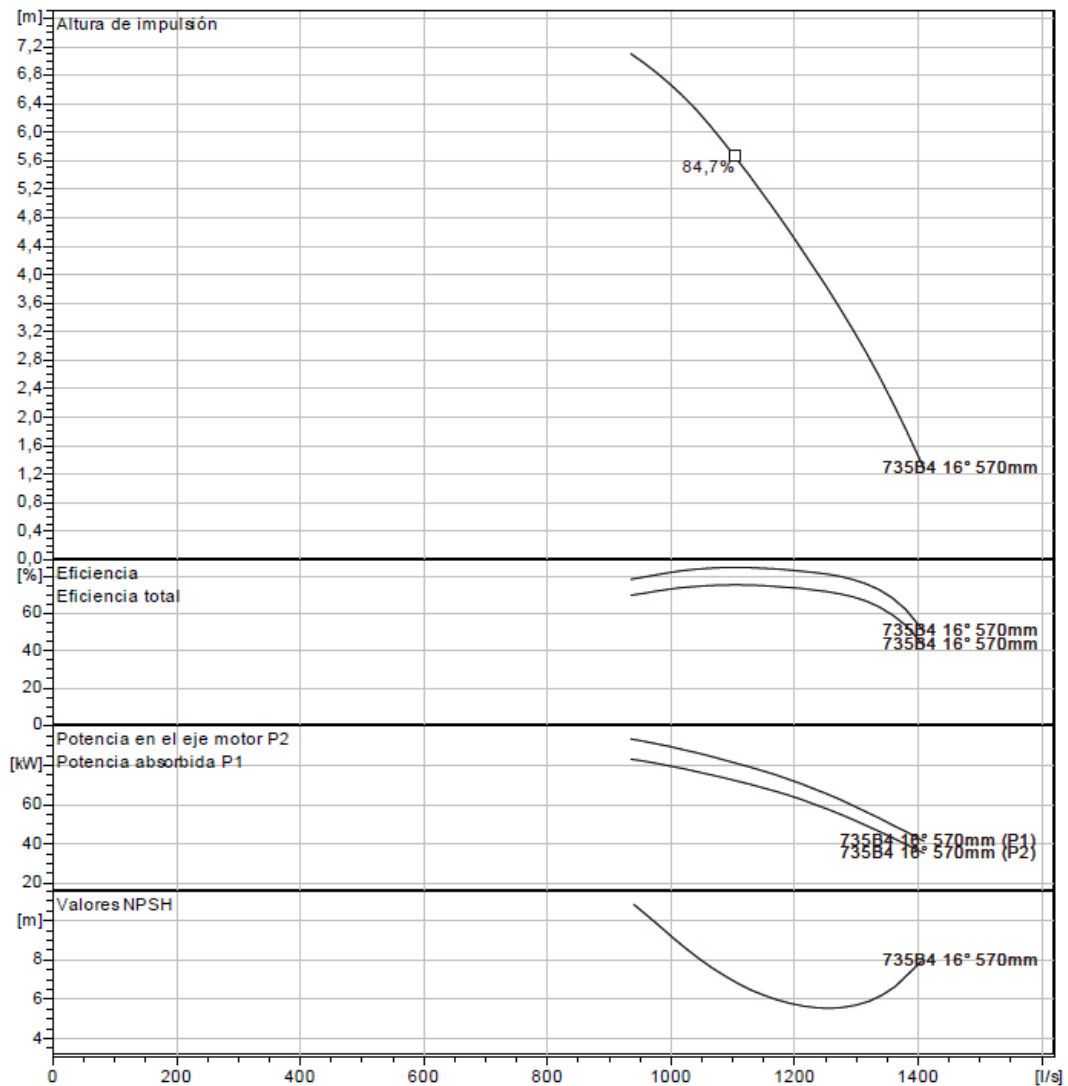


Figura 12. Curva bomba PL 7081 100 kW

2.2.4.3 TERCERA ELEVACIÓN

Al final de la galería existía una elevación denominada Tercera Elevación, donde se elevaba el agua hasta un canal de 5 m³/s de capacidad cuya solera en origen está a la cota +28,22 m.s.n.m. y una longitud de 1.299 m. (de los cuales 986 m. son en galería). Junto al vertedero de bombas de la Tercera Elevación y a la cota +28,61 m.s.n.m. nace transversalmente el Primer Canal de Levante.

Elevaba las aguas procedentes de la Segunda Elevación (a través del Canal Principal y galería en el tramo Segunda-Tercera) hasta el Canal Principal y galería (tramo Tercera-Cuarta).

La Tercera Elevación desaparece del nuevo esquema con la puesta en marcha en enero de 2014 de la nueva instalación que permite impulsar el agua desde las elevaciones Segunda a Tercera y Segunda a Cuarta.

2.2.4.4 CUARTA ELEVACIÓN

Al final de la galería existía una elevación denominada Cuarta Elevación, donde se elevaba el agua hasta una arqueta con cota de fondo de +51,69 m.s.n.m. desde donde nacen transversalmente los canales Segundo Canal de Levante y Segundo Canal de Poniente.

Elevaba las aguas procedentes de la Tercera Elevación (a través del Canal Principal y galería en el tramo Tercera-Cuarta) hasta el Canal Principal y galería (tramo Cuarta-Quinta)

La Cuarta Elevación desaparece del nuevo esquema con la puesta en marcha en enero de 2014 de la nueva instalación que permite impulsar el agua desde las elevaciones Segunda a Tercera y Segunda a Cuarta.

2.2.4.5 QUINTA ELEVACIÓN

Al final de la galería existía una elevación denominada Quinta Elevación, donde se elevaba el agua hasta una arqueta con cota de fondo de +74,95 m.s.n.m. desde donde nace transversalmente el Tercer Canal de Levante.

Debido a la poca capacidad de la galería original que conectaba las elevaciones Quinta y Sexta, a principios de los 80 se ejecutó una nueva impulsión denominada Quinta Elevación Aérea. A través de una tubería de HPCC DN1600 se impulsa el agua desde el vertedero de bombas de la Cuarta Elevación hasta una arqueta cuya solera está a la cota +74,95 m.s.n.m. donde nace el Tercer Canal de Levante.

Con la nueva obra de enero de 2014 se han trasladado las bombas existentes en las elevaciones Tercera y Cuarta a la Quinta Elevación Aérea.

Tabla 4. Características técnicas Quinta Elevación Aérea

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INSTALACIÓN ACTUAL	
Capacidad de bombeo (m ³ /s)	2,80
Nº de bombas (Ud.)	2
Potencia instalada (kW)	920



Ilustración 10. Instalación en Quinta Elevación Aérea

En la Ilustración 10 se muestra una fotografía tomada durante la instalación de los grupos reubicados desde la Tercera y Cuarta Elevación.

Bomba

Diam. de salida	600 mm
Suction Flange Diameter	800 mm
Impeller diameter	675 mm
Number of blades	4
Diámetro interior	126 mm

Motor

Motor #	C0935.000 66-76-8AD-W 460KW
Stator variant	38
Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal	400 V
Nº de polos	8
Fases	3~
Potencia nominal	460 kW
Corriente nominal	835 A
Corriente de arranque	4870 A
Velocidad nominal	745 1/min

Factor de potencia	
1/1 Load	0,83
3/4 Load	0,80
1/2 Load	0,72
Eficiencia	
1/1 Load	95,5 %
3/4 Load	95,5 %
1/2 Load	95,5 %

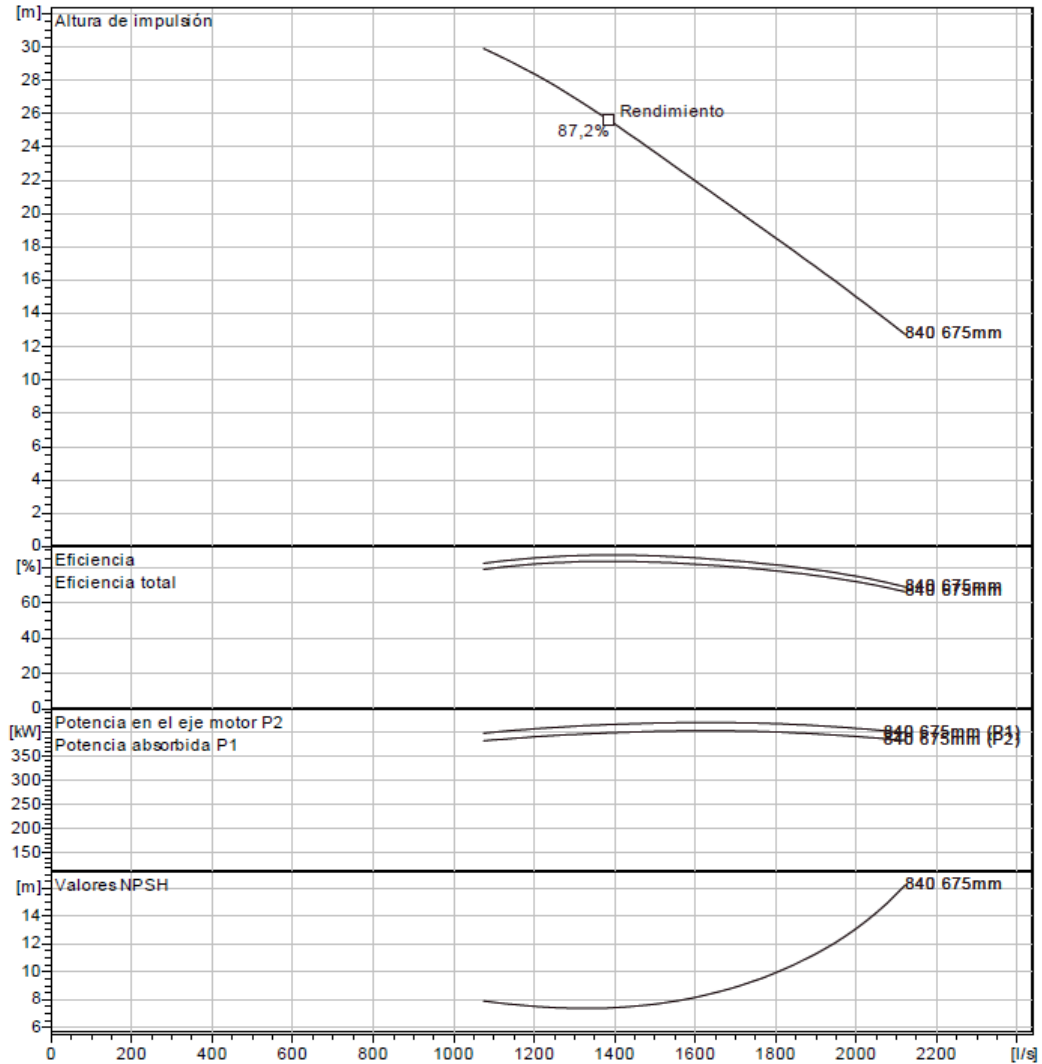


Figura 13. Curva bombas CP 3602 460 kW

La Figura 13 representa la curva característica de las dos bombas instaladas en la Quinta Elevación Aérea.

2.2.4.6 SEXTA ELEVACIÓN DE CREVILLENTE

De la misma arqueta donde nació el Tercer Canal de Levante, se iniciaba también una galería de 1.084 m. de longitud y escasa capacidad que conectaba con la cántara del bombeo de la Sexta Elevación. Al final de esta galería se elevaba el agua hasta una arqueta con cota de fondo de +101'70 m.s.n.m. desde donde nacen transversalmente el Cuarto Canal de Levante y Cuarto Canal de Poniente.

En los años 80 se construyó una galería reversible de 856 m. de longitud y 4.000 l/s (Ilustración 11) cuya solera se encuentra a la misma cota que el canal y que conduce el agua hasta la cántara de la nueva Sexta Elevación de Crevillente. La galería reversible se debía complementar con una gran balsa de regulación ubicada junto al Embalse de Crevillente (aprovechando la zona expropiada de donde se obtuvieron los materiales para construir el dique) y una turbino-bomba instalada en la cabecera de los Canales Cuarto de Levante y Poniente.

Este esquema hubiera permitido elevar agua por la noche (cuando la tarifa eléctrica era más económica) desde la Quinta Elevación (a través de la nueva galería, la Sexta Elevación de Crevillente y la turbino-bomba) hasta la balsa; durante el día (tarifa eléctrica más cara) se bajaría el agua desde la balsa hasta la cabecera del Tercer Canal de Levante previo turbinado y venta de la energía producida.

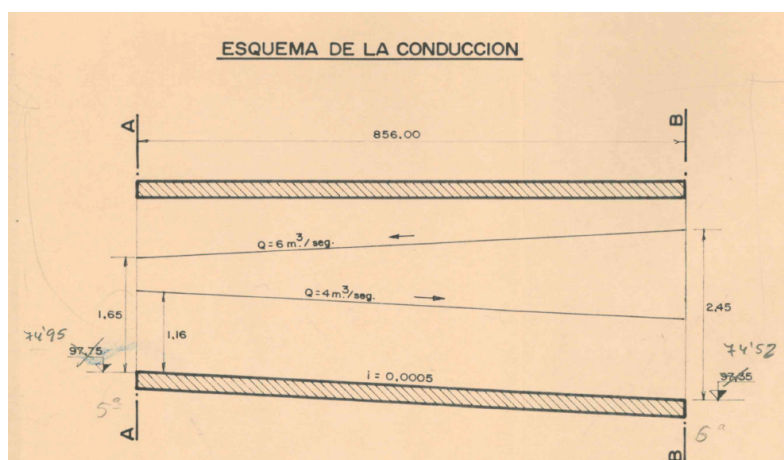


Ilustración 11. Galería reversible

En el año 2000 se instala una motobomba de 140 kW que ha sido la que ha estado en funcionamiento en los últimos años.

Con la nueva obra de enero de 2014 se ha trasladado la bomba existente en la Cuarta Elevación a la Sexta Elevación de Crevillente.

Tabla 5. Características técnicas Sexta Elevación Crevillente

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INSTALACIÓN ACTUAL	
Capacidad de bombeo (m ³ /s)	1,32
Nº de bombas (Ud.)	2
Potencia instalada (kW)	480

En la Ilustración 12 se observan los dos colectores de impulsión correspondientes a cada una de las bombas instaladas en la actualidad.



Ilustración 12. Colectores de impulsión a la salida de las bombas actuales.

La Figura 14 representa la curva característica de la bomba instalada en la Sexta Elevación de Crevillente, reubicada desde la Cuarta Elevación.

Bomba

Diam. de salida 500 mm
Suction Flange Diameter 600 mm
Impeller diameter 720 mm
Number of blades 3
Diámetro interior 105 mm

Motor

Motor # C0905.000 66-56-8AA-W 340KW
Stator variant 38
Frecuencia 50 Hz
Tensión nominal 380 V
Nº de polos 8
Fases 3~
Potencia nominal 340 kW
Corriente nominal 635 A
Corriente de arranque 3100 A
Velocidad nominal 740 1/min

Factor de potencia
1/1 Load 0,85
3/4 Load 0,84
1/2 Load 0,78
Eficiencia
1/1 Load 95,0 %
3/4 Load 95,5 %
1/2 Load 95,5 %

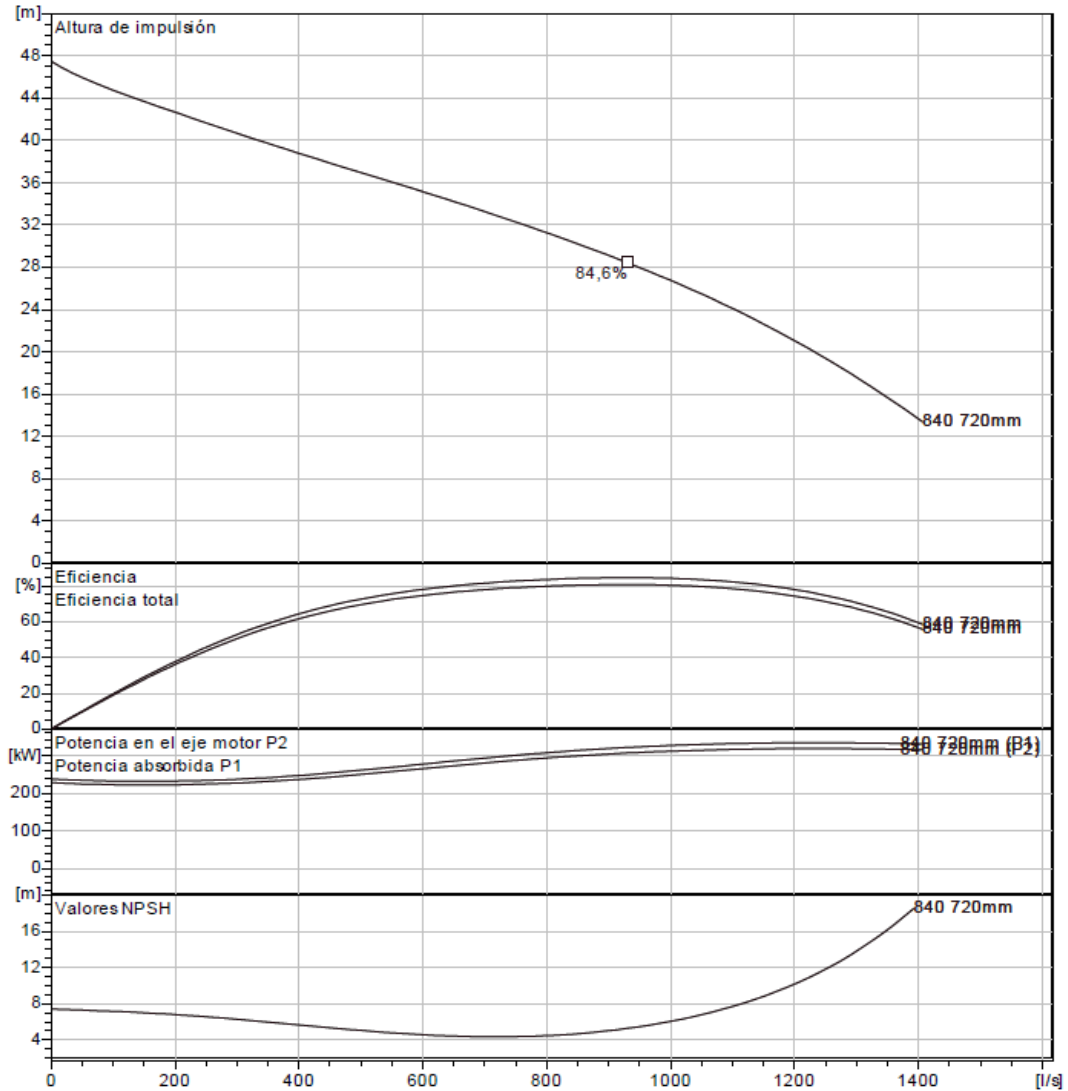


Figura 14. Curva bomba CP 3531 340 kW

Bomba

Diam. de salida	300 mm
Suction Flange Diameter	350 mm
Impeller diameter	520 mm
Number of blades	3
Diámetro interior	102 mm

Motor

Motor #	C0735.000 43-44-6BC-W 140KW
Stator variant	1
Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal	400 V
Nº de polos	6
Fases	3~
Potencia nominal	140 kW
Corriente nominal	268 A
Corriente de arranque	1540 A
Velocidad nominal	985 1/min

Factor de potencia	
1/1 Load	0,81
3/4 Load	0,76
1/2 Load	0,65
Eficiencia	
1/1 Load	93,0 %
3/4 Load	93,0 %
1/2 Load	92,5 %

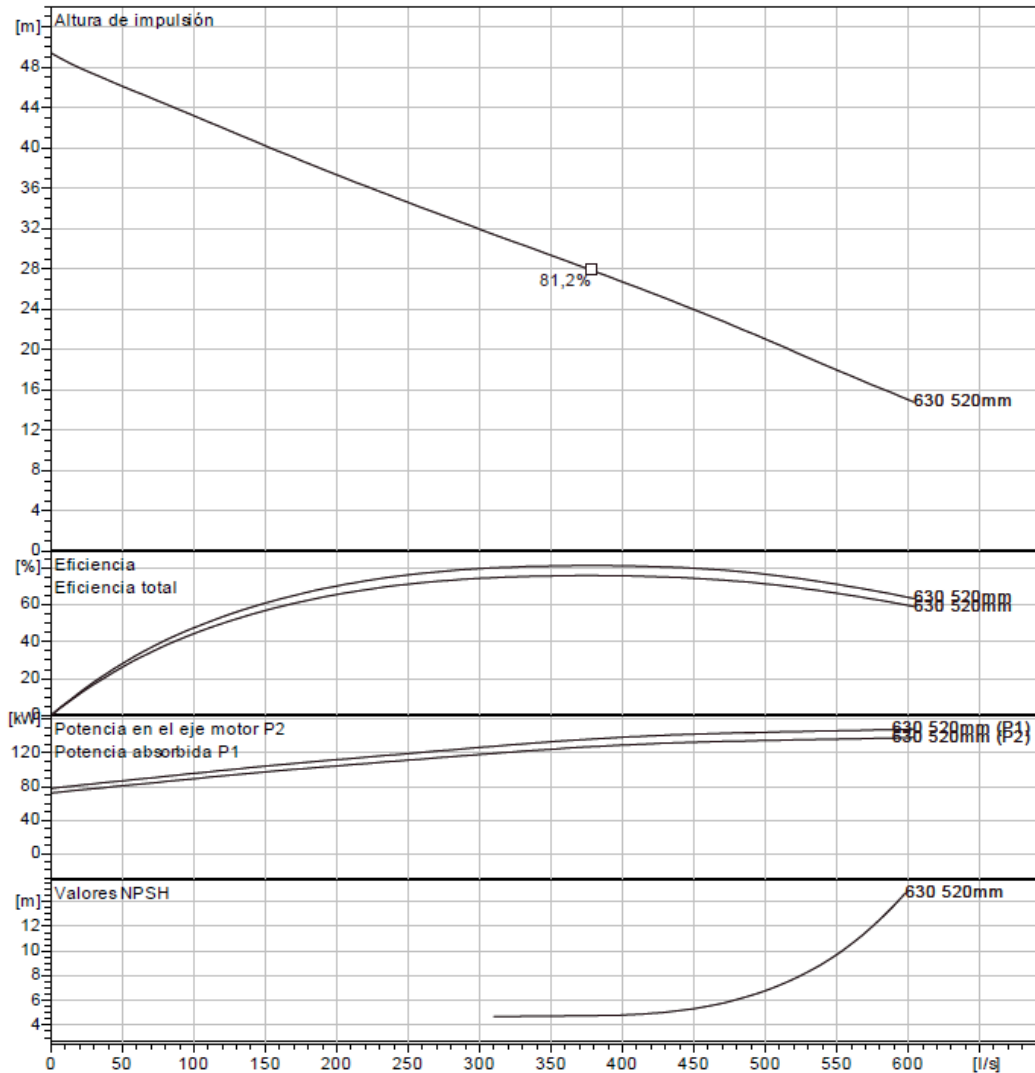


Figura 15. Curva bomba CP 3312 140 kW

La Figura 15 representa la curva característica de la bomba instalada en la Sexta Elevación de Crevillente en el año 2000.

2.2.5 CANAL PRINCIPAL

En las siguientes fichas se relacionan los diferentes tramos de Canal Principal.

2.2.5.1 TRAMO 0. TOMA-PRIMERA ELEVACIÓN

Tabla 6. Características técnicas tramo 1

Nº SUBTRAMO		1.1	
Subtramo	P.K.		
	Toma	3+700	
Longitud (m.)	3.700		
Pendiente (m./m.)	0.0005		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

Nº SUBTRAMO		1.2	
Subtramo	P.K.		
	3+680	4+380	
Longitud (m.)	700		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

Nº SUBTRAMO		1.3	
Subtramo	P.K.		
	4+380	5+114	
Longitud (m.)	734		
Pendiente (m./m.)	0.0003		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

2.2.5.2 TRAMO 1. PRIMERA-SEGUNDA ELEVACIÓN

Tabla 7. Características técnicas tramo 2

N° SUBTRAMO		2.1	
Subtramo	P.K.		
	5+114	9+828	
Longitud (m.)	4.714		
Pendiente (m./m.)	0.0003		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Pedestal		

N° SUBTRAMO		2.2	
Subtramo	P.K.		
	9+828	13+131	
Longitud (m.)	3.303		
Pendiente (m./m.)	0.0003		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Sobre terreno natural		

N° SUBTRAMO		2.3	
Subtramo	P.K.		
	13+131	15+941	
Longitud (m.)	2.810		
Pendiente (m./m.)	0.0003		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

2.2.5.3 TRAMO 2. SEGUNDA-TERCERA ELEVACIÓN

Tabla 8. Características técnicas tramo 3

N° SUBTRAMO		3.1	
Subtramo	P.K.		
	15+941	16+441	
Longitud (m.)	500		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	7,70		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Pedestal		

N° SUBTRAMO		3.2	
Subtramo	P.K.		
	16+441	17+129	
Longitud (m.)	688		
Pendiente (m./m.)	0.0005		
Capacidad (m ³ /s)	7		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

N° SUBTRAMO		3.3	
Subtramo	P.K.		
	17+129	18+018	
Longitud (m.)	889		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	7		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Galería		

El tramo 3 actualmente se encuentra en desuso ya que la nueva instalación conecta las elevaciones Segunda y Tercera con una tubería de hormigón postesado con camisa de chapa DN1400.

2.2.5.4 TRAMO 4. TERCERA-CUARTA ELEVACIÓN

Tabla 9. Características técnicas tramo 4

N° SUBTRAMO		4.1	
Subtramo	P.K.		
	18+018	18+175	
Longitud (m.)	157		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	5		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Pedestal		

N° SUBTRAMO		4.2	
Subtramo	P.K.		
	18+175	18+331	
Longitud (m.)	156		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	5		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Sobre terreno natural		

N° SUBTRAMO		4.3	
Subtramo	P.K.		
	18+331	19+317	
Longitud (m.)	986		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	5		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Galería		

El tramo 4 actualmente se encuentra en desuso ya que la nueva instalación conecta las elevaciones Tercera y Cuarta con una tubería de hormigón postesado con camisa de chapa DN1200.

2.2.5.5 TRAMO 5. CUARTA-QUINTA ELEVACIÓN

Tabla 10. Características técnicas tramo 5

Nº SUBTRAMO		5.1	
Subtramo	P.K.		
	19+317	19+528	
Longitud (m.)	211		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	3		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

Nº SUBTRAMO		5.2	
Subtramo	P.K.		
	19+528	20+395	
Longitud (m.)	867		
Pendiente (m./m.)	0.0007		
Capacidad (m ³ /s)	3		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Galería		

El tramo 5 actualmente se encuentra en desuso ya que la instalación realizada a finales de los años 80 la sustituiría por una tubería de hormigón postesado con camisa de chapa DN1600.

2.2.5.6 TRAMO 6. QUINTA AÉREA-SEXTA ELEVACIÓN

Tabla 11. Características técnicas tramo 6

Nº SUBTRAMO		6.1	
Subtramo	P.K.		
	20+420	20+537	
Longitud (m.)	117		
Pendiente (m./m.)	0.0005		
Capacidad (m ³ /s)	1		
Sección tipo	Trapezoidal		
Tipología	Trinchera		

Nº SUBTRAMO		6.2	
Subtramo	P.K.		
	20+537	21+479	
Longitud (m.)	942		
Pendiente (m./m.)	0.0005		
Capacidad (m ³ /s)	1		
Sección tipo	Rectangular		
Tipología	Galería reversible		

2.2.6 CANALES TRANSVERSALES DE DISTRIBUCIÓN

Estos canales distribuyen por gravedad las aguas desde las derivaciones existentes en los diferentes tramos del Canal Principal hasta los partidores de riego que, después de aforar las aguas en vertederos de pared delgada, las introducen en la red secundaria de riego.

Los empleados de la C.G.R.R.L. gestionan la red de canales principales y de distribución hasta el vertedero aforador. En ese punto nace una extensa red de acequias y partidores, donde se mide el caudal suministrado a los regantes.

Los canales transversales transportan las aguas por gravedad con una pendiente media de 0,0005 m/m. Originalmente eran de forma trapezoidal y discurrían a cielo abierto, sin embargo en la actualidad éstos se han ido sustituyendo por tuberías de hormigón o por canales de hormigón en masa cubiertos.

Algunos de estos canales tienen elevaciones intermedias desde donde nacen otros canales de similares características. Los distintos canales existentes con sus obras singulares y sucesivas derivaciones son los descritos a continuación.

2.2.6.1 PRIMER CANAL DE LEVANTE

Tiene una longitud total de 20.297 m. y una capacidad variable desde 2.000 l/s en cabecera hasta 500 l/s en la cola. La zona que domina es la que se encuentra por debajo de las cotas +28,61 y +18,65 m.s.n.m.

Los primeros 7.608 m. comprendidos entre la cabecera y el Río Vinalopó, presentan un estado lamentable al ser uno de los dos tramos de canal que se encuentra sin reconstruir y el resto (hasta los 20.297 m.) está formado por una tubería telescópica de hormigón en masa con diámetros comprendidos entre 1.800 mm. y 1.000 mm. Paralelamente a este último tramo transcurre un camino de servicio de 5 m. de anchura.

Tabla 12. Características técnicas Primer Canal de Levante

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	20.297
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	2 - 0,50
Sección tipo	Diversa

2.2.6.2 SEGUNDO CANAL DE LEVANTE

Tiene una longitud total de 10.662 m. y una capacidad variable desde 1.700 l/s en cabecera hasta 500 l/s en la cola. La zona que domina es la comprendida entre las cotas +52,19 y +47'09 m.s.n.m.

Está formado por una tubería telescópica de hormigón armado con diámetros comprendidos entre 1.500 mm. y 1.000 mm. Paralelamente a este último tramo transcurre un camino de servicio de 5 m. de anchura.

En cabecera de canal se dispone de una balsa de regulación de 36.000 m³ de capacidad denominada "Balsa de la Cuarta Elevación"

Tabla 13. Características técnicas Segundo Canal de Levante

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	10.662
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	1,7 – 0,50
Sección tipo	Diversa

2.2.6.3 SEGUNDO CANAL DE PONIENTE

Tiene una longitud total de 12.700 m. y una capacidad variable desde 1.500 l/s en cabecera hasta 500 l/s en la cola. La zona que domina es la que se encuentra por debajo de las cotas +52,22 y +45,64 m.s.n.m.

El tramo comprendido entre la cabecera y el partidor 27, de 10.744 m. de longitud, se encuentra en estado lamentable al ser uno de los dos tramos de canal que se encuentra sin reconstruir y el resto está formado por una tubería telescópica de hormigón en masa con diámetros comprendidos entre 1.500 mm. y 1.000 mm. Paralelamente a este último tramo existe un camino de servicio de 5 m. de anchura.

La cola del canal se prolonga con el denominado Canalillo de Granja.

El Segundo de Canal de Levante comparte la balsa de cabecera descrita en el apartado anterior.

Tabla 14. Características técnicas Segundo Canal de Poniente

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	12.700
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	1,50 – 0,50
Sección tipo	Diversa

2.2.6.4 TERCER CANAL DE LEVANTE

Tiene una longitud total de 47.748 m. y una capacidad variable desde 4.000 l/s (de cabecera hasta el barranco de San Antón), 2.000 l/s hasta Bacarot, 1.000 l/s hasta Alicante y 500 l/s en la cola.

Las cotas que domina son las comprendidas entre la +74,94 m.s.n.m. en cabecera y la +64,25 m.s.n.m. en Bacarot, la zona de Bacarot y la Huerta de Alicante.

Está formado por un canal de sección variable de hormigón en masa cubierto con un forjado hasta Bacarot. Paralelamente a este canal transcurre un camino de servicio de 5 m. de anchura. Desde Bacarot hasta el final está formado por una tubería telescópica de hormigón en masa con diámetros de 1.200 mm. y 1.000 mm.

En cabecera de canal se dispone de una balsa de regulación de 38.000 m³ de capacidad denominada "Balsa de la Quinta Elevación"

En el partidor 35 se encuentra la Sexta Elevación de Elche que eleva las aguas desde el Tercer Canal de Levante hasta la cota +100,33 m.s.n.m. En este punto nacen dos canales denominados Sexta de Elche Poniente y Sexta de Elche Levante.

Además existe un embalse de 20.000 m³ de capacidad denominado "Balsa de la Sexta de Elche" donde encontramos una nueva elevación denominada Séptima Elevación de Elche que eleva las aguas hasta la cota +123'53 m.s.n.m. desde donde nacen los canales denominados Séptimo de Elche Poniente y Séptimo de Elche Levante. En cabecera de estos canales se dispone de un embalse de 100.000 m³ de capacidad denominado "Balsa de la Séptima de Elche"

En el partidor 117 se encuentra la Elevación de Muchamiel que eleva las aguas hasta la cota +100 m.s.n.m. donde se encuentra la balsa "El Pantanet", de 20.000 m³ de capacidad.

Tabla 15. Características técnicas Tercer Canal de Levante

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	47.748
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	4 – 0,50
Sección tipo	Diversa

2.2.6.5 CUARTO CANAL DE LEVANTE

Tiene una longitud total de 6.840 m. y una capacidad variable desde 900 l/s en cabecera hasta 300 l/s en el barranco de Barbasena. Las cotas que domina son las comprendidas entre la +101,70 y +98,28 m.s.n.m.

Está formado por una tubería telescópica de diámetros comprendidos entre 1.200 mm. y 600 mm. de hormigón en masa.

En el partidor 14 se encuentra la Séptima Elevación de la Peña, que eleva las aguas hasta la cota +138'30 m.s.n.m. donde nace el canal denominado "Canal de La Peña". Además existe una balsa de 76.000 m³ de capacidad.

Tabla 16. Características técnicas Cuarto Canal de Levante

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	6.840
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	0,90 – 0,30
Sección tipo	Diversa

2.2.6.6 CUARTO CANAL DE PONIENTE

Tiene una longitud total de 29.080 m. en dos tramos diferenciados. El primero está formado por un ovoide de hormigón en masa con una capacidad de 2.000 l/s desde cabecera hasta el partidor 70. El segundo tramo está formado por una tubería telescópica de hormigón en masa con una capacidad variable desde 1.500 l/s hasta 500 l/s.

Las cotas que domina son las comprendidas entre la +101,70 y la +92,07 m.s.n.m. (partidor 70); la +87,16 m.s.n.m.

En el partidor 70 se encuentra la Séptima Elevación de Rocamora, que eleva las aguas hasta la cota +134,17 m.s.n.m. desde donde nace un canal denominado Séptimo Canal de Rocamora. Además existen dos balsas de 65.000 y 20.000 m³ de capacidad.

Tabla 17. Características técnicas Cuarto Canal de Poniente

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud (m.)	29.080
Pendiente (m./m.)	0.0005
Capacidad (m ³ /s)	2 – 0,5
Sección tipo	Diversa

2.2.7 ELEMENTOS REGULADORES DE LA RED PRINCIPAL

2.2.7.1 PARQUE NATURAL "EL HONDO"

El Parque Natural de El Hondo (en adelante El Hondo) está situado entre las coordenadas 0° 43´ Oeste y 0° 49´ Oeste; 38° 9´ Norte y 38° 13´ Norte, situado en la Comarca del Bajo Vinalopó, entre los términos municipales de Elche y Crevillente, en la provincia de Alicante.

El Hondo es un humedal de morfología artificial ubicado en el ámbito de una llanura de inundación aluvial. El funcionamiento hídrico, en la mayoría de los casos, requiere intervención humana y aporte energético en forma de bombeo de agua.

Está formado por dos embalses reguladores de agua de riego, como núcleo principal y un conjunto periférico de hasta 11 charcas con finalidad cinegético-pesquera.

En la Ilustración 13 se muestra una fotografía aérea del Parque Natural.



Ilustración 13. Vista aérea de los embalses del P.N. del Hondo

2.2.7.1.1 HISTORIA

Durante el siglo XVII, el Cardenal D. Luis de Belluga y Moncada desarrolló su proyecto conocido como "Pías Fundaciones" donde desecaron 4.470 Has. de las zonas encharcadas del entorno oeste de la albufera de Elche.

En 1730 se fundan las poblaciones de Nuestra Señora de los Dolores, San Fulgencio y San Felipe de Nerí, destinadas a recoger a los colonos que han de cultivar las tierras desecadas. Por su parte y de forma paralela, D. Francisco Ponce de León, Láncaster y Cárdenas, Duque de Arcos, Maqueda y Nájera, Señor de Elche, obtiene la aprobación real para la fundación del poblado de San Francisco de Asís, lugar de establecimiento de los colonos que han de cultivar la 1000 hectáreas desecadas.

En el entorno que actualmente se enclava El Hondo se desarrollará una agricultura de plantas adaptadas a suelos salinos como alfalfa, algodón, cáñamo etc. La zona húmeda queda reducida a una pequeña charca temporal denominada "Bassa la Llarguera".

En 1932 la R.C.Riegos de Levante adquirió 1600 Has. de las tierras desecadas por la "Pías Fundaciones". Estas tierras se situaban en la antigua charca conocida como Bassa Llarguera. Ese mismo año comienza la construcción, totalmente manual, del embalse de Levante; en 1945 se construiría el de Poniente. En conjunto se inundan 1.100 Has.

Se trataba de una obra poco artificiosa ya que utiliza la depresión natural como vaso de embalse y se construyen diques o motas con los materiales extraídos de zanjas perimetrales a los embalses. Toda la construcción es manual, utilizándose un sistema de encofrado simple de estacas de madera y haces de cañas o carrizos; para la estabilización de los diques y defensa contra la erosión del oleaje se realizaron plantaciones de eucaliptos y cañas.

En la década de los 70, se efectuaron una serie de obras para encharcar de forma permanente los terrenos circundantes a los embalses. Se conforman un conjunto de charcas de aguas salobres entorno a las que se establecen 6 cotos cinegético-pesqueros. Es a partir de este momento cuando se configura la situación actual de El Hondo.

- Dos embalses reguladores de agua de riego.
- Once charcas de aguas salobres.
- Saladares en la periferia.

2.2.7.1.2 HIDROLOGÍA DEL MEDIO

El balance hídrico es muy deficitario, debido a las altas temperaturas estivales, las casi 3.000 horas de insolación anual y la escasez de precipitaciones. La capacidad evaporativa del ecosistema (evapotranspiración) es muy alta, llegando a superar los 1.000 mm año.

Hidrológicamente, El Hondo se divide en dos subunidades:

- Los embalses: dependen únicamente de las aportaciones del Río Segura y los drenajes de la Vega Baja. Los volúmenes captados las últimas décadas han sido muy variables con puntas de hasta 100 Hm³/año hasta la sequía extrema en los años 93 y 94 del pasado siglo.
- Las charcas: dependen de los caudales aportados por aguas de escorrentía y drenaje de tierras de cultivo, las procedentes del acuífero superficial mediante bombeos y la presencia de pequeños manantiales que incrementan los niveles.

El desagüe del humedal se efectúa mediante dos vías:

- La elevación de los volúmenes para riego a través de la Segunda Elevación y el Canal Principal.

- El azarbe de Dalt, que canaliza las aguas de las charcas hasta el mar.

2.2.7.1.3 PROBLEMAS DEL MEDIO

- Escasas aportaciones de recursos hídricos del sistema hídrico del Segura y sus azarbes.
- Alta salinización de las aguas elevadas por la Primera Elevación con salinidades medias superiores a los 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Altos procesos evaporativos superiores a 1.000 mm año.

Todos estos condicionantes inciden en un alto contenido en sales de las aguas embalsadas; la salinidad media de las aguas contenidas en los embalses de El Hondo medidas a lo largo de los últimos 5 años es de 6.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que determina una salinidad media total de 4,5 g/l. (incluidas todas las sales).

2.2.7.2 Balsa de la Tercera Elevación

En el año 2007 se construyó una balsa de regulación junto al Canal Principal (a la salida de la Tercera Elevación) de 16.000 m³ de capacidad en la que se almacenaba el volumen necesario a través del bombeo de la Tercera Elevación (tras su remodelación del año 2006) que captaba el agua directamente desde la galería Segunda-Tercera.

La salida de las bombas estaba conectada con una tubería de hormigón armado DN1000 montada sobre el Canal Principal que llegaba a la balsa. Junto a la balsa existía una "T" con una válvula que regulaba el caudal hacia la balsa o hacia el Canal Principal para continuar su recorrido hacia la Cuarta Elevación.

Tabla 18. Ficha técnica. Balsa Tercera Elevación

FICHA TÉCNICA		
Volumen (m ³)	16.000	
Situación	Coordenadas UTM (H-30 ETRS-89)	
	X= 694.851,80	Y= 4.232.898,55
Tipología	Hormigón armado	
Cota de fondo (m.s.n.m.)	32,22	
Cota de coronación (m.s.n.m.)	37,97	
Cota de aliviadero (m.s.n.m.)	37,47	
Talud interior	1H:1V	

Con la nueva obra puesta en marcha en 2014, la función de la balsa sigue siendo la misma (almacenar parte de los caudales bombeados desde la Segunda Elevación y que se distribuirán por el Primer Canal de Levante)

También existe una conexión a la red principal de riego de modernización que permite llenar la balsa para los periodos en los que el Primer Canal de Levante riegue con agua del A.T.S.

Tabla 19. Curva de capacidad. Balsa Tercera Elevación

ALTURA (M.)	VOLUMEN (M ³)
0	0
1	3.047,6
2	6.095,2
3	9.142,9
4	12.190,5
5	15.238,1
5,25	16.000

2.2.7.3 Balsa de la Cuarta Elevación

En los años 50 se construyó una balsa de regulación junto al Canal Principal (a la salida de la Cuarta Elevación) de casi 37.800 m³ de capacidad en la que se almacenaba el volumen necesario, bombeado a través del bombeo de la Cuarta Elevación (hasta la arqueta donde nacen los canales Segundo de Levante y Poniente) y regulado por compuertas; mediante las diferentes bombas que captaban el agua directamente desde la galería Tercera-Cuarta.

Tabla 20. Ficha técnica. Balsa Cuarta Elevación

FICHA TÉCNICA	
Volumen (m ³)	37.800
Situación	Coordenadas UTM (H-30 ETRS-89)
	X=694.418 Y=4.234.027
Tipología	Hormigón en masa
Cota de fondo (m.s.n.m.)	52,24
Cota de coronación (m.s.n.m.)	55,74
Cota de aliviadero (m.s.n.m.)	55,57
Talud interior	Variable

Con la nueva obra puesta en marcha en 2014, la función de la balsa sigue siendo almacenar parte de los caudales bombeados desde la Segunda Elevación y que se distribuirán por los Canales Segundo de Levante y Segundo de Poniente así como el rebombeo a través de la Quinta Elevación Aérea)

También existe una conexión a la red principal de suministro de agua del A.T.S. para riego tradicional, realizada en los años 70 y que permite llenar la balsa para los periodos en los que los Canales Segundo de Levante y Poniente rieguen con agua del Trasvase.

Tabla 21. Curva de capacidad. Balsa Cuarta Elevación

ALTURA (M.)	VOLUMEN (M ³)
0	0
0,53	4.320
1	9.720
1,51	15.660
1,98	21.060
2,49	27.000
3	32.940
3,33	37.800

2.2.7.4 Balsa de la Quinta Elevación

En los años 50 se construyó una balsa de regulación junto al Canal Principal (a la salida de la Quinta Elevación) de 36.590 m³ de capacidad en la que se almacenaba el volumen necesario, bombeado a través del bombeo de la Quinta Elevación (hasta la arqueta donde nace el Tercer Canal de Levante) y regulado por compuertas directamente desde la galería Cuarta-Quinta.

Esta balsa se puede considerar el núcleo de distribución de agua del A.T.S. para todas las comunidades de base.

Tabla 22. Ficha técnica. Balsa Quinta Elevación

FICHA TÉCNICA	
Volumen (m ³)	36.590
Situación	Coordenadas UTM (H-30 ETRS-89)
	X= 693.997 Y= 4.235.025
Tipología	Hormigón en masa
Cota de fondo (m.s.n.m.)	74,95
Cota de coronación (m.s.n.m.)	80,15
Cota de aliviadero (m.s.n.m.)	79,95
Talud interior	Variable

También existe una conexión a la red principal de suministro de agua del A.T.S. para riego tradicional, realizada en los años 70 que permite llenar la balsa para los periodos en los que el Tercer Canal de Levante riega con agua del Trasvase.

Tabla 23. Curva de capacidad. Balsa Quinta Elevación

ALTURA (M.)	VOLUMEN (M ³)
1	6.000
2	13.878
3	21.870
4	30.132
5	36.590

2.2.8 TELECONTROL DE LAS INSTALACIONES

Lógicamente con el proyecto original no se incluía ningún elemento que permitiera operar telemáticamente las instalaciones.

Fue en la remodelación de las instalaciones del año 1981 cuando se diseñó un gran sistema de telecontrol vía cable, gobernado desde un puesto central junto a la Quinta Elevación (Ilustración 14).

Era un proyecto muy ambicioso pues permitía conocer los niveles en cada uno de los embalses, maniobrar compuertas, arrancar y parar las bombas, etc. Desgraciadamente solo llegó a funcionar durante las primeras semanas tras la puesta en marcha de las instalaciones y se quedó en desuso.



Ilustración 14. Centro de telemando

Posteriormente, dentro de las obras del año 1995 se creó una nueva red de telecontrol mediante radiofrecuencia gobernada desde un puesto central y capaz de controlar todas las maniobras necesarias para el funcionamiento de las instalaciones.

Esta red ha sido mantenida hasta hoy, ampliándose con nuevas actuaciones y haciéndola cada vez más robusta y fiable.

2.3 SISTEMA DE RIEGO TRADICIONAL CON AGUA DEL A.T.S.

En el tramo final del Canal del Post-Trasvase Tajo-Segura se encuentra un aforador (vertedero de pared delgada) que mide los caudales que entran en el sistema hidráulico de la C.G.R.R.L.

El agua suministrada puede derivarse a una estación de bombeo que la eleva hasta el Embalse de Crevillente o bien introducirse en la red presurizada de regadío tradicional de agua del A.T.S. (Ilustración 16).

Para el funcionamiento de la red de riego tradicional con agua del A.T.S. se operaba presurizando la red principal y llenando las balsas de regulación. La distribución en los canales secundarios era idéntica a la distribución del agua de concesiones.

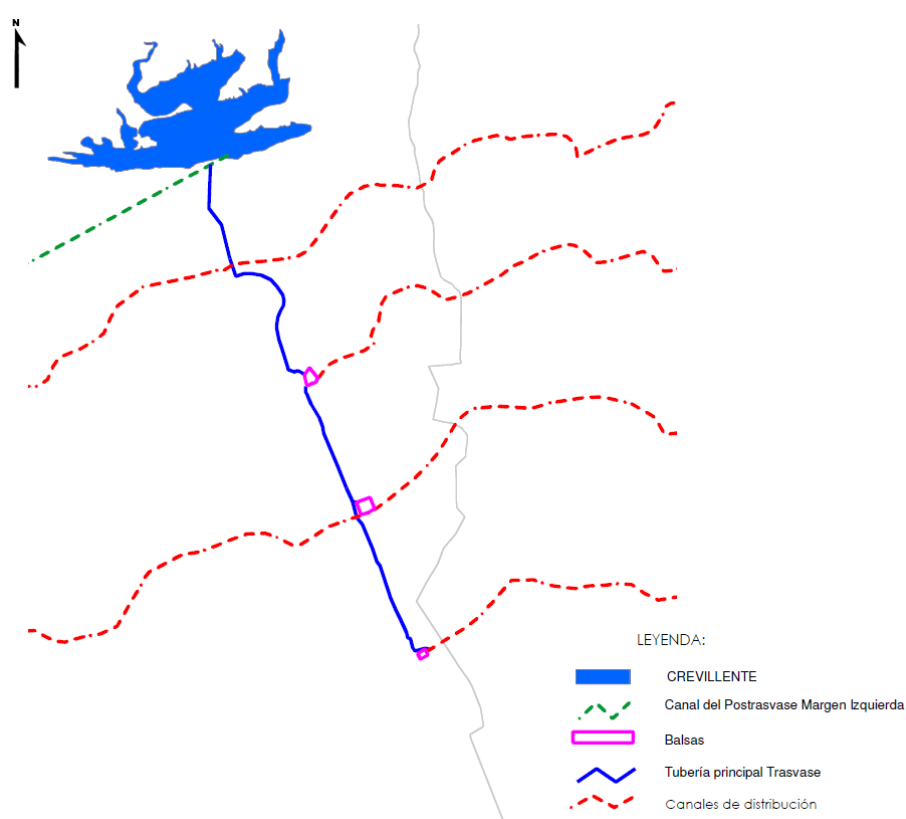


Figura 16. Esquema hidráulico red de riego tradicional con agua del A.T.S.

2.3.1 ESQUEMA HIDRÁULICO DE FUNCIONAMIENTO

Creada a finales de los años 70, esta red se compone de dos tuberías de hormigón pretensado DN1200 que suministra el agua del A.T.S. a los canales de distribución. La energía potencial existente en la cabecera de la red principal se disipa mediante unas arquetas de rotura de carga y válvulas accionadas manualmente. Desde sus inicios esta red ha presentado numerosos problemas obligando a repararla constantemente y dejando temporalmente fuera de servicio el sistema.

No obstante, se ha contado desde siempre con las balsas de regulación de la Cuarta y Quinta Elevación, con capacidad suficiente para disminuir el impacto que estos desabastecimientos pudieran ocasionar. Posteriormente (año 2007) se construyó la balsa de la Tercera Elevación que, con una capacidad menor de regulación, podría también laminar estos problemas.

2.3.2 INFRAESTRUCTURA DAÑADA

En la actualidad las tuberías de la red principal presentan diferentes patologías muy costosas de reparar, derivado no por su complejidad sino por la ubicación de los puntos afectados así como el gran número de éstos.

Tan grave es el problema que en el año 2012 se ejecutó de urgencia una acometida a la tubería principal de modernización para poder llenar la balsa de la Tercera Elevación con agua del A.T.S. pues la tubería original que debía alimentar al Primer Canal de Levante estaba totalmente colapsada, con afecciones incluso a la línea de FFCC Alicante-Murcia. (Ilustración 15).



Ilustración 15. Llenado desde la red de modernización

Las balsas de la Cuarta y Quinta Elevación siguen llenándose mediante las tuberías originales y válvulas reductoras, las cuales han sido reparadas en numerosas ocasiones debido a que no son válvulas adecuadas para el uso que se le está dando.

Esto implica que constantemente se produzcan roturas en esas arqueta, además de las incalculables pérdidas de agua.

En la ilustración 16 se muestran cuatro fotografías correspondientes a una de las arquetas de rotura de carga. Se puede observar la válvula de mariposa utilizada

(totalmente deteriorada) y el vertedero de pared delgada en el que se miden los caudales entrantes a la balsa.



Ilustración 16. Fotografías de la arqueta de rotura de carga anterior a la balsa de la Cuarta Elevación

En la Figura 17 se representa de manera esquemática la planta actual de la infraestructura hidráulica del sistema de riego tradicional con agua del A.T.S.

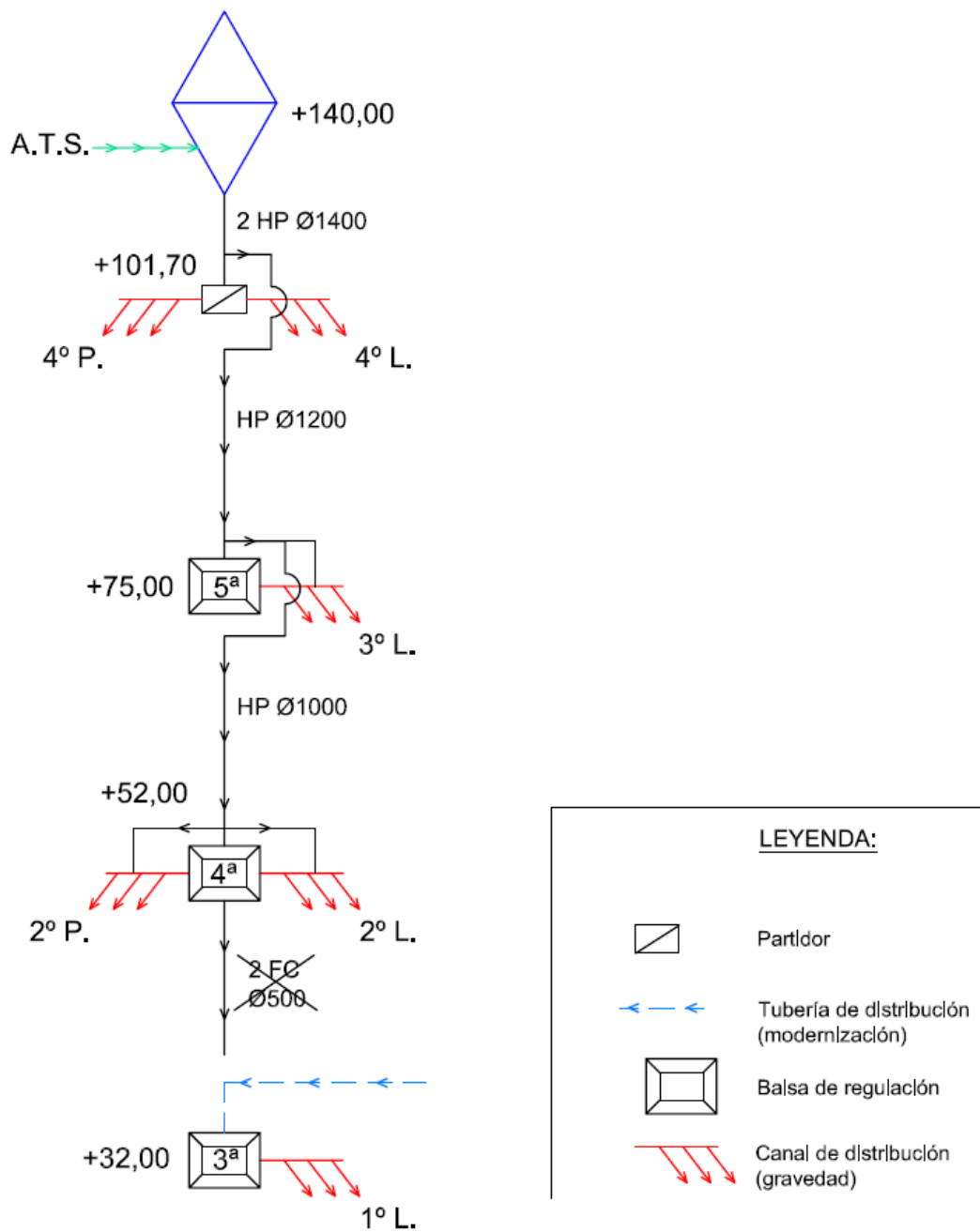


Figura 17. Esquema en planta de las instalaciones existentes para el riego tradicional con agua del A.T.S.

2.4 SISTEMA DE RIEGO MODERNIZADO

Debido al déficit de agua tanto en la cantidad como en la calidad así como la garantía de suministro, y acogiendo al Plan Nacional de Regadíos, la C.G.R.R.L. comenzó a modernizar sus instalaciones hace más de 10 años. Además, el sistema de riego existente no hacía rentable ningún tipo de parcelas al poseer una superficie mínima que no permitía la modernización de la explotación agrícola.

Existía un criterio unánime entre los comuneros de la necesidad de implantar en la zona un cambio en el sistema de riego que permitiera una mejora de la estructura productiva de las explotaciones agrarias, contribuyendo a un aumento de la productividad y de los rendimientos de los cultivos. También se tuvo en cuenta la necesidad de un ahorro efectivo de agua así como un control de los caudales consumidos.

En cuanto a la calidad de las aguas de las distintas procedencias existen diferencias notables. El agua del A.T.S. es de muy buena calidad; el agua de concesiones del Río Segura es de muy mala calidad, (el punto de toma está junto a la desembocadura, con altas concentraciones de sales y nitritos que influyen desfavorablemente en los cultivos de la zona, especialmente en los cítricos, y terminan salinizando el suelo).

La introducción de nuevas tecnologías de riego es una exigencia para una mejor gestión y racionalización de los recursos disponibles, por lo que la implantación de un sistema de riego localizado, automatizado e informatizado, ha de ser una constante en las actuaciones presentes y futuras, representando la tendencia actual en la evolución de los sistemas de riego.

Se trata pues de optimizar la distribución y uso del agua, a fin de disminuir los costes de explotación y conseguir su utilización más eficiente, mediante la construcción de una red presurizada en toda la zona que permita disponer en cada parcela de agua filtrada y a presión, además de controlar el volumen consumido por cada regante que dispondrá de un hidrante de riego en cada parcela.

Actualmente las comunidades de base modernizadas son:

- El Canal (8.196 hectáreas)
- Cuarto de Levante y Séptima de la Peña (780 hectáreas)

2.4.1 EMBALSE REGULADOR

La presa de Crevillente y su embalse se localizan en la Hoja 893 (Elche) del Servicio Geográfico del Ejército, a escala 1:50.000, en su edición de 1997. La presa cierra el Barranco del Bosch o de La Garganta, a unos 6 km. aguas arriba de su desembocadura en la Laguna de El Hondo. Las coordenadas geográficas de la intersección del eje de la presa con el Barranco del Bosch son las siguientes:

- U.T.M.: X=693.330 ; Y=4.236.370

La presa está emplazada en la intersección de la antigua carretera CN-330 con el barranco del Bosch, en el término municipal de Crevillente, provincia de Alicante.

El embalse de Crevillente se construyó en el año 1985 sobre una superficie de 108 hectáreas con una capacidad máxima aproximada de 13 Hm³. Sus características técnicas son las siguientes:

Tabla 24. Ficha técnica. Embalse de Crevillente

FICHA TÉCNICA	
Tipo	Materiales sueltos
Talud de aguas arriba	2,35/1 (H/V)
Materiales	Tierras, escolleras, gravas y arcillas
Talud de aguas abajo	2,60/1 (H/V)
Altura sobre el cauce	54,50 m.
Cota de coronación	147,50 m.
Longitud de coronación	360 m.
Ancho de coronación	12,50 m.
Volumen total de material	1.100.000 m ³ .
Capacidad	13 Hm ³ .

Tiene la función de regular una parte de los caudales transportados por el Canal del Postravase de la Margen Izquierda para suministrar una parte de las demandas de regadío de la C.G.R.R.L.

Su escasa cuenca vertiente y sus reducidas aportaciones no habrían justificado nunca la construcción de este embalse que actúa prácticamente como un depósito de regulación en la cola del Canal del Post-Trasvase (Margen Izquierda).

Tras un largo proceso administrativo y burocrático así como diferentes proyectos y modificaciones, las obras se terminaron en marzo de 1986, cumpliendo con el plazo finalmente estipulado y recepcionado definitivamente el 22 de Julio de 1987.

La entrada de los caudales de aportación se produce a través de una impulsión existente en el final del Canal del Postravase Tajo-Segura. Esta elevación termina en una galería que atraviesa el vaso por su coronación y termina en un aliviadero y una escollera de protección.

La salida del agua se realiza a través de una toma flotante que oscila en función del nivel del agua y que está conectada a la red principal de modernización, previo paso por unas válvulas de sobrevelocidad que dispararían por emergencia en caso de una rotura aguas abajo de la red.

En la Ilustración 17 se muestran dos fotografías que corresponden al dique del embalse y a la toma flotante por la cual se alimenta la red de modernización.



Ilustración 17. Fotografías del dique y toma flotante

2.4.2 TUBERÍAS PRINCIPALES

La actual red de modernización se compone de los siguientes elementos:

- Acometida al embalse de Crevillente:

A la salida del embalse se dispone de una arqueta con dos válvulas de sobrevelocidad que actúan automáticamente cuando el caudal trasegado es mayor del consignado, entendiéndose que hay una rotura aguas abajo y evitando que se vacíe el embalse (Ilustración 18).



Ilustración 18. Vista del interior de la arqueta con válvulas de sobrevelocidad

- Conducción General:

Esta conducción tiene su toma en la acometida del embalse de Crevillente mediante dos tuberías de PRFV DN 1.600 mm. hasta la Estación de Filtrado de la 5ª Elevación, continúa con dos tuberías de PRFV DN 1.300 mm. hasta el origen de los canales Segundo de Levante y Segundo de Poniente y, por último, continúa con una tubería PRFV DN 1.200 mm. hasta el inicio del Primer Canal de Levante.

Esta conducción general, en sus diferentes tramos, alimenta las tuberías secundarias de modernización ya instaladas. Las futuras zonas que se modernicen también se alimentarán de esta conducción general.

2.4.3 ESTACIÓN DE FILTRADO

Junto a la Quinta Elevación, antes del nacimiento del ramal principal del Tercer Canal de Levante, existe una estación de filtrado para uso general de todas las zonas modernizadas (Ilustración 19).



Ilustración 19. Vista general de la estación de filtrado de la Quinta Elevación

Se compone de dos líneas de filtrado, una de mallas y otra de anillas (Tabla 25 y Tabla 26).

Tabla 25. Ficha técnica. Línea de filtrado con tipología de mallas

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Tipología	Mallas
Capacidad l/s)	2.000
Filtrado (μm)	125
Nº tambores	8

Tabla 26. Ficha técnica. Línea de filtrado con tipología de anillas

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Tipología	Anillas
Capacidad l/s)	2.000
Filtrado (μm)	125
Nº líneas	8

Las dos líneas de filtros son autolimpiantes y funcionan en continuo, haciendo más o menos lavados en función del caudal trasegado. El agua de rechazo se vierte a la balsa de la Quinta Elevación situada a pocos metros y será destinada al riego tradicional.

2.4.4 RED SECUNDARIA DE TUBERÍAS

A la salida de la estación de filtrado se produce la bifurcación para cada una de las comunidades de base (Ilustración 20)



Ilustración 20. Colectores de derivación y valvulería se seccionamiento

Agua abajo de esta arqueta nacen las tuberías secundarias de la comunidad de base que actualmente está modernizada* (El Canal). Estas tuberías corresponden con los canales Primero y Segundo de Levante, quedando ubicadas bajo el camino de servicio existente paralelo al canal de riego tradicional.

*La comunidad de regantes 4º Canal de Levante y 7ª de la Peña está modernizada pero es independiente del esquema descrito, ya que se encuentra a una cota superior al embalse de Crevillente y dispone de una estación de bombeo, filtrado y red de tuberías propia.

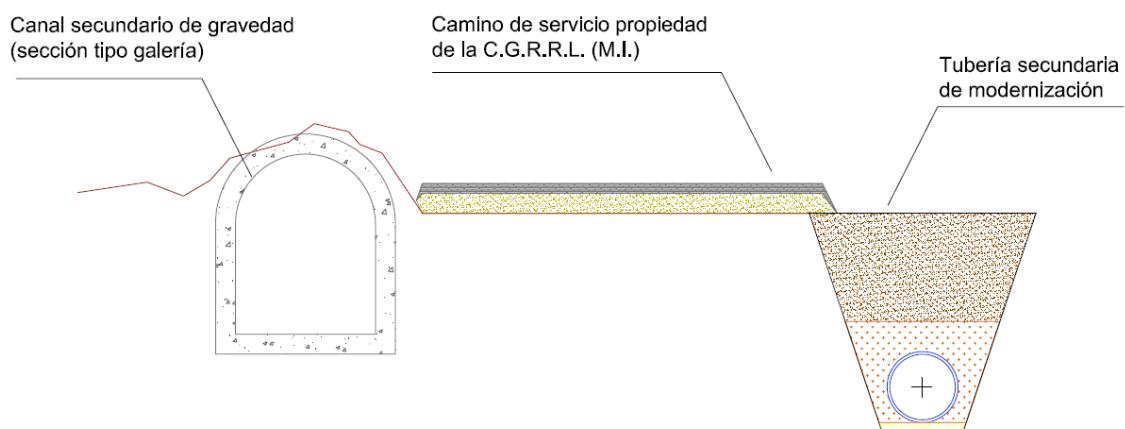


Figura 18. Sección tipo del camino de servicio

En la Figura 18 se representa una de las secciones tipo del camino de servicio por el que discurren tanto los canales secundarios de riego tradicional como las tuberías secundarias de modernización.

La tipología de estas conducciones es diversa dependiendo de la zona. En el Segundo Canal de Levante todos los tramos son de PRFV (DN800-DN500); en el Primer Canal de Levante encontramos el primer tramo de PRFV DN1200, el segundo tramo FD DN1000 y el tercer tramo ACERO (DN 800-500).

En la Figura 19 se reflejan las zonas modernizadas y las tuberías secundarias de distribución, todos conectados al embalse de Crevillente.

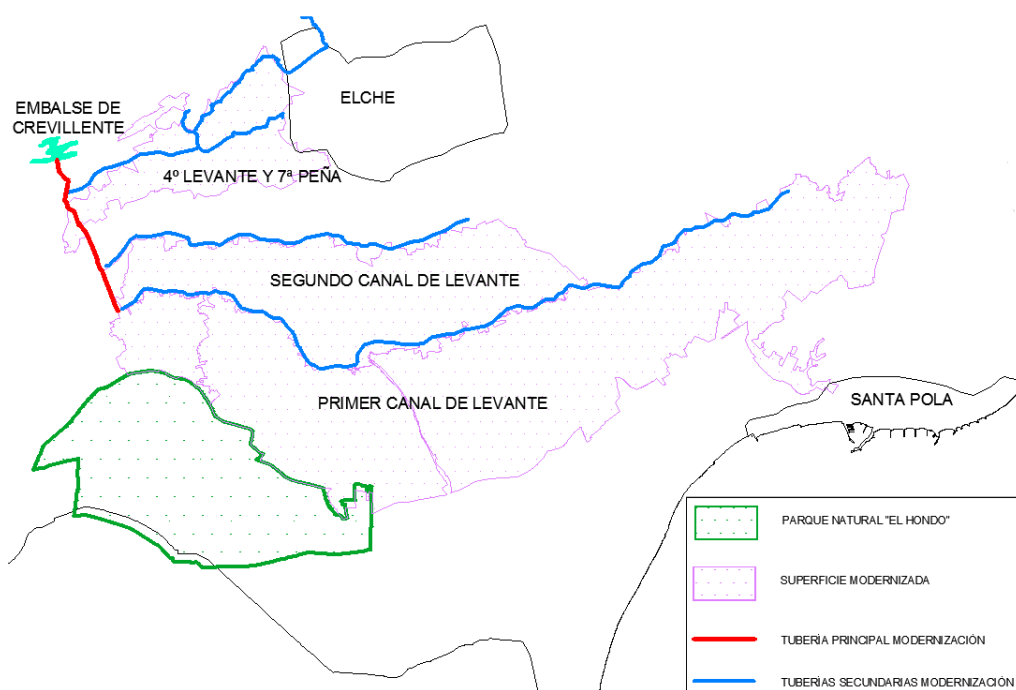


Figura 19. Planta general de la red de modernización

2.4.4.1 CABECERAS DE SECTOR

Debido a la gran superficie que abarca la Modernización de los Regadíos de la C.G.R.R.L. se diseñó la red a partir de la división de la superficie de riego por zonas, que coinciden sensiblemente con la delimitación de las diferentes comunidades de base y sus canales de riego.

Cada una de estas zonas tiene una superficie aproximada de 100 hectáreas y depende de una cabecera de sector, que se alimenta directamente de la red secundaria de tuberías.

Es en este punto donde se reduce la presión (mediante una válvula hidráulica pilotada) y se mide el caudal (a través de un caudalímetro electromagnético) para distribuir a través de la red terciaria o de distribución. Esta red ramificada de tuberías de PE100 es de la que toman directamente los hidrantes y está compuesta por tuberías con diámetros comprendidos entre DN800 y DN75.

Las válvulas reductoras trabajan de manera autónoma en función del caudal que se esté regando. La consigna es dejar aguas abajo de la válvula reductora una presión de 4 atm. por lo que tendremos la siguiente relación de presiones de trabajo: (Tabla 27).

Tabla 27. Relación de presiones de trabajo en cada zona

Zona	Reducción de presión (atm.)
1º Levante	10-4
2º Levante	8-4



Ilustración 21. Cabecera de sector con válvulas automáticas

2.4.4.2 HIDRANTES

Los hidrantes instalados constan de:

- Acometida a la red de PE100 mediante "T" de derivación o collarín
- Válvula de corte

- Ventosa
- Filtro cazapiedras
- Contador con emisor de pulsos
- Válvula hidráulica pilotada de asiento plano con pilotos limitadores de caudal y reductores de presión con apertura mediante solenoide
- Estación remota de control de hidrante

El caudal máximo a regar en cada parcela se obtiene multiplicando por 2'3 l/s la fracción de superficie que se riega en un turno (superficie efectiva).

Previamente se divide la parcela en sectores, según la superficie (Tabla 28)

Tabla 28. Sectorización según superficie modernizada

SUPERFICIE (ha)	Nº de sectores
0-2	1
2-4	2
4-65	3
>65	4



Ilustración 22. Arqueta de hidrante. Válvula automática, contador y telecontrol

2.4.5 TELECONTROL DE LAS INSTALACIONES

La instalación existente contempla el establecimiento de un sistema para el control de los hidrantes así como la apertura y cierre de válvulas y medición de los valores de la instrumentación adicional colocada.

El sistema está compuesto por los subsistemas siguientes:

- Centro de Control (CC).
- Sistema de Control Sectorial (SCS).
- Sistema de Protección (SP).
- Sistema Hidrante (SH).

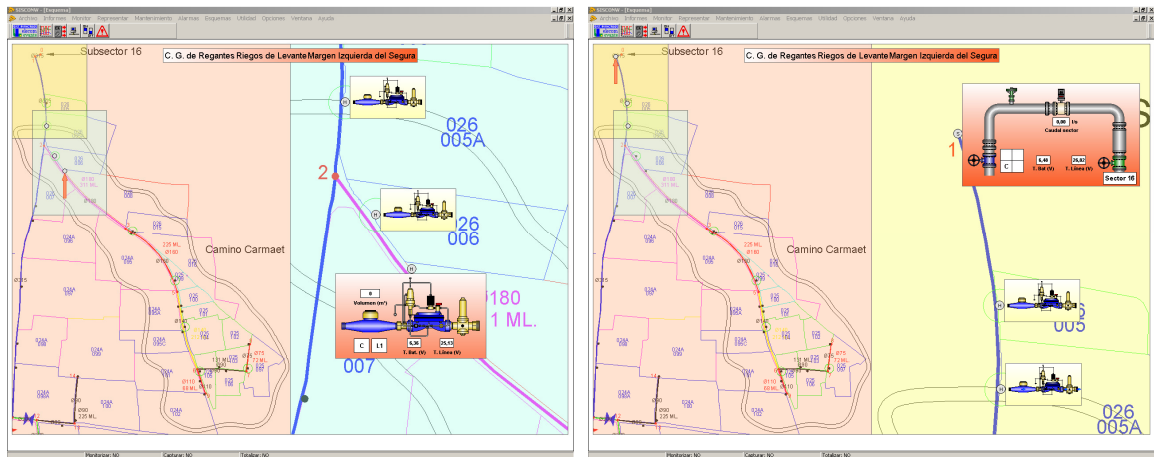


Ilustración 23. Imágenes del sistema de telegestión

El enlace desde el CC hasta cada SCS se establece vía radio mientras que el enlace de este último con cada SH se realiza con cable unifilar de 2 conductores y alcance máximo de 10 Km, pudiendo establecerse redundancia con 4 conductores.

La alimentación en baja tensión a las cabeceras de los distintos sectores se realiza desde el punto de entronque con la compañía eléctrica suministradora. El tendido de cable eléctrico se realizó sobre postes a lo largo de todo el camino de servicio.

Desde cada cabecera de sector y en la misma zanja que las tuberías de la red ramificada se tendió un cable de 2 hilos y tensión de seguridad.

En las oficinas de la comunidad de regantes se centraliza toda la gestión de la red, pudiendo actuar de manera remota sobre cada hidrante o cabecera de sector.

2.5 INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA

2.5.1 ANTECEDENTES

Hablar de la red de riego tradicional implica abordar su esquema de suministro eléctrico.

Como se ha comentado anteriormente, inicialmente se obtenía la energía eléctrica necesaria para los bombeos a través del salto hidroeléctrico de Almadenes y mediante una línea de transporte se alimentaba toda la red de elevaciones de modo que podían funcionar a la demanda, debido al carácter fluyente del aprovechamiento y obviamente no se debía pagar por esta energía.

Casi cien años después la realidad es otra, pues el 100% de la energía eléctrica necesaria para las elevaciones proviene de la compañía suministradora. Este hecho, marcado con la tendencia al alza del precio del kWh, y los múltiples cambios en la legislación están haciendo muy costosa la explotación de la red de riego tradicional.

La situación se agrava todavía más cuando actualmente no existe una tarifa especial para uso agrícola y el tratar de adecuar las potencias contratadas en función de la época del año está penalizado económicamente.

2.5.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA RED ELÉCTRICA

Desde la empresa suministradora se alimenta una subestación eléctrica que la C.G.R.R.L. tiene en propiedad junto a la Cuarta Elevación. La tensión de entrada es 66 kV. y se transforma a 6 kV.

A partir de esta subestación eléctrica y paralelo al camino de servicio de las tuberías principales se tiende una línea eléctrica que llega a cada una de las estaciones de bombeo (salvo la Primera Elevación), donde se transforma de 6 kV. a las diferentes tensiones de trabajo de los equipos (Tabla 29).

Tabla 29. Relación de equipos de transformación

Estación de bombeo	Relación de transformación	Nº transformadores	kVA
Segunda	6 kV-690 V	1	2.500
Quinta Aérea	6 kV-400 V	2	800
Sexta de Crevillente	6 kV-400 V	1	800

La Primera Elevación tiene su propia subestación eléctrica y es totalmente independiente del esquema general del resto de instalaciones.

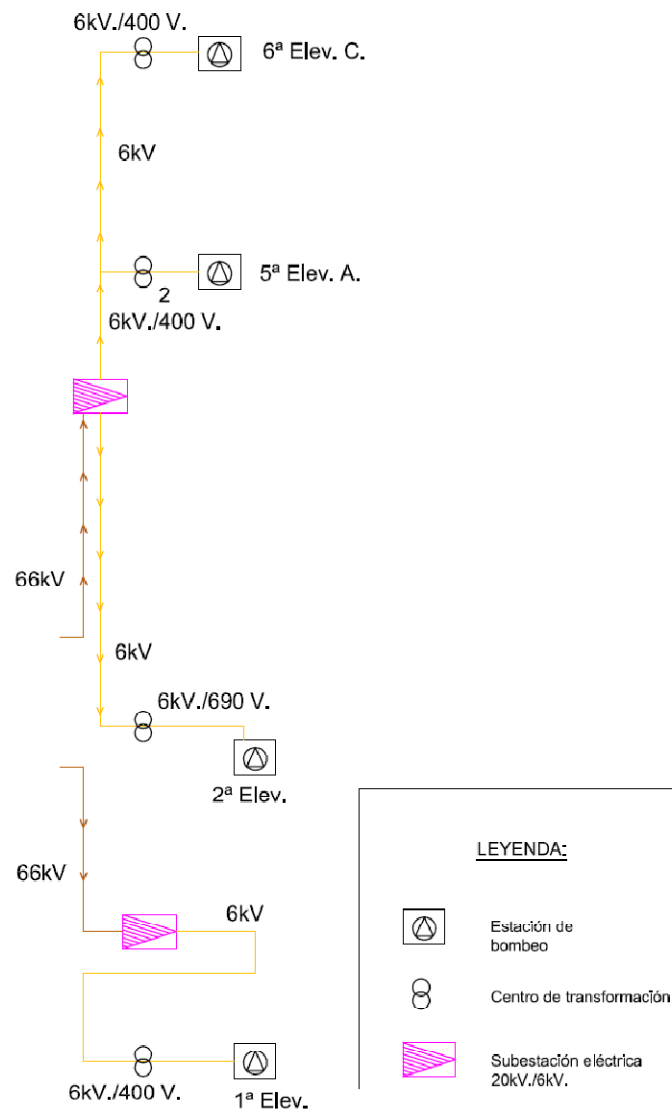


Figura 20. Esquema eléctrico

El esquema representado en la Figura 20 muestra las instalaciones eléctricas que suministran energía eléctrica a las estaciones elevadoras. Se puede comprobar la independencia de la Primera Elevación con respecto al resto de instalaciones y la conectividad entre las elevaciones Segunda, Quinta Aérea y Sexta de Crevillente.

3. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

3.1 INTRODUCCIÓN

La falta de recursos ha sido siempre el principal problema de la Comunidad de Regantes debido, entre otros, a la gran superficie regable así como la alta demanda de agua de riego de los cultivos implantados en la zona.

Con la puesta en marcha del Canal del Post-Trasvase Tajo-Segura se produce un cambio fundamental en el funcionamiento de la Comunidad de Regantes. Por un lado se complementa el déficit hídrico sufrido durante décadas mientras que implícitamente se consigue un agua de calidad antes desconocida. Muchos regantes mantienen sus cultivos de palmeras y granados con el agua de concesiones mientras que otros deciden apostar por los cítricos, por ejemplo.

Por consiguiente el esquema hidráulico de funcionamiento sufre un desdoblamiento, pues se conservan ambos sistemas de riego y se hacen funcionar de manera independiente.

3.2 SISTEMA DE RIEGO TRADICIONAL CON AGUA DE CONCESIONES

Aunque durante diferentes épocas de funcionamiento se han producido múltiples situaciones socio-políticas, económicas y la técnica ha evolucionado muchísimo; el esquema hidráulico principal se ha mantenido hasta la fecha. Con una serie de elevaciones, canales principales y secundarios de transporte, numerosas acequias y balsas de regulación se ha abastecido toda la demanda de la superficie regable durante casi 100 años.

Es la propia Comunidad de Regantes quien hace las ventas del agua que se va a distribuir de manera anticipada. Así, se programan las elevaciones hasta cada uno de los canales principales (o balsas de regulación en su defecto), se preparan los turnos de riego por secciones en diferentes canales y se coordinan los repartos en diferentes partidos hasta que finalmente llega el agua al regante.

Una vez captada el agua desde la desembocadura del Río Segura y transportada hasta la Primera Elevación, se eleva al Canal Principal y se transporta hasta los embalses del P.N. El Hondo. Debido a la diversidad de caudales que el río puede aportar en función de la época del año, en meses húmedos se intenta almacenar el mayor volumen posible en El Hondo para poder disponer de esa agua en época seca.

Cuando todo el servicio está organizado se prepara el agua almacenada en El Hondo para subirla a elevaciones superiores y distribuirla. Esto se debe al carácter fluyente de la Primera Elevación, entendiéndose como “desacoplada” del resto del sistema.

3.3 SISTEMA DE RIEGO TRADICIONAL CON AGUA DEL A.T.S.

En este tipo de riego el inicio del sistema lo marca el Canal del Post-Trasvase, cuando por él circula el caudal que se suministra desde la Confederación Hidrográfica del Segura.

Al ser el final del canal, toda el agua debe ser dirigida hacia un punto de almacenamiento (elevationarla al Embalse de Crevillente o inyectarla en la red principal)

Una vez en la red principal, las diferentes arquetas de rotura de carga van disipando la energía potencial y finalmente se descarga en las balsas de la Quinta, Cuarta o Tercera (este último tramo ya en desuso debido a la rotura de las dos tuberías de FC500)

Desde las balsas de regulación se alimentan los canales de distribución y el servicio de reparto y riego es idéntico al del sistema de riego tradicional con agua de concesiones.

Del mismo modo se hace con la venta del agua, previo pago del precio correspondiente a un volumen determinado (se sirven "horas de agua" equivalente a 180 m³) y en el vertedero aforador de los regantes se miden caudales de 50 o 100 l/s.

Este sistema de prepago facilita no sólo la organización de los turnos y personal sino que es crucial para la programación de las elevaciones en horarios de tarifa eléctrica económica y por otro lado evita la difícil gestión de los impagados.

3.4 SIMULTANEIDAD DE USOS

Uno de los principales problemas que se plantea en el sistema de distribución es el cambio de uso en un mismo canal. No debemos olvidar que el agua de concesiones puede contener una salinidad cercana a 4.000 µS/cm. por lo que un riego de este agua en un cultivo no preparado para ello puede ser devastador.

De un modo simplista se puede decir que estas aguas no llegan a mezclarse de manera significativa, por varios motivos:

- Discurren por un canal o tubería cuya sección relativamente es muy pequeña.
- El transporte en el sentido longitudinal del canal hace que su mezcla sea difícil de lograr.
- El tiempo de retención o de viaje de estas aguas es muy corto impidiendo una mezcla completa.

Es por ello y para no crear una red de canales duplicada (técnicamente y económicamente inviable) se distribuyen los dos tipos de agua alternativamente en función de la demanda. Generalmente se riegan los canales Primero de Levante y Segundo de Levante y Segundo de Poniente con un tipo de agua durante un periodo de dos semanas, mientras que los canales Tercero de Levante, Cuarto de Levante y Cuarto de Poniente utilizan agua de la otra fuente.

3.4.1 SITUACIÓN 1

En el siguiente esquema general (Figura 21) se representa la situación 1, en los que el agua de concesiones se distribuye por los canales Primero de Levante, Segundo de Levante y Segundo de Poniente mientras que en el resto se sirve agua del A.T.S.

En esa situación se opera de la siguiente manera:

La Segunda Elevación trabaja de 00:00 h. a 08:00 h. ininterrumpidamente siguiendo la secuencia:

- Llenado de la balsa de la Tercera Elevación.
- Llenado de la balsa de la Cuarta Elevación.
- Llenado de la balsa de la Tercera Elevación(*)

(*) Como el canal de distribución y los diferentes brazales se han quedado descargados desde el riego anterior, en cuanto la balsa alcanza cierto nivel de agua, se comienza a llenar el canal de distribución mientras se realiza el llenado de la balsa ya que su capacidad es muy limitada y faltaría volumen para todo el servicio.

Mientras tanto, el Tercer Canal de Levante y los Cuartos de Levante y Poniente riegan con agua del A.T.S.

Debido a la mayor capacidad de la balsa de la Quinta Elevación, se cuenta con algo de regulación más para el Tercer Canal de Levante. Esto es importante ya que se evita depender de la disponibilidad del servicio del Canal del Post-Trasvase (sería impensable para los volúmenes que se manejan)

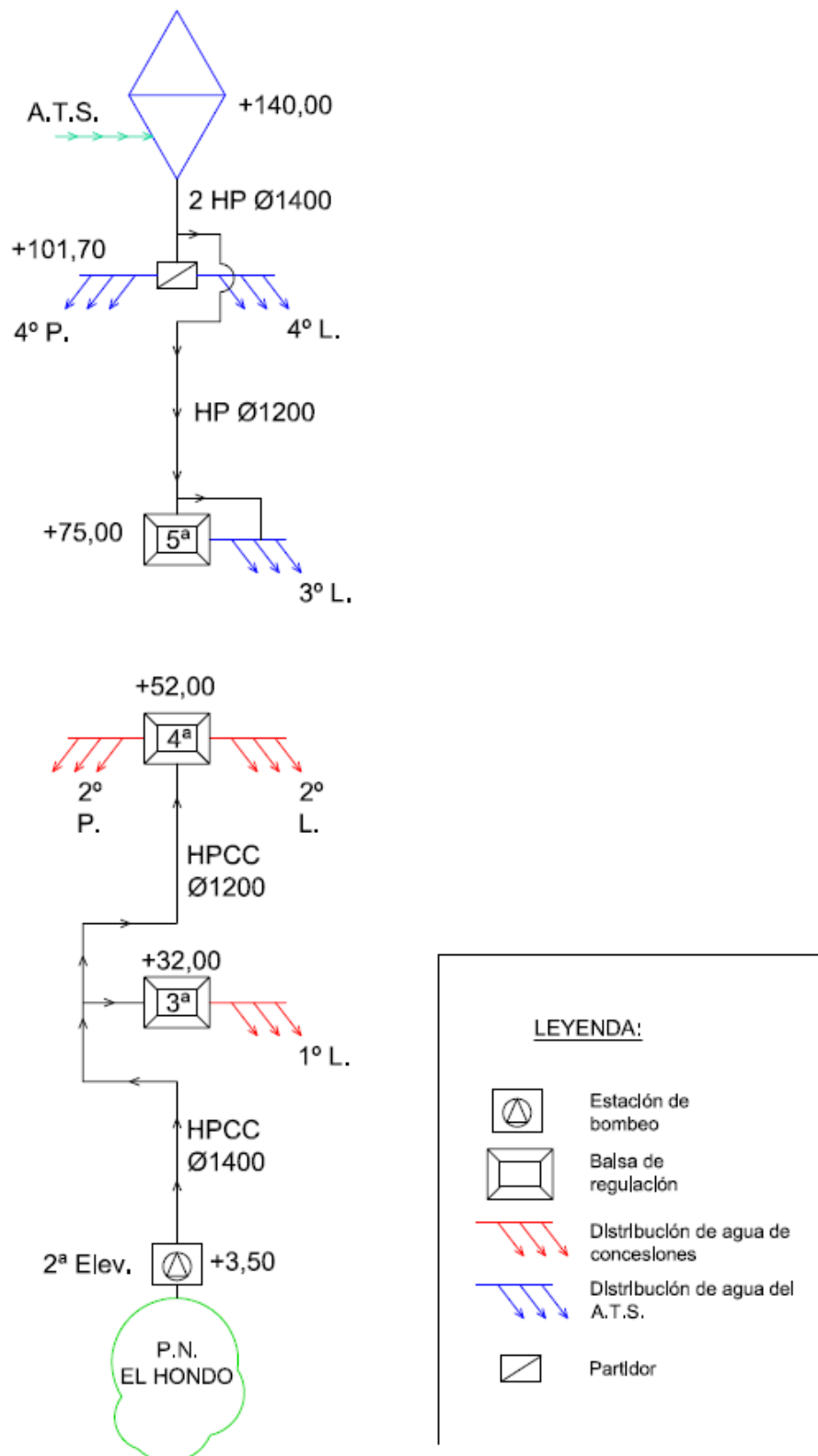


Figura 21. Esquema general de la simultaneidad de usos. Situación 1

3.4.2 SITUACIÓN 2

En el siguiente esquema general (Figura 22) se representa la situación 2, en los que el agua de concesiones se distribuye por los canales Tercero de Levante, Cuarto de Levante y Cuarto de Poniente mientras que en el resto se sirve agua del A.T.S.

En esta situación se opera de la siguiente manera:

La Segunda Elevación trabaja de 00:00 h. a 08:00 h. ininterrumpidamente elevando agua hasta la arqueta que conecta con la Quinta Elevación aérea, la cual rebombee de manera acompasada los caudales que le llegan.

Esto se hace posible con el uso de variadores de frecuencia y sondas de nivel ultrasónicas que regulan el nivel en la cántara evitando que el agua desborde. En caso de una parada brusca de la Quinta Elevación aérea, el sistema de telemando envía una señal a la Segunda Elevación deteniendo todos los equipos.

La Quinta Elevación aérea vierte el agua en la arqueta de la que se alimenta la Sexta Elevación de Crevillente, la cual rebombee el agua al partididor que divide el Cuarto Canal de Levante y el Cuarto Canal de Poniente.

En este caso también se dispone de un variador de frecuencia y sonda de nivel ultrasónica que regula los niveles y se adapta al caudal que recibe sin que se produzcan desbordamientos.

Por otro lado, tenemos los canales Primero y Segundo de Levante y Segundo de Poniente que riegan con agua del A.T.S. Este agua ha pasado por la balsa de la Cuarta Elevación y por la de la Tercera, en este último caso a través de la toma realizada en la red de modernización debido a la rotura de las dos tuberías de fibrocemento DN500.

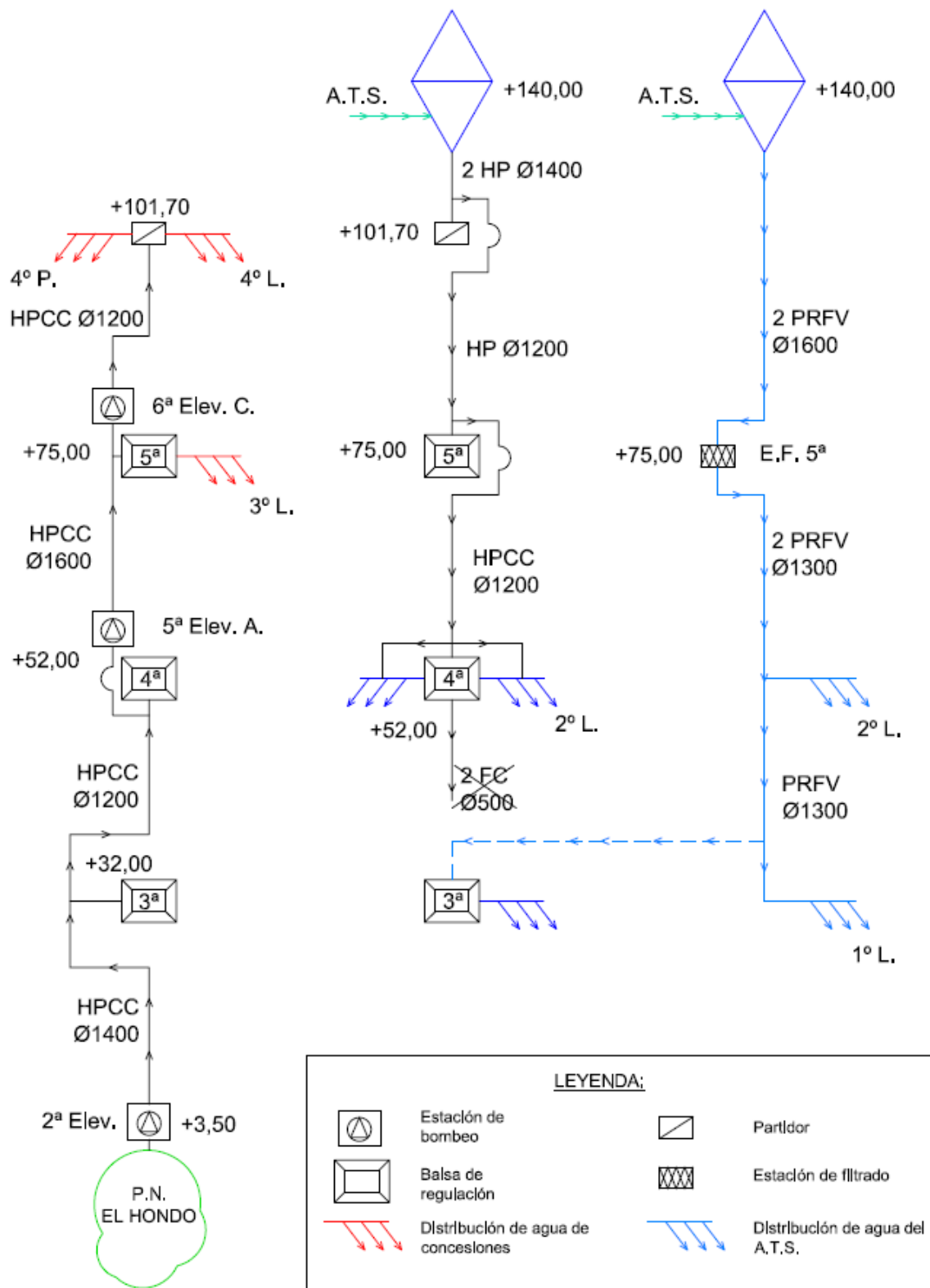


Figura 22. Esquema general de la simultaneidad de usos. Situación 2

3.5 SISTEMA DE RIEGO MODERNIZADO

Las hipótesis de diseño de la red de modernización estaban basadas en la sectorización de las parcelas y en un sistema de distribución por turnos para garantizar las presiones en todos los puntos de la red.

Estas premisas de partida se basaban en que, tarde o temprano, la modernización de toda la C.G.R.R.L. (M.I.) sería una realidad aunque es cierto que actualmente se han paralizado todos los procesos de modernización del resto de comunidades de base debido a la coyuntura económica que vivimos.

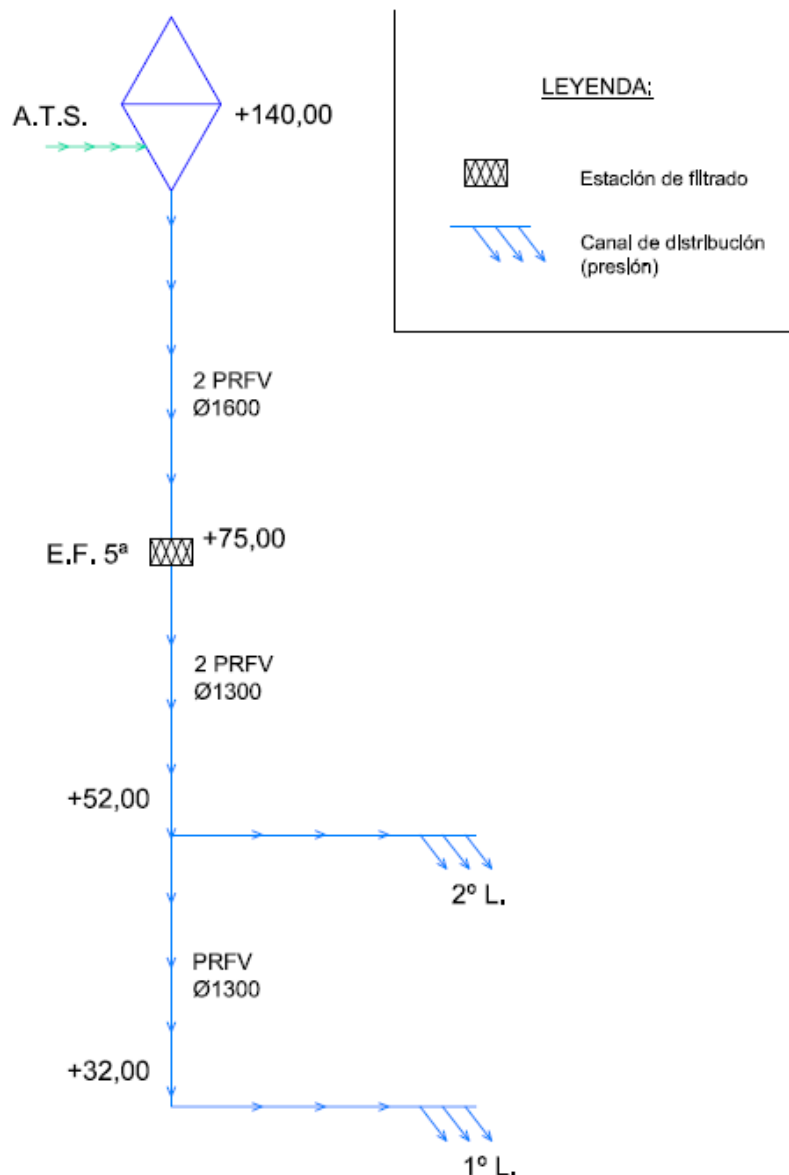


Figura 23. Esquema general de la red de modernización

En el esquema representado en la Figura 18 se puede ver la red de modernización y los canales Primero y Segundo de Levante, previo filtrado en la Quinta Elevación.

3.6 ANÁLISIS DEL COSTE DEL AGUA

Históricamente las unidades de medida de caudal y de volumen no se han correspondido con los habituales o normalizados por el sistema internacional. Los volúmenes de agua se miden por "horas de agua" que corresponde a 180 m³ y los caudales se miden por "tallas de agua" que corresponde a 50 l/s.

Estas medidas no son fruto de la casualidad sino que llevan implícitas una serie de connotaciones tales como:

- La tendencia de toda estandarización es buscar números fáciles de manejar y operaciones sencillas.
- Se utilizan fracciones más cortas (p.ej. 200 horas en lugar de 36.000 m³)
- Servir un riego de "una talla" durante una hora corresponde a "una hora de agua", que es lo que realmente se pide en la venta previa del agua.

Como es lógico, los precios de venta del agua se corresponden con "horas de agua" y en ellos se repercuten diferentes conceptos, en función de la comunidad de base a la que afecte.

Para las aguas de concesiones, estos conceptos incluyen los costes energéticos de elevar el agua desde la toma de la desembocadura del Río Segura hasta cada uno de los canales de distribución. También se incluye el coste de mantenimiento de las infraestructuras principales (estaciones de bombeo, canales, tuberías) y las infraestructuras secundarias (canales de distribución). La mano de obra del personal encargado de distribuir el agua, trabajar en las elevaciones, abrir los partidores, etc. también se incluye en los costes.

En el caso de aguas del A.T.S. se incluyen los mismos conceptos salvo el coste eléctrico, ya que no existen elevaciones porque la cota de llegada del Trasvase es superior a la de las cabeceras de los canales de distribución. Solo existe un bombeo en la zona del Cuarto Canal de Levante, y es por eso por lo que se refleja en el precio un incremento respecto al resto.

Tabla 30. Precio de venta del agua en € por comunidades de base y tipología

COMUNIDAD DE BASE	RIEGO TRADICIONAL	
	CONCESIONES	TRASVASE
PRIMER CANAL	22,00	43,00
SEGUNDO CANAL LEVANTE	25,00	43,00
SEGUNDO CANAL PONIENTE	28,00	46,00
TERCER CANAL	27,00	40,00
CUARTO CANAL LEVANTE	31,00	48,00
CUARTO CANAL PONIENTE	31,00	34,00

Además, la comunidad del Cuarto Canal de Levante no dispone de gente suficiente para distribuir el agua, por lo que se tiene que buscar operarios de otras comunidades que trabajan de manera excepcional y suponiendo esto un incremento de precio considerable en la partida de explotación.

4. ANÁLISIS DE LA DEMANDA

4.1 AGUA DE CONCESIONES

(Fuente: C.H.S)

La incertidumbre es característica en lo que respecta a la disponibilidad de recurso de agua en la cuenca del Segura, con un régimen pluviométrico marcadamente mediterráneo, donde las aportaciones hídricas hacen que los recursos disponibles sean claramente insuficientes (déficit estructural). Sea por causas naturales o como consecuencia de cambios climáticos provocados por la actividad humana, estos episodios particularmente secos parecen haberse hecho más frecuentes y persistentes en los últimos tiempos. Sirvan como muestra de sequías pluviométricas de larga duración la registrada entre los años hidrológicos 1979/80 y 1984/85, o la que se inició al principio de la década de los 90 y finalizó en 1995.

La evolución histórica del agua de concesiones del Río Segura es muy clara, siendo cada vez menor el caudal circulante debido a múltiples factores como son, entre otros:

- La mayor regulación de la cuenca.
- La puesta en marcha de nuevas zonas de regadío.
- La disminución de las aportaciones.

Según los datos de la Comunidad de Regantes, es en el año 1975 donde la serie histórica se puede considerar fiable, representada en la Figura 24.

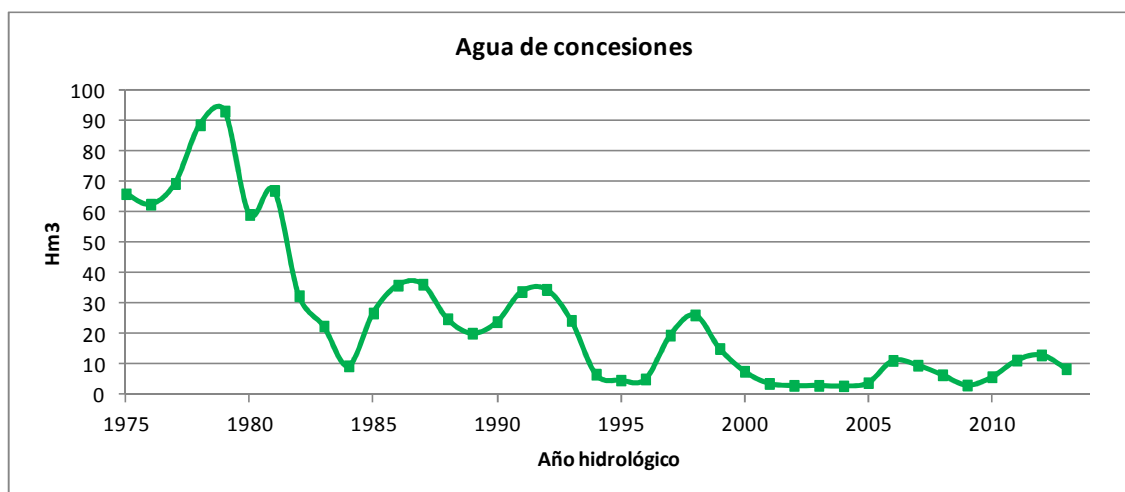


Figura 24. Volumen anual de agua de concesiones suministrada por año

Esta gráfica muestra el volumen total anual suministrado, pero se pueden extraer varias conclusiones evidentes:

- Se comprueba que en épocas hidrológicamente favorables la demanda aumenta debido a la garantía existente.

- Se puede observar la fuerte tendencia a la baja que se produjo en la demanda debido a la llegada del Traspase Tajo-Segura. De un año a otro la reducción fue de un 63% (93 frente a 59 Hm³)
- En la actualidad la demanda ha disminuido ya que la modernización de los campos ha permitido la puesta en marcha de muchas pequeñas parcelas que nunca hubieran sido rentables con el agua de concesiones.

Para realizar el estudio de los volúmenes distribuidos anualmente he decidido centrarme en los últimos siete años, tratando de ver cómo se comportaba la tendencia hasta el inicio de los procesos de modernización y cómo ha evolucionado desde éstos.

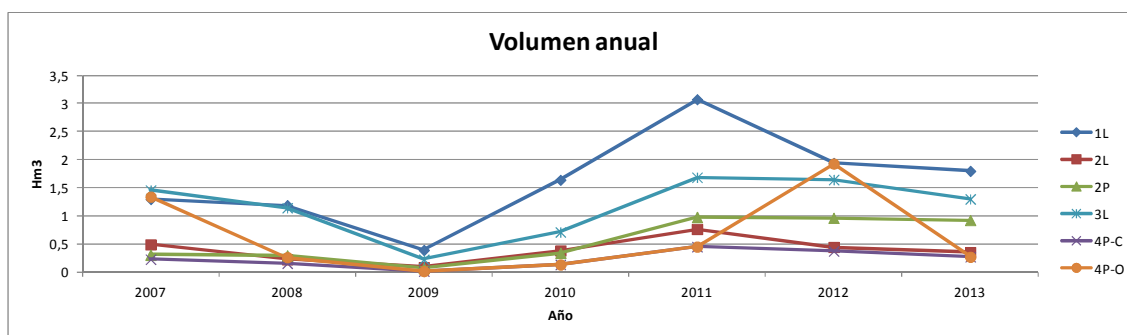


Figura 25. Volumen anual de agua de concesiones distribuido por comunidades de base y año

A simple vista se observa (Figura 25) una distribución homogénea en función de las diferentes comunidades de base, con algún descenso o subida significativos dependiendo de la época seca o húmeda.

En los siguientes apartados se analizarán los datos por comunidades de base, viendo cómo ha ido afectando a la demanda de agua de riego en función de las diferentes situaciones o coyunturas sufridas durante los años de estudio.

Hay que tener en cuenta que los propios regantes conocen la disponibilidad y calidad del agua de concesiones, pues se toman muestras diarias y se mide el caudal que desemboca de manera continua. Esto hace que sea la propia comunidad de regantes quien decida (si es posible) elevar agua de concesiones para su almacenamiento en El Hondo o bien para su riego directamente (rara vez ocurre).

Ya que el recurso se encuentra en un medio fluvial y depende de múltiples factores, no se tendrá disponibilidad siempre que se quiera, entrando la otra fuente de suministro (agua del A.T.S.) en juego y distorsionando las previsiones o estimaciones que se pudieran plantear.

4.2 AGUA DEL A.T.S.

(Fuente: Propuesta del Proyecto del Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura)

La política hidráulica de posguerra apartó las iniciativas de trasvases intercuenca y orientó su actuación hacia la construcción de embalses de regulación y el desarrollo de los planes de aprovechamientos propios de las cuencas. Una vez la mayoría de infraestructuras previstas estuvieron realizadas, surgió de nuevo la posibilidad de considerar los trasvases.

En la segunda mitad de la década de los 60 se retomaron e impulsaron por la Dirección General de Obras Hidráulicas los estudios básicos sobre posibles trasvases, fundamentalmente llevados a cabo por el Centro de Estudios Hidrográficos, y se revisaron los recursos hídricos de las cuencas, el potencial hidroeléctrico, la viabilidad económica de las transformaciones en riego y el potencial de regadíos, etc.

Por orden ministerial de Obras Públicas de 30 de julio de 1966 se ordenó la redacción de los proyectos de obras para corregir el desequilibrio hidráulico, dando como resultado el "Anteproyecto General del Aprovechamiento Conjunto de los recursos hídricos del centro y sureste de España, complejo Tajo-Segura", que marcaba las líneas maestras de las futuras actuaciones en cuanto a grandes transferencias intercuenca, y fundamentaba el trasvase Tajo-Segura.

El Anteproyecto establecía la derivación y conducción al sureste de un volumen máximo de 600 Hm³ anuales procedentes del Tajo, que podría incrementarse en 400 Hm³ más, cuando se cumplieran las previsiones del Anteproyecto en cuanto a disponibilidades de caudales excedentes.

Entre los años 1972 y 1974 se sucedieron diferentes Decretos del Ministerio de Agricultura por los que se realizaron las declaraciones de interés nacional de las distintas zonas regables de la cuenca que se verían afectadas por el futuro trasvase

Finalmente, la Ley 52/1980, de régimen económico, estableció las normas técnicas de explotación, referidas a volúmenes y caudales, y la distribución territorial y por usos, de las aguas trasvasadas. Esta distribución, definida en la disposición adicional primera de la Ley, se incluyó en la tabla que se muestra (Tabla 31).

Tabla 31. Distribución máxima de las aguas de la 1ª fase del Traspase

ZONA	HM3/AÑO
Vega alta y media del Segura	65
Regadíos de Mula y su comarca	8
Lorca y valle del Guadalentín	65
Riegos de Levante, margen izquierda y derecha, vegas bajas del Segura y saladares de Alicante	125
Campo de Cartagena	122
Valle del Almanzora en Almería	15
Total regadíos	400
Para abastecimiento urbano:	110

Pérdidas (15%):	90
	TOTAL: 600

Tras esta asignación legal global, se concretaron sucesivamente la distribución en comarcas y sectores mediante las actuaciones conjuntas de Obras Públicas con el IRYDA mediante los correspondientes Planes Coordinados, redactados por las diferentes Comisiones Técnicas Mixtas entre 1980 y 1986. Las zonas de riego del trasvase quedaron configuradas mediante perímetros cerrados, en cuyo interior se determinaron las zonas no regables por la calidad de las tierras o las condiciones topográficas.

Tras entrar en vigor la Ley de Aguas en el año 1986, se elaboró el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura en 1998 aprobado por el Real Decreto 1664/1998, de 24 julio. Este Plan Hidrológico conforma un marco donde se establece una ordenación de los usos del agua en el ámbito de la cuenca.

Este Plan Hidrológico estará en vigor hasta el año 2015 donde deberá estar aprobado el nuevo Plan Hidrológico de Cuenca que abarcará el periodo 2015-2021.

El sistema hidráulico diseñado y puesto en marcha a finales de los años 70 era radicalmente opuesto al conocido hasta ahora con el riego de aguas de concesiones pero a la vez tenía una gran similitud en su concepción.

El Canal del Post-Trasvase terminaba en la parte más oriental del término municipal de Crevillente cercano con el límite territorial con la ciudad de Elche. A su llegada, a la cota +120 m.s.n.m. se medía el agua con un vertedero aforador tras el que se iniciaba una red principal de tuberías que derivaba en otra red secundaria y finalmente se distribuía a través de las conducciones existentes del riego tradicional con agua de concesiones.

Desde su llegada, el agua del A.T.S. supuso una revolución en la C.G.R.R.L. pues cubrió el déficit hídrico existente y supuso un cambio en la calidad del agua de riego que permitió introducir muchos cultivos que antes eran imposibles de regar.

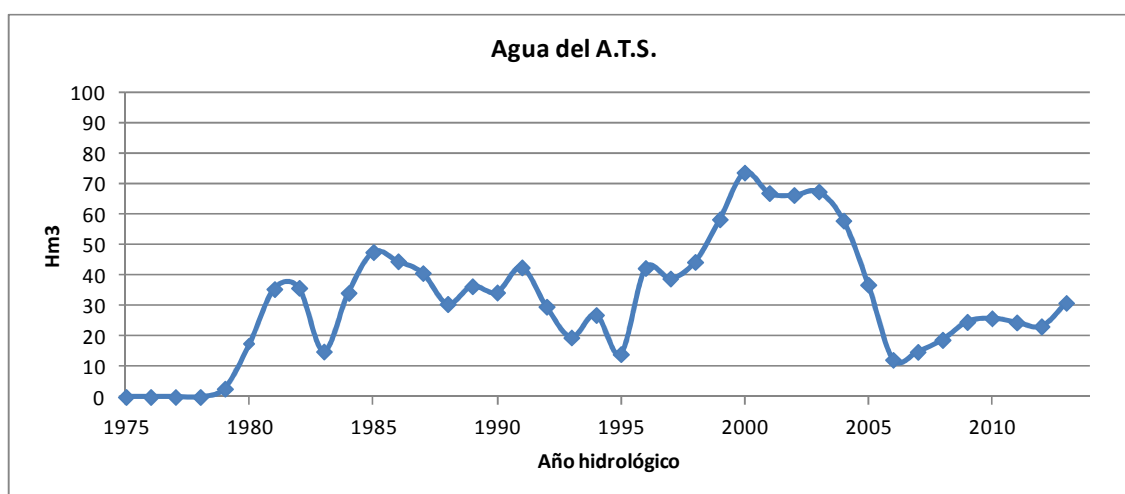


Figura 26. Volumen anual de agua del A.T.S. suministrada por año

Tal y como muestra la Figura 26, la demanda fue incrementando hasta alcanzar su máximo histórico cerca de los 75 Hm³ en el año 2000.

Eventualmente también se comprueba un descenso acusado en la demanda cuando, en épocas húmedas en las que el Río Segura transporta mucho caudal, se aprovecha para disponer un agua de menor precio utilizando la de concesiones.

El suministro de agua del A.T.S. no ha dependido siempre de la demanda, sino que se ha visto influenciado por los diferentes cambios legislativos desarrollados a lo largo de los años.

Con la entrada en vigor de las nuevas normas de explotación del Trasvase Tajo-Segura, parece que se vaya dar garantías a un trasvase que es fundamental para el sector agrícola en las provincias de Alicante, Murcia y Almería.

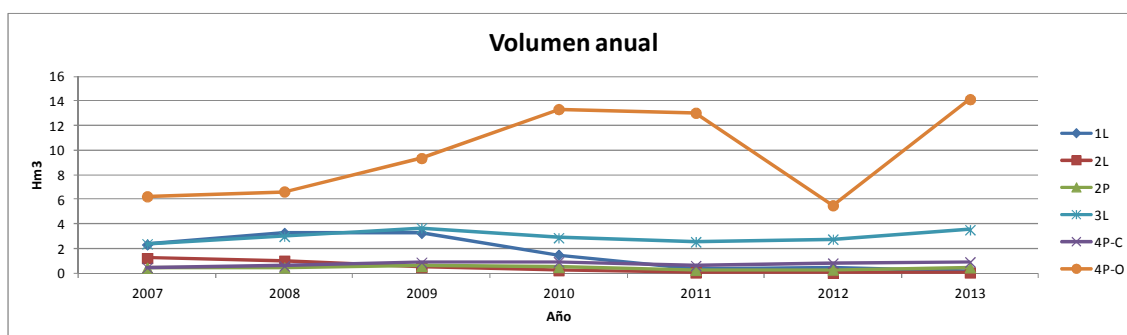


Figura 27. Volumen anual de agua del A.T.S. distribuido por comunidades de base y año

Analizando los volúmenes anuales por comunidades de base (Figura 27) destaca de manera clara la comunidad del Cuarto Canal de Poniente-Orihuela. Esto es debido a que esta comunidad ha mantenido su estructura inicial, siendo grandes fincas las que no se han disgregado y conservan grandes explotaciones agrícolas.

4.3 DISTRIBUCIÓN POR CANALES

4.3.1 PRIMER CANAL DE LEVANTE

Con respecto al agua de concesiones, se comprueba que el Primer Canal de Levante es el que mayor volumen riega. Esto es debido a su gran superficie y a la tipología de los cultivos presentes en esta zona, siendo principalmente huertos de palmeras, granados y hortalizas.

Entre junio de 2009 y mayo de 2010 se completó el proceso de modernización de esta comunidad de base y cuyas tierras no han tenido un fuerte desarrollo urbanístico, con lo que se han mantenido cultivadas (o sin cultivar) durante los años en los que otras zonas se veían convertidas en urbanas.

El precio del agua de concesiones también influye notablemente ya que es un agua que solo tiene que pasar por dos estaciones de bombeo, por lo que el coste de explotación es mucho menor.

Aunque para este estudio no se han incluido datos de la campaña actual, la demanda está siendo ligeramente superior a la del año anterior, ya que las temperaturas son mayores y nos encontramos en un periodo muy seco (de los más fuertes en los últimos 100 años según fuentes de AEMET).

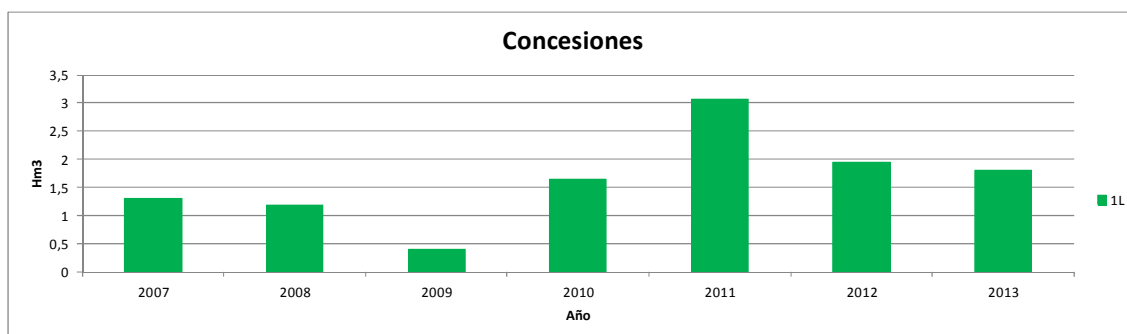


Figura 28. Distribución anual de agua de concesiones. Primer Canal de Levante

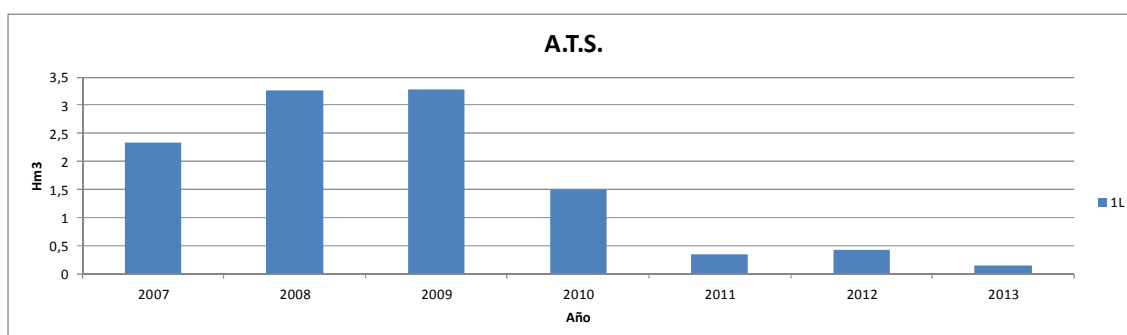


Figura 29. Distribución anual de agua del A.T.S. Primer Canal de Levante

4.3.1.1 SEGUNDO CANAL DE LEVANTE

En el Segundo Canal de Levante se terminaron las obras de modernización a finales de 2007, poniéndose en marcha en enero de 2008. Su evolución en estos últimos años ha sido a la baja, no superándose los dos últimos años los 0,5 Hm³.

Aunque para este estudio no se han incluido datos de la campaña actual, la demanda es idéntica a la del año 2013.

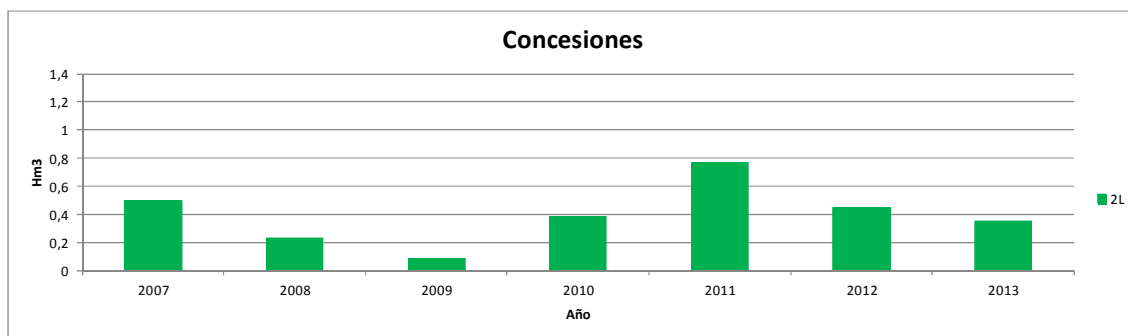


Figura 30. Distribución anual de agua de concesiones. Segundo Canal de Levante

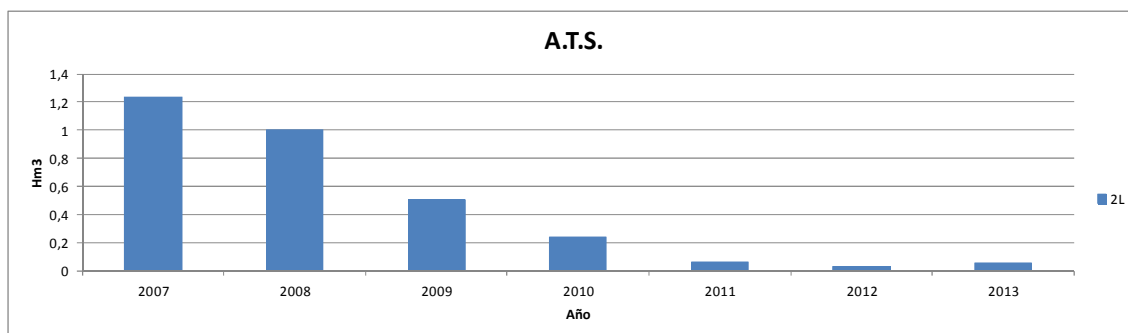


Figura 31. Distribución anual de agua del A.T.S. Segundo Canal de Levante

Como se puede comprobar, cada vez está más en desuso el riego tradicional con agua del A.T.S. pues la gran mayoría de comuneros han apostado por la modernización.

4.3.1.2 SEGUNDO CANAL DE PONIENTE

El Segundo Canal de Poniente es el más estable de todos ya que sus tierras no han sido modernizadas y no han sufrido un cambio de uso, con lo que esta pequeña comunidad de base mantiene sus riegos anualmente en 1 Hm³.

Por la idiosincrasia de sus agricultores y el bajo ratio (superficie/nº de parcelas) es muy poco probable que la comunidad de base de Crevillente se vea inmersa en un proceso de modernización. A esto hay que sumarle la falta de financiación autonómica, estatal y europea necesaria para la puesta en marcha de una obra de tal magnitud y con la que sí contaron sus comunidades vecinas.

Se puede estimar, por tanto, que el consumo de agua de concesiones se mantendrá estable a medio plazo.

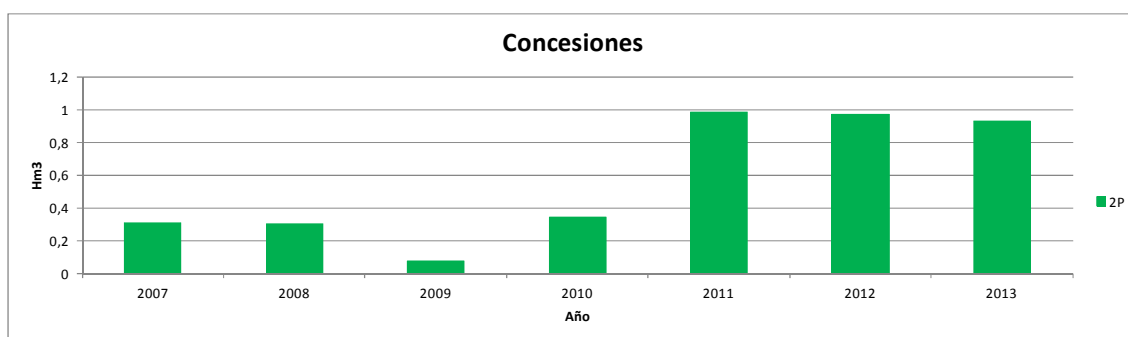


Figura 32. Distribución anual de agua de concesiones. Segundo Canal de Poniente

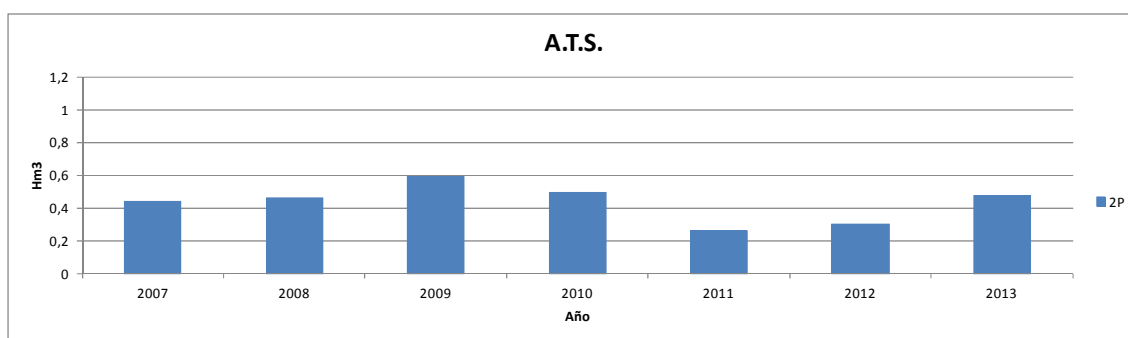


Figura 33. Distribución anual de agua del A.T.S. Segundo Canal de Poniente

4.3.1.3 TERCER CANAL DE LEVANTE

Es la comunidad de base que mayor volumen de agua de concesiones riega por detrás del Primer Canal de Levante. Su superficie se ha visto disminuida a lo largo de los años tras los diversos procesos de urbanización de los términos municipales de Elche y Alicante.

No obstante, su superficie se encuentra consolidada actualmente ya que los nuevos desarrollos urbanísticos previstos en los planes generales están fuera del perímetro regable.

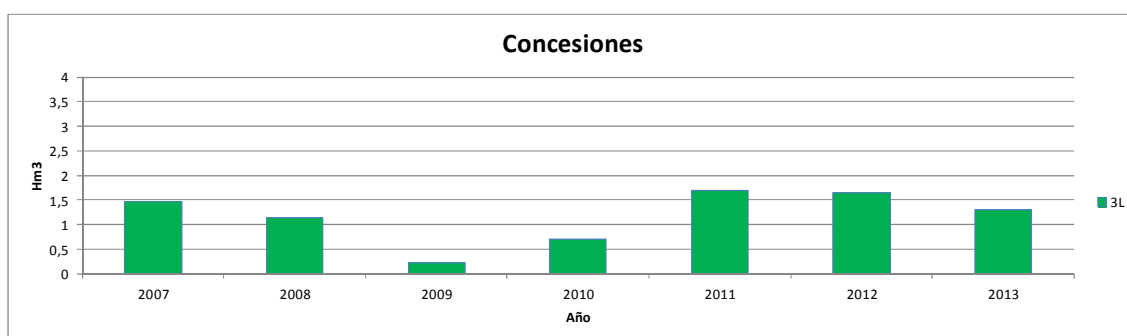


Figura 34. Distribución anual de agua de concesiones. Tercer Canal de Levante

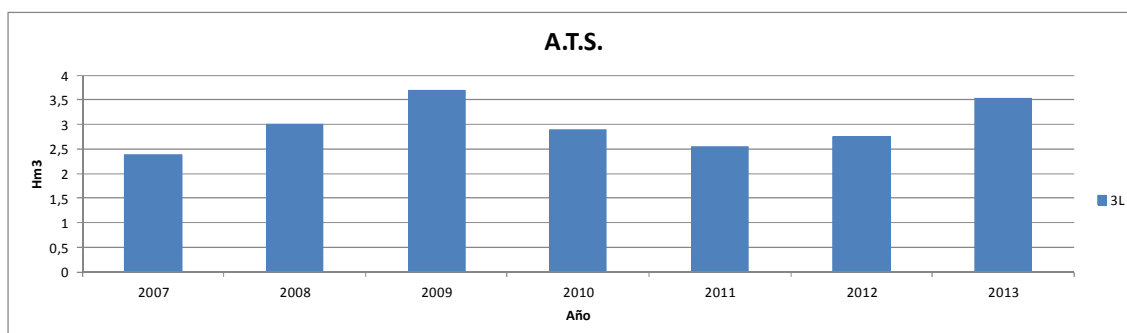


Figura 35. Distribución anual de agua del A.T.S. Tercer Canal de Levante

Esta comunidad de base estuvo a punto de modernizarse en 2010 pero finalmente no llegó a acometer las obras por falta de financiación; los proyectos están redactados y puede que a medio-largo plazo se ejecuten.

El gran inconveniente de la modernización del Tercer Canal de Levante es que por la falta de previsión durante los años de expansión de las ciudades de Elche y Alicante, el día que quieran modernizarse tendrá que acometer un sistema algo diferente al planteado en otras comunidades.

Esto es debido a que originalmente (principios del siglo XX) el Tercer Canal de Levante discurría por la parte sur del casco urbano de Elche y norte de Alicante. A lo largo de los años se ha ido modificando la sección del canal original (ahora está entubado) pero no su traza, por lo que a día de hoy sería impensable ejecutar una conducción principal de modernización de diámetro aproximadamente 1200 mm. a una presión de 7 atmósferas por debajo de las calles de la ciudad.

Una de las alternativas del futuro trazado de la nueva tubería principal de modernización tendría que ser by-passeando la zona sur de Elche y norte de Alicante, lo cual implica unos costes de implantación importantes así como los desvíos de todos los servicios existentes de dos ciudades considerables.

Esta alternativa se presenta en la Figura 36.

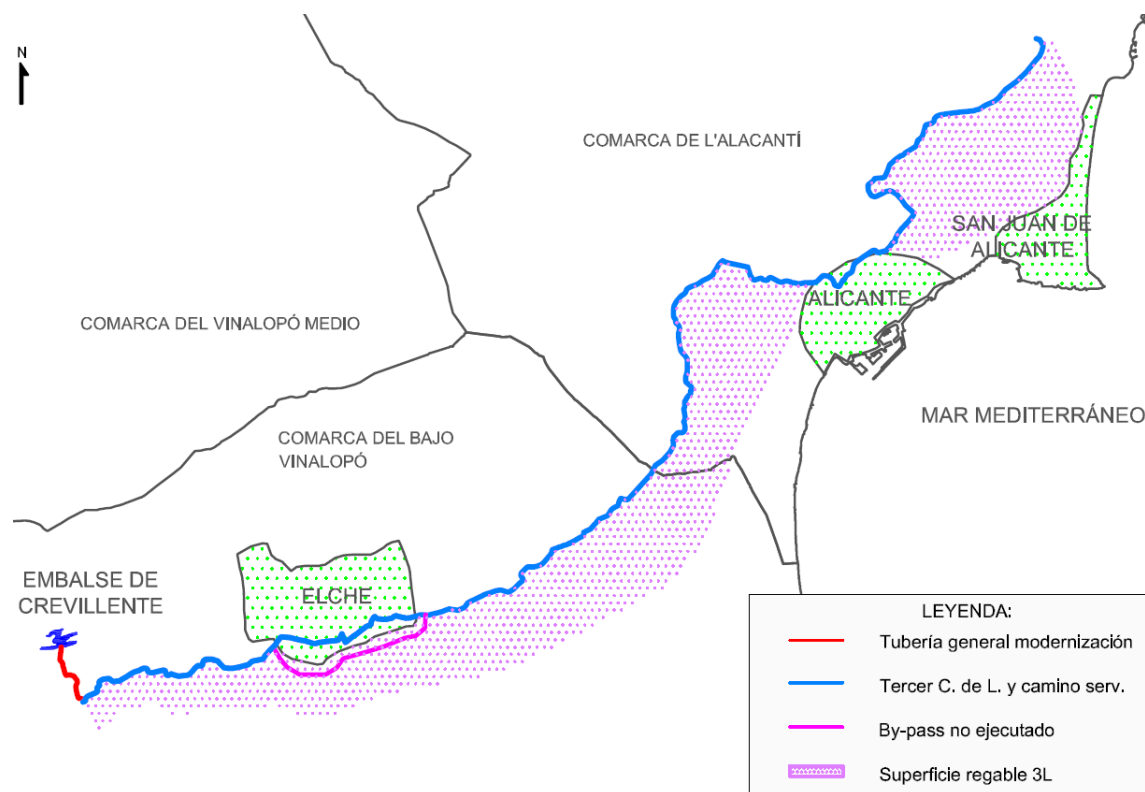


Figura 36. Situación actual y problemática del Tercer Canal de Levante

La otra posibilidad, mucho más factible, sería distribuir el agua de modernización a través de la tubería actual (en lámina libre) hasta pasar el casco urbano de Elche y una vez pasado éste, construir una estación de bombeo que eleve las aguas hasta una nueva balsa que alimente a toda la nueva red presurizada de modernización del Tercer Canal de Levante (Figura 37).

Con respecto al T.M. de Alicante, la nueva tubería de presión podría instalarse bajo la carretera conocida como "Vía Parque" pues hay una franja de terreno dispuesta para ello.

El esquema de funcionamiento sería el siguiente:

- Desde el embalse de Crevillente se vertería a la balsa de la Quinta Elevación (cabecera del Tercer Canal de Levante) por la tubería principal de modernización existente.
- El agua seguiría circulando por el canal actual pero una vez pasado el casco urbano, se bombearía desde la estación de bombeo proyectada hasta un nuevo embalse de regulación situado a la cota suficiente para que la nueva red de modernización tenga la presión adecuada.

- Bajo el camino de servicio existente del Tercer Canal de Levante se instalaría una tubería de presión así como las cabeceras de sector de la red de modernización. A partir de las cabeceras de sector se crearía una red secundaria de suministro a las parcelas tal y como se tiene en las otras comunidades modernizadas.
- La superficie existente entre la cabecera del Tercer Canal de Levante y la futura estación de bombeo tendría que modernizarse desde la tubería secundaria del Segundo Canal de Levante (ya instalada)

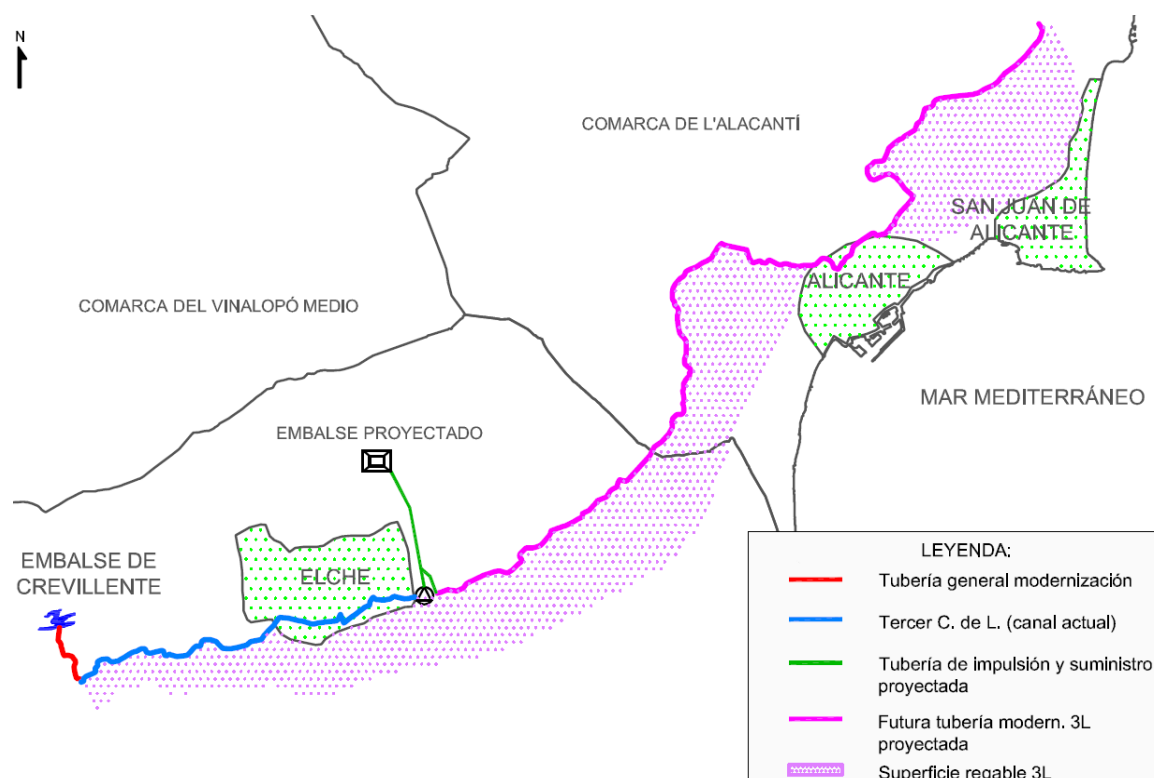


Figura 37. Esquema general propuesto para la futura modernización del Tercer Canal de Levante

A partir de ese momento, la comunidad de base Tercer Canal de Levante se deberá plantear si realmente le interesa mantener el sistema de riego de concesiones ya que deberían seguir compaginando los usos del canal de transporte y soportando las implicaciones que ello conlleva.

No obstante (y con la experiencia observada en otras comunidades de base) se puede pensar que una vez iniciado el proceso de modernización, éste será imparable y la gran mayoría de los comuneros accedan a instalarlo en sus parcelas dejando el riego con agua de concesiones eliminado. En la (Figura 38) vemos la evolución de los hidrantes activados desde la puesta en marcha respecto al número total de comuneros de cada comunidad de base modernizada.

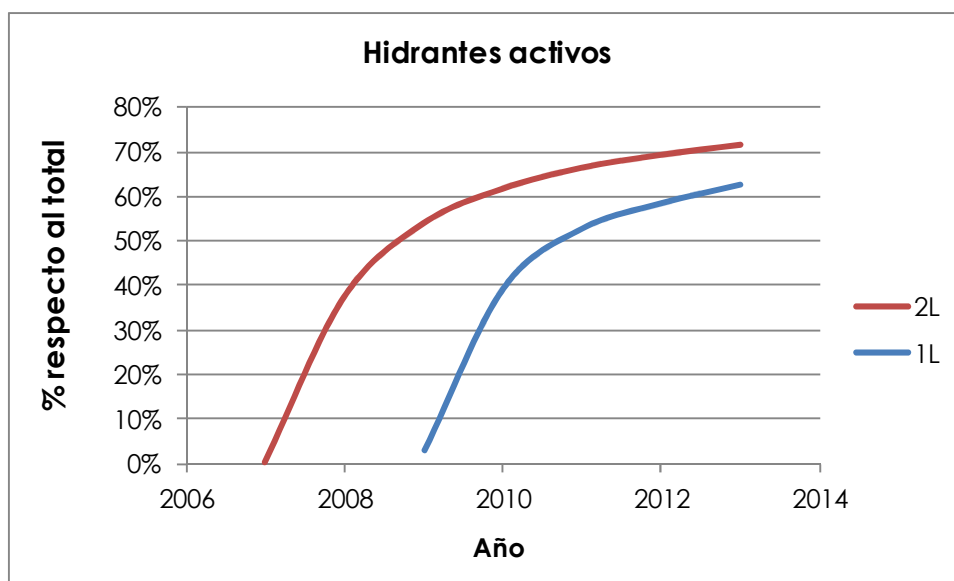


Figura 38. Porcentaje de hidrantes activos respecto al total, desde su instalación

Por otro lado, viendo los volúmenes demandados de agua de concesiones de los últimos años se puede observar la tendencia a la baja de este tipo de agua, además del coste diferencial con otras comunidades por la mayor altura necesaria en los bombeos.

Uno de los motivos de este cambio de tendencia es que los cultivos plantados en esa zona han evolucionado hacia variedades que necesitan buena calidad de agua en detrimento del agua de concesiones.

Así pues, las estimaciones de demanda de agua del A.T.S. para el Tercer Canal de Levante tras su futura modernización se acercan a los 6 Hm³/año.

4.3.1.4 CUARTO CANAL DE PONIENTE_CREVILLENTE

Esta zona riega principalmente del A.T.S. ya que se disparan los costes de explotación debido a la energía que es necesaria para elevar el agua hasta la cota de su canal de distribución. En el periodo 2007-2013 se distribuyeron 1,6 Hm³.

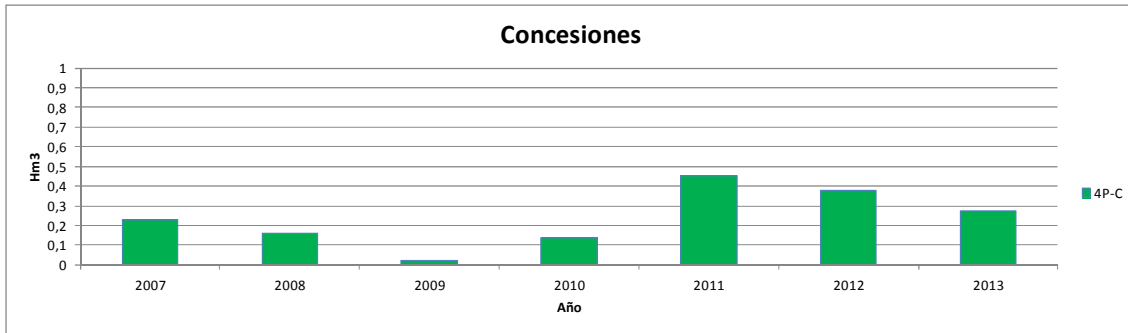


Figura 39. Distribución anual de agua de concesiones. Cuarto Canal de Poniente-Crevillente

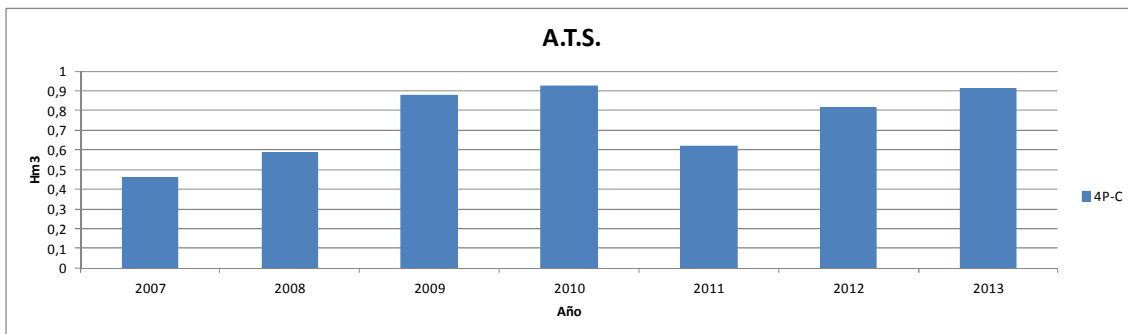


Figura 40. Distribución anual de agua del A.T.S. Cuarto Canal de Poniente-Crevillente

4.3.1.5 CUARTO CANAL DE PONIENTE_ORIHUELA

Esta zona riega principalmente del A.T.S. ya que se disparan los costes de explotación debido a la energía que es necesaria para elevar el agua hasta la cota de su canal de distribución. En el periodo 2007-2013 (descontando el año 2012*) se distribuyeron 2,5 Hm³ frente a los 14,2 Hm³ del A.T.S.

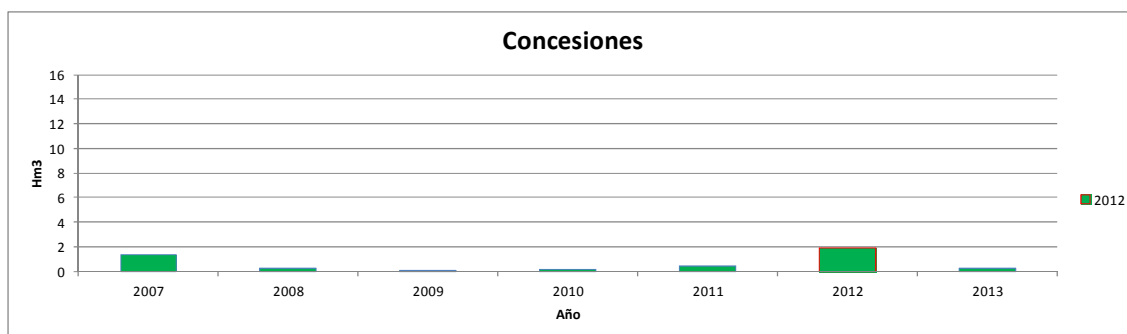


Figura 41. Distribución anual de agua de concesiones. Cuarto Canal de Poniente-Orihuela

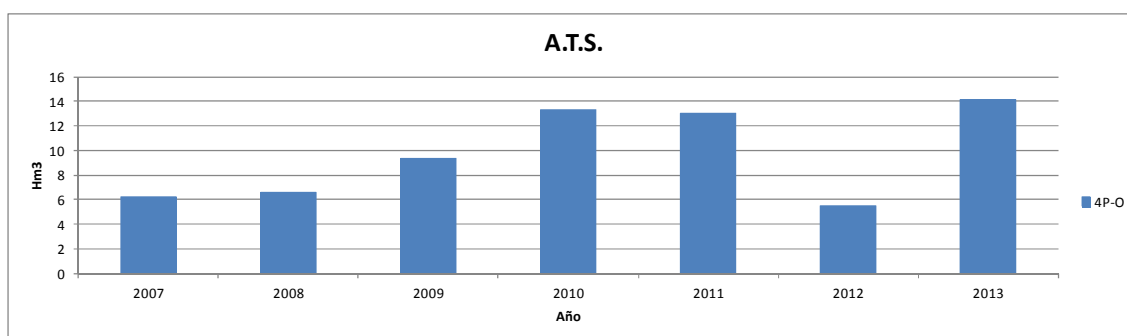


Figura 42. Distribución anual de agua del A.T.S. Cuarto Canal de Poniente-Orihuela

*Nota: El 19 de junio de 2012 se produjo un derrumbe en el túnel del Trasvase Tajo-Segura a su paso por el T.M. de Ulea. Mediante una reparación de urgencia, se pudo restablecer parcialmente el servicio al mes siguiente pero el caudal era inferior a los 4 m³/s por lo que la mayoría de la dotación fue destinada al abastecimiento, por ser prioritario. Posteriormente, a finales del mes de abril de 2013 se dio por finalizada la obra de reparación del túnel y se pudo restablecer el servicio de manera regular. Durante esta crisis hídrica la C.H.S. derivó las aguas antes del túnel al Río Segura y la C.G.R.R.L. elevó durante esos meses las aguas a través de su sistema de elevaciones hasta poder regar el Cuarto Canal de Poniente-Orihuela como si de agua de concesiones se tratase.

En la Figura 41 se puede observar en color rojo que el año 2012 el consumo de agua de "concesiones" se disparó, aunque realmente era agua del A.T.S.

Por otro lado, estas grandes explotaciones llevaron a cabo con sus propios medios unas obras de conversión y transformación del sistema de riego, modernizándose hace más de 20 años. Esto era posible ya que al ser grandes fincas, tenían espacio suficiente para construir una balsa particular y un sistema de riego por goteo que multiplicó sus producciones y les hacía cada vez más competitivos.

4.4 RIEGO MODERNIZADO

La C.G.R.R.L. (M.I.) ha sido una de las primeras que comenzó el proceso de modernización de sus regadíos a raíz del Plan Nacional de Regadíos que empezó a elaborarse a partir del año 1994.

Desde el inicio de las obras de las conducciones generales así como las primeras obras de instalación de las tuberías secundarias y red terciaria, la expectación por ver la evolución de este nuevo sistema era máxima.

Aunque muchos de los regantes se oponían a la modernización por el simple hecho del miedo a lo desconocido, por presentar una actitud inmovilista o bien por otros intereses particulares; y una vez pasado el tiempo, es cuando se puede echar la vista atrás y comprobar que el éxito de la modernización es total.

Los datos más sencillos de obtener para la comunidad de regantes (como es el agua distribuida en uno y otro sistema de riego) son los que demuestran el ascenso imparable de la modernización de los riegos de esta comunidad que pretende seguir con este proceso en cuanto la coyuntura económica mejore.

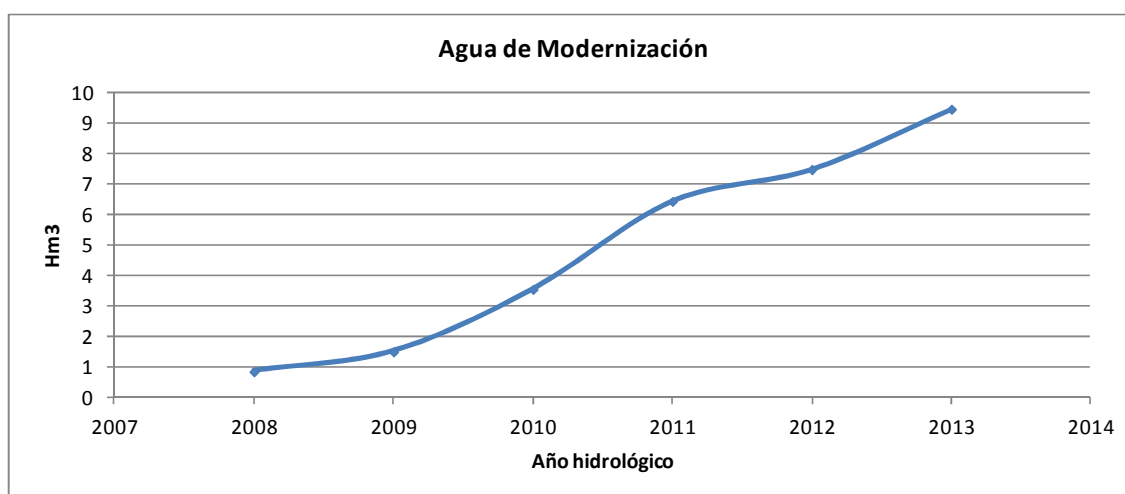


Figura 43. Distribución anual de agua de modernización

Si nos fijamos en la Figura 43 observamos la fuerte tendencia al alza del volumen demandado anualmente, si bien es cierto que en términos de superficie solo se ha modernizado un 28% del total.

5. PROBLEMÁTICA ACTUAL EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE RIEGO DE AGUA DE CONCESIONES

5.1 ROTURA GALERÍA 2ª A 4ª ELEVACIÓN

Para poder derivar las aguas de concesiones embalsadas en El Hondo hasta los canales de riego se han de utilizar varias estaciones de bombeo, construidas a principios del siglo pasado, con tipología de canales abiertos, galerías subterráneas y tuberías de impulsión verticales (en aquella época el acero era muy caro y la mano de obra muy barata).

Los canales y galerías se degradaron de forma acelerada en los últimos años, hasta tal punto que los tramos entre la Segunda, Tercera y Cuarta Elevación se encuentran inservibles, condicionando el servicio de agua de riego en toda la Comunidad de Regantes Figura 44.

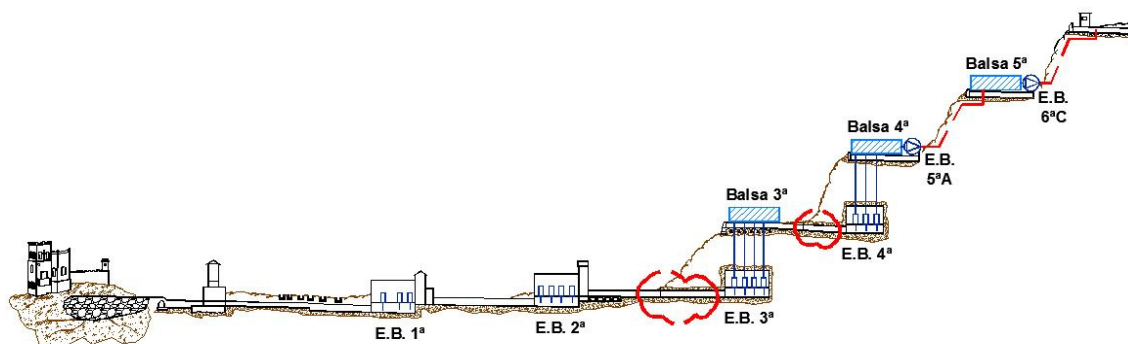


Figura 44. Esquema hidráulico (hundimiento galerías)

En marzo de 2011 la galería de la Segunda a la Tercera Elevación, de 850 m. de longitud presentaba la solera totalmente levantada y los cajeros de los muros se estaban desprendiendo. En el tramo central (Ilustración 24) se observan dos grandes desprendimientos laterales, de muy difícil reparación, que impiden el paso del agua. Asimismo la galería de la Tercera a la Cuarta Elevación, de 1.014 m. de longitud tiene la solera dañada y aparecen desprendimientos en los muros.

Desde un primer momento la renovación de los canales y de las galerías fue descartada por el elevadísimo coste (más de cuatro veces la solución finalmente propuesta), así como el no existir garantía de duración al tratarse de la reparación de una obra ejecutada originalmente hace casi cien años. También se consideró que el plazo de ejecución sería superior a dos años debido a los bajísimos rendimientos en los túneles e imposibilitaba el riego con agua de concesiones en toda la C.G.R.R.L.



Ilustración 24. Desprendimientos en galería Segunda-Tercera

5.1.1 REPARACIÓN DE URGENCIA

Por parte de los servicios técnicos de la Comunidad de Regantes, en Mayo de 2011 se declaró en estado de ruina la galería de la Segunda a la Tercera Elevación. No obstante, para poder salvar la campaña de riego, se propuso realizar una pequeña reparación en la zona más dañada.

Esta reparación de urgencia consistió en la extracción de todo el material derrumbado, estabilización y relleno de las cavernas aparecidas, construcción de los nuevos muros de mampostería y enlucido del tramo afectado de galería (Ilustración 25).

Posteriormente a la reparación se decidió inspeccionar la galería de la Tercera a la Cuarta Elevación para comprobar su estado. Toda la galería tenía la solera fisurada y

la bóveda ya presentaba desprendimientos importantes. Los cajeros de los muros se encontraban desprendidos, confirmándose nuevamente que era un riesgo continuar con el riego siguiendo el esquema actual de canales y galerías.



Ilustración 25. Reparación de urgencia de muros y solera

5.1.2 PROYECTO ELEVACIONES 2ª A 4ª

5.1.2.1 ANTECEDENTES

Tras salvar la campaña de riego de 2011, desde la C.G.R.R.L. se nos encarga a los técnicos la redacción de un proyecto constructivo que sustituya el canal y la galería, por una tubería que conecte la estación de bombeo de la Segunda Elevación con las balsas de la Tercera y Cuarta Elevación.

La construcción de este proyecto denominado "Proyecto para la sustitución de los equipos electromecánicos y conducciones de las elevaciones Segunda a Cuarta, de las obras de mejora y modernización del regadío de la C.G.R.R.L. Fase III. Términos municipales de Elche y Crevillente" fue aprobado por la Junta General de Gobierno de la C.G.R.R.L. y obtuvo la aprobación ambiental por parte de la Conselleria de Infraestructures, Territori i Medi Ambient el 30 de septiembre de 2011.

Debido a la coyuntura económica del momento, la no existencia de subvenciones y con un presupuesto total de 4.309.775,58 € las obras no comienzan hasta febrero de 2013, cuando es la propia Comunidad de Regantes quien, con recursos propios, hace frente al 100% del importe de la obra.

5.1.2.2 LIMITACIONES Y CONDICIONANTES

La aprobación ambiental marcaba una serie de directrices a seguir en el diseño final del proyecto debido, principalmente, a que la estación de bombeo se encuentra dentro del P.N. de El Hondo.

Entre las restricciones de mayor trascendencia definidas en la resolución, se encontraban:

- A. Que la estación de bombeo debía permanecer intacta en su ubicación, estructura y estética:

Esto implicó que no se pudieran colocar más de 3 bombas en el interior del edificio, ya que no existe hueco para ninguna más.

Por otro lado y debido a las dimensiones del edificio, no se podría pensar en colocar calderines antiarriete en su interior para proteger la futura instalación frente al golpe de ariete y tampoco sería posible en el exterior.

- B. Que el trazado de la tubería en los primeros 800 m. (zona dentro del perímetro del parque) debía quedar alojada en el antiguo canal, evitando así el realizar una zanja de gran dimensión en el camino de acceso al parque (Ilustración 26).

Con esta restricción se limita el diámetro de la tubería y directamente la capacidad hidráulica de la instalación, pues el diámetro de la tubería no podía ser mayor de DN1400. Con todo ello, los primeros 200 m. de canal tuvieron que picarse para que la tubería quedase apoyada perfectamente.



Ilustración 26. Fotografías de la tubería en canal previo picado para aumentar sección.

Aparte de los condicionantes impuestos, existían otras limitaciones inherentes a las infraestructuras existentes tales como:

C. Debido al derrumbamiento de la galería Segunda-Tercera había que by-passearla (Ilustración 27):

Esto se decidió hacerlo 50 m. antes de la boca de entrada de ésta y enterrar la tubería bajo el camino de servicio y cruzando bajo la carretera comarcal CV-875 a su paso

por la pedanía de Matola. Todo el resto del primer tramo (hasta la balsa de la Tercera Elevación) se trazó bajo el mismo camino de servicio.



Ilustración 27. Fotografías tubería instalada en by-pass de galería

- D. Los primeros 400 m. del segundo tramo se colocará la tubería en el canal hasta la llegada a la galería, entubándola y cruzando bajo las vías del ferrocarril Elche-Murcia:

Este punto no se podría describir como un condicionante sino como una limitación importantísima en el diseño y concepción del proyecto ya que de haber optado por no entubar este tramo de galería, los trámites administrativos para cruzar una tubería bajo las vías de una línea de ferrocarril nos hubieran llevado directamente a la inviabilidad del proyecto, no sólo por su coste (realizar una hincas de 400 m. a 20 m. de profundidad con un diámetro de camisa exterior de 1600 mm. para poder introducir una tubería de 1200 mm.) sino por su dilatación en el tiempo.

Fue una decisión arriesgada pues la sección de la galería era de 2x1.60 m. más una bóveda de 1 m. y el peso de cada tubo, con una longitud de 6 m., era de más de 7 toneladas.

Además, condicionaba totalmente la capacidad hidráulica del sistema pues no podría instalarse una tubería mayor de DN1200 (Figura 45).

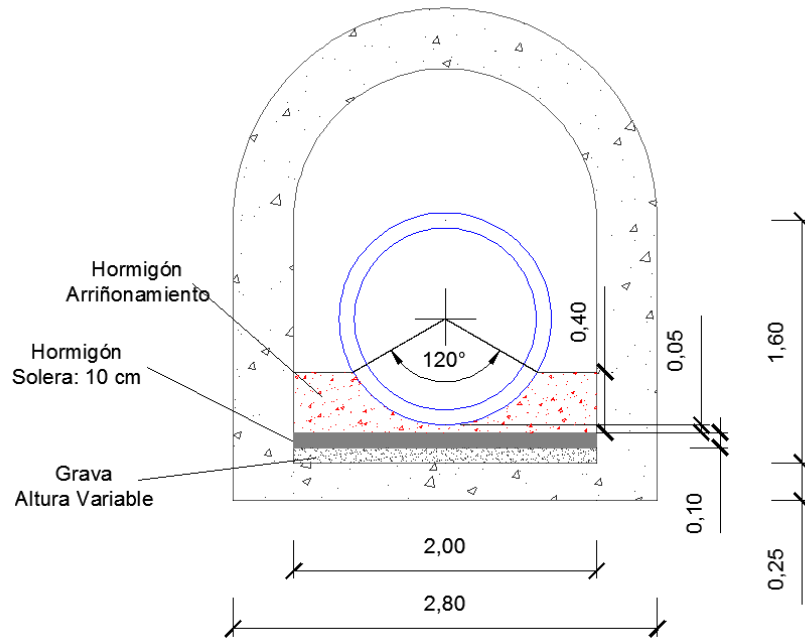


Figura 45. Sección tipo de la conducción en la galería Tercera-Cuarta

La instalación de estos 64 tubos fue posible gracias al diseño de un útil que cargaba los tubos en el exterior de la galería, los transportaba hacia el interior y procedía a su montaje ayudado por un tractor (Ilustración 28).



Ilustración 28. Tubería y útil de carga



Ilustración 29. Fases de carga

En estas fases el útil se introduce a través del tubo y lo carga sobre la viga, siendo actuado por un sistema oleohidráulico manejado por un operario (Ilustración 29).



Ilustración 30. Fases de transporte y colocación

Una vez cargado se desplaza hacia el interior de la galería empujado por un tractor de pequeñas dimensiones. Cuando se coloca el tubo en el interior, el tractor retrocede para repetir la operación (Ilustración 30).

E. La estaciones de bombeo Tercera y Cuarta desaparecen:

Como consecuencia de lo descrito en el punto anterior, también se observó que la galería existente entre la Tercera y Cuarta elevación presentaba zonas donde los hastiales de los muros ya estaban empezando a desprenderse.

Esto obligaba a plantearse la posibilidad de realizar una impulsión en dos etapas: Segunda-Tercera y Segunda-Cuarta. No era nada descabellado pues desde el punto de vista de la explotación de la futura red, se eliminarían dos elevaciones (Tercera y Cuarta) con lo que se podrían disminuir los costes de explotación y mantenimiento.

5.1.2.3 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

La única solución técnicamente viable consistió en la construcción de una nueva impulsión desde la Segunda Elevación a las Elevaciones Tercera y Cuarta, formada por:

- Tubería de impulsión:

Esta nueva tubería de impulsión está dividida en dos tramos. El primero conectará la Segunda Elevación con la Balsa de la Tercera Elevación, con una longitud total de 2.100 m. En los primeros 1.050 m. quedará alojada en el canal a cielo abierto existente y posteriormente en zanja para librar el tramo de galería derruida.

El segundo tramo conectará las Balsas de la Tercera y Cuarta Elevación, siendo la longitud del tramo 1.150 m. En este caso, se entuban 400 m. de galería existente y no dañada para salvar la línea de FFCC cercana. Pasado este punto, se busca la salida a superficie, discurriendo nuevamente en zanja hasta llegar a la Balsa de la Cuarta Elevación.

Con respecto a la tipología de tubería se decidió que fuera de hormigón postesado con camisa de chapa, por sus características de:

- Solución competitiva para grandes diámetros.
- Baja rugosidad absoluta a largo plazo.
- Estabilidad frente a las aguas salinas.
- Posibilidad de trabajar a altas presiones interiores y exteriores.
- No se ve afectada por depresiones.
- Ausencia de incrustaciones en sus paredes que disminuyan la capacidad de transporte.

Partiendo de los condicionantes explicados anteriormente, se calculó el caudal que podría trasegar la tubería fijando previamente una velocidad de 1,5 m/s.

$$Q_1 = 1,50 \cdot \frac{\pi \cdot 1,4^2}{4} = 2,31 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = 1,50 \cdot \frac{\pi \cdot 1,2^2}{4} = 1,70 \text{ m}^3/\text{s}$$

Estos caudales son totalmente insuficientes para los volúmenes que se manejan en la distribución, por lo que se tomó la decisión de elevar el caudal y asumir una mayor velocidad en las tuberías con los riesgos que ello conlleva.

Con todo esto, se fijaron unos caudales mínimos a satisfacer, siendo:

- Q_Segunda-Tercera: 3,60 m³/s
- Q_Segunda-Cuarta: 2,10 m³/s

Ahora las velocidades serían de:

$$V_1 = 3,60 / \frac{\pi \cdot 1,4^2}{4} = 2,34 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_2 = 2,10 / \frac{\pi \cdot 1,2^2}{4} = 1,85 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Pérdidas de carga de la instalación:

Se utilizaron métodos tradicionales de cálculo, utilizando la expresión de Darcy:

$$h_l = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

f: coeficiente de fricción de Darcy

h_l: pérdida de carga (en unidades de longitud)

L: longitud de la tubería

D: diámetro interior de la tubería

v: velocidad media

El coeficiente de fricción de Darcy se calcula mediante la fórmula de Colebrook-White, cuya expresión es la siguiente:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right]$$

Donde:

f: coeficiente de fricción de Darcy

ε : rugosidad absoluta de la tubería

D: diámetro interior de la tubería

Re: número de Reynolds

La rugosidad absoluta de las conducciones de hormigón postesado con camisa de chapa que se adopta es 0,10 mm.

Respecto a las pérdidas localizadas a lo largo de la conducción de impulsión, se considera que son un 10% de las pérdidas continuas por fricción. Aquí se tienen en cuenta las pérdidas localizadas asociadas a la propia estación de bombeo, correspondientes a los codos, válvulas y demás elementos desde la salida de las bombas hasta la conexión con la conducción de impulsión y su llegada a las balsas.

- Nuevo equipo de bombeo:

Estudiando distintos valores de caudal, obtenemos los correspondientes de pérdida de carga en función de la tubería escogida.

Con ello se confeccionan las tablas de pérdidas correspondientes, que al combinarlas con las longitudes equivalentes de los elementos integrantes y los desniveles a salvar, nos permite obtener los puntos de Q/Hm necesarios para construir la curva del sistema de las conducciones.

Combinando esta curva con la de trabajo de las bombas objeto de estudio, conoceremos los puntos de trabajo reales de la instalación.

Los grupos instalados son 3 motobombas sumergibles FLYGT modelo CP 3531.965, diámetro del impulsor 670 mm, salida de voluta 500 mm., motor eléctrico en jaula de ardilla, con una potencia al eje de 680 Kw, a 995 rpm, In 725 A , a 690 V y 50 Hz.

El funcionamiento del sistema según el número de bombas que estén en funcionamiento será, bombeando a la Tercera Elevación:

Tabla 32. Funcionamiento de los equipos bombeando a la Tercera Elevación

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
Qu (l/s)	1330	1272x2 = 2544	1190x3 = 3570
Hman (mca)	38,0	40,0	42,4
PABS/EJE (Kwbomba)	604 / 582	2 x 603 / 582	3 x 596 / 575
η_{hidr} (%)	85,3	85,9	86,2

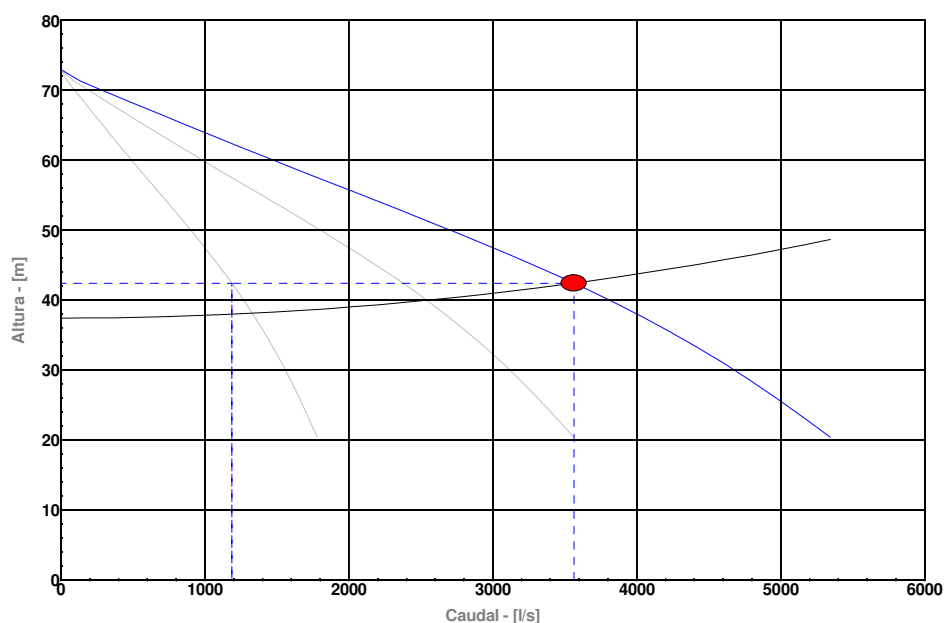


Ilustración 31. Curva del sistema bombeando a la Tercera Elevación

En la Ilustración 31 se muestra la curva resistente del sistema y la intersección con las diferentes curvas de las bombas en función del número de equipos que funcionen en paralelo.

El funcionamiento del sistema según el número de bombas que estén en funcionamiento será, bombeando a la Cuarta Elevación:

Tabla 33. Funcionamiento de los equipos bombeando a la Cuarta Elevación

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
Qu (l/s)	860	786 x 2 = 1572	700 x 3 = 2100
Hman (mca)	51,0	52,8	55
PABS/EJE (Kwbomba)	544 / 524	2 x 528 / 509	3 x 510 / 491
η_{hidr} (%)	82,1	80,1	77,0

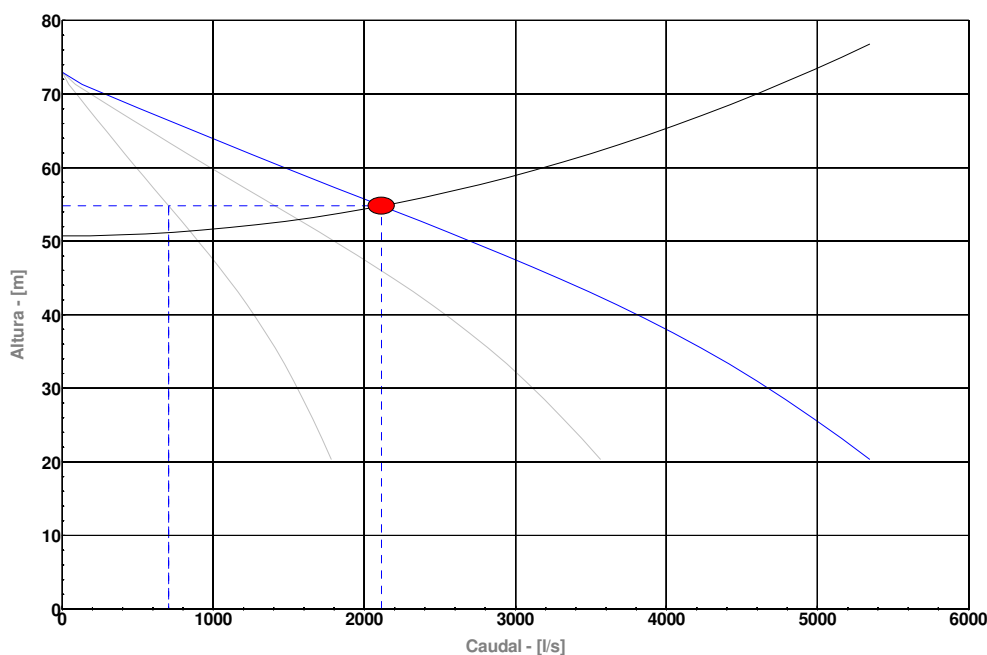


Ilustración 32. Curva del sistema bombeando a la Cuarta Elevación

En la Ilustración 32 se muestra la curva resistente del sistema y la intersección con las diferentes curvas de las bombas en función del número de equipos que funcionen en paralelo.

- Régimen transitorio de la instalación:

Descartando una maniobra brusca de las válvulas de seccionamiento que gobiernan la instalación (derivando el caudal a una balsa u otra), el estudio se centra en una parada brusca del bombeo por un fallo eléctrico.

Tras unos primeros cálculos estimativos y entendiendo la complejidad del sistema así como su solución, se decidió aparcar los métodos tradicionales de cálculo y realizar un modelo matemático para su estudio. Este modelo fue realizado mediante el software de simulación de transitorios Surge 2000 desarrollado por la universidad de Kentucky, USA.

Las dos situaciones estudiadas son: parada brusca con la impulsión de todo el caudal a la Tercera Elevación y parada brusca con la impulsión de todo el caudal a la Cuarta Elevación cuarta con las tres bombas a pleno rendimiento en ambos casos.

Los datos arrojados por el programa y posteriormente analizados son los siguientes:

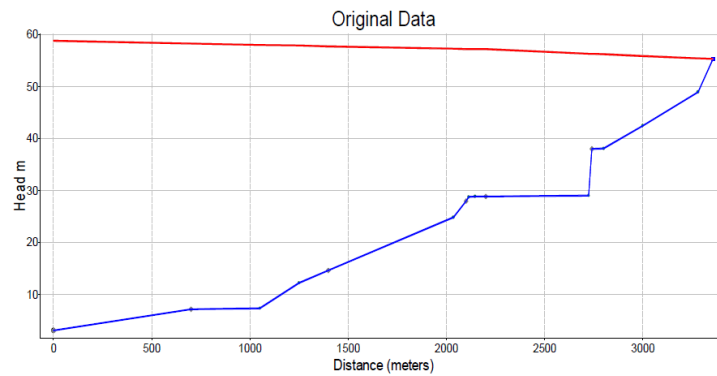


Figura 46. Régimen permanente bombeando a la Cuarta Elevación

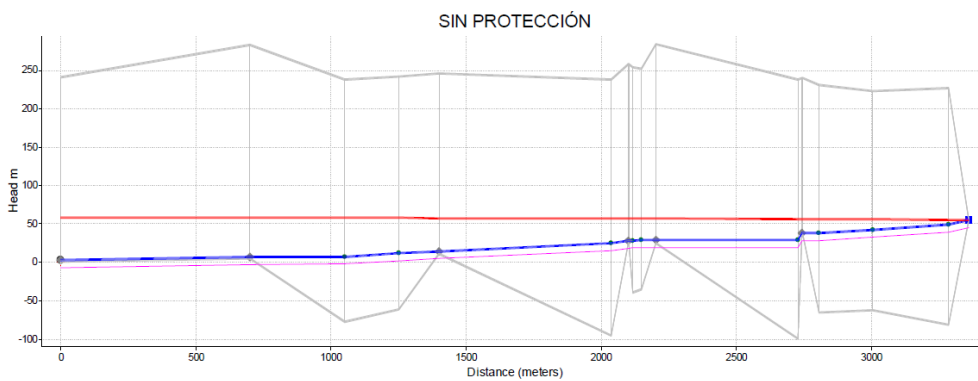


Figura 47. Envolvente de presiones tras paro repentino, sin protección

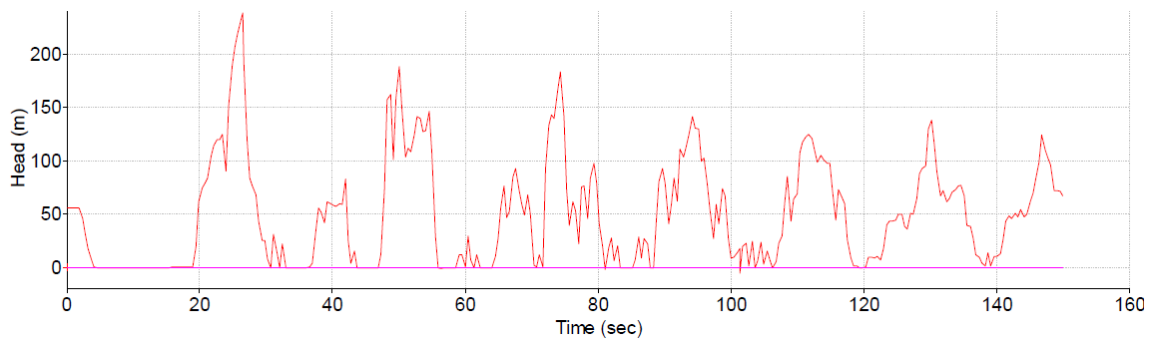


Figura 48. Evolución de las presiones en la estación de bombeo tras paro repentino, sin protección

Para proteger esta instalación se planteó en un primer momento colocar calderines antiarriete para que inyectaran agua cuando cayera la presión en la estación de bombeo pero se descartó esta solución debido a que los calderines eran enormes y no se podían instalar en el entorno del Parque Natural. Su mantenimiento es complejo y ante un fallo de éstos, lo sencillo sería desconectarlos y bombear sin protección.

Se optó por estudiar el sistema de protección mediante válvulas anticipadoras de onda y ventosas de gran capacidad (Ilustración 33) y restrictor a la salida, resultando lo siguiente:

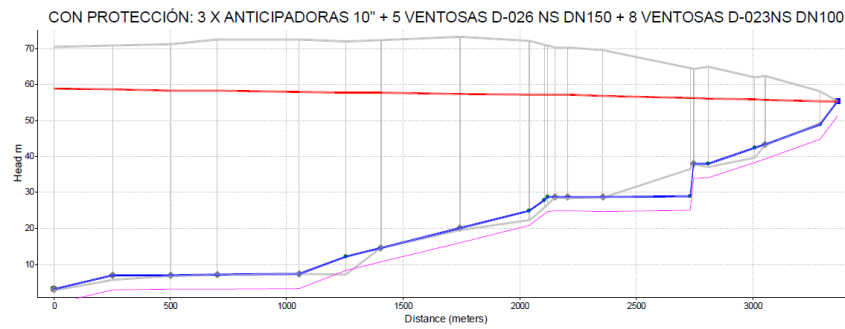


Figura 49. Envolvente de presiones tras paro repentino, con protección

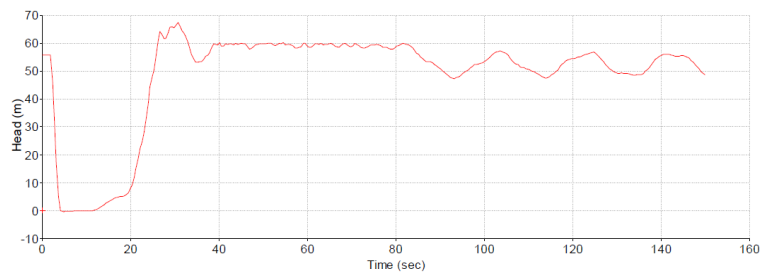


Figura 50. Evolución de las presiones en la estación de bombeo

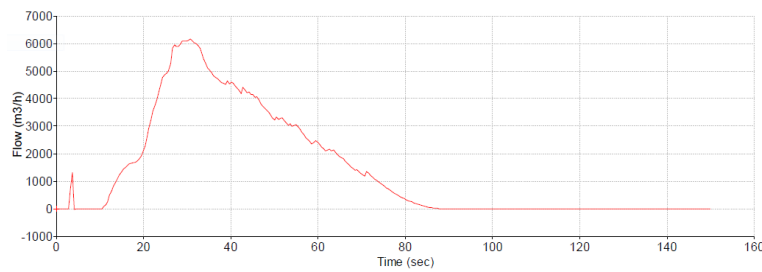


Figura 51. Caudal a través de las válvulas anticipadoras de onda

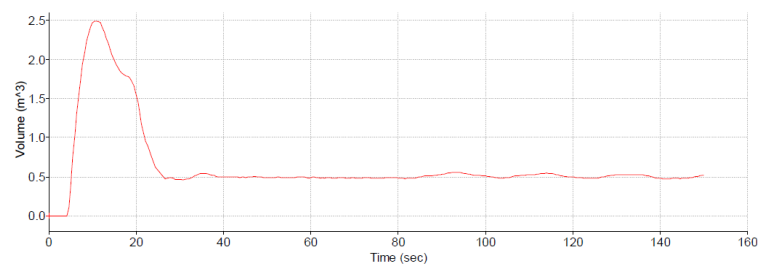


Figura 52. Volumen de la bolsa de aire que ingresa en la ventosa junto a la estación de bombeo



Ilustración 33. Vista del sistema de protección con válvulas anticipadoras de onda y ventosas

5.1.2.4 NUEVO ESQUEMA HIDRÁULICO

Con la puesta en marcha de estas nuevas instalaciones se logrará unificar en un único bombeo la elevación de los mayores volúmenes que son los que riegan los Canales Segundo (Levante y Poniente) y Primero de Levante.

Es significativo el cambio del sistema de distribución por canales de transporte a tuberías presurizadas, debido a las filtraciones y mermas que se producían en la infraestructura original. También se mejora el sistema de distribución al implementar un sistema de automatismo teledirigido que gobierne todas las instalaciones.

Así pues, desde el nuevo bombeo se podrá elevar el volumen necesario a una u otra balsa de riego, que son cabecera de la red de distribución secundaria del riego tradicional (Figura 53).

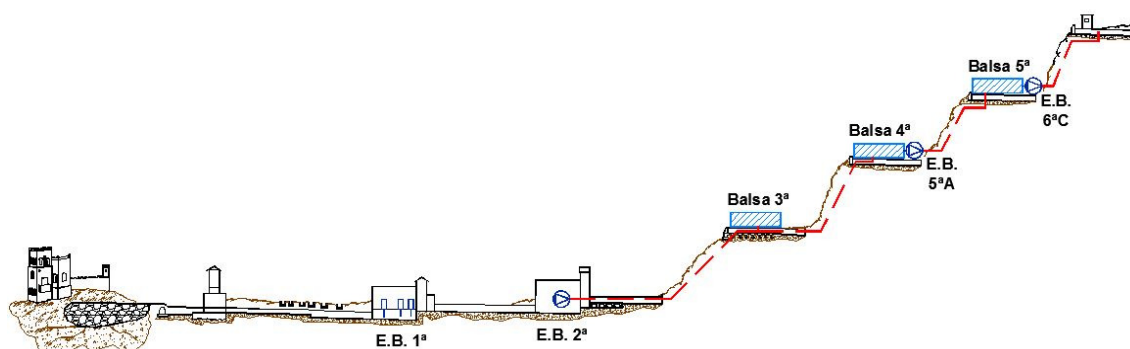


Figura 53. Esquema hidráulico actual mod_4

5.1.2.5 OTRAS MEJORAS

- Los rendimientos energéticos llegarán a estar por encima del 80% frente al 60-65% anterior.
- Se disminuirán las pérdidas de agua en las galerías sustituyéndolas por tuberías que garanticen una total estanquidad.
- Eliminar las paradas en el servicio de distribución por los derrumbes en las galerías.
- Al existir la posibilidad de regulación en todas las impulsiones es posible la regulación automática de todo el nuevo sistema. Esto permite el funcionamiento enseriado de las distintas elevaciones sin los continuos arranques y paradas actuales.
- Disminuir los costes de mantenimiento de las instalaciones.

5.2 TARIFA ELÉCTRICA

Como hemos visto, los volúmenes demandados de agua de concesiones dependen de muchos factores como por ejemplo la época del año, las lluvias acaecidas en el tiempo, la disponibilidad de agua de concesiones, la calidad de ésta, etc.

Lo interesante sería poder adaptar el régimen de tarifa eléctrica a la demanda de agua de riego, ahorrando así muchos costes de explotación, facilitando la distribución y aumentando el volumen de agua servida.

También hay que destacar que con el restrictivo contrato eléctrico existente ajustado a las nuevas reglamentaciones, solamente se permite un cambio de régimen tarifario anual y no se estima que esto pueda cambiar. También influye la carencia de una tarifa eléctrica "agrícola" que no penalice a grandes consumidores como son las comunidades de regantes de todo el territorio, entendiéndose el sector agrícola como un sector estratégico y motor de la economía de muchas regiones.

5.2.1 TARIFA CONTRATADA ORIGINALMENTE

Si analizamos el calendario energético (Figura 54) así como la tarifa eléctrica contratada originalmente, vemos que nos penaliza de manera severa si salimos del rango de las 00:00 - 08:00 h. de lunes a viernes y del fin de semana completo (tramo P-6).

El mes de agosto es el único mes del año en el que podemos disponer de energía económica ya que durante las 24 h. de todos los días es periodo valle (P-6). Hay que destacar que la máxima demanda anual de agua, e implícitamente la máxima demanda de energía eléctrica, se produce no solamente en el mes de agosto sino durante los meses de mayo, junio, julio, septiembre y octubre.

	0_1	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	6_7	7_8	8_9	9_10	10_11	11_12	12_13	13_14	14_15	15_16	16_17	17_18	18_19	19_20	20_21	21_22	22_23	23_24
Enero	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Febrero	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Marzo	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
Abril	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Mayo	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
1ª Quincena Junio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
2ª Quincena Junio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2
Julio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2
Agosto, Sab, Dom y Festivos Nacionales	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
Septiembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
Octubre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Noviembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
Diciembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2

Figura 54. Calendario energético peninsular 2014

Si atendemos ahora al precio de la energía y los términos de potencia (Tabla 34) que se pagan a la distribuidora con la que la comunidad de regantes tiene contratada la energía, vemos una fuerte penalización en los precios fuera del tramo P-6.

Hasta hace unos meses, la comunidad de regantes disponía de un contrato que se dividía en seis tramos, y cuyos precios se representan a continuación:

- P1 = 60 kW.
- P1 a P5 = 2.500 kW.
- P6 = 3.800 kW.

Tabla 34. Precios reflejados en contrato original

Periodo	Término de Potencia €/kW y mes	Término de Energía €/kWh
1	1,846529	0,07965
2	0,924064	0,06096
3	0,676261	0,04793
4	0,676261	0,04621
5	0,676261	0,04827
6	0,308554	0,03620

Estos precios no incluyen el impuesto sobre la electricidad, el I.V.A. y se repercutirán los costes regulados que pueda facturar la distribuidora, como son la reactiva, excesos de potencia, alquiler de equipo de medida, etc.

5.2.2 FACTURACIÓN

Tal y como marca la legislación, para cada uno de los períodos tarifarios aplicables a las tarifas, se contrata una potencia, aplicable durante todo el año. El término de facturación de potencia será el sumatorio resultante de multiplicar la potencia a facturar en cada período tarifario, que se define más adelante, por el término de potencia correspondiente, según la fórmula siguiente: $FP = \sum t_{pi} \times P_{fi}$

- P_{fi} = potencia a facturar en el período tarifario i , expresada en kW.
- t_{pi} = precio anual del término de potencia del período tarifario i .

En estas tarifas el control de la potencia demandada se realiza por medio de las mediciones cuarto-horarias de los equipos de medida y se factura directamente la potencia contratada en cada uno de los 6 períodos.

5.2.3 EXCESOS DE POTENCIA

En el Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre se definen las penalizaciones por Excesos de Potencia.

En el caso de las tarifas P-6 el control de la potencia demandada se realizará por medio de las mediciones cuarto horarias de los equipos de medida.

La potencia a facturar en cada período tarifario será la potencia contratada. En el caso de que la potencia demandada sobrepase en cualquier período horario la potencia contratada en el mismo, se procederá, además, a la facturación de todos y

cada uno de los excesos registrados en cada período, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$F_{EP} = \sum_{i=1}^{i=6} K_i \times 1,4064 \times A_{ei}$$

Donde:

Ki = coeficiente que tomará los siguientes valores dependiendo del período tarifario i:

Período	1	2	3	4	5	6
Ki	1	0,5	0,37	0,37	0,37	0,17

El exceso de potencia (Aei) se calculará de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$A_{ei} = \sqrt{\sum_{j=1}^{j=n} (P_{dj} - P_{ci})^2}$$

Donde:

Pdj = potencia demandada en cada uno de los cuartos de hora del período i en que se haya sobrepasado Pci.

Pci = potencia contratada en el período i en el período considerado.

Estas potencias se expresarán en kW y los excesos de potencia se facturarán mensualmente.

5.2.4 NUEVA TARIFA ELÉCTRICA PROVISIONAL

De manera provisional, aprovechando que se disponía del cambio permitido anualmente en la tarifa eléctrica y tratando de negociar una mejor tarifa eléctrica con distintos suministradores para la campaña 2014-2015, la comunidad de regantes ha cambiado su potencia contratada en los tramos P1-P5, variando también los precios reflejados anteriormente. Además, ya no se tiene un coste fijo de la energía sino que se accede al mercado libremente "pull".

El nuevo contrato también se divide en seis periodos:

- P1 = 60 kW.
- P1 a P5 = 500 kW.
- P6 = 3.800 kW.

La selección de las potencias contratadas en los diferentes tramos respondían a diversos criterios como por ejemplo, pensando que no se iban a exceder las potencias contratadas en cada tramo. También se trataba de buscar un equilibrio entre los costes fijos por términos de potencia y el volumen de agua que se iba a distribuir durante la campaña.

Este punto es clave pues se debe de poner en consonancia los volúmenes de demanda esperados (no conocidos) y las potencias instaladas (conocidas) para toda la campaña sin salir del periodo P-6.

La situación de equilibrio en la que se compensa el exceso de potencia con el término de potencia contratado debería tratarse en un estudio de mayor envergadura y no es objeto de este trabajo por dos razones fundamentales:

- La negociación con diferentes proveedores eléctricos es tediosa y dilatada en el tiempo, atendiendo además a otros factores que entran en juego como por ejemplo el tipo de facturación, la forma de pago, etc.
- Dentro de esa negociación, los precios correspondientes a los términos de potencia y energía varían significativamente por lo que las opciones son múltiples y deben ser estudiadas con detenimiento.

5.3 FALTA DE N° DE HORAS DE BOMBEO EN P-6

Como se ha descrito anteriormente, debido a la disminución en la capacidad de bombeo de la Segunda Elevación por motivos de diseño de las instalaciones (obligado en parte por la resolución ambiental) desde la puesta en marcha de la nueva instalación se están presentando graves problemas en la distribución de la C.G.R.R.L.

También ha sido clave el cambio de tarifa eléctrica contratada, siendo esta nueva tarifa muy reducida en cuanto a número de horas disponibles en periodo valle con potencia suficiente para mover grandes volúmenes de agua. Aunque desde un primer momento se estimó que podría suponer un problema importante para la distribución en los meses de mayor consumo, era una circunstancia casi obligatoria debido a que el capital invertido en la construcción de las instalaciones era 100% proveniente de los recursos propios de la comunidad de regantes y debía reducir sus costes de explotación para poder pasarlos a la partida de amortización del préstamo correspondiente.

Todo esto ha derivado en que, dado que el Primer Canal de Levante tiene un déficit medio diario de capacidad de almacenamiento de entre 7.000 y 15.000 m³ en los meses de mayor consumo, se tiene que aportar más volumen bombeando desde la Segunda Elevación en periodo punta, saltándose las restricciones horarias y pagando la correspondiente penalización.

Desafortunadamente, este déficit debe suplirse cuando la tarifa eléctrica está en su precio más alto, siendo a media mañana. Esto se produce porque la balsa comienza a vaciarse (el servicio de distribución comienza a las 08:00 h.) y la franja horaria de mayor riego queda entorno a las 10:00-19:00 h.

6. MODELO MATEMÁTICO DEL SISTEMA

Una vez conocidas las instalaciones existentes y su funcionamiento se propone el desarrollo de un modelo matemático que permita operar en diferentes escenarios para así poder realizar una propuesta de mejoras y validar su funcionamiento. Este modelo cuasiestacionario se ha realizado con el programa informático EPANET, versión 2.0.

No se trata de un modelo georreferenciado, sino de un modelo energético con el cual se pueden simular las estaciones de bombeo, conducciones y elementos de regulación en diferentes escenarios. Para ello se estudiarán de manera aislada algunos elementos o situaciones reales, comprobando que coinciden los datos arrojados por el programa con la realidad. También se analizará el sistema como un conjunto de subsistemas para conocer el funcionamiento real y poder estudiar diferentes propuestas de mejora.

6.1 FASES DE GENERACIÓN DEL MODELO

El desarrollo del modelo se ha centrado únicamente sobre la parte presurizada, introduciendo los datos relativos a balsas de regulación, grupos de bombeo, tuberías, válvulas, compuertas y consignas que regulan y ordenan el funcionamiento del sistema.

Esto ha sido motivado puesto que no tiene sentido introducir la red de canales de distribución ya que no aportan más información que la que nos puedan dar los registros de sus caudalímetros ubicados en cabecera.

6.1.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Toda la elaboración de un modelo matemático requiere una primera fase de recopilación de la información necesaria para ello, a veces un tanto tediosa debido al gran volumen documental existente y que hay que cribar para su utilización eficiente.

Afortunadamente y debido a que he participado en la redacción del proyecto y la dirección de obra de la instalación puesta en marcha en enero de 2014 ha sido fácil el obtener toda la información necesaria.

Para el desarrollo del modelo se han necesitado los datos relativos a conducciones, elementos de regulación (válvulas), bombas, balsas, consumos, etc. que se describirán en los siguientes apartados.

6.1.1.1 TUBERÍAS

Para la representación de las tuberías se han definido los diámetros, longitudes, materiales y puntos significativos de éstas, obtenidos en los perfiles longitudinales y secciones de los datos existentes en los proyectos "as built".

Las rugosidades definidas en la Tabla 35 se han obtenido de los manuales técnicos de los fabricantes de las conducciones y han sido contrastados con la "Guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión, del Cedex".

Tabla 35. Rugosidad absoluta asignada a las conducciones

Material	K (mm)
Hormigón	0,10
Acero	0,05
PRFV	0,05

Además se ha considerado en cada caso un coeficiente de pérdidas menores correspondiente a cambios de alineación, piezas especiales, etc.

6.1.1.2 DEPÓSITOS Y BALSAS

Se ha introducido la curva de cubicación de las balsas (Figura 55), cotas de solera, niveles máximo y mínimo así como el nivel inicial correspondiente con cada simulación.

En todas las situaciones la entrada de agua se realiza por el fondo, por lo que no ha sido necesario emular una entrada por coronación mediante válvulas sostenedoras de presión.

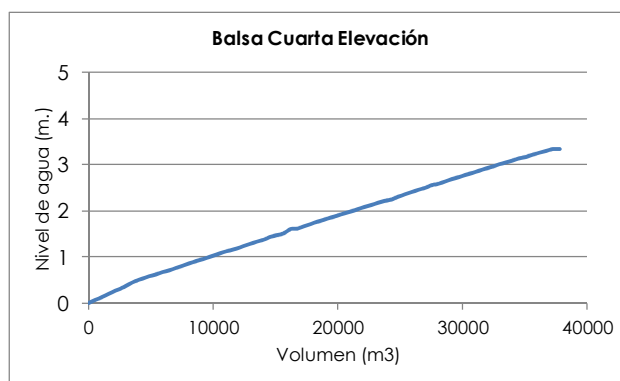


Figura 55. Cubicación de la balsa de la Cuarta Elevación

6.1.1.3 BOMBAS

La introducción de las curvas de las bombas no se ha hecho según los datos teóricos del fabricante ya que de todos los grupos se conocen las curvas reales o "test report" de prueba en fábrica, tratándose de reproducir fielmente el comportamiento de las bombas en sus diferentes puntos de trabajo. También se han introducido las curvas de rendimiento reales de cada una de las bombas (Figura 56).

Respecto a su funcionamiento y gracias al sistema de telecontrol instalado en todas las elevaciones, se conoce con precisión el tiempo de funcionamiento de cada grupo o la frecuencia a la que estaba trabajando, entre otros.

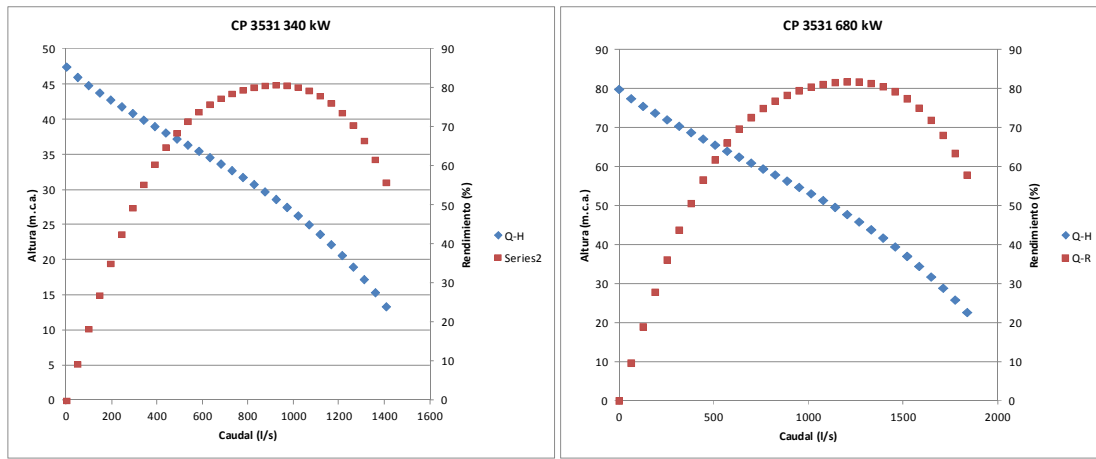


Figura 56. Curvas reales de las bombas introducidas

6.1.1.4 DEMANDAS

Las demandas de cada uno de los puntos de suministro se han modelado con una tabla de patrones de consumo referidas a su caudal medio, a partir de los valores extraídos de la base de datos del caudalímetro (Figura 57).

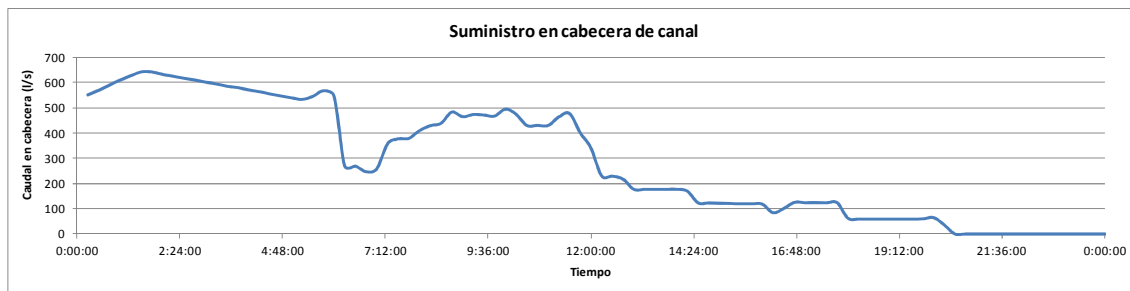


Figura 57. Representación de los datos del caudalímetro electromagnético

Los pares de valores caudal-tiempo importados desde la base de datos del sistema de telecontrol se representan como una demanda del nudo correspondiente a la cabecera de canal $Q(t)$ (Figura 58).

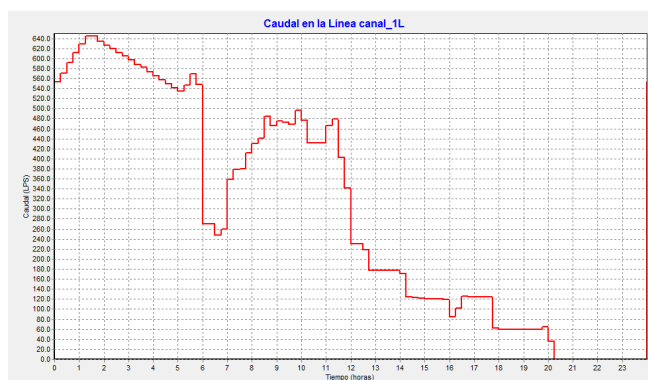


Figura 58. Demanda asociada a una cabecera de canal

6.1.1.5 ELEMENTOS DE REGULACIÓN

Las válvulas se han modelado como válvulas de regulación, introduciendo el coeficiente de pérdidas menores "k" correspondiente al Kv asociado para el grado de apertura seleccionado. Lo mismo se ha hecho con las válvulas de retención (Tabla 36).

Se ha comprobado, con el manómetro existente aguas abajo de las válvulas la pérdida de carga que éstas generan. Aunque la precisión no es métrica, parece que corresponden los valores calculados de pérdida de carga con la real.

Tabla 36. Pérdidas de carga en válvulas

Tipo de válvula	Diámetro nominal (mm.)	Kv(90°)	Coef. pérdidas (k)
Mariposa	700	30.000	0,42
Mariposa	1000	65.000	0,37
Retención	700	30.000	0,42
Retención	800	39.000	0,42

6.1.1.6 CONSIGNAS

Para cada una de las situaciones modeladas y para asegurar el buen funcionamiento del modelo, se ha ido introduciendo las consignas de marcha y paro de las bombas en función de la hora a la que funcionan.

La precisión de los valores de arranque y paro de bombas es de segundos con lo que se puede lograr una reproducción fiel del verdadero funcionamiento en cada caso (Figura 59 y Tabla 37).

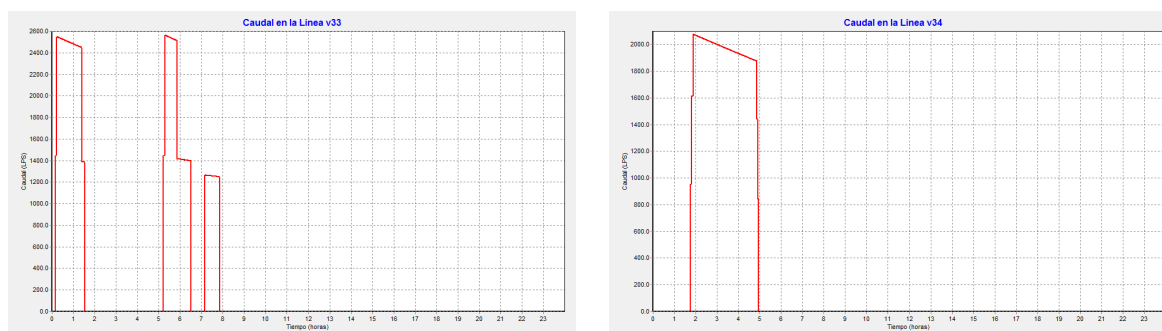


Figura 59. Representación del funcionamiento de las bombas

Tabla 37. Consignas introducidas de marcha y paro de bombas

Fecha	Hora	Funcionamiento
09/06/2014	0:00:00	0
09/06/2014	1:53:15	1
09/06/2014	4:00:00	1
09/06/2014	4:52:14	0

También se controla la apertura y cierre de la válvula 3 cuando se quiere bombear a la balsa de la Cuarta Elevación.

La válvula 4 no hace falta consignarla pues la diferencia de alturas entre las balsas hace que el agua no llegue a la Cuarta Elevación cuando se está bombeando a la Tercera Elevación.

6.1.2 ESQUELETIZACIÓN DE LA RED

Se ha tratado de realizar un modelo muy sencillo para facilitar su operatividad pero que a la vez permita reflejar con detalle el comportamiento real del sistema. En este sentido, por ejemplo, se ha desacoplado la Primera Elevación ya que su aporte al modelo energético de la problemática a estudiar es nulo.

Donde se ha centrado el esfuerzo ha sido en introducir con determinación el número de elementos, nudos y líneas que realmente podían influir en el comportamiento o servirían para comprobar la bondad del modelo.

Es por ello que, una vez desarrollado el modelo inicial que incluye el conjunto de todas las instalaciones existentes objeto de este estudio (Figura 60), éste ha derivado en otros modelos más reducidos con los que era más fácil trabajar (Figura 61). Se facilita así la tarea de manejar tantos elementos como en el general.

La posibilidad de trabajar con modelos menores ha sido únicamente gracias a las características de la red, pues se trata de bombeos enseriados con balsas de regulación y canales que se alimentan desde éstas o en directo desde el bombeo por lo que las posibilidades son múltiples.

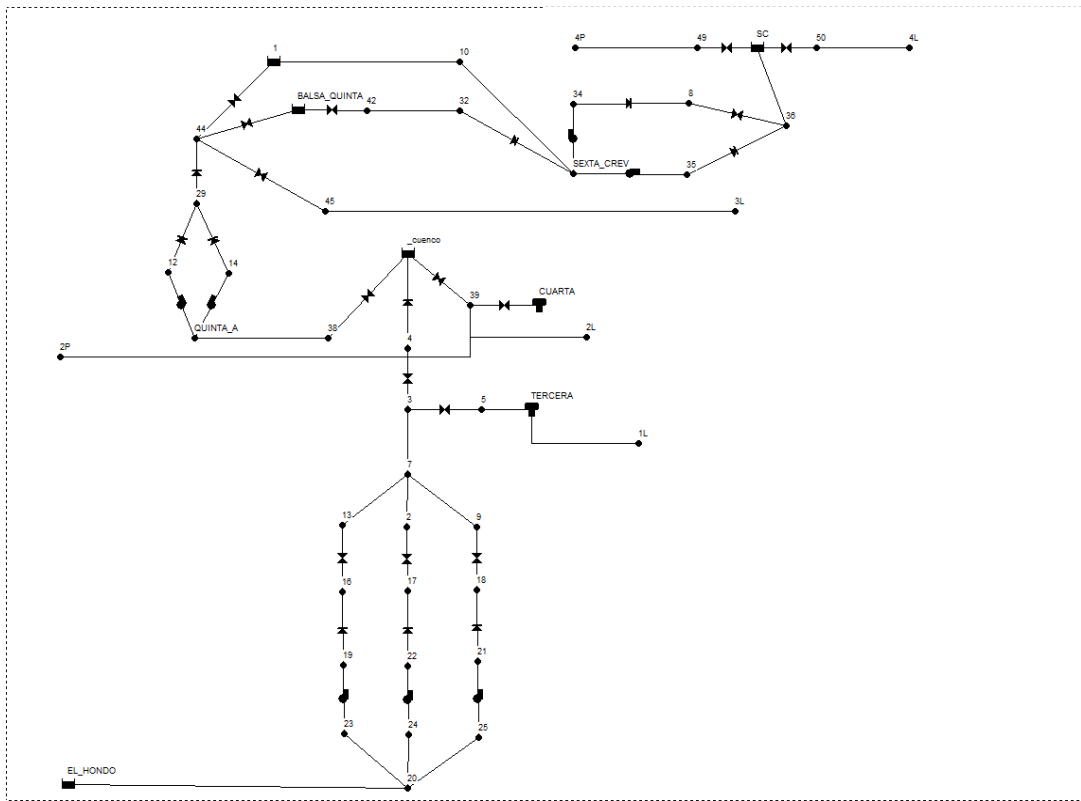


Figura 60. Modelo matemático general

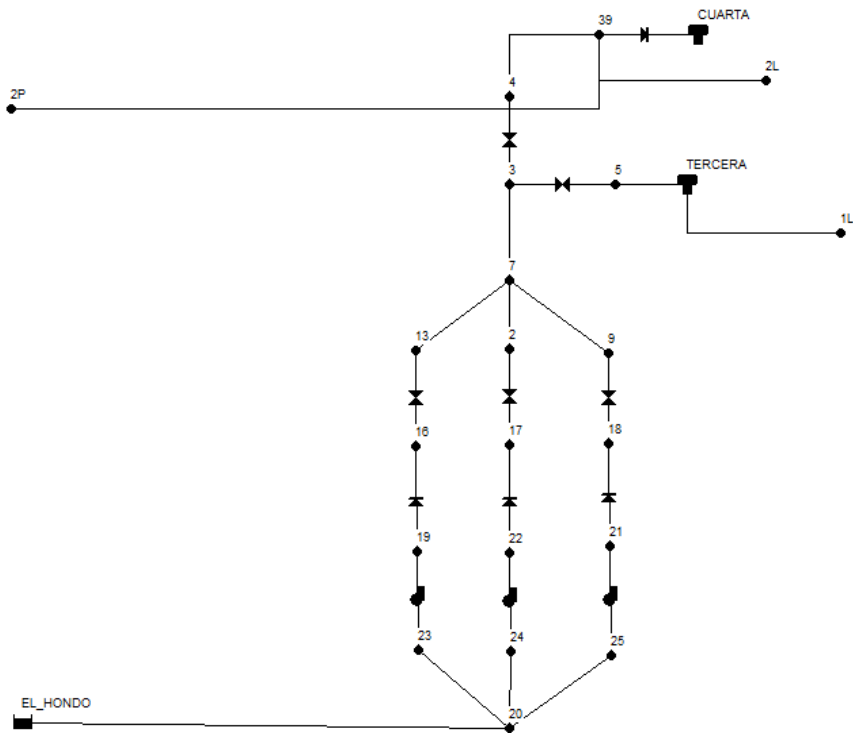


Figura 61. Modelo matemático discretizado

6.2 COMPROBACIÓN DE RESULTADOS Y VALIDACIÓN DEL MODELO

Debido a que los valores de los parámetros introducidos tienen un carácter teórico (la rugosidad de las tuberías entre otros) se pasa ahora a una fase de la elaboración del modelo que es fundamental para su manejo posterior que es la validación y calibración. Los resultados arrojados por el programa son contrastados por los datos obtenidos en campo a través de transductores de presión, caudalímetros en las impulsiones y sondas de nivel ultrasónicas, todos ellos centralizados y almacenados por el sistema de telecontrol en la base de datos.

Para facilitar la tarea de validación del modelo global, he optado por utilizar diferentes modelos simplificados y operar con ellos de modo que se reprodujeran situaciones ya vividas y de las que se disponían los datos para su comprobación.

A continuación se desarrolla el método para calibrar uno de los modelos reducidos:

6.2.1 BOMBEO A LA CUARTA ELEVACIÓN

El día 20 de Mayo de 2014 la balsa de la Cuarta Elevación tenía un nivel inicial de 2,96 m. y se disponía a dar servicio a los canales Segundo de Levante y Poniente.

El servicio de distribución comenzó a las 01:00 h. mientras que el bombeo Segunda-Cuarta empezó a las 00:34 h. hasta que la balsa a las 03:32 h. Antes de las 08:00 h. se volvió a bombear durante 40 minutos para dejar un pequeño volumen como margen de seguridad ya que ese día la planificación de volúmenes se había hecho muy ajustada. Cuando llega el final del servicio de distribución a las 20:00 h. se queda la balsa totalmente vacía.

Introduciendo en el modelo un archivo de calibración correspondiente a los datos almacenados por la sonda de nivel ultrasónica $Z(t)$ real y representando la presión en el nudo correspondiente a la balsa $Z(t)$ modelo, podemos ver cómo el comportamiento es muy similar al real aunque con un desfase en las alturas de la lámina de agua considerable (Figura 62).

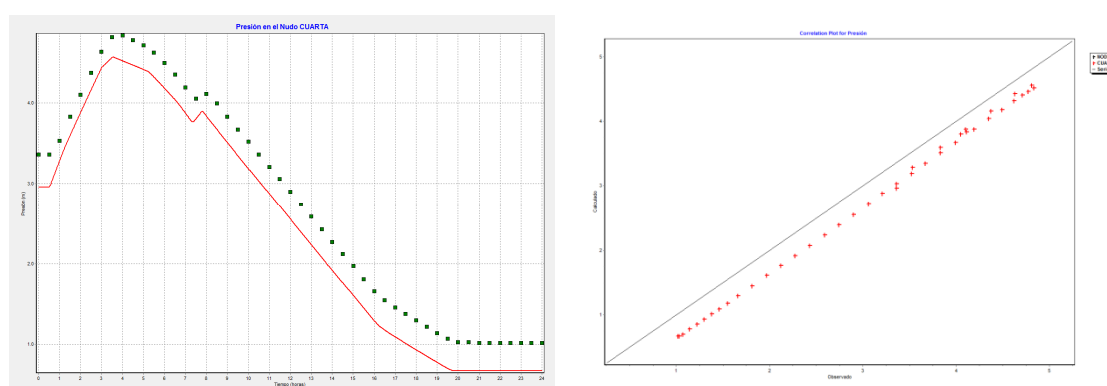


Figura 62. Presión en la balsa antes de la calibración

Este desfase se debía a que la posición relativa de la sonda ultrasónica no estaba perfectamente definida pero fue solucionado posteriormente. A partir de este momento todas las mediciones de esa sonda ultrasónica se han corregido para evitar

así diferencias posteriores. En la Figura 63 se comprueba que el comportamiento del modelo mejora significativamente.

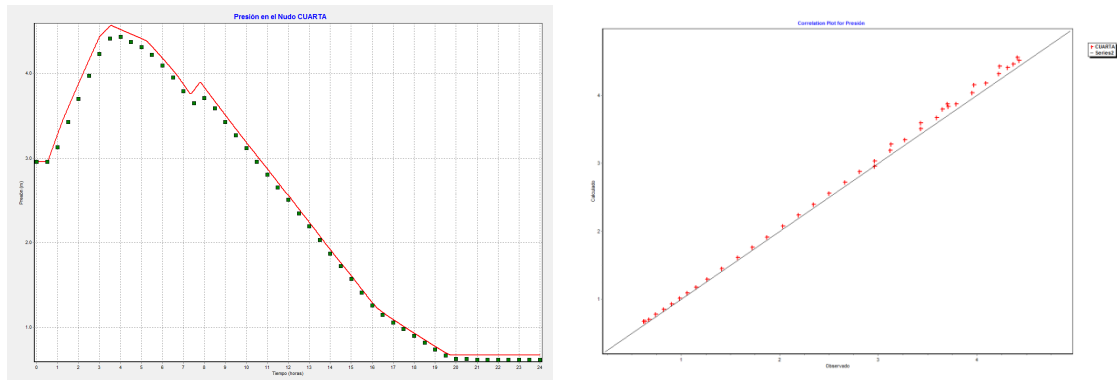


Figura 63. Presión en la balsa después del primer ajuste

Una vez se ha obtenido un ajuste de los parámetros de comparación, el modelo se corrige parcialmente ajustando los coeficientes de pérdidas menores de manera que, probando diferentes valores, se acota la solución definitiva y se valida la solución (Figura 64).

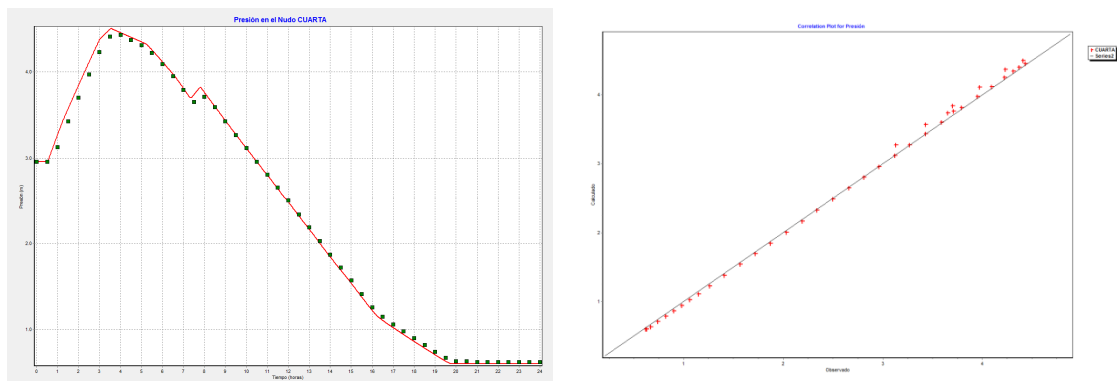


Figura 64. Presión en la balsa después del segundo ajuste

Estadísticas de Calibración para Presión

Localización	Nº Observ Obs	Calc Media	Media	RMS Error	RMS Error
CUARTA	48	2.40	2.41	0.039	0.055
Sistema de Red	48	2.40	2.41	0.039	0.055

Correlación entre los Términos: 0.000

Figura 65. Estadísticas de calibración obtenidas por el modelo

7. MEDIDAS ADOPTADAS PARA TRATAR DE PALIAR EL DÉFICIT ESTRUCTURAL

Hasta la fecha, desde la comunidad de regantes se han puesto en marcha diferentes estrategias para tratar de paliar el déficit estructural sufrido, aunque la efectividad de las mismas se pone en entredicho debido a que estas maniobras han llevado asociado otros problemas que se describen a continuación.

7.1 TRASPASO DE CAUDALES ENTRE BALSAS

La primera medida que se intentó poner en marcha fue el traspaso de agua desde la balsa de la Cuarta Elevación hasta la balsa de la Tercera Elevación, ya que la primera tiene mayor capacidad y se puede llenar en horas valle. En periodo punta, se transferiría agua desde una balsa a otra por la misma conducción de impulsión aprovechando el desnivel favorable existente. Desde el primer momento se planteó como una solución técnicamente viable ya que se pueden laminar las horas puntas de consumo compensándolas con horas de bombeo en periodo nocturno, además de que es una solución empleada en multitud de instalaciones similares.

Cuando el bombeo de la Segunda Elevación entra en funcionamiento, el agua se deriva a una u otra balsa mediante un juego de válvulas de maripasa DN1000 instaladas en una arqueta de derivación situada junto a la Tercera Elevación (Figura 66).

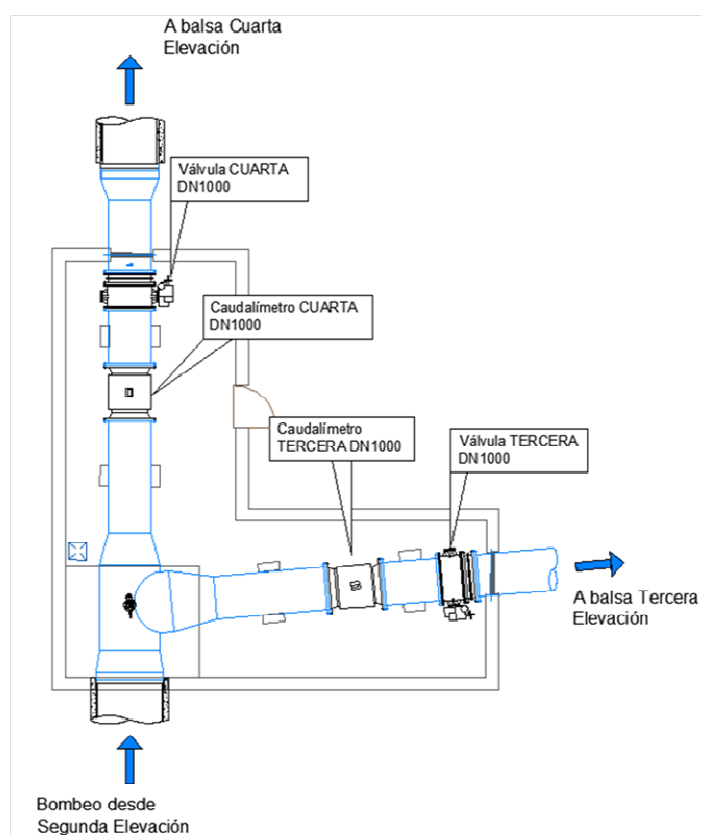


Figura 66. Plano en planta de la arqueta de derivación situada junto a la balsa de la Tercera Elevación

Estas válvulas, pese a que su motorreductor está preparado para regulación, no son las más adecuadas para realizar este tipo de maniobras debido a la magnitud de los caudales manejados, los diámetros de éstas y la diferencia de altura geométrica entre una y otra balsa.

No obstante, se analizó la gráfica de pérdidas de carga del fabricante de la válvula (Figura 67) y se obtuvo una curva de pérdidas (Figura 68) que se podría introducir en un modelo matemático muy esquemático para su estudio con diferentes grados de apertura.

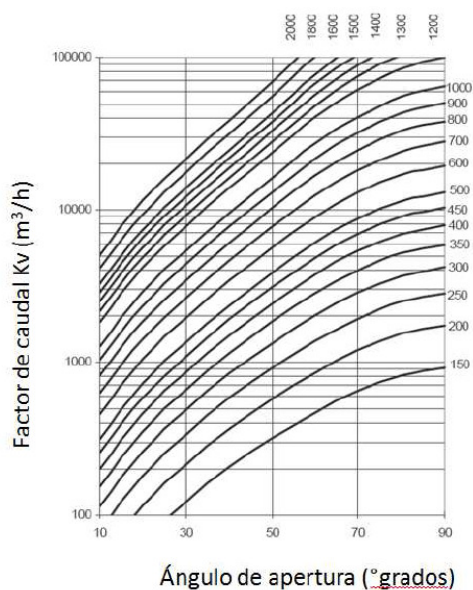


Figura 67. Relación K_v y ángulo de apertura

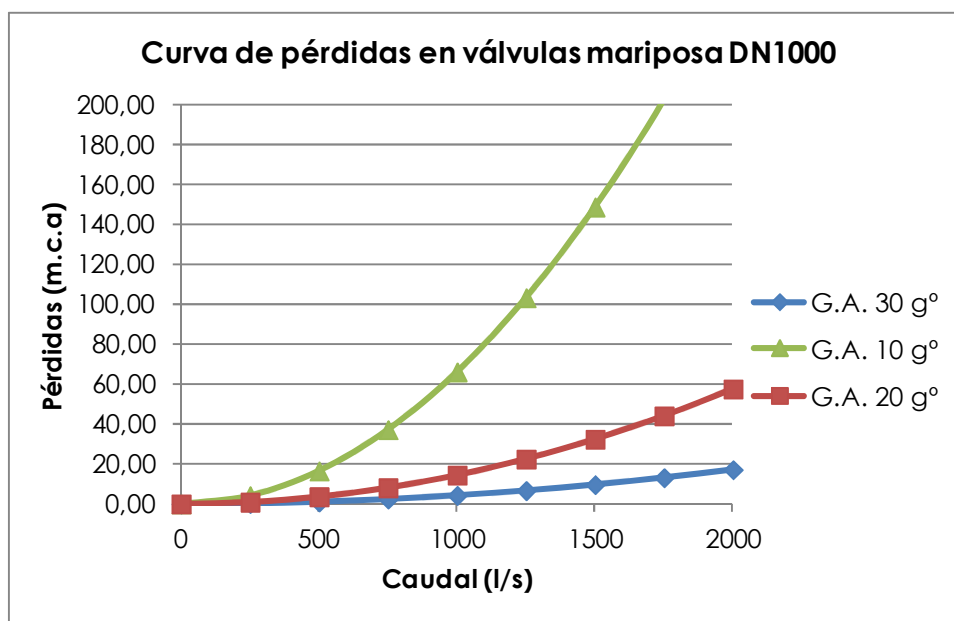


Figura 68. Curva de pérdidas de carga introducida en el modelo

Mediante la utilización de un modelo matemático reducido y simplificado, introduciendo las balsas de la Tercera y Cuarta elevación con los niveles mínimo y máximo respectivamente, la tubería DN1200 y las dos válvulas de mariposa, se ha podido analizar las diferentes situaciones y estudiar los diferenciales de presión aguas arriba y aguas abajo de las válvulas.

Teniendo en cuenta que el fabricante de la válvula limita el diferencial de presión según la expresión $(P_2 \geq 0,7 * P_1 - 2,80)$ para evitar la cavitación de la válvula, se comprueba que no hay una posible regulación con estas válvulas para la hipótesis planteada. También se limita la apertura mínima de la válvula a 30° por lo que no se puede probar con un menor grado de apertura.

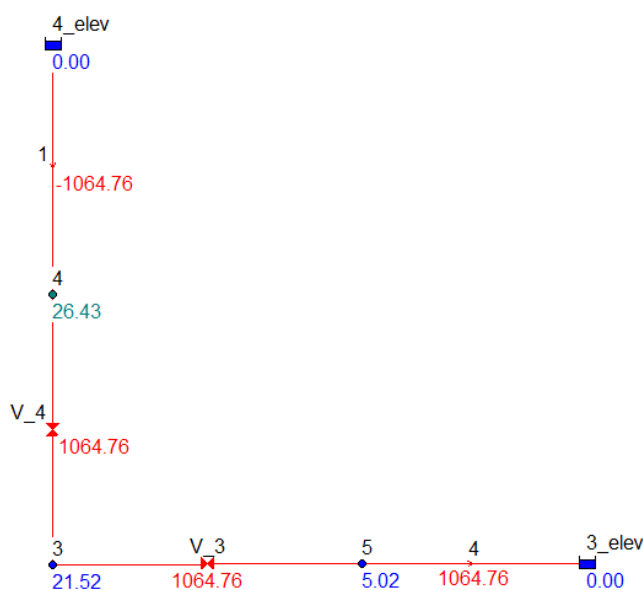


Figura 69. Regulación con 30° de apertura

Se comprueba en el modelo (Figura 69), que el diferencial de presión aguas arriba y aguas abajo de la válvula V_3 es de 16,50 m.c.a. y esto difiere de la consigna marcada:

$$5,02 \geq 0,7 * 21,52 - 2,80$$

No obstante los datos arrojados por el modelo y considerando que las curvas de las válvulas son fruto de aproximaciones a las que se llega por extrapolación de resultados ensayados en válvulas de menor diámetro y en unas condiciones ideales, se realizó un ensayo presencial en el que se probaron diferentes grados de apertura en las dos válvulas durante unos 40 min.

El resultado de la prueba fue que se producía un ruido tremendo en las válvulas y se oían explosiones debidas a la cavitación, por lo que se descartó totalmente esta solución.

Por otro lado, se presentaba un problema de gestión para la propia comunidad de regantes ya que los costes de explotación que se aplican para componer el precio de venta del agua en el Primer Canal de Levante tendrían una penalización

correspondiente al incremento de altura geométrica entre las dos balsas así como las pérdidas de carga en la impulsión.

Si hablamos de términos energéticos, se puede calcular fácilmente el ratio kWh/m³ reflejado en la Tabla 38 y

Tabla 39.

Tabla 38. Ratio energético bombeando a la Tercera Elevación

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
Qu (l/s)	1330	2544	3570
Hman (mca)	38	40	42,4
PABS/EJE (Kwbomba)	604 / 582	2 x 603 / 582	3 x 596 / 575
ηhidr (%)	85,3	85,9	86,2
kWh/m ³	0,1261	0,1317	0,1391

Tabla 39. Ratio energético bombeando a la Cuarta Elevación

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
Qu (l/s)	860	1572	2100
Hman (mca)	51	52,8	55
PABS/EJE (Kwbomba)	544 / 524	2 x 528 / 509	3 x 510 / 491
ηhidr (%)	82,1	80,1	77
kWh/m ³	0,1757	0,1866	0,2024

Claramente se observa el diferencial que se debe añadir al agua que debe elevarse a la balsa de la Cuarta Elevación para posteriormente bajarse a la Tercera Elevación.

Este incremento supone en términos energéticos un incremento de hasta un 45% (Tabla 40) por lo que se considera totalmente inviable.

Tabla 40. Incrementos energéticos porcentuales

	Funcionando 1B	Funcionando 2B	Funcionando 3B
kWh/m ³ (Bombeo 3º)	0,1261	0,1317	0,1391
kWh/m ³ (Bombeo 4º)	0,1757	0,1866	0,2024
Incremento	39%	42%	45%

7.2 BOMBEO DE CARÁCTER EXCEPCIONAL EN PERIODOS PUNTA

Actualmente la comunidad de regantes está poniendo en marcha los grupos fuera de horario valle para tratar de paliar el déficit existente, asumiendo los sobrecostes derivados de las penalizaciones por exceso de potencia y repercutiéndolos proporcionalmente por m³.

En la Figura 70 se representa el nivel de la balsa de la Primera Elevación y el caudal circulante por la cabecera del Primer Canal de Levante el día 17 de Junio.

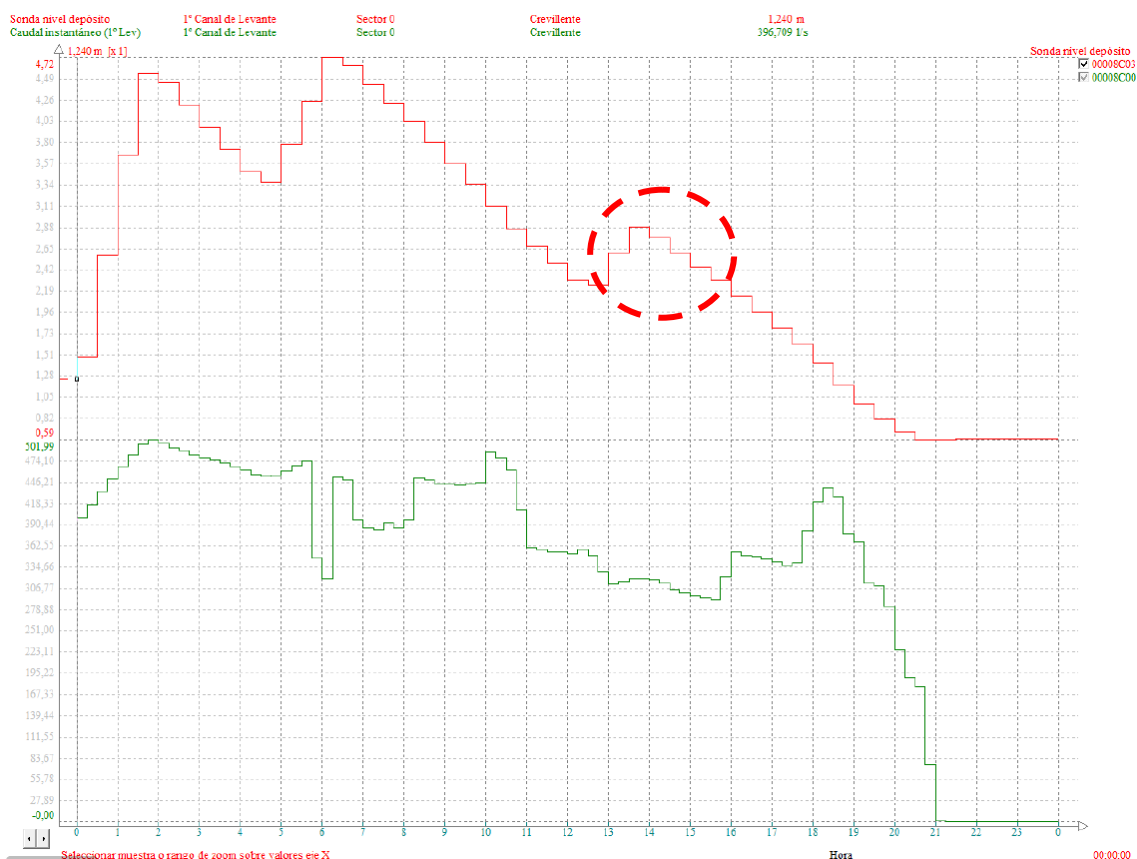


Figura 70. Bombeo en hora punta por falta de capacidad

La secuencia de ese día fue la reflejada en la Tabla 41:

Tabla 41. Secuencia de funcionamiento 17 de Junio de 2014

HORARIO	MANIOBRA BOME
00:00 – 01:30	Llenado balsa Tercera
01:30 – 05:00	Llenado balsa Cuarta
05:00 – 06:00	Llenado balsa Tercera
06:00 – 13:00	-
13:00 – 14:00	Llenado balsa Tercera
14:00 – 21:00	-

Durante una hora se estuvo bombeando a la Tercera Elevación con un grupo, con un consumo aproximado de 600 kW y cuya penalización se reflejó debidamente en la

factura eléctrica. Dicha penalización se puede calcular tal y como se describió anteriormente.

Exceso de potencia:

$$A_e = \sqrt{600 - 500)^2} = 100 \text{ kW}$$

Facturación del exceso de potencia registrado:

$$F_{EP} = 1 \times 1,4064 \text{ €/kW} \times 100 \text{ kW} = 140,64 \text{ €}$$

Término de energía:

$$T_{E(P1)} = 600 \text{ kWh} \times 0,079652 \text{ €/kWh} = 47,79 \text{ €}$$

Estos costes deben incrementarse porcentualmente en concepto de peajes, impuestos sobre electricidad e I.V.A. además del correspondiente término de potencia de todos los periodos contratados ese mes. Una vez se tienen los costes de este exceso de potencia de 1 h. deberían repercutirse en el volumen asociado a 1 hora de funcionamiento del equipo y finalmente al m³ distribuido.

Lamentablemente esta es la solución provisional que se ha adoptado mientras se negocia una nueva tarifa de precios y potencias, pensando en la campaña 2015-2016.

8. PROPUESTA DE SOLUCIONES Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

8.1 AMPLIACIÓN O CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS ELEMENTOS DE REGULACIÓN

Para paliar el déficit existente en la distribución del agua de riego (principalmente en el Primer Canal de Levante) se ha planteado en muchas ocasiones, por ejemplo, el construir una nueva balsa o depósito de regulación en cabecera. Este nuevo depósito permitiría almacenar el agua necesaria para riego en las horas donde la energía eléctrica es más barata y poder disponer de ese volumen para las horas en las que el régimen tarifario eléctrico se convierte en prohibitivo.

Se desarrollan a continuación diferentes modelos que representan la explotación llevada a cabo durante la campaña y diferentes posibles soluciones.

8.1.1 MODELO DE EXPLOTACIÓN DIARIO

8.1.1.1 HIPÓTESIS PREVIA

Un día del pasado mes de junio se retomaba el servicio de distribución de agua de concesiones tras un periodo prolongado con suministro de agua del A.T.S. lo que implicaba una gran demanda y necesidad urgente de riego para los comuneros.

Este servicio se vio comprometido ya que las dos balsas se encontraban vacías y había que llenarlas en las 8 horas de P-6, mientras que la demanda del Primer Canal de Levante sería de unos 43.000 m³ y la de los canales Segundo de Levante y Poniente era también importante.

Desde un primer momento se supo que era imposible realizar esta operación con los grupos disponibles, teniendo en cuenta la capacidad reducida de la balsa de la Tercera Elevación y la ya explicada limitación horaria.

La maniobra que se realizó fue dejar llenas las dos balsas a las 08:00 h. y comenzar la distribución del Primer Canal de Levante (de manera excepcional) desde las 00:00 h. ya que se sabía la urgencia del riego. En el momento en que la balsa de la Tercera Elevación se quedase vacía por completo (sería aproximadamente a primera hora de la tarde) se tenía la orden de volver a elevar el volumen necesario para continuar el riego sin que repercutiera a la explotación del canal. Esto supuso tener que bombear fuera de turno (con la consiguiente penalización) pero se trató de ajustar a que fuera dentro de un tramo lo menos agresivo posible.

La segunda quincena del mes de junio dispone sólo de tramos P-6, P-2 y P-1 por tanto debíamos ajustarnos al tramo P-2, que era en las franjas 08:00-11:00 h. y 19:00-24:00 h. para sufrir la menor penalización posible.

Se realizó una simulación completa de 24 h. en la que se reprodujo el llenado previsto de las balsas y el consumo del Primer Canal de Levante con el caudal marcado por el personal de explotación (600 l/s); el consumo en los canales Segundo de Levante y Poniente era de 300 y 400 l/s respectivamente.

Para ello se establecieron unos controles programados y simples definidos en la Tabla 42 y Tabla 43:

Tabla 42. Controles programados definidas en el modelo inicial

RULE 1	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 1 then link v33 status is open and link v34 status is closed and pump b21 status is open and pump b22 status is open and pump b23 status is open	Este control programado fuerza el arranque de las bombas si el nivel de la balsa de la Tercera Elevación se encuentra por debajo de 1 m. siempre y cuando se encuentre en periodo P-6. Se prioriza el llenado de la balsa de la Tercera Elevación con las válvulas v33 y v34.
RULE 2	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level above 5 then link v33 status is closed and link v34 status is open	Una vez que la balsa de la Tercera Elevación está llena, las válvulas cambian su posición para iniciar el llenado de la balsa de la Cuarta Elevación.
RULE 3	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank CUARTA level above 3.2 then link v34 status is closed and link v33 status is open	Cuando se llena la balsa de la Cuarta Elevación, cambian las posiciones de las válvulas para volver a llenar la balsa de la Tercera Elevación.
RULE 4	Consigna utilizada
if system clocktime > 7.20 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 5 and tank TERCERA level above 4 then pump b22 status is closed and pump b23 status is closed	Los últimos cuarenta minutos antes de que termine el periodo P-6, prioriza el llenado de la balsa de la Tercera Elevación con una única bomba, dejando así el nivel al máximo antes de las 8 h.

Tabla 43. Controles simples definidos en el modelo inicial

Controles definidos	Consigna utilizada
link b21 closed at clocktime 8 am link b22 closed at clocktime 8 am link b23 closed at clocktime 8 am	Pase lo que pase, las bombas se apagan a las 8 h. para no excedernos de potencia fuera de P-6.

Cuando la balsa de la Cuarta alcanza su nivel máximo, la balsa de la Tercera ya se ha descargado parcialmente. En ese momento se vuelve a llenar la balsa de la Tercera. Asimismo, antes de llegar a las 08:00 h. y puesto que a esa hora el nivel de la Tercera se tiene que quedar al máximo, se deja funcionando un solo grupo (Figura 71).

A las 08:00 h. se apagan los equipos hasta las 00:00 h. del día siguiente, por lo que para no entrar en déficit, el volumen dispuesto en las balsas deberá ser mayor o igual al que se pretende distribuir.

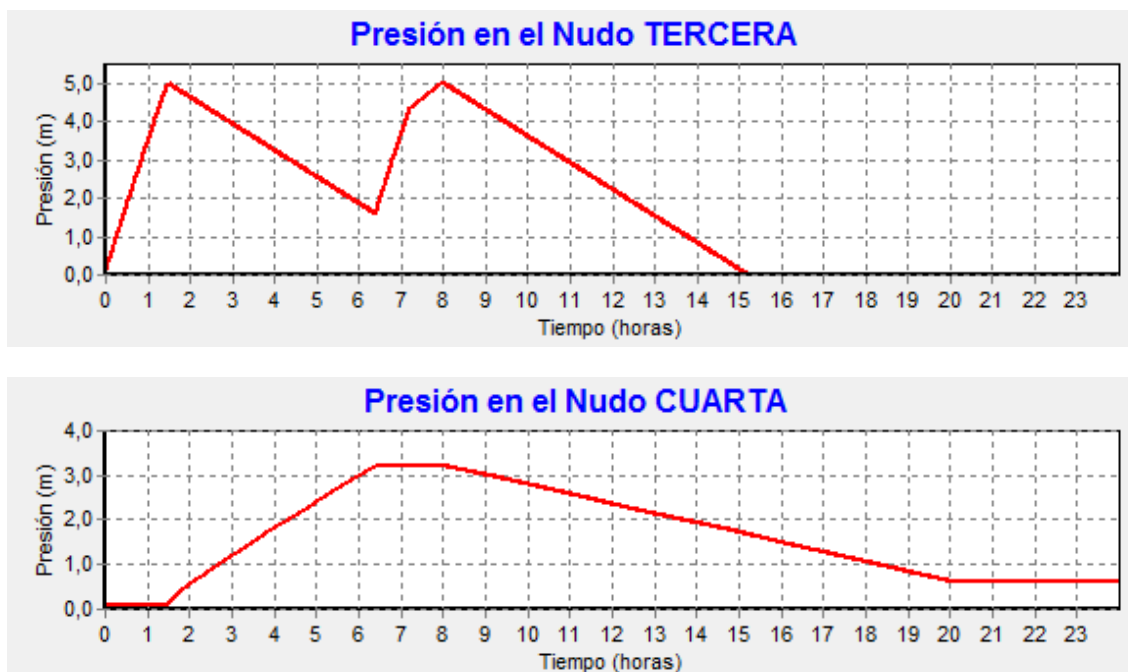


Figura 71. Nivel de las balsas Tercera y Cuarta con el modelo inicial

Aunque las consignas dispuestas priorizan el llenado de la balsa de la Tercera Elevación, vemos que a las 15:12 h. se detiene el proceso por falta de nivel en la balsa que alimenta el Primer Canal de Levante, existiendo un déficit medio de 12.528 m³ tal y como se muestra en la Tabla 44:

Tabla 44. Déficit medio previsto 17/6/2014

Caudal demandado (l/s)	Hora	Volumen (m3)
600	15:12	1.728
600	16:00	2.160
600	17:00	2.160
600	18:00	2.160
600	19:00	2.160
600	20:00	2.160
	Total	12.528

8.1.1.2 SITUACIÓN REAL

En este apartado se va a reflejar la situación real de ese día, con bombeos en horario fuera de P-6 pero cumpliendo el programa de riego. El tiempo de la simulación son 24 h.

Para ello, los patrones de demanda se introducen partiendo de los registros de caudalímetros instalados en cabecera de los canales Primero de Levante y los Segundos de Levante y Poniente. El valor introducido es el Q (t) desde las 00:00 h. hasta la finalización del riego a las 20:00 h.

Se establecieron unos controles programados y simples definidos en la Tabla 45 y Tabla 46:

Tabla 45. Controles programados definidas en el modelo con la situación real

RULE 1	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 1 then link v33 status is open and link v34 status is closed and pump b21 status is open and pump b22 status is open and pump b23 status is open	Este control programado fuerza el arranque de las bombas si el nivel de la balsa de la Tercera Elevación se encuentra por debajo de 1 m. siempre y cuando se encuentre en periodo P-6. Se prioriza el llenado de la balsa de la Tercera Elevación con las válvulas v33 y v34.
RULE 2	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 2 am and tank TERCERA level above 4.99 then link v33 status is closed and link v34 status is open	Si antes de las 02:00 h. la balsa de la Tercera Elevación está llena, las válvulas cambian su posición para iniciar el llenado de la balsa de la Cuarta Elevación.
RULE 3	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 7 am and tank CUARTA level above 3.32 then link v34 status is closed and link v33 status is open	Si antes de las 07:00 h. se llena la balsa de la Cuarta Elevación, cambian las posiciones de las válvulas para volver a llenar la balsa de la Tercera Elevación.
RULE 4	Consigna utilizada
if system clocktime > 5 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 1 then link v33 status is open and link v34 status is closed	Si entre las 05:00 y las 08:00 h. el nivel en la balsa de la Tercera Elevación es inferior a 1 m. las válvulas vuelven a cambiar su posición y se reanuda el llenado.
RULE 5	Consigna utilizada
if system clocktime > 7 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level above 4.6 then pump b22 status is closed and pump b23 status is closed	Si entre las 07:00 y las 08:00 h. el nivel de la balsa de la Tercera Elevación alcanza los 4,60 m. se apagan dos grupos y se llena sólo con uno.

RULE 6	Consigna utilizada
if system clocktime > 9 am and system clocktime <= 11 am and tank TERCERA level below 3.8 then pump b21 status is open	Si entre las 09:00 y las 11:00 h. el nivel de la balsa de la Tercera Elevación desciende de 3,80 m. se arranca un grupo para su llenado.
RULE 7	Consigna utilizada
if system clocktime > 9 am and system clocktime <= 11 am and pump b21 status is open and tank TERCERA level above 4.99 then pump b21 status is closed	Si entre las 09:00 y las 11:00 h. el nivel de la balsa de la Tercera Elevación alcanza el máximo, la bomba se apaga.
RULE 8	Consigna utilizada
if pump b21 status is open and pump b22 status is closed and pump b23 status is closed and tank TERCERA level below 3 and tank TERCERA level above 1.1 then pump b21 status is closed	En el momento en que solo funcione un grupo y el nivel de la balsa de la Tercera Elevación se encuentre entre 3 y 1,10 m. la bomba se apagará. (consigna vinculado a un control simple)

Tabla 46. Controles simples definidos en el modelo con la situación real

Controles definidos	Consigna utilizada
link b21 closed at clocktime 8 am link b22 closed at clocktime 8 am link b23 closed at clocktime 8 am	Pase lo que pase, las bombas se apagan a las 8 h. para no excedernos de potencia fuera de P-6.
link b21 closed at clocktime 11 am	Pase lo que pase, el grupo que funciona fuera del tramo P-6 se apagará cuando termina el periodo P-2
link b21 open if node TERCERA below 0.2	Cuando el nivel de la balsa de la Tercera Elevación descienda de 0,20 m. arrancará un grupo.

La Figura 72 y Figura 73 representan los niveles de las balsas:

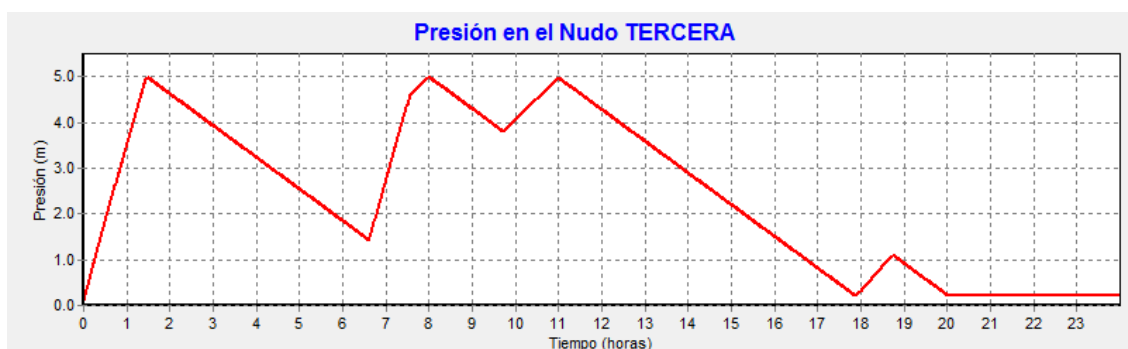


Figura 72. Nivel de la balsa Tercera Elevación con la situación real

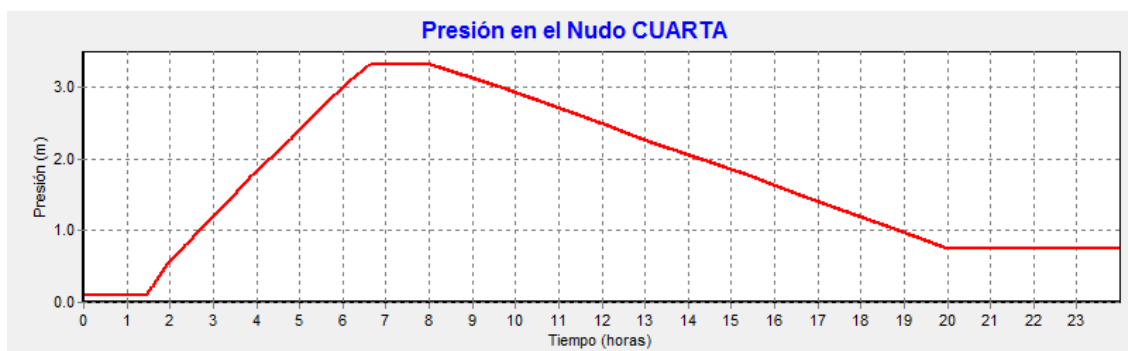


Figura 73. Nivel de la balsa Cuarta Elevación con la situación real

Las figuras presentadas a continuación, muestran el caudal aportado por cada grupo a lo largo de ese día (Figura 74):

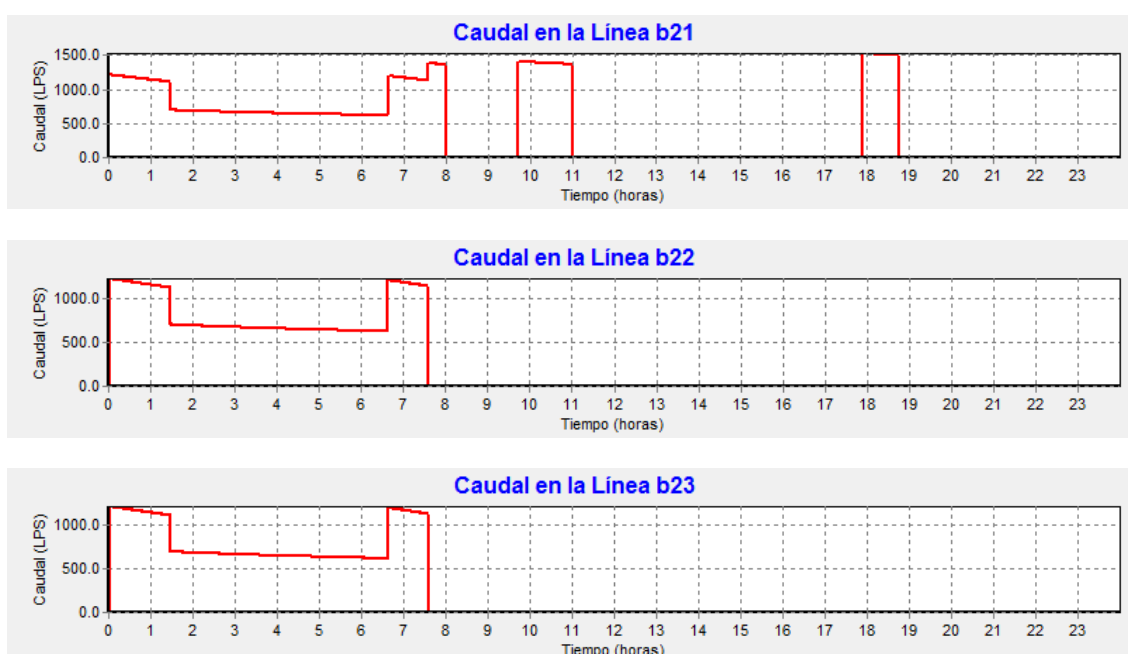


Figura 74. Caudales aportados por las bombas

Si analizamos el caudal aportado por la bomba b21 vemos que termina el llenado de la balsa de la Tercera a las 08:00 h. y vuelve a funcionar en periodo P-2 (entre las 08:00 y las 11:00 h.) Posteriormente vuelve a aportar caudal pero esta vez se tiene que utilizar parte del periodo P-1 ya que el nivel baja por debajo del límite de seguridad, fijado en 0,20 m.

Tabla 47. Bombeo en horario fuera de P-6

Tramo horario (h:min)	Periodo eléctrico	Q medio (l/s)	Volumen (m³)
09:43-10:59	P-2	1.389	6.333
17:54-18:44	P-1	1.515	4.545
		Total	10.878

En la Tabla 47 se define el tiempo de funcionamiento de la bomba que trabaja fuera del periodo P-6, con un volumen total aportado de 10.878 m³.

8.1.1.3 HIPÓTESIS CON DEPÓSITO DE MAYOR CAPACIDAD

Ahora vamos a representar una situación con la hipótesis de ampliar la capacidad de la balsa de la Tercera Elevación 13.000 m³ a un total de 28.590 m³.

Para ello se establecen unas consignas definidas en la Tabla 48:

Tabla 48. Controles programados definidas en el modelo con mayor capacidad de depósito

RULE 1	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level below 1 then link v33 status is open and link v34 status is closed and pump b21 status is open and pump b22 status is open and pump b23 status is open	Este control programado fuerza el arranque de las bombas si el nivel de la balsa de la Tercera Elevación se encuentra por debajo de 1 m. siempre y cuando se encuentre en periodo P-6. Se prioriza el llenado de la balsa de la Tercera Elevación con las válvulas v33 y v34.
RULE 2	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank TERCERA level above 4.99 then link v33 status is closed and link v34 status is open	Una vez que la balsa de la Tercera Elevación está llena, las válvulas cambian su posición para iniciar el llenado de la balsa de la Cuarta Elevación.
RULE 3	Consigna utilizada
if system clocktime > 0 am and system clocktime <= 8 am and tank CUARTA level above 3 then link v34 status is closed and link v33 status is open	Cuando el nivel en la balsa de la Cuarta Elevación llega a 3 m. se cambian las posiciones de las válvulas para volver a llenar la balsa de la Tercera Elevación.

En la Figura 75 se representa el nivel de la balsa Tercera, y se observa que con el aumento de capacidad planteado se cubriría el déficit existente con estas hipótesis y se lograría aprovechar al máximo las 8 h. de bombeo en periodo P-6.



Figura 75. Nivel de balsa Tercera con el aumento de capacidad

Lo mismo ocurre con el nivel de la balsa de la Cuarta Elevación (Figura 76):



Figura 76. Nivel de balsa Cuarta

El sistema de consignas diseñado hace que el comportamiento de las bombas sea el siguiente, reflejado en la (Figura 77):



Figura 77. Caudal impulsado por cada una de las bombas

Uno de los principales inconvenientes implícitos en esta alternativa es el entorno urbano en el que se emplazaría la balsa ya que la zona de cabecera se encuentra rodeada de viviendas unifamiliares, fábricas, restaurantes e infraestructuras. El rechazo social a la construcción de este elemento es absoluto, además administrativamente tendría una gran complejidad conseguir los permisos necesarios para poder ejecutarla.

Con las balsas ya existentes no existe este problema ya que socialmente se consideran totalmente implantadas. Otro problema importante es que la comunidad de regantes no dispone de terreno en propiedad donde poder ejecutar esta balsa, teniendo que acometer la obra previa compra de la parcela correspondiente.

Esta alternativa queda descartada por los motivos expuestos.

8.2 BÚSQUEDA DE UNA FUENTE ADICIONAL DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

Pocas son las fuentes alternativas de obtención de energía eléctrica en un entorno casi urbano como es el que nos ocupa.

La energía solar ha sido en los últimos años la principal opción para disminuir los costes energéticos en pequeños bombeos aunque con muchas limitaciones importantísimas como son los dos parámetros fundamentales en esta situación:

- Superficie/Potencia (m^2 instalación/kW)
- Precio/Superficie ($\text{€}/\text{m}^2$ instalación)

Aunque la técnica ha evolucionado bastante en los últimos años, los ratios de superficie/producción que se manejan actualmente son cercanos a $30\text{m}^2/1\text{kW}$ para paneles con dispositivos de giro en el eje horizontal N-S y que aumentan la eficiencia notablemente. Esto hace que para poder utilizar un solo grupo de la Segunda Elevación tengamos que disponer al menos de una instalación de 20.000 m^2 .

En cuanto al coste de implantación de todo el sistema, este tipo de instalación puede costar sobre $3\text{€}/\text{W}$, por lo que el monto total puede ser aproximadamente $2.000.000\text{ €}$. Además hay que disponer de un terreno con la superficie adecuada y las condiciones ideales para esta instalación.

El funcionamiento de este sistema sería el conocido "bombeo solar directo" que consiste en elevar agua contra la balsa que se dispone. Se evitaría así la instalación de baterías que encarecerían la solución pero se tendría que adaptar el consumo de las bombas con variadores de frecuencia. Esto podría ser una limitación en nuestro caso ya que sólo se dispone de un variador de frecuencia para los tres grupos de la Segunda Elevación.

También hay que considerar que es un material con gran susceptibilidad de ser robado o dañado debido a la acción vandálica.

Considerando los argumentos expuestos, se desecha esta opción como alternativa a la búsqueda de una fuente adicional de suministro eléctrico.

9. UTILIZACIÓN DE TURBINAS COMO FUENTE DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

La utilización de turbinas para la obtención de energía eléctrica es una alternativa para producir energía "limpia" y se ha visto impulsada en los últimos años desde la propia Administración, quien ha asegurado la rentabilidad económica de muchos pequeños aprovechamientos hidroeléctricos. Si bien es cierto que con la nueva legislación eléctrica se pone freno a la obtención de grandes beneficios económicos derivados del impulso por mejorar y diversificar la obtención de energía, hay otros aspectos que seguirán resultando interesantes como son la investigación y desarrollo de elementos mecánicos e infraestructuras así como el "know how" que se ha generado alrededor de este mercado.

Por otro lado, actualmente las minicentrales eléctricas en España se caracterizan por no superar los 10 MW. de potencia instalada. Aunque el principio físico sea el mismo, las diferencias entre los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos y las grandes centrales convencionales nacen desde el mismo momento de su concepción y diseño; desde los volúmenes y caudales que se manejan hasta la tipología de sus obras o incluso las potencias equipadas serán objeto de diferentes estudios, diseños y construcciones.

9.1 ESQUEMA PLANTEADO

Uno de los objetivos de este trabajo era tratar de encontrar una alternativa a la difícil situación relativa a la tarifa eléctrica que sufre actualmente la C.G.R.R.L. (M.I.) y que le impide, por los motivos ya expuestos, distribuir los volúmenes deseados de aguas de concesiones a unos precios razonables. Aprovechando las infraestructuras existentes para poder encajar una solución técnica y económicamente razonable, se plantea el uso de turbinas como fuente de suministro alternativo en las horas en las que la tarifa eléctrica es más cara.

Analizando detenidamente la red hidráulica, los diferentes orígenes, calidad y usos finales que se le da al agua de riego que distribuye la comunidad de regantes, aparece un esquema muy claro que debemos valorar: **aprovechar la energía potencial del agua almacenada en el Embalse de Crevillente para su uso como riego tradicional o en lámina libre y emplear esa energía obtenida en bombear agua de concesiones en las horas de mayor coste energético.**

9.2 TIPOLOGÍA DEL APROVECHAMIENTO

Tal y como definen los profesores D. Luis Cuesta Diego y D. Eugenio Vallarino en su libro Aprovechamientos hidroeléctricos, existe un esquema mixto entre las presas de derivación y conducción por canal, que son las presas de embalse con un nivel variable y conducción totalmente en presión de manera que se comunica el embalse con la central. Así se aprovecharía el desnivel proporcionado por la presa y ganado por la conducción además de poder regular el caudal turbinado para aumentar la cantidad y calidad de la energía generada.

9.3 ELEMENTOS DE OBRA CIVIL DEL APROVECHAMIENTO

9.3.1 EMBALSE DE CABECERA

Como se ha descrito anteriormente, el Embalse de Crevillente es una presa de materiales sueltos de 13 Hm³ de capacidad cuyo uso es exclusivo de la comunidad de regantes. Su gran capacidad de almacenamiento garantiza el suministro de toda la red de riego con agua del A.T.S. durante gran parte del año.

La entrada de agua al embalse se realiza a través de un canal de descarga que vierte a la cota +147,50 m.s.n.m. sobre una escollera recebada con hormigón para disipar la energía y evitar erosiones sobre el talud.

9.3.2 TOMA

La toma flotante actual desde la que se alimenta toda la red de modernización es una gran estructura metálica articulada en un extremo que le permite bascular en función del nivel de agua del embalse, ayudado por la flotabilidad que le proporciona el otro extremo y desde el cual se capta el agua.

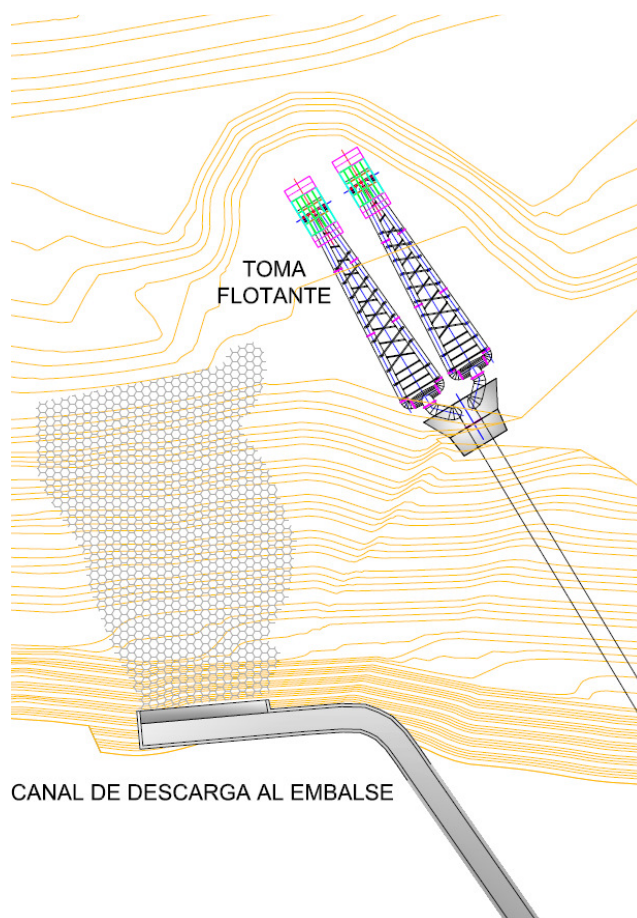


Figura 78. Toma flotante y canal de descarga del Embalse de Crevillente

Es una gran ventaja que la entrada de agua esté separada de la salida, así la toma flotante capta el agua totalmente decantada, evitando así la entrada de sólidos que puedan dañar todos los elementos mecánicos que se encuentran aguas abajo, como es en este caso la turbina.

En la toma nace una tubería de acero DN2000 que atraviesa el cuerpo del dique y cuyo seccionamiento está gobernado por un juego de válvulas especiales dispuestas a tal efecto. Aguas abajo de este dispositivo de seguridad se inicia la red principal de modernización de la comunidad de regantes, descrito anteriormente en el apartado 2.4.2 y que incluye las válvulas de sobrevelocidad existentes en el inicio de las dos tuberías de PRFV DN1600.

9.3.3 TUBERÍAS

Peculiaridades aparte, este aprovechamiento hidroeléctrico consta de todos los elementos necesarios para su cometido. Las tuberías principales que alimentan la red de modernización serán asemejadas a tuberías forzadas ya que transportan el agua desde la cámara de carga o embalse hasta la turbina salvando el desnivel necesario.

Su timbraje es suficiente para soportar el régimen de trabajo de la central ya que están diseñadas para las mismas condiciones (el funcionamiento de la turbina no deja de ser un nudo de consumo en cabecera de una red).

Por otro lado y debido a que el diseño inicial de la red de modernización se basó en el consumo de toda la superficie regable (25.000 hectáreas), las infraestructuras existentes se encuentran actualmente en un estado de sobredimensionamiento. Esto juega a nuestro favor ya que las pérdidas de carga existentes a lo largo de la conducción son mínimas.

9.4 PARÁMETROS DE DISEÑO

La potencia instalada en un aprovechamiento y por tanto la energía disponible para la generación durante un tiempo "t" es directamente proporcional a dos variables:

- Caudal que se turbinada.
- Salto disponible.

9.4.1 SALTO

El salto es la diferencia de nivel entre la toma y la reposición del caudal turbinado, diferenciándose el salto bruto (H_b), salto útil (H_u) y salto neto (H_n).

El salto bruto es la diferencia entre las láminas de agua en la toma y el punto de descarga; el salto útil es la diferencia entre la lámina de agua en la cámara de carga y el nivel de desagüe de la turbina; el salto neto es el resultado de restar al salto útil las pérdidas de carga debidas al paso del agua por los diferentes elementos.

En nuestro caso, debemos tener en cuenta que el nivel del embalse de Crevillente es variable en función del volumen almacenado pero existe una razón fundamental para

considerarlo como un valor fijo en los cálculos a realizar y no es más que la tendencia por parte de la comunidad de regantes a tener el embalse a un nivel constante de +140 m.s.n.m. aproximadamente.

La razón fundamental es que durante el invierno se aporta más volumen del que consume la red para preparar así la campaña de riego donde la demanda se dispara.

Así se garantiza que si hay cualquier problema de suministro por parte del A.T.S. durante la campaña de riego, la red no se vea desabastecida.

9.4.2 CAUDAL DE EQUIPAMIENTO

Como se ha descrito anteriormente en el apartado 4.3.1.3 las demandas actuales de la comunidad de base Tercer Canal de Levante son anualmente superiores a 3 Hm³ (Figura 79) y la tendencia es al alza debido a la disminución de la calidad y cantidad de agua de concesiones, a la puesta en marcha de nuevas explotaciones agrarias que permanecían abandonadas y a la tipología de la red principal de la futura modernización de esta comunidad de base (ver Figura 37)

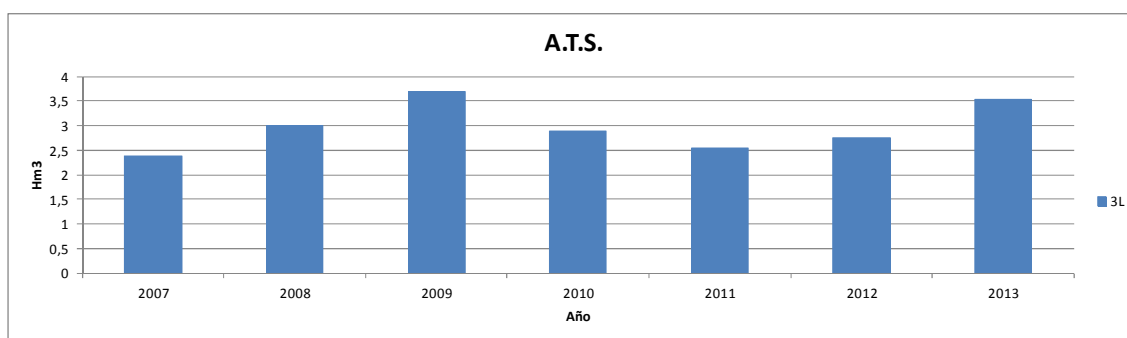


Figura 79. Distribución anual de agua del A.T.S. Tercer Canal de Levante

Independientemente del volumen potencial turbinable se tienen que considerar otros factores muy importantes:

- Este agua debe satisfacer la demanda diaria de los regantes del Tercer Canal de Levante.
- La capacidad de la balsa de la Quinta Elevación donde se restituirá el caudal turbinado es limitada, aunque se puede simultanear la turbinación y el suministro.
- El canal de riego tiene capacidad de transporte limitada.

Asumiendo estas premisas, se ha optado por estudiar los volúmenes diarios distribuidos desde los años 2007 a 2013 y evaluar diferentes escenarios, en los que se llenase la balsa con el volumen total diario en un número determinado de horas que serían las horas de funcionamiento de la turbina.

En las siguientes gráficas (Figura 80 a Figura 85) se representan las curvas de caudales clasificados para los escenarios de 8, 5, 4, 3, 2, 1 horas de llenado de la balsa (y funcionamiento de la turbina) respectivamente.

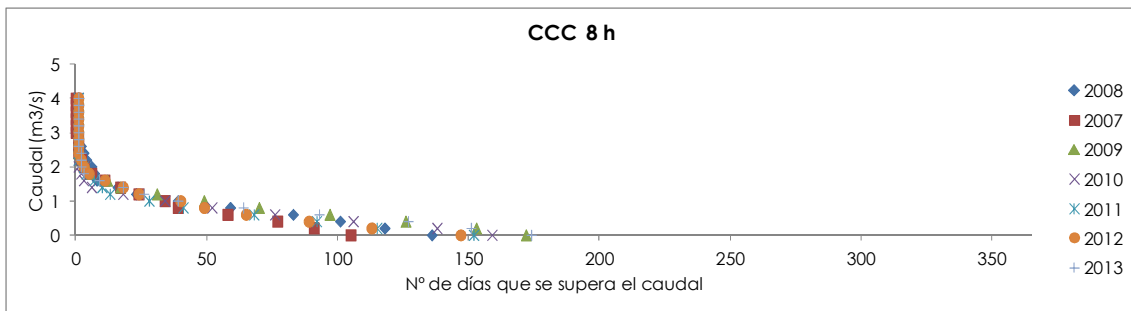


Figura 80. Curva de caudales clasificados en 8 horas de funcionamiento

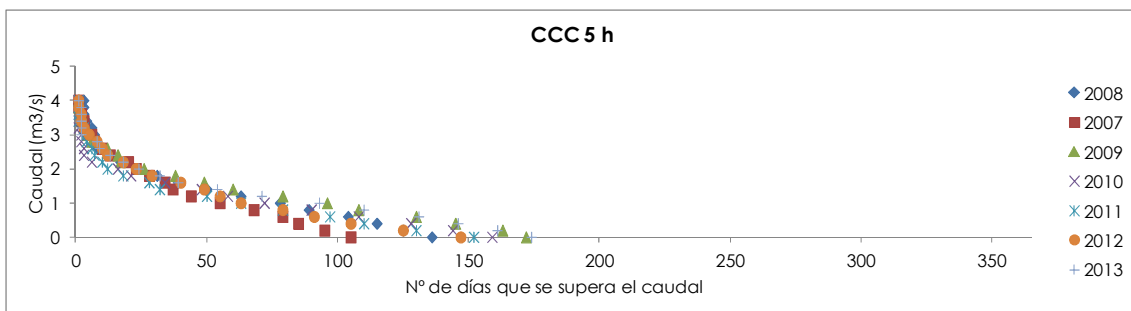


Figura 81. Curva de caudales clasificados en 5 horas de funcionamiento

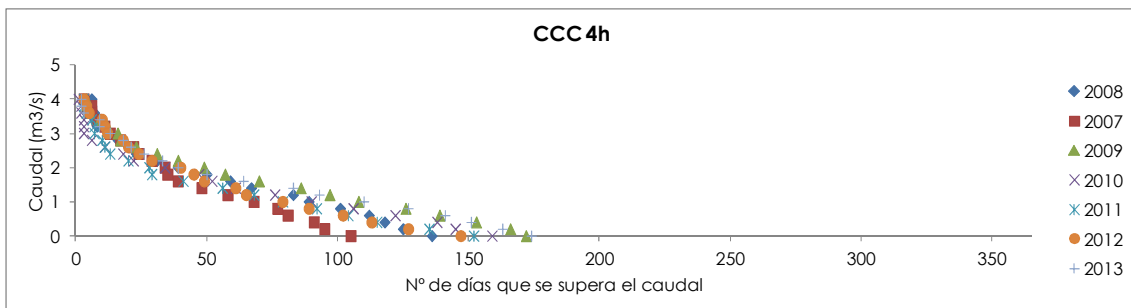


Figura 82. Curva de caudales clasificados en 4 horas de funcionamiento

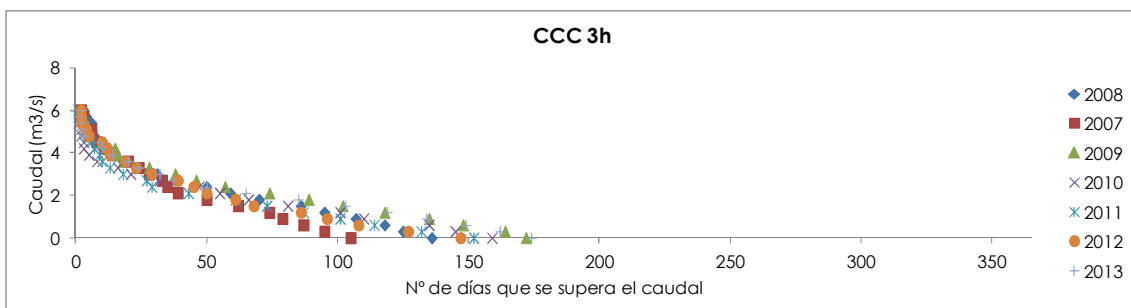


Figura 83. Curva de caudales clasificados en 3 horas de funcionamiento

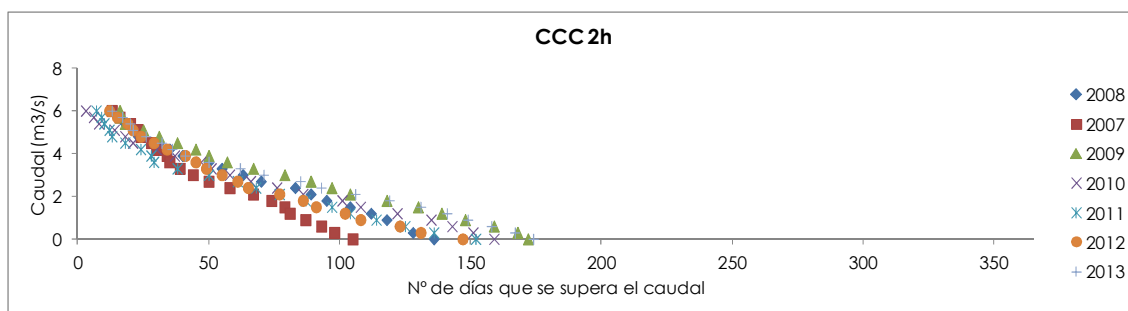


Figura 84. Curva de caudales clasificados en 2 horas de funcionamiento

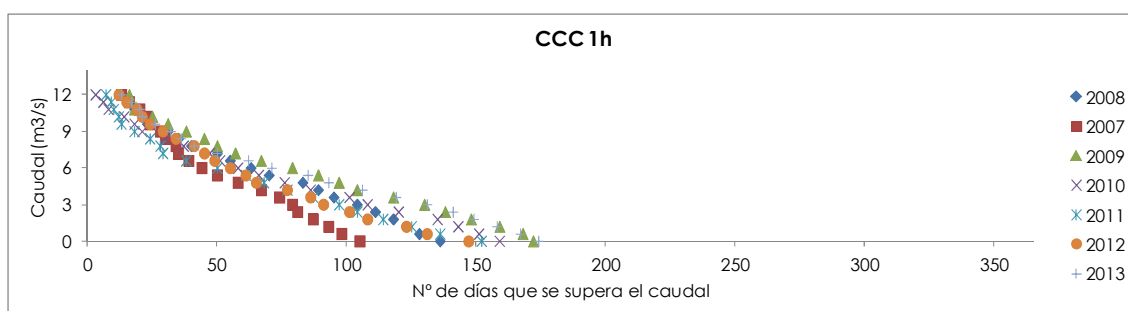


Figura 85. Curva de caudales clasificados en 1 hora de funcionamiento

Estas curvas de caudales clasificados indican el número de días del año que se superan diferentes caudales en función del número de horas de funcionamiento de la turbina.

El caudal de equipamiento se establece a partir de la curva de caudales clasificados elegida y trataremos de seleccionar un caudal que quede dentro de un rango marcado por los Q80 y Q100, siendo el Q80 el caudal demandado durante 80 días al año y el Q100 el que se demanda durante 100 días al año (en un determinado escenario que dependerá del nº de horas de funcionamiento). Esto es un método habitual en centrales hidroeléctricas convencionales, en las que se tienen en cuenta otros parámetros como por ejemplo el caudal ecológico del río. Pero por otro lado, un caudal de equipamiento comprendido entre Q80 y Q100 supone asegurar la capacidad de turbinar al menos durante 3 meses al año y afortunadamente los meses de mayor demanda de agua en el Tercer Canal de Levante (turbinado) coincide con los meses de mayor demanda de agua en el Primer Canal de Levante (bombeo) por lo que disponibilidad y demanda se acoplan en el tiempo.

Esta metodología puede servir en nuestro caso como una aproximación a la solución definitiva, pero hay que estudiar el problema de manera inversa para ajustar el caudal de equipamiento a las necesidades demandadas ya que nuestra función no va a ser vender energía sino producir la necesaria para cubrir nuestro déficit.

El déficit diario existente en el Primer Canal de Levante se encuentra entorno a los 10.000 m³ en los meses de mayor consumo, con puntas cercanas a 15.000 m³. Considerando que una hora de funcionamiento de uno de los grupos de la Segunda Elevación equivale a elevar 4.788 m³ a la balsa de la Tercera Elevación, tendremos cubierto el déficit punta en un periodo de tiempo de 3 horas aproximadamente.

Veamos ahora cómo sería la curva de caudales clasificados si toda la demanda diaria se turbinase durante 3 y 2 horas, de media entre los años 2007 y 2013 de la serie histórica estudiada (Figura 86 y Figura 87):

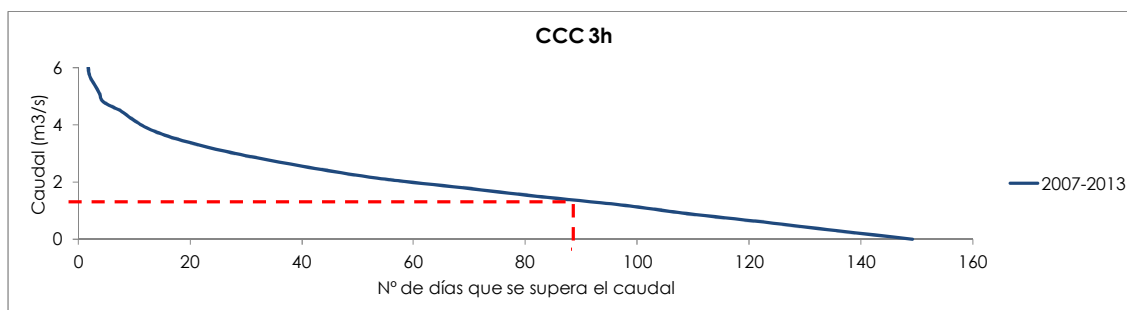


Figura 86. Curva de caudales clasificados en 3 horas de funcionamiento 2007-2013

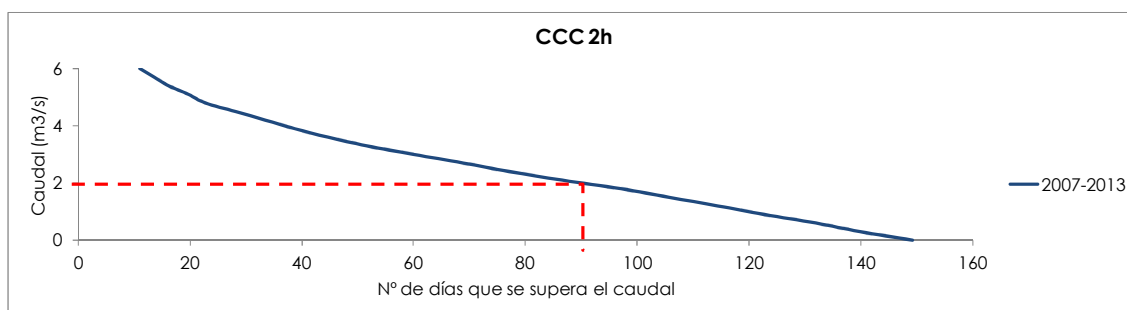


Figura 87. Curva de caudales clasificados en 2 horas de funcionamiento 2007-2013

Estas dos figuras nos indican que nuestro caudal a equipar puede estar entorno a los 1,5 -2 m³/s ya que nos garantiza que durante 90 días al año vamos a poder suministrar la demanda del Tercer Canal de Levante en un periodo de 2 o 3 horas.

Debemos comprobar (Tabla 49) que en esas 2 horas de funcionamiento con un caudal turbinado de 2 m³/s no se supere un volumen de 36.000 m³ que es la capacidad de la balsa, ya que podría darse una situación desfavorable en la que no se quisiera regar durante el día y se tendría que almacenar el volumen turbinado en la balsa (rara vez ocurriría).

Tabla 49. Volumen disponible en balsa 5ª Elevación

Horas funcionamiento turbina	Q equipado (m ³ /s)	Volumen turbinado (m ³)	V. disponible balsa 5ª Elev. (m ³)
1	2	7.400	28.800
2	2	14.400	21.600
3	2	21.600	14.400
4	2	28.800	7.200

Una vez tenemos predimensionado el caudal de equipamiento, se calcula la potencia generada, el nº de horas de funcionamiento de la turbina y el bombeo, así como los volúmenes potenciales que se podrán elevar a cada una de las balsas en función del nº de bombas puestas en marcha (Tabla 50, Tabla 51, Tabla 52)

Con ello se comprobará a partir de qué volumen diario de riego del Tercer Canal de Levante se cubrirá el déficit que buscamos, en función del caudal turbinado.

Cuando la potencia generada sea inferior a la potencia de una o varias bombas en paralelo, se marcará la celda con las letras "P.I." y cuyo significado será "potencia insuficiente".

Se ha tenido en cuenta en estos cálculos un salto neto de 65 m.c.a. y unos rendimientos de 0,85 para la parte mecánica y 0,95 para la parte eléctrica. (Estos rendimientos son genéricos por lo que el cálculo definitivo se realizará con los valores de la turbina escogida).

Tabla 50. Cálculos estimativos si Q_turb 1,50 m³/s

Vol. 3L (m ³)	Q turb (m ³ /s)	Pot gen. (kW)	Nº h. funci.	Nº h. bombeo	Q bombeado (m ³ /s)				V. potencial a elevar (m ³)			
					2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a		2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a	
					1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b
2000	1,5	727	0,37	0,37	1,33	2,54	0,86	1,57	1773	P.I.	1147	P.I.
4000	1,5	727	0,74	0,74	1,33	2,54	0,86	1,57	3547	P.I.	2293	P.I.
6000	1,5	727	1,11	1,11	1,33	2,54	0,86	1,57	5320	P.I.	3440	P.I.
8000	1,5	727	1,48	1,48	1,33	2,54	0,86	1,57	7093	P.I.	4587	P.I.
10000	1,5	727	1,85	1,85	1,33	2,54	0,86	1,57	8867	P.I.	5733	P.I.
12000	1,5	727	2,22	2,22	1,33	2,54	0,86	1,57	10640	P.I.	6880	P.I.
14000	1,5	727	2,59	2,59	1,33	2,54	0,86	1,57	12413	P.I.	8027	P.I.
16000	1,5	727	2,96	2,96	1,33	2,54	0,86	1,57	14187	P.I.	9173	P.I.
18000	1,5	727	3,33	3,33	1,33	2,54	0,86	1,57	15960	P.I.	10320	P.I.
20000	1,5	727	3,70	3,70	1,33	2,54	0,86	1,57	17733	P.I.	11467	P.I.
22000	1,5	727	4,07	4,07	1,33	2,54	0,86	1,57	19507	P.I.	12613	P.I.
24000	1,5	727	4,44	4,44	1,33	2,54	0,86	1,57	21280	P.I.	13760	P.I.
26000	1,5	727	4,81	4,81	1,33	2,54	0,86	1,57	23053	P.I.	14907	P.I.
28000	1,5	727	5,19	5,19	1,33	2,54	0,86	1,57	24827	P.I.	16053	P.I.
30000	1,5	727	5,56	5,56	1,33	2,54	0,86	1,57	26600	P.I.	17200	P.I.

Tabla 51. Cálculos estimativos si Q_turb 2 m³/s

Vol. 3L (m ³)	Q turb (m ³ /s)	Pot gen. (kW)	Nº h. funci.	Nº h. bombeo	Q bombeado (m ³ /s)				V. potencial a elevar (m ³)			
					2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a		2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a	
					1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b
2000	2	969	0,28	0,28	1,33	2,54	0,86	1,57	1330	P.I.	860	P.I.
4000	2	969	0,56	0,56	1,33	2,54	0,86	1,57	2660	P.I.	1720	P.I.
6000	2	969	0,83	0,83	1,33	2,54	0,86	1,57	3990	P.I.	2580	P.I.
8000	2	969	1,11	1,11	1,33	2,54	0,86	1,57	5320	P.I.	3440	P.I.

10000	2	969	1,39	1,39	1,33	2,54	0,86	1,57	6650	P.I.	4300	P.I.
12000	2	969	1,67	1,67	1,33	2,54	0,86	1,57	7980	P.I.	5160	P.I.
14000	2	969	1,94	1,94	1,33	2,54	0,86	1,57	9310	P.I.	6020	P.I.
16000	2	969	2,22	2,22	1,33	2,54	0,86	1,57	10640	P.I.	6880	P.I.
18000	2	969	2,50	2,50	1,33	2,54	0,86	1,57	11970	P.I.	7740	P.I.
20000	2	969	2,78	2,78	1,33	2,54	0,86	1,57	13300	P.I.	8600	P.I.
22000	2	969	3,06	3,06	1,33	2,54	0,86	1,57	14630	P.I.	9460	P.I.
24000	2	969	3,33	3,33	1,33	2,54	0,86	1,57	15960	P.I.	10320	P.I.
26000	2	969	3,61	3,61	1,33	2,54	0,86	1,57	17290	P.I.	11180	P.I.
28000	2	969	3,89	3,89	1,33	2,54	0,86	1,57	18620	P.I.	12040	P.I.
30000	2	969	4,17	4,17	1,33	2,54	0,86	1,57	19950	P.I.	12900	P.I.

Tabla 52. Cálculos estimativos si Q_turb 2,50 m³/s

Vol. 3L (m ³)	Q turb (m ³ /s)	Pot gen. (kW)	Nº h. funci.	Nº h. bombeo	Q bombeado (m ³ /s)				V. potencial a elevar (m ³)			
					2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a		2 ^a -3 ^a		2 ^a -4 ^a	
					1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b	1 b	2 b
2000	2,5	1212	0,22	0,22	1,33	2,54	0,86	1,57	1064	2035	688	1258
4000	2,5	1212	0,44	0,44	1,33	2,54	0,86	1,57	2128	4070	1376	2515
6000	2,5	1212	0,67	0,67	1,33	2,54	0,86	1,57	3192	6106	2064	3773
8000	2,5	1212	0,89	0,89	1,33	2,54	0,86	1,57	4256	8141	2752	5030
10000	2,5	1212	1,11	1,11	1,33	2,54	0,86	1,57	5320	10176	3440	6288
12000	2,5	1212	1,33	1,33	1,33	2,54	0,86	1,57	6384	12211	4128	7546
14000	2,5	1212	1,56	1,56	1,33	2,54	0,86	1,57	7448	14246	4816	8803
16000	2,5	1212	1,78	1,78	1,33	2,54	0,86	1,57	8512	16282	5504	10061
18000	2,5	1212	2,00	2,00	1,33	2,54	0,86	1,57	9576	18317	6192	11318
20000	2,5	1212	2,22	2,22	1,33	2,54	0,86	1,57	10640	20352	6880	12576
22000	2,5	1212	2,44	2,44	1,33	2,54	0,86	1,57	11704	22387	7568	13834
24000	2,5	1212	2,67	2,67	1,33	2,54	0,86	1,57	12768	24422	8256	15091
26000	2,5	1212	2,89	2,89	1,33	2,54	0,86	1,57	13832	26458	8944	16349
28000	2,5	1212	3,11	3,11	1,33	2,54	0,86	1,57	14896	28493	9632	17606
30000	2,5	1212	3,33	3,33	1,33	2,54	0,86	1,57	15960	30528	10320	18864

Comparamos los valores destacados en las tablas y vemos que cuanto mayor sea el caudal de equipamiento, mayor es el volumen necesario a turbinar para poder elevar con un grupo el volumen marcado como objetivo (10.000-15.000 m³), pero tendríamos energía disponible que se perdería. En el caso de utilizar dos bombas, lógicamente el volumen necesario a turbinar para cumplir el déficit disminuye. Por ello, vamos a tratar de buscar un caudal de equipamiento que nos permita utilizar dos bombas en paralelo para no sólo cubrir el déficit objetivo sino que nos ayude directamente a producir la energía necesaria para elevar gran parte de los volúmenes demandados.

Lo primero que debemos considerar es que los valores anteriormente calculados han sido fruto de utilizar series anuales completas, pero puede que nos arroje algo más de información si desagregamos estas series anuales y las agrupamos, por ejemplo, en los meses de junio a septiembre.

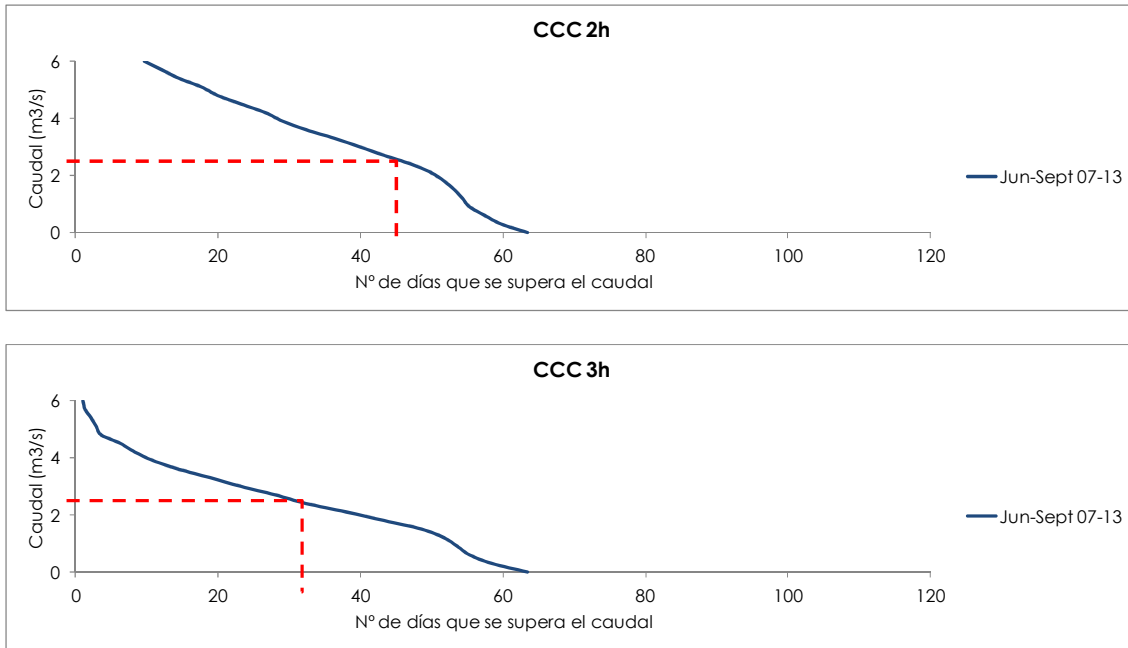


Figura 88. Curvas de caudales clasificados en 2 y 3 horas de funcionamiento Jun-Sept 2007-2013

Estas dos gráficas (Figura 88) refuerzan la teoría de aumentar el caudal de equipamiento y permitir así mayor aprovechamiento de la instalación.

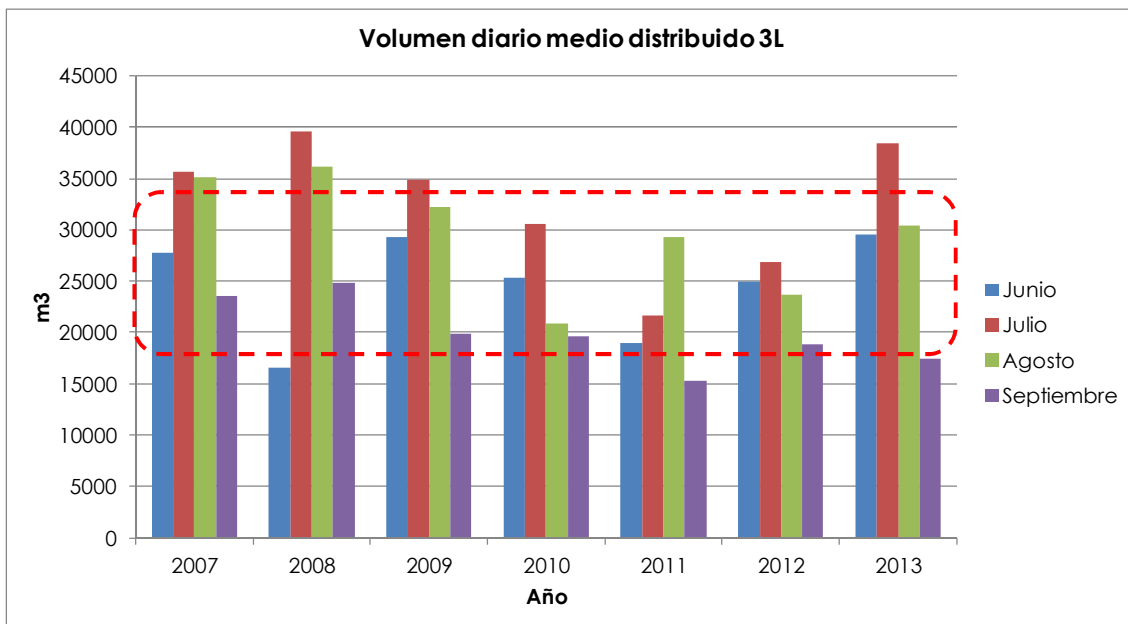


Figura 89. Volumen diario medio distribuido meses junio-septiembre del periodo 2007-2013

Se comprueba también que durante los meses de junio a septiembre de la serie 2007-2013, el volumen diario distribuido en cabecera del Tercer Canal de Levante presenta valores tendentes a los 20.000-35.000 m³ (Figura 89) asegurando también la demanda del recurso necesaria.

Antes de concluir este punto se debe reflexionar en que un caudal de equipamiento determinado no tiene que verse obligado siempre a ser el caudal de funcionamiento ya que la gran ventaja de las turbinas que puedan encajar en esta solución presentan valores de rendimientos muy altos para caudales diferentes al de diseño. Esto implica que si no podemos disponer del 100% del caudal nominal de diseño, al menos podamos aprovechar el caudal disponible con rendimientos que nos permitan utilizar una bomba.

De todos los casos estudiados, se define como referencia un caudal de equipamiento de 2,50 m³/s.

9.4.3 SELECCIÓN DE LA TURBINA A INSTALAR

Para preseleccionar el tipo de turbina a instalar, se utiliza un ábaco genérico de uso habitual y que aparece en multitud de publicaciones. Con ello se determina el tipo de turbina en función del caudal y la altura.

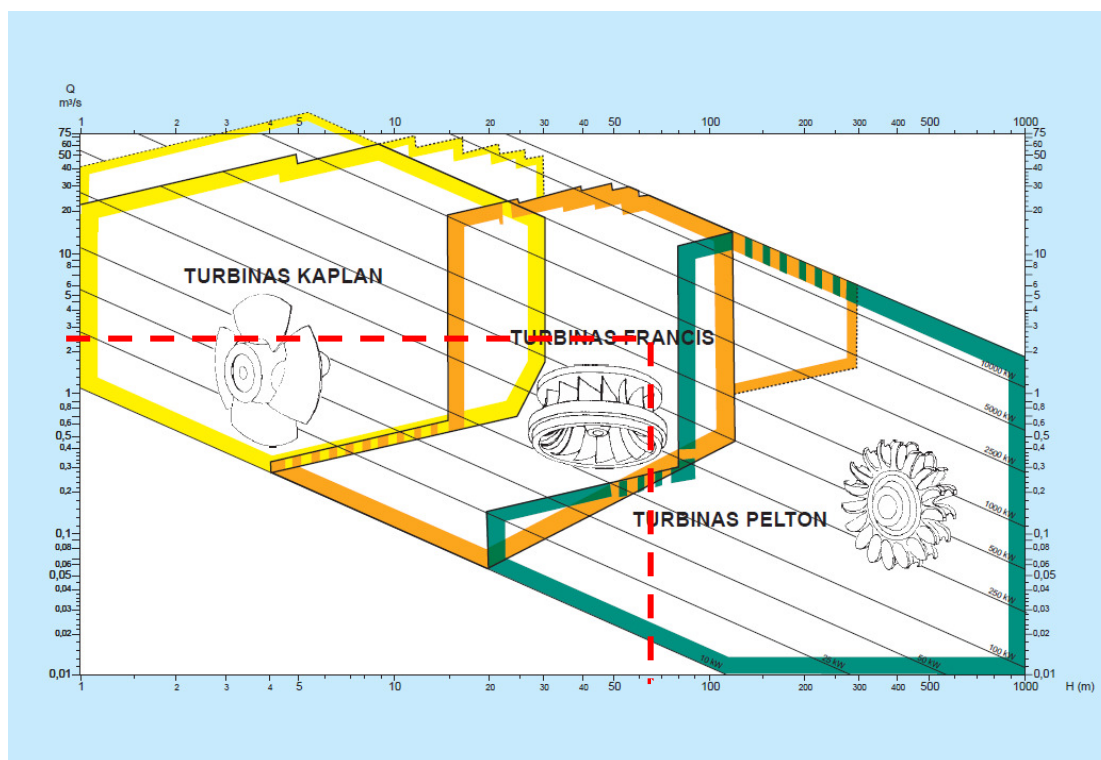


Figura 90. Ábaco de selección del tipo de turbina (Voest-Alpine)

Se selecciona una turbina Francis, siendo su tipología turbina de reacción. Normalmente tienen la entrada radial en el rodete y la salida es axial.

La gran ventaja de esta tipología es que mantiene unos rendimientos aceptables con una variabilidad de caudal de hasta el 40% del caudal nominal.

9.5 POTENCIA DE LA CENTRAL

La potencia eléctrica teórica que puede generar la central, viene dada por la expresión:

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H_n$$

donde:

P: Potencia instalada en kW

Q: Caudal en m³/s

H_n: Salto útil en m

Sin embargo la potencia útil a la salida de la central es igual a:

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H_n \cdot e$$

siendo $e = \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr}$

donde:

e: Factor de eficiencia de la central

η_t : Rendimiento de la turbina

η_g : Rendimiento del generador

η_{tr} : Rendimiento del transformador

(Puede tomarse como factor de eficiencia de la central un valor 0,85)

$$\text{Potencia útil} = 9,81 \cdot 2,50 \cdot (140 - 77,45) \cdot 0,85 = 1.303,93 \text{ kW}$$

Se toma como cota absoluta de restitución el nivel medio de la balsa:

$$\text{Nivel de restitución} = 74,95 + \left(\frac{5}{2}\right) = 77,45 \text{ m.s.n.m.}$$

Con estos 1.303 kW útiles nos aseguramos el funcionamiento en paralelo de dos bombas CP3531 de la Segunda Elevación, cuyo consumo conjunto es cercano a los 1.200 kW.

9.6 MODELO MATEMÁTICO DEL SISTEMA IMPLEMENTADO CON EL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO

Ahora que conocemos todos los problemas presentados anteriormente y sabemos el alcance de la solución definitiva, pasamos a desarrollar un nuevo modelo matemático que permita operar en diferentes escenarios para así comprobar la validez de la propuesta.

Este nuevo modelo se rige según las mismas premisas que los modelos presentados anteriormente, no siendo por tanto un modelo georreferenciado, sino un modelo energético con el cual se puede simular la red de modernización, la turbina a implementar y alguna parte necesaria de la red de riego tradicional.

También se trata de comprobar la pérdida de carga en las tuberías principales de modernización, para asegurarnos que la caída de presión en cabecera de esta red como consecuencia de la utilización puntual de la turbina no lleva asociada distorsiones en el funcionamiento de la red.

Se obtendrá con ello el par de valores caudal turbinado-pérdidas de carga generadas en la turbina y a partir de estos datos se elaborará una tabla con la que podremos conocer los resultados del aprovechamiento en términos energéticos.

Las fases de generación de este modelo reducido son las mismas que las descritas en el apartado 6.1 y sus principales componentes son:

9.6.1 EMBASLE DE CREVILLENTE

Como se ha expuesto en el apartado 9.4.1 el embalse de Crevillente se va a introducir en el modelo como un embalse con nivel constante, a la cota +140 m.s.n.m.

Este punto es la cabecera de la red y se considera como de capacidad infinita ya que durante la campaña de riego se aporta constantemente un volumen de agua que no influirá en el comportamiento de la red, pues se igualan entradas con salidas.

9.6.2 RED DE TUBERÍAS

Para la representación de las tuberías se han definido los diámetros, longitudes, materiales y puntos significativos de éstas, obtenidos en los perfiles longitudinales y secciones de los datos existentes en los proyectos "as built".

Las rugosidades definidas (Tabla 53) se han obtenido de los manuales técnicos de los fabricantes de las conducciones y han sido contrastados con la "Guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión, del Cedex".

Tabla 53. Rugosidad absoluta asignada a las conducciones

Material	K (mm)
Acero	0,05
PRFV	0,05

Además se ha considerado en cada caso un coeficiente de pérdidas menores correspondiente a cambios de alineación, piezas especiales, etc.

9.6.3 ESTACIÓN DE FILTRADO

La estación de filtrado de la Quinta Elevación, con sus dos módulos, está preparada para un caudal máximo de 4 m³/s. La pérdida de carga observada en el régimen de funcionamiento actual (con caudales máximos de 2 m³/s) se muestra a continuación:

Tabla 54. Pérdidas de carga observadas en estación de filtrado

Caudal (l/s)	Pérdida de carga (m.c.a.)
0	0
1000	5
2000	10

Ya que la estación de filtrado nunca ha sobrepasado los 2 m³/s no se conoce con certeza el valor de las pérdidas de carga para caudales mayores. No obstante, hay que pensar que la tubería que conecta la red principal con la turbina está conectada justo aguas arriba de la estación de filtrado por lo que la caída de presión por este elemento no habrá que tenerla en cuenta. Se estima que la caída de presión para caudales mayores de 2000 l/s actuales será:

Tabla 55. Pérdidas de carga estimadas en estación de filtrado

Caudal (l/s)	Pérdida de carga (m.c.a.)
3000	20
4000	30

9.6.4 Balsa DE LA QUINTA ELEVACIÓN

Se ha introducido la curva de cubicación de la balsa (Figura 91), cota de solera, nivel máximo y mínimo así como el nivel inicial correspondiente con cada simulación.

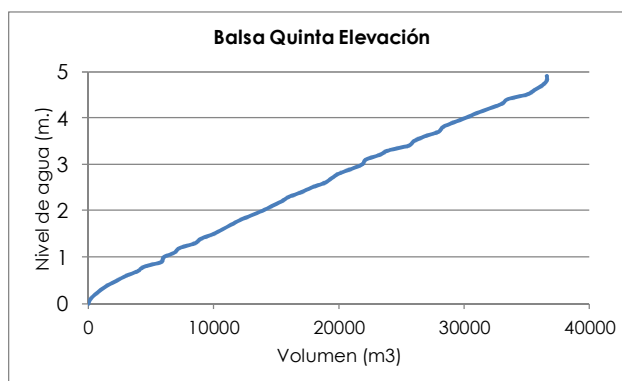


Figura 91. Curva de capacidad Balsa Quinta Elevación

9.6.5 TURBINA

La introducción de las curvas características de la turbina se ha realizado según los datos teóricos que el fabricante ha facilitado.

- Salto neto nominal: 65 m.
- Caudal: 2,5 m³/s.
- Potencia: 1.401,67 kW.

La turbina se ha representado en el modelo como una válvula de propósito general asociada a una curva de pérdidas que representa los valores del fabricante.

Tabla 56. Rendimientos de la turbina para salto neto y décimos de caudal

Rendimiento (%)	Décimos de caudal
88,00%	10/10
89,30%	9/10
89,70%	8/10
89,60%	7/10
88,60%	6/10
86,30%	5/10
82,30%	4/10

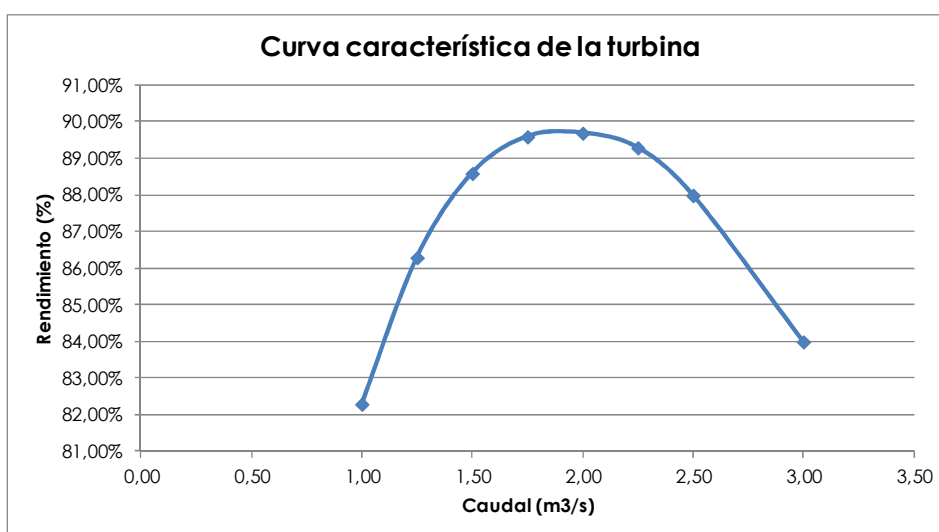


Figura 92. Curva característica de la turbina

9.6.6 DEMANDAS

Se ha representado un año completo del sistema, con las demandas anuales de toda la modernización y el riego con agua del Trasvase del Tercero de Levante (año 2013).

Si observamos el registro anual de los caudalímetros de modernización del Primero y Segundo de Levante (Figura 93) podemos ver que presentan tres matices que se van a comentar a continuación.

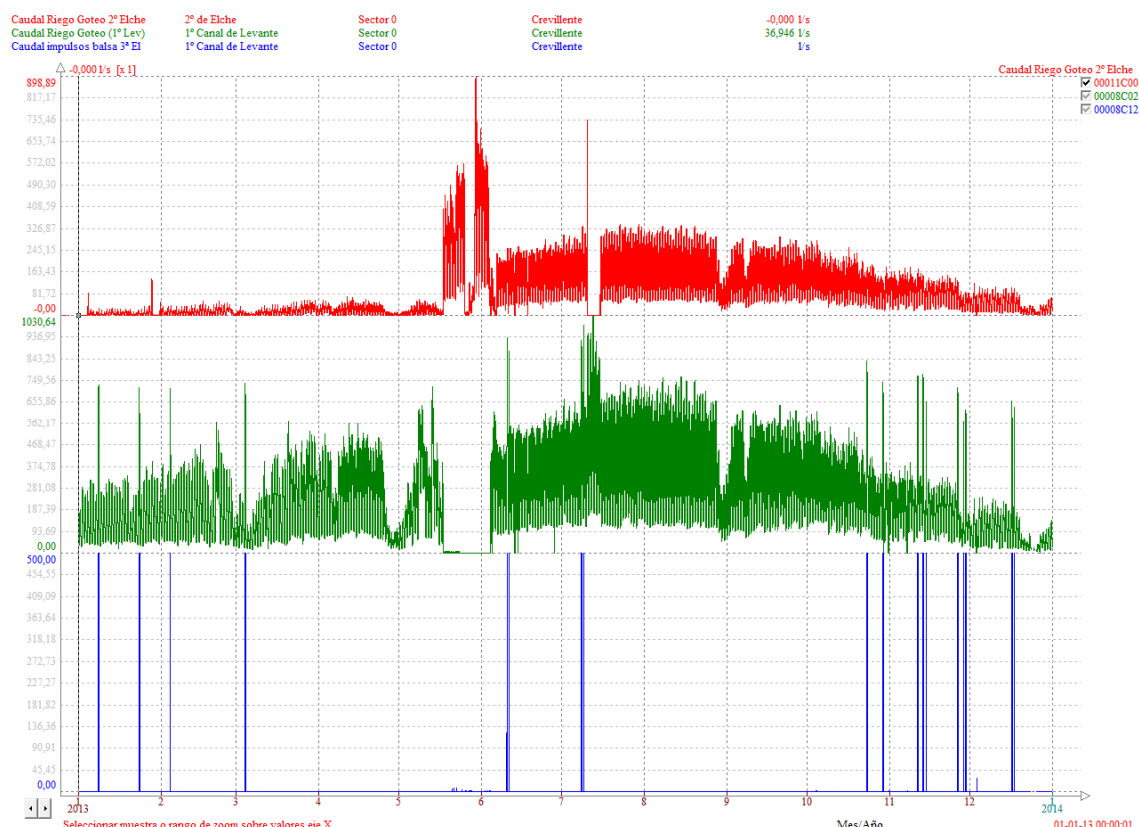


Figura 93. Representación de los datos de los caudalímetros electromagnéticos 1L y 2L de modernización en el año 2013

El primero de ellos es que los registros puntuales de color azul y de muy corto periodo de tiempo son los llenados de la balsa de la Tercera Elevación que se realizan como consecuencia de la infraestructura dañada y que se ha explicado en el apartado 2.3.2

Estos registros han sido medidos en el caudalímetro dispuesto a la entrada de la balsa pero también se registran en el caudalímetro 1L por lo que deben ser descontados de este último. Una vez realizada esta tarea de tratamiento de datos se genera un patrón de consumo con un intervalo horario ya que el programa no soporta tal cantidad de datos.

El segundo que podemos extraer de la Figura 93 es que hay un periodo de tiempo en el que el caudal del Primero de Levante se interrumpe y el del Segundo de Levante se dispara. Esto no es ninguna distorsión sino que es producto de una rotura producida en la tubería principal del Primero de Levante. Gracias a que las dos redes están

conectadas por dos colectores centrales (normalmente cerrados) existe el suministro alternativo y se garantiza el suministro.

El último matiz es algún pico puntual y de muy corto periodo de tiempo que presentan los registros 1L y 2L y que no coinciden con el suministro alternativo ni con el llenado de la balsa; pues son roturas que se producen en la red y hasta que son detectadas y aislado el tramo en concreto, el caudal se dispara (saliéndose fuera de todo rango habitual) como consecuencia de la rotura. Estos valores no se van a desagregar del patrón, pues representan situaciones reales que se pueden durante la explotación diaria de la red.

Siguiendo el mismo procedimiento que en los modelos anteriores, se generan los patrones de consumo asociados a cada una de las demandas (Figura 94).

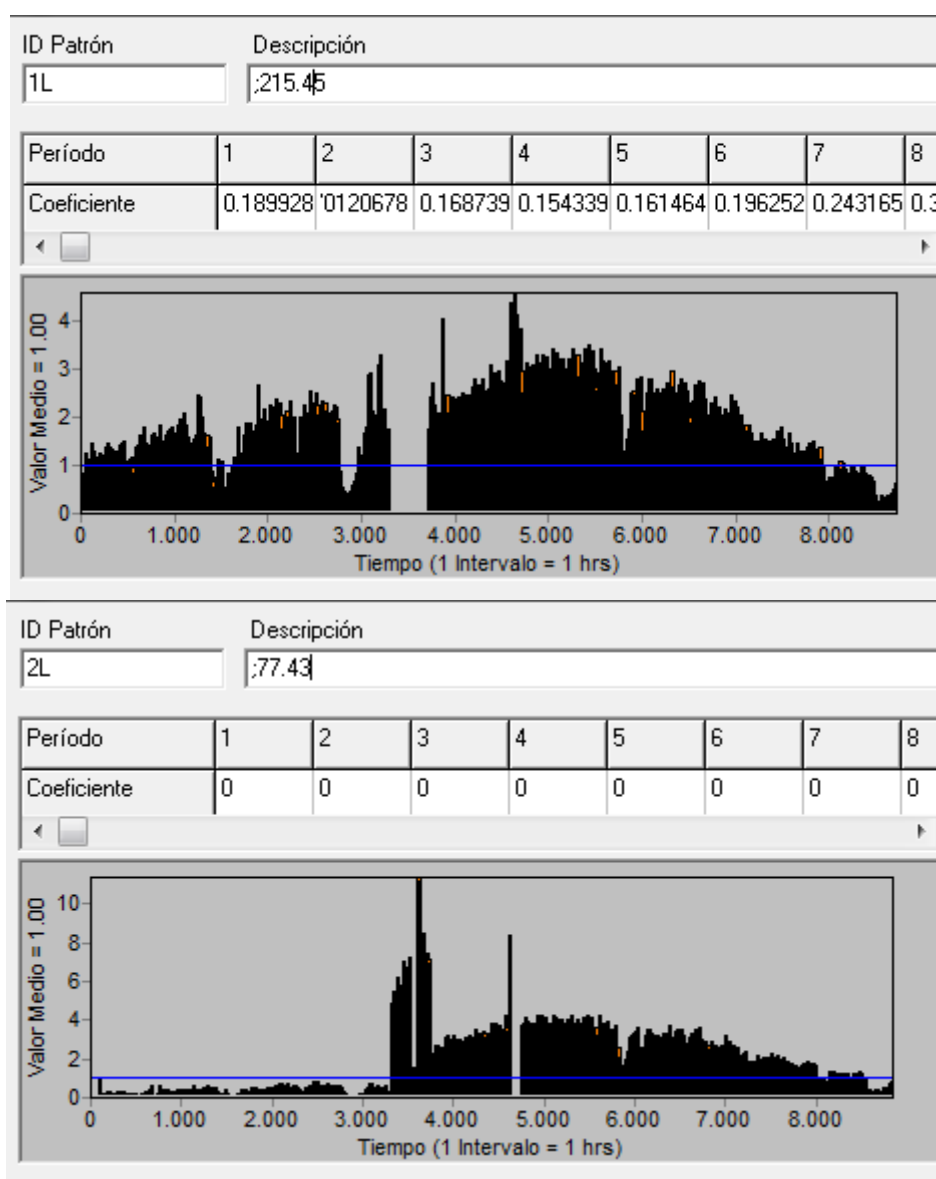


Figura 94. Patrones de consumo 1L y 2L del año 2013 introducidos en el modelo anual

El patrón de consumo del Tercero de Levante tendrá que ser modelado en este caso de diferente forma, ya que no es un consumo constante en el tiempo sino que se reduce a un cierto número de horas al día, en días concretos.

Se ha propuesto un patrón de consumo igual a distribuir el volumen diario en doce horas de servicio (08:00-20:00 h.) que es el horario habitual de trabajo (Figura 95).

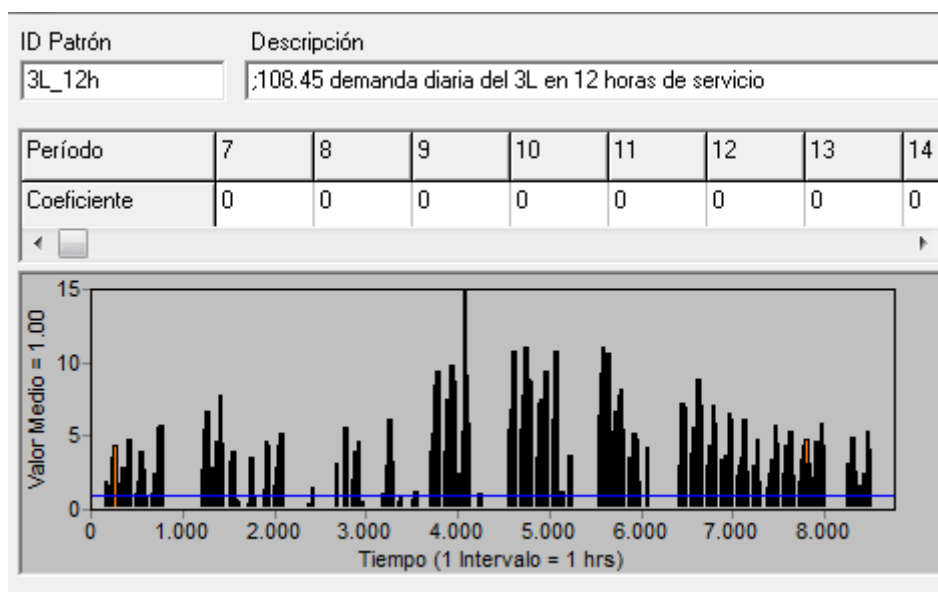


Figura 95. Patrón de consumo 3L del año 2013 introducido en el modelo anual

En cambio, el funcionamiento de la turbina sólo se produce durante un periodo más corto, para poder así equipar un caudal mayor. La balsa de la Quinta Elevación será el vínculo que armonizará los caudales turbinados con los distribuidos, por lo que se establece una consigna en la turbina para que funcione durante tres horas al día y sólo cuando la balsa permanezca entre ciertos niveles.

No debemos olvidar que la comunidad de base Segundo Canal de Poniente todavía no está modernizada pero su futura modernización dependerá de las tuberías principales por lo que también debemos considerarlo como un nudo de consumo. Viendo la semejanza entre los patrones de consumo del Segundo y Primero de Levante, se asume como válido el de uno de ellos (Segundo de Levante) pero la demanda base se corrige proporcionalmente a la superficie..

9.6.7 ESQUELETIZACIÓN DE LA RED

Se ha tratado de realizar un modelo muy sencillo para facilitar su operatividad pero que a la vez permita reflejar con detalle el comportamiento real del sistema (Figura 96):

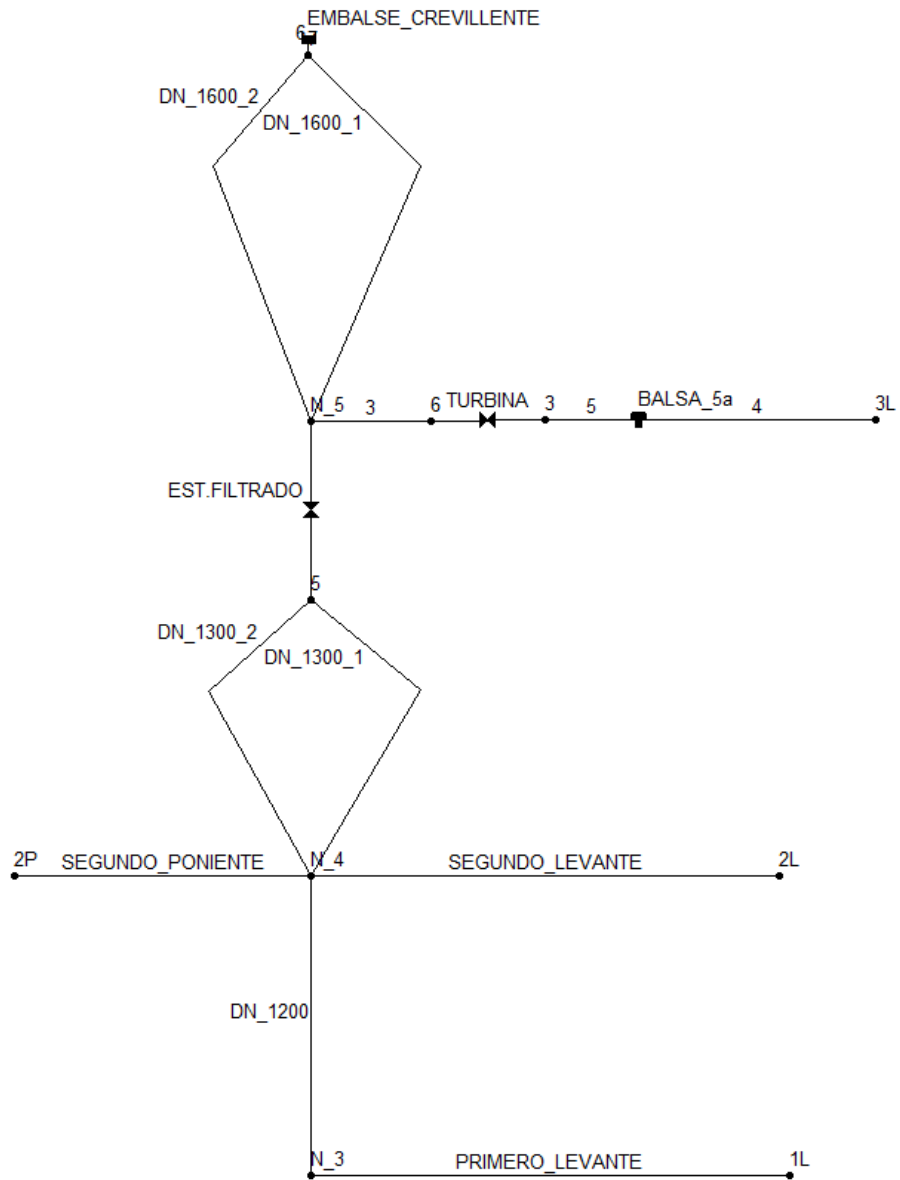


Figura 96. Modelo esquemático de la red

9.7 RESULTADOS OBTENIDOS

En las siguientes figuras (Figura 97, Figura 98, Figura 99) se representan los meses de julio y agosto de 2013 y se observa el comportamiento de la turbina, la balsa y su distribución en cabecera del Tercer Canal de Levante.

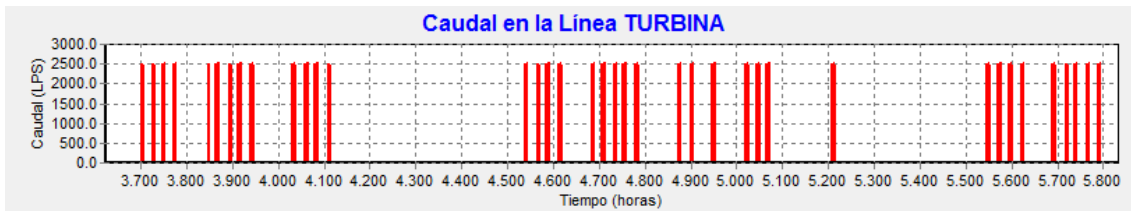


Figura 97. Evolución del caudal en la turbina a instalar con $Q_{\text{equipamiento}} 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$

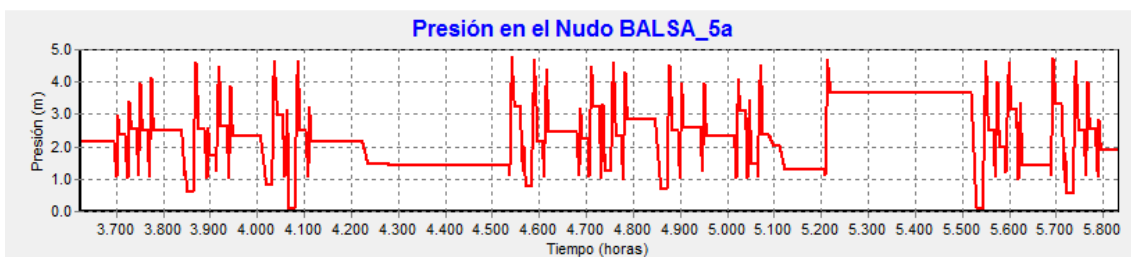


Figura 98. Evolución de las presiones en la balsa de regulación del Tercer Canal de Levante

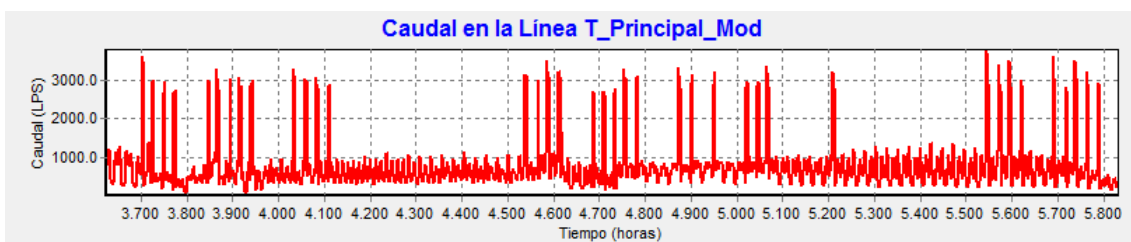


Figura 99. Evolución del caudal por la tubería principal de modernización

Atendiendo ahora a las presiones en los nudos que representan las cabeceras de las tuberías secundarias de modernización (nudos N_3 y N_4) vemos que la caída de presión es insignificante y no afecta, por tanto, la simultaneidad de caudales que pueda ocurrir durante las 8.760 horas del modelo estudiado (Figura 100, Figura 101).

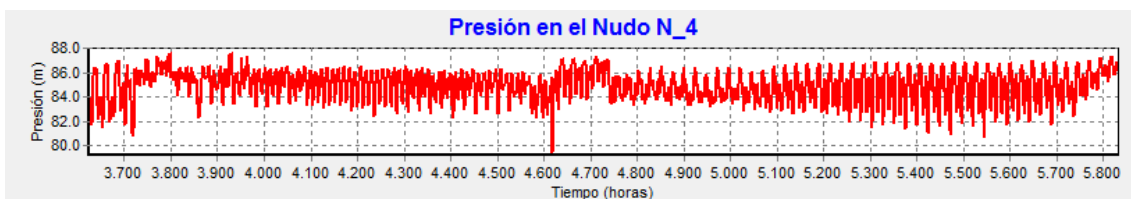


Figura 100. Evolución de las presiones en cabecera de los Segundos de Levante y Poniente

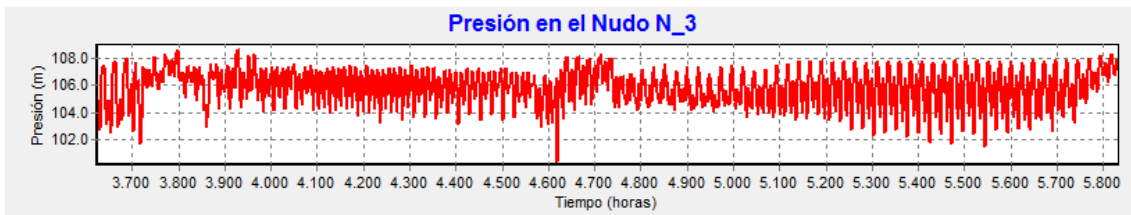


Figura 101. Evolución de las presiones en cabecera del Primero de Levante

Se comprueba por tanto que la caída de presión producida por la instalación de la turbina y el consumo de las zonas modernizadas es inferior a la máxima establecida para que la red de modernización funcione en condiciones óptimas. Asimismo se asegura un buen funcionamiento del sistema propuesto incluso con la hipótesis de modernización del Segundo Canal de Poniente.

10. EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

En este apartado se tratará de identificar si la solución propuesta puede ser viable o no, pero teniendo claro que no tratamos de realizar un análisis financiero en el que se determine una rentabilidad económica fruto de la obtención de beneficios.

Se trata pues de dilucidar si la solución propuesta puede ser interesante no sólo para la solución del problema de déficit existente sino para disminuir el coste de explotación derivado del alto consumo energético del sistema.

10.1 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS COSTES DE CONSTRUCCIÓN

Puesto que la intención de este trabajo no es ni mucho menos la redacción de un proyecto constructivo y teniendo en cuenta el carácter académico con el que debe ser tomado el estudio, los costes de la medida implantada se analizan de manera grosera para poder llegar a concluir si el planteamiento sería o no rentable a largo plazo.

Según la oferta* aportada por la empresa suministradora, los equipos electromecánicos ascienden a un total de 300.000 €, incluyendo:

- Turbina Francis, eje horizontal.
- Central oleohidráulica.
- Alternador.
- Válvula de mariposa.
- Sistema de by-pass.
- Montaje y pruebas.

*Nota: Las empresas dedicadas a este sector suelen ser bastante reservadas en los datos aportados en sus ofertas y más aún cuando el fin último no implica ningún interés comercial, como es este caso; de ahí la precariedad de los datos aportados.

También se ha acudido a una empresa especializada en instalaciones eléctricas de este tipo y aporta una solución a la conexión de los equipos con la red eléctrica existente, centro de transformación y equipos auxiliares por un total de 100.000 €.

Con respecto a la obra civil necesaria para la instalación del grupo se considera que conlleva diferentes actuaciones valoradas en 200.000 €, y que se enumeran a continuación:

- Acometida a la red principal de modernización aguas arriba de la estación de filtrado.
- Demolición parcial del muro de la balsa de la Quinta Elevación y ejecución de foso para la instalación de la calderería, la turbina y la obra de retorno.
- Instalación de los equipos.
- Ejecución de caseta auxiliar para la instalación de los cuadros eléctricos y resto de aparamenta.
- Elementos de seguridad.

Los costes de mantenimiento se estiman en 6.000 €/año.

10.2 IDENTIFICACIÓN DE BENEFICIOS

Tal y como se ha expuesto anteriormente, la puesta en marcha de un sistema de aprovechamiento hidroeléctrico y la utilización de esa energía para alimentar los equipos electromecánicos de la Segunda Elevación, lleva asociadas tres componentes fundamentales en la búsqueda de la rentabilidad del nuevo sistema:

- No se demandará energía fuera de periodo valle (si así fuera, sería sin exceder la potencia contratada).
- Disminuirá la energía consumida ya que se detrae un gran volumen del total anual a elevar desde la Segunda Elevación.
- Se podrá reducir la potencia contratada en los diferentes periodos ya que toda la demanda se podrá cubrir en P-6 incluso con menores potencias.

10.3 VALORACIÓN DEL BENEFICIO OBTENIDO

Tomando como referencia de estudio el año 2013 y analizando las diferentes tarifas eléctricas aplicables, podemos comparar y evaluar los resultados obtenidos antes y después de la incorporación del aprovechamiento hidroeléctrico.

De los 4,66 Hm³ de agua de concesiones distribuida, el 38,65 % corresponde al Primer Canal de Levante (bombeo Segunda-Tercera) y el resto a los canales Segundos de Levante y Poniente, Tercero de Levante y Cuarto de Poniente. Estos porcentajes son los valores a partir de los cuales se reparten proporcionalmente los costes eléctricos.

Los ratios energéticos utilizados son:

Tabla 57. Ratios energéticos de las elevaciones

Elevación	kWh/m ³
Segunda-Tercera	0,1317
Segunda-Cuarta	0,20

Veamos ahora qué volumen útil se puede disponer en cada una de las balsas cuando turbinamos un metro cúbico de agua en la Quinta Elevación:

Tabla 58. Producciones obtenidas por m³ turbinado

m ³ turbinado	m ³ bombeado 2 ^a -3 ^a	m ³ bombeado 2 ^a -4 ^a
1	1,0176	0,6288

Si consideramos un porcentaje de utilización del 80% (relaciona las horas de funcionamiento de la Segunda Elevación con respecto a las horas de funcionamiento de la turbina, debido a paradas o labores de mantenimiento) se estima que todo el volumen del Primer Canal de Levante del año 2013 se pudiera disponer con 47.475 kWh que serían utilizados en el periodo P-6 y solamente con 2 grupos; el resto de energía se aportaría con el aprovechamiento hidroeléctrico.

Lo mismo ocurre para el resto del volumen que se distribuye a las otras comunidades de base, pero en este caso solo consideramos un porcentaje de utilización del 5%.

Tabla 59. Consumo anual incorporando la turbina

Canales	Volumen (m ³)	kWh/m ³	kWh/año	% Utilización	E. cons (kWh)
Primero de L.	1.802.385	0,1317	237.374	0,80	47.475
Resto	2.861.235	0,2000	572.247	0,05	543.635

Valoramos en las siguientes tablas el coste total reflejado en la factura que tendría de elevar el volumen del año 2013 a los diferentes canales con la situación anterior y posterior a la incorporación de la turbina.

Tabla 60. Coste energético anual anterior a la incorporación de la turbina

TÉRMINO ENERGÍA				TÉRMINO ENERGÍA		
P	E. cons (kWh)	Precio (€/kWh)	Coste E. (€)	E. cons (kWh)	Precio (€/kWh)	Coste E. (€)
1	0		0,00	0		0,00
2	0		0,00	0		0,00
3	0		0,00	0		0,00
4	0		0,00	0		0,00
5	0		0,00	0		0,00
6	237.374	0,055	13055,58	572.247	0,055	31473,59
			13.055,58 €			31.473,59 €
TÉRMINO POTENCIA				TÉRMINO POTENCIA		
P	P. cont (kW)	Precio (€/kW/mes)	Coste T.P. (€)	P. cont (kW)	Precio (€/kW/mes)	Coste T.P. (€)
1	60	1,846529	1329,50	60	1,846529	1329,50
2	500	0,924064	5544,38	500	0,924064	5544,38
3	500	0,676261	4057,57	500	0,676261	4057,57
4	500	0,676261	4057,57	500	0,676261	4057,57
5	500	0,676261	4057,57	500	0,676261	4057,57
6	3800	0,308554	14070,06	3800	0,308554	14070,06
			33.116,65 €			33.116,65 €
	Coste E. (1L)		12.793,32 €	Coste E. (Resto)		20.333,62 €
IMPUESTO ELECTRICIDAD				IMPUESTO ELECTRICIDAD		
	4,864%		1.321,58 €			2.648,75 €
	S_TOTAL FACTURA 1L		27.170,47 €	S_TOTAL FACTURA Resto		54.455,95 €
	IVA		5.705,80 €	IVA		11.435,75 €
	TOTAL 1L		32.876,27 €	TOTAL Resto		65.891,70 €
				TOTAL ANUAL		98.767,97 €

En la Tabla 60 se reflejan los costes energéticos teniendo en cuenta las potencias contratadas actualmente y un precio medio del kWh en periodo P-6 de 0,055 €.

Tabla 61. Coste energético anual posterior a la incorporación de la turbina

TÉRMINO ENERGÍA				TÉRMINO ENERGÍA			
P	E. cons (kWh)	Precio (€/kWh)	Coste E. (€)	E. cons (kWh)	Precio (€/kWh)	Coste E. (€)	
1	0		0,00	0		0,00	
2	0		0,00	0		0,00	
3	0		0,00	0		0,00	
4	0		0,00	0		0,00	
5	0		0,00	0		0,00	
6	47.475	0,055	2611,12	543.635	0,055	29899,91	
			2.611,12 €			29.899,91 €	
TÉRMINO POTENCIA				TÉRMINO POTENCIA			
P	P. cont (kW)	Precio (€/kW/mes)	Coste T.P. (€)	P. cont (kW)	Precio (€/kW/mes)	Coste T.P. (€)	
1	60	1,846529	1329,50	60	1,846529	1329,50	
2	60	0,924064	665,33	60	0,924064	665,33	
3	60	0,676261	486,91	60	0,676261	486,91	
4	60	0,676261	486,91	60	0,676261	486,91	
5	60	0,676261	486,91	60	0,676261	486,91	
6	1400	0,308554	5183,71	1400	0,308554	5183,71	
			8.639,26 €			8.639,26 €	
		Coste E. (1L)	3.337,44 €			Coste E. (Resto)	5.304,50 €
IMPUESTO ELECTRICIDAD				IMPUESTO ELECTRICIDAD			
	4,864%		304,13 €				1.799,89 €
	S_TOTAL FACTURA 1L		6.252,69 €		S_TOTAL FACTURA Resto		37.004,30 €
	IVA		1.313,06 €		IVA		7.770,90 €
	TOTAL 1L		7.565,75 €		TOTAL Resto		44.775,21 €
					TOTAL ANUAL		52.340,96 €

En la Tabla 61 se calculan los costes energéticos asumiendo la bajada del término de potencia y reduciendo drásticamente el consumo del bombeo hacia el Primer Canal de Levante.

La gran ventaja de esta solución radica en la reducción drástica de los términos de potencia contratados en cada periodo, pues es el concepto que más penaliza la factura eléctrica actualmente.

Se reduciría por tanto la factura eléctrica anualmente en un 52,90%.

11. LEGISLACIÓN ELÉCTRICA APLICABLE. LEY 24/2013

11.1 ANTECEDENTES

Actualmente el Sector Eléctrico se rige según la nueva Ley 24/2013, de 26 de octubre aunque todavía no se ha desarrollado el Real Decreto correspondiente.

La presente Ley tiene como finalidad básica establecer la regulación del sector eléctrico garantizando el suministro eléctrico con los niveles necesarios de calidad y al mínimo coste posible, asegurar la sostenibilidad económica y financiera del sistema y permitir un nivel de competencia efectiva en el sector eléctrico, todo ello dentro de los principios de protección medioambiental de una sociedad moderna.

La nueva ley se enmarca también en un contexto de integración de los mercados eléctricos europeos. En este sentido, la ley tiene en cuenta la normativa europea de aplicación en el sector eléctrico, en particular, la Directiva 2009/72/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de julio de 2009 sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad, que fue transpuesta por el Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo. También tiene en cuenta el marco europeo de intercambios transfronterizos de electricidad fijado por el Reglamento (CE) n.º 714/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio de 2009, relativo a las condiciones de acceso a la red para el comercio transfronterizo de electricidad.

La elevada penetración de las tecnologías de producción a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos, incluidas en el denominado régimen especial de producción de energía eléctrica, ha ocasionado que su regulación singular ligada a la potencia y a su tecnología carezca de objeto. Por el contrario, hace preciso que la regulación contemple a estas instalaciones de manera análoga a la del resto de tecnologías que se integran en el mercado, y en todo caso, que sean consideradas por razón de su tecnología e implicaciones en el sistema, en lugar de por su potencia, por lo que se abandonan los conceptos diferenciados de régimen ordinario y especial. Por este motivo se procede a una regulación unificada, sin perjuicio de las consideraciones singulares que sea preciso establecer.

El régimen retributivo de las energías renovables, cogeneración y residuos se basará en la necesaria participación en el mercado de estas instalaciones, complementado los ingresos de mercado con una retribución regulada específica que permita a estas tecnologías competir en nivel de igualdad con el resto de tecnologías en el mercado. Esta retribución específica complementaria será suficiente para alcanzar el nivel mínimo necesario para cubrir los costes que, a diferencia de las tecnologías convencionales, estas no puedan recuperar en el mercado y les permitirá obtener una rentabilidad adecuada con referencia a la instalación tipo en cada caso aplicable.

El desarrollo del autoconsumo como fuente alternativa de generación de electricidad al margen del sistema eléctrico requiere la regulación de una actividad que no tenía hasta la fecha un marco legal y reglamentario específico. La ley tiene por finalidad garantizar un desarrollo ordenado de la actividad, compatible con la necesidad de garantizar la sostenibilidad técnica y económica del sistema eléctrico en su conjunto. En este sentido, el articulado de la ley establece la obligación de las instalaciones de

autoconsumo de contribuir a la financiación de los costes y servicios del sistema en la misma cuantía que el resto de los consumidores. Transitoriamente, se establecen excepciones para los casos en los que el autoconsumo supone una reducción de costes para el sistema y para las instalaciones existentes de cogeneración.

11.2 DISPOSICIONES GENERALES. ARTÍCULO 9: AUTOCONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

A los efectos de esta ley, se entenderá por autoconsumo el consumo de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación conectadas en el interior de una red de un consumidor o a través de una línea directa de energía eléctrica asociadas a un consumidor.

Se distinguen cuatro modalidades de autoconsumo, aunque sólo nos interesa la primera de ellas:

- A. Modalidades de suministro con autoconsumo. Cuando se trate de un consumidor que dispusiera de una instalación de generación, destinada al consumo propio, conectada en el interior de la red de su punto de suministro y que no estuviera dada de alta en el correspondiente registro como instalación de producción. En este caso existirá un único sujeto de los previstos en el artículo 6, que será el sujeto consumidor.

En el caso en que la instalación de producción de energía eléctrica o de consumo esté conectada total o parcialmente al sistema eléctrico, los titulares de ambas estarán sujetos a las obligaciones y derechos previstos en la presente ley y en su normativa de desarrollo.

Todos los consumidores sujetos a cualquier modalidad de autoconsumo tendrán la obligación de contribuir a los costes y servicios del sistema por la energía autoconsumida, cuando la instalación de generación o de consumo esté conectada total o parcialmente al sistema eléctrico.

Para ello estarán obligados a pagar los mismos peajes de acceso a las redes, cargos asociados a los costes del sistema y costes para la provisión de los servicios de respaldo del sistema que correspondan a un consumidor no sujeto a ninguna de las modalidades de autoconsumo descritas en el apartado anterior.

11.3 ENCAJE LEGAL DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Si bien es cierto que el artículo 9 de la Ley 24/2013 define diferentes modalidades de autoconsumo, la propuesta de utilizar un aprovechamiento hidroeléctrico para utilizarlo como alternativa a la problemática energética actual de la C.G.R.R.L. (M.I.) no se enmarca como una figura definida dentro de la propia Ley, por lo que no estaría sujeta a las obligaciones tributarias que el sistema establece.

Esto se consigue desacoplando el sistema de la red eléctrica general, de modo que el funcionamiento de las instalaciones con la energía generada por el aprovechamiento hidroeléctrico no entraría dentro de la tipificación de autoconsumo y sería un funcionamiento "en isla".

Este logro está basado en que la Ley 24/2013 permite la interrumpibilidad de la conexión, que no es más que desconectarse de ésta por un periodo de tiempo diario a través de un by-pass en la toma.

Aunque el funcionamiento "en isla" conduzca a quedar fuera del marco legislativo como una figura de autoconsumo, lleva asociado algunos inconvenientes que deberán solucionarse para el correcto funcionamiento del sistema de elevaciones y distribución de agua, ya que:

- Todos los equipos de medida (caudalímetros, sondas de nivel, etc.) quedarían desconectados durante este periodo. Lo mismo ocurriría con el sistema de telecontrol y gestión de alarmas.

Esta situación no supondría un problema ya que todos los equipos están alimentados con una tensión de 24 voltios y disponen de baterías con autonomía suficiente para varias semanas. Las baterías se cargarían durante el periodo P-6 en el que sí se estaría conectado a la red eléctrica general.

- La red de media tensión y los sistemas de elevación de carga (puentes grúa) instalados en las elevaciones Segunda, Quinta Aérea y Sexta de Crevillente se quedarían sin energía eléctrica.

Los puentes grúa están conectados a las redes de media tensión de las elevaciones que se utilizan en labores de mantenimiento y reparación con herramientas de pequeña entidad. Estas situaciones puntuales se solucionarían con pequeños grupos electrógenos que alimenten a los equipos necesarios.

12. CONCLUSIONES

- La evolución, mejora y adecuación de las instalaciones en las elevaciones principales de la C.G.R.R.L. (M.I.) ha llegado a crear un sistema robusto y fiable con el que se puede abastecer toda la demanda de agua de riego.
- Existe una estabilidad en las demandas de agua de concesiones cuando se garantiza su disponibilidad y calidad.
- La modernización del sistema de riego en las comunidades de base que ya la han acometido presenta una fuerte implantación, en detrimento de los volúmenes demandados de aguas de concesiones.
- El nuevo proyecto de las elevaciones Segunda-Tercera-Cuarta elimina de raíz la problemática del hundimiento de las galerías pero induce conflictos en cuanto a los costes de distribución y explotación.
- El déficit existente en el Primer Canal de Levante podría suplirse con la ampliación de la balsa de la Tercera Elevación pero implicaría la compra de una parcela y un problema urbanístico y social.
- Cambiar de tarifa eléctrica para seguir funcionando con los grupos actuales debe estudiarse con detenimiento y acudir al mercado eléctrico para negociar con los suministradores.
- La instalación de un aprovechamiento hidroeléctrico en la balsa de la Quinta Elevación para poder suministrar la energía necesaria que cubrir el déficit, conlleva también la posibilidad de reducir la tarifa eléctrica hasta en un 52,90% anualmente.
- Esta disminución de los costes eléctricos se fundamenta en la reducción de los términos de potencia contratados en cada periodo sin que el funcionamiento global de la instalación se vea afectado.
- Se garantiza que la demanda de agua del Traslase en el Tercer Canal de Levante siempre será suficiente para cubrir el déficit existente en el Primer Canal así como para poder ayudar a disminuir los costes eléctricos en el caso de instalación del aprovechamiento hidroeléctrico.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Suárez, J., Martínez, F., Puertas, Jerónimo., "Manual de conducciones uralita". Uralita sistemas de tuberías. 2005

Escribá, D., "Hidráulica para ingenieros". Colección Obras Hidráulicas dirigida por Mateos, M. 1998

Cuesta, L., Vallarino, E., "Aprovechamientos hidroeléctricos" CICCPC. 2000

CEDEX, "Guía Técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión". 2002

Fuertes, V.S., García-Serra, J., Iglesias, P.L., López, G., Martínez, F.J. y Pérez, R., "Modelación y diseño de redes de abastecimiento de agua", GMF (Grupo mecánica de fluidos) Departamento Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Editorial UPV. 2002

CHS (Confederación Hidrográfica del Segura), Propuesta del Proyecto del Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura. 2013

García, C.J., García, T., Sarasúa, J.I., "Saltos hidroeléctricos". Delta Publicaciones Universitarias. 2011

García, C.J., García, T., Sarasúa, J.I., "Evaluación económica de proyectos de obras hidráulicas". Delta Publicaciones Universitarias. 2011