

Proyecto de gestión integral de recursos hídricos y energéticos en la Universidad de Alicante

DANIEL PRATS RICO (*); M^a FERNANDA CHILLÓN ARIAS (**); RAMÓN MARTÍN MATEO (***); CLAUDIO MÍGUEZ GÓMEZ (****); RAMÓN URCELAY AZPITARTE (*****)

RESUMEN En el año 1993 se puso en marcha el **Proyecto de Gestión Integral de Recursos Hídricos y Energéticos** con el que se pretende el autoabastecimiento de agua y energía del Campus al mismo tiempo que se optimizan los consumos.

Mediante el seguimiento del agua consumida en las diferentes instalaciones y la utilización de agua salobre para el riego ha sido posible reducir de forma considerable el consumo de agua potable. El máximo consumo por persona se produjo en 1992 con 20 m³/año y el mínimo en 1996 con un valor entre 6 y 7 m³/año. En 1997 se ha puesto en marcha una planta desaladora de osmosis inversa cuya capacidad de producción es de 450 m³/día con una conversión del 72%. Se han instalado membranas 8040-UHY-ESPA de HYDRANAUTICS.

Este proyecto ha permitido también reducir en parte el gasto producido por el consumo de agua potable. El dinero invertido en 1996 para el consumo de agua fue de 25 millones frente a los 40 que debería haber pagado si no hubieran aplicado las medidas del proyecto. Con la puesta en marcha de la planta desaladora en 1997 se ha previsto que el ahorro económico ascenderá a unos 14 millones de pts/año.

En la actualidad se está llevando a cabo el estudio de la aplicación de cogeneración, energía eólica en la potabilización del agua salobre y en la depuración de las aguas residuales de la Universidad, así como la aplicación de la cogeneración el acondicionamiento de las instalaciones.

INTEGRAL HYDRIC AND ENERGETIC RESOURCES MANAGEMENT AT ALICANTE UNIVERSITY

ABSTRACT In 1993, *The Integral Hydric and Energy Resource Management Project at Alicante University* was initiated, in and endeavour to be self-sufficient as far as the supply of water and energy on the Campus is concerned and at the same time to optimise consumption.

By controlling the water consumed in the various installations and using salt water for irrigation, it has been possible to considerably reduce the consumption of drinking water. The maximum consumption per person was in 1992 with 20 m³/year and the minimum in 1996 with between 6-7 m³/year. In 1997, a desalination plant by reverse osmosis was set up with a production capacity of 450 m³/day and a conversion rate of 72%. 8040-UHY-ESPA membranes from Hydranautics have been installed.

This project has also permitted the partial resolution of the costs involved in the consumption of drinking water. The investment involved in 1996 for water consumption was 25 million pesetas as opposed to 40 million if the project methods had not been used. With the setting-up of the desalination plant in 1997, an economical saving of around 14 million ptas/year is estimated.

At the present moment, a study is being carried out regarding the application of cogeneration, solar energy and eolic energy in the potabilisation of salt water, together with the application of cogeneration in the conditioning of the sports installation and buildings.

Palabras clave: Salobre; Reutilización; Cogeneración; Eólica; Solar; Gestión integral.

1. INTRODUCCIÓN

La Universidad de Alicante se encuentra situada en una zona caracterizada por su escasez de agua. En el año 1993 se puso en marcha el **Proyecto de Gestión Integral de Recursos Hídricos y Energéticos** con el que se pretende el autoabastecimiento de agua y energía del Campus al mismo tiempo que se optimizan los consumos. Para su realización la Universidad cuenta con un acuífero subterráneo de agua salobre y está poniendo en marcha las infraestructuras apropiadas.

El autoabastecimiento de agua se va a realizar mediante la desalación del agua procedente del acuífero para su utilización como agua potable y el tratamiento en una depuradora de las aguas residuales generadas en el Campus, que posteriormente serán reutilizadas como agua de riego. Para el autoabastecimiento en cuanto a recursos energéticos se ha previsto la utilización de cogeneración en las plantas de desalinización y de depuración del agua así como en el acondicionamiento de instalaciones deportivas y edificios y el estudio de la aplicación de energía eólica y solar en el ciclo del agua.

En la Figura 1 se muestra esquemáticamente el **Proyecto de Gestión Integral de Recursos Hídricos y Energéticos**.

La primera fase del proyecto se comenzó con la puesta en marcha del ciclo integral del agua que se resume en la Figura 2.

2. PROYECTO DE GESTIÓN INTEGRAL DE RECURSOS HÍDRICOS

A finales de 1993 se puso en marcha el **Proyecto de Gestión Integral de Recursos Hídricos** comenzando con la optimización del consumo de agua dentro del Campus. Esta organización

(*) Subdirector del IUACA.

(**) Investigadora del IUACA.

(***) Director del IUACA.

(****) Jefe del departamento de tecnologías del agua IDEA.

(*****) IDAE.

IUACA. Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales. Universidad de Alicante. España.

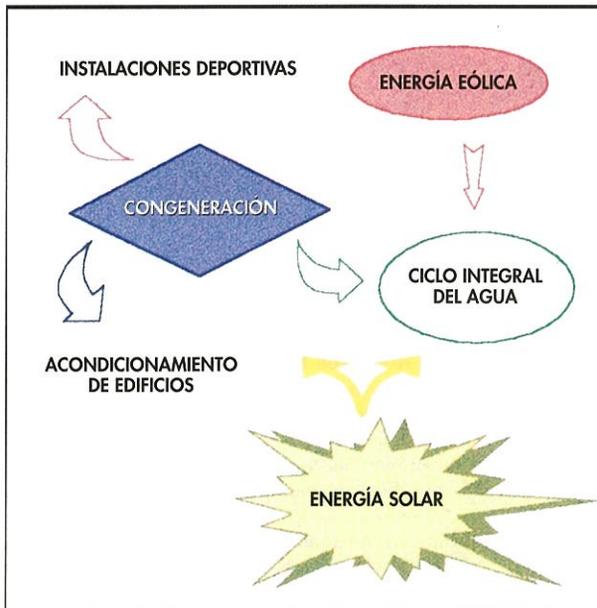


FIGURA 1. Proyecto de Gestión Integral de Recursos Hídricos y Energéticos.

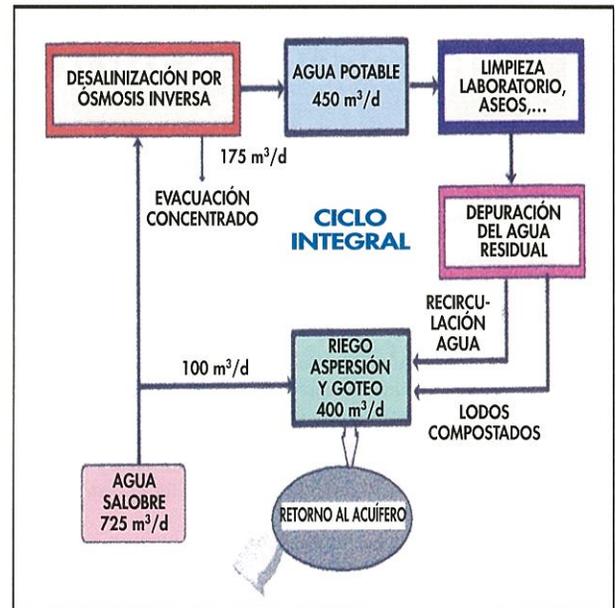


FIGURA 2. Ciclo Integral del Agua.

se ha realizado mediante dos actuaciones: reducciones del consumo de agua potable mediante un exhaustivo control del consumo y aprovechamiento de un acuífero subterráneo para el riego de jardines.

El primer paso realizado en la ejecución del proyecto fue la optimización del consumo de agua dentro del Campus, para lo cual se realizó un seguimiento del agua consumida en las diferentes instalaciones, detectando y reparando las pérdidas de agua en la red de distribución, así como reduciendo el consumo en aquellos puntos en los que era excesivo.

En 1995 se comienza a regular el agua destinada a regadío de forma independiente al agua potable mediante la construcción de un lago artificial en el que se mezcla agua dulce con salobre procedente del acuífero subterráneo, aprovechando dicho acuífero y reduciéndose el consumo de agua procedente de la red.

En 1996 se ha construido una planta desaladora por osmosis inversa. La planta tiene una capacidad de producción de 450 m³/día con una conversión del 72%. En un principio, el agua producida en la planta se utiliza para riego mediante la mezcla del agua producida con agua salobre en el lago artificial anteriormente citado.

2.1. OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE

Como ya se ha indicado, el primer paso llevado a cabo fue la optimización del consumo de agua dentro del Campus. De forma progresiva se han instalado contadores de agua en todos los edificios que componen el Campus de San Vicente con los cuales se ha llevado a cabo un seguimiento del agua consumida en los mismos. A partir de los datos obtenidos se han podido detectar y subsanar pérdidas de agua en la red de distribución. Así mismo, han permitido reducir el consumo en aquellos puntos en los que era excesivo.

Se dispone de datos de consumo de agua desde 1991 por lo que se puede realizar la comparación en diferentes años incluso antes de iniciarse el control del consumo. En la figura que se presenta a continuación se muestra el consumo de agua total de 1991 a 1996 y la población universitaria durante estos años. Es importante destacar que durante estos años, además de incrementarse de forma muy significativa el alumnado, también ha crecido de forma importante las zonas ajardinadas de la Universidad de Alicante lo cual no queda reflejado en la Figura 3.

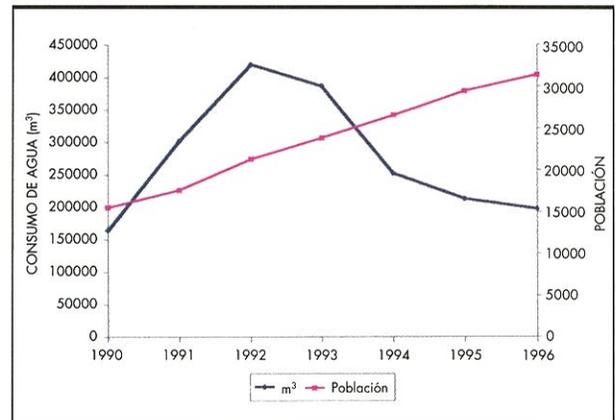


FIGURA 3. Consumo anual de agua y población universitaria.

En la gráfica se observa una progresiva reducción del consumo de agua aún cuando el alumnado ha crecido considerablemente. El máximo de consumo por persona se produjo en 1992 con 20 m³/año y el mínimo en 1996 con un valor entre 6 y 7 m³/año.

REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA

Para la optimización del consumo de agua se comenzó a llevar a cabo un seguimiento del agua consumida en las diferentes instalaciones, detectando y reparando las pérdidas de agua en la red de distribución. Al mismo tiempo, se ha reducido el consumo en aquellos puntos en los que era excesivo.

El primer paso fue el control diario del consumo general de agua tanto potable como de riego y a continuación se instalaron contadores de agua en los diferentes edificios que componen el Campus de San Vicente de la Universidad de Alicante. De esta forma se llegó a estabilizar el consumo total de agua.

En los datos recogidos desde la puesta en marcha del proyecto se observa como tanto en 1994 como en 1995 se produce una reducción general del consumo de agua mientras que en

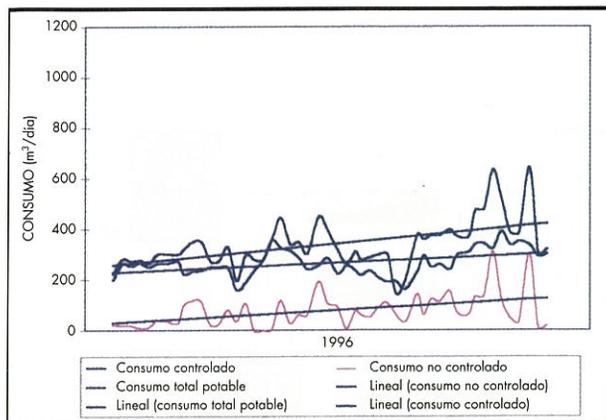


FIGURA 4. Consumo de agua potable en 1996.

1996 se produce un aumento, esto es debido a que durante este año se ha llevado a cabo la construcción de muchas instalaciones nuevas, algunas de las cuales se han prolongada a 1997, ampliando de forma significativa la infraestructura de la Universidad. Al mismo tiempo se han aumentado también las zonas ajardinadas (Figura 4).

REGULACIÓN DEL AGUA DE REGADÍO

Una vez conseguida la reducción de las pérdidas de agua se redujo el consumo total de agua potable mediante la mezcla del agua destinada para riego con agua salobre procedente del acuífero en un lago artificial.

Mientras que hasta 1995 el consumo de agua de la red tiende a descender, aumentándose el consumo de agua destinada para riego mediante la incorporación de agua salobre del acuífero subterráneo, en 1996, debido al acondicionamiento con zonas ajardinadas de la parte nueva de la Universidad, se ha aumentado considerablemente el agua destinada para riego tanto potable como salobre. En la Figura 5 se muestra el consumo de agua destinada para riego en 1996. Se ha diferenciado entre el agua tomada del acuífero, el agua de la red y la total (suma del agua salobre y de la red).

Mediante el proyecto del ciclo integral del agua se ha producido una reducción del consumo de agua total desde 1993 hasta 1995 aún habiendo aumentado el consumo de agua para riego y el número de alumnos que estudian en la Universidad de Alicante, sin embargo en 1996 se produce un cambio de tendencia

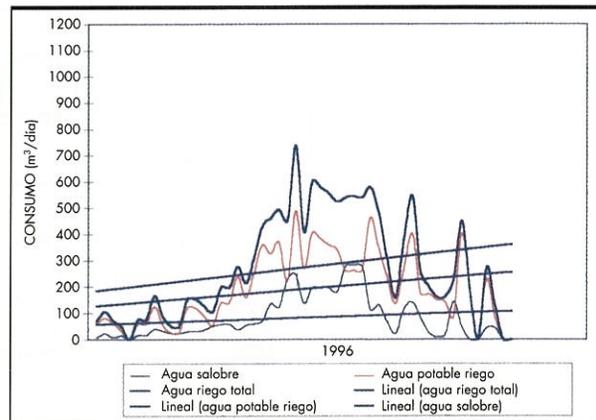


FIGURA 5. Consumo de agua para riego en 1996.

debido al importante crecimiento de la misma en cuanto a instalaciones.

2.2. DESALADORA DE O.I.

Previo a la construcción de la planta desaladora se ha realizado un seguimiento (que continua en la actualidad) del acuífero del que se abastece.

SEGUIMIENTO DEL ACUÍFERO

Se ha realizado un seguimiento del acuífero del que se abastece la planta desaladora del 1993. En la Figura 6 se muestra la superficie que ocupa el acuífero de agua salobre excedentario y su ubicación

En la Figura 7 se observa la variación del nivel piezométrico del pozo de abastecimiento relacionado con los valores de precipitaciones registradas en la zona. Se comprueba el continuo descenso del nivel durante la prolongada temporada de sequía sufrida en la zona y la efectiva recuperación al producirse precipitaciones.

CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DESALADORA

Con la puesta en marcha de la planta desaladora mediante osmosis inversa, la Universidad de Alicante va a potabilizar y consumir 450 m³/día. Dicha planta, aparte de abastecer de agua se utilizará en la formación de posgraduados y en investigación.

Tiene una capacidad de desalación de 450 m³/día, una conversión del 72% y es posible su ampliación. Dispone de una lí-

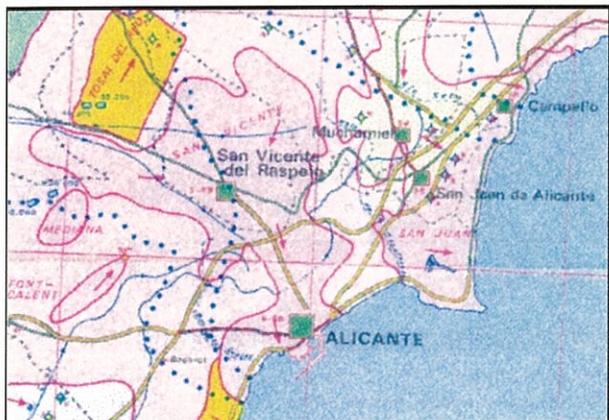


FIGURA 6. Ubicación del acuífero.

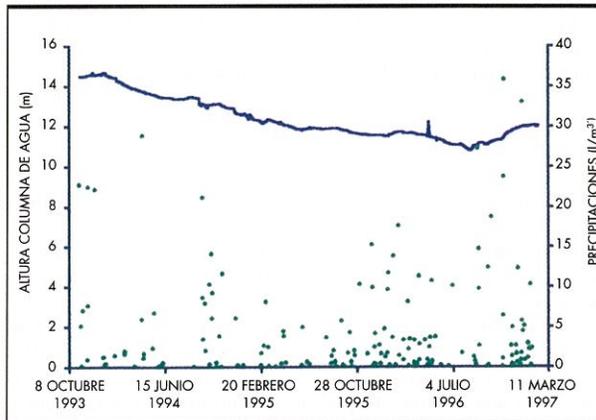


FIGURA 7. Altura de la columna de agua del pozo y precipitaciones.

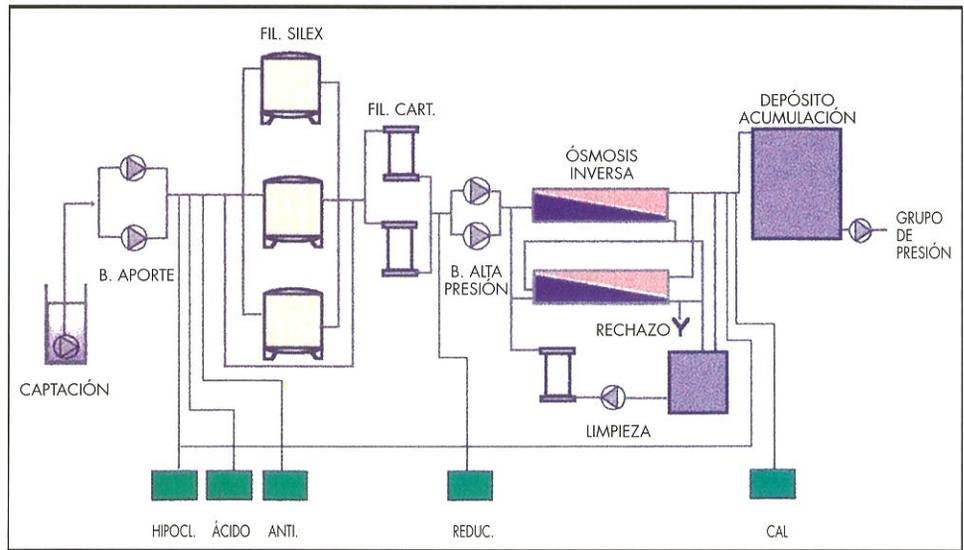


FIGURA 8. Planta de ósmosis inversa de la Universidad de Alicante.

nea de osmosis con dos etapas. El número total de membranas es de 25 con 15 membranas en la primera etapa y 10 en la segunda. Dispone también de un completo sistema de pretratamiento con filtración de sílex, filtros de cartucho, dosificación de ácido, antiincrustante, hipoclorito sódico y bisulfito sódico. Se han instalado membranas 8040-UHY-ESPA de HYDRANAUTICS. Estas membranas pertenecen a la última generación de membranas de poliamida aromática de alto flujo, con la cual son necesarias presiones de trabajo netamente inferiores a las utilizadas hasta el momento. Esto ha permitido reducir considerablemente el consumo energético de la instalación. Este ahorro representa una gran mejora desde el punto de vista medioambiental además de un importante ahorro económico en los costes de operación. La última etapa del proceso es el postratamiento con una calcificación y desinfección del agua obtenida en el proceso. En la Figura 8 se esquematiza el diagrama de flujo simplificado.

Con una primera fase de su puesta en marcha, el agua producida está siendo destinada para riego.

2.3. REDUCCIÓN DEL COSTE TOTAL DE AGUA

Aunque el principal objetivo del presente proyecto es la optimización del consumo tanto de recursos hídricos como energéticos ya que la Universidad se encuentra en una zona condicionada por la escasez de agua, este proyecto también ha permitido reducir en parte el gasto producido por el consumo de agua potable.

En la Figura 9 se observa el gasto destinado al consumo de agua y el estimado en caso de no haberse reparado las fugas ni haber utilizado agua salobre en el riego. El ahorro obtenido mediante la explotación del acuífero salobre en 1995 y 1996 fue respectivamente de 1,5 y 3,5 millones de pts, es decir se pasó de un ahorro del 5,7 al 15%.

El coste del m³ de agua se ha ido incrementando a lo largo del tiempo por lo que aún habiéndose reducido de forma muy considerable el consumo, el precio pagado por el agua consumida ha sido cada vez mayor. En la Tabla I se muestra el incremento del coste del m³ de agua calculado suponiendo un consumo de 20.000 m³/mes.

Con la puesta en marcha de la planta desaladora en 1997 se ha previsto que el ahorro económico ascenderá a unos 14 millones de pts/año (suponiendo un funcionamiento de 340 días al año, un coste de unas 40 pts/m³ producido en la desaladora y considerando que el precio al que se ha pagado el m³ a la empresa encargada del abastecimiento a la red municipal en 1996).

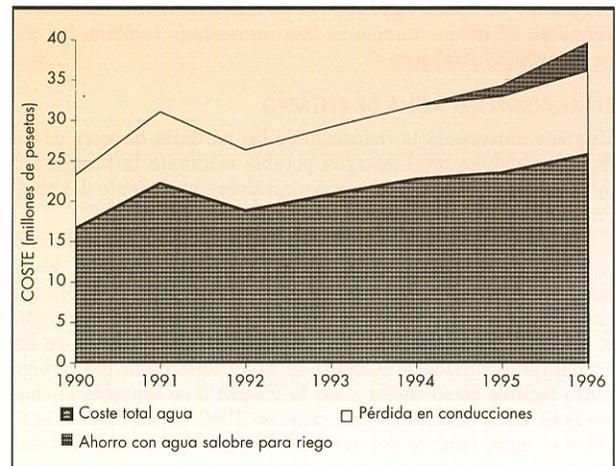


FIGURA 9. Coste de total del agua.

Año	Coste m ³
1990	70,14
1991	73,58
1992	78,56
1993	86,04
1994	94,76
1995	111,13
1996	131,29

TABLA I. Coste del m³ del agua.

3. ESTUDIO DE LA OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

En la actualidad se está llevando a cabo el estudio de la aplicación de cogeneración, energía eólica en la potabilización de agua salobre y en la depuración de las aguas residuales de la Universidad, así como la aplicación de la cogeneración en el acondicio-

namiento de las instalaciones deportivas y edificios. Se pretende optimizar también el consumo energético en regadío.

Durante el año 1996, se ha realizado una auditoría energética en 24 edificios del Campus de la Universidad, con objeto de evaluar sus demandas de climatización e iluminación, determinar las potencias de aplicación de energías renovables (eólica y solar) y determinar una solución integrada de optimización hídrica y energética.

Se midieron los consumos eléctricos hora a hora totales en el Campus, aprovechando que éste tiene una sola acometida eléctrica y un anillo interno de distribución que suministra a todos los edificios en alta tensión 20 KV. Esta medición se realizó durante 30 días seguidos, desde el 14 de Octubre al 14 de Noviembre, realizándose además esas mismas mediciones los días 31 de Julio y 1 de Agosto (miércoles y jueves).

Comprobándose la regularidad en la demanda entre días laborables y entre días festivos; como era de esperar por la utilización del Campus.

En lo que concierne a las demandas térmicas de calefacción y refrigeración, se tomaron datos del consumo mensual de combustible por edificio, así como las características de los equipos de refrigeración y de las bombas de calor instaladas en la mayoría de los edificios. En función de dichos datos se determinaron las demandas horarias totales, tanto de calefacción como de refrigeración para días típicos de cada mes, utilizando para ello un método de distribución en función de las temperaturas horarias típicas de cada mes, en la zona del Campus. Para cada hora se determinaron tres valores que corresponden a un mínimo, máximo y medio de la demanda.

Con objeto de evaluar la posible aplicación de energías renovables, se analizaron datos eólicos de los años 1960 a 1967, obtenidos gracias a que en ese lugar funcionó en dicho período un aeropuerto que servía a la ciudad de Alicante y cuya pista principal cruzaba por el medio del Campus.

Además de los anteriores se obtuvieron datos de la estación meteorológica en Ciudad Jardín (pegada al Campus) del año 1995.

El análisis realizado determina que el recurso eólico queda determinado por vientos de intensidades aprovechables de 9 km/h a 16 km/h, de dirección fundamentalmente E-O.

Un 30% de las velocidades están entre 0 y 5 Km/h y un 63% entre 6 y 28 Km/h, con una duración del orden de las 3.900 horas/año.

En cuanto a la potencialidad de la aplicación de la energía solar, se han analizado los datos del servicio meteorológico na-

cional, determinando una energía solar incidente de entre 4 a 5 KWh/ m³, con una presencia de unas 2.900 horas/año.

3.1. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN

En la Tabla II, se resume el análisis de las velocidades y frecuencias de los vientos, así como la duración y distribución por direcciones de los mismo.

En la Figura 9 que sigue se indican las frecuencias y velocidades medias del viento en 7 años.

Con los datos anteriores, se han realizado los cálculos de viabilidad que se reflejan en la Tabla III.

Se propone en consecuencia la posibilidad de instalación de una potencia eólica de 600 KW en el Parque Natural Anexo al Campus situado al extremo abierto de la antigua pista aérea, permitiendo una generación eólica del orden de los 2 x 10⁶ KWh/año, con una inversión del orden de 80 MM PTS, con un cash flow anual de 18 MM PTS, dando un pay-back simple del orden de entre 4 y 5 años.

Se plantean dos alternativas de propuesta que se resumen en el la Tabla IV.

APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO SOLAR

De acuerdo al análisis de los datos de disponibilidad de energía solar en el Campus, según se muestra en la Tabla V.

Teniendo en cuenta que las necesidades de A.C.S. se sitúan en un nivel de temperaturas de 45° C y con objeto de abastecer unos 7.000 m³/mes, se determina una superficie de paneles solares planos de 200 m². Esta instalación daría una producción

Dirección	Frecuencia Media (%)	Velocidad Media (Km/h)	S.8202 horas/año
E - O	16,7	13,75	1.369,6
N - S	10,0	13,1	820,2
NE - SO	9,7	7,5	795,6
NO - SE	11,9	12,1	976,0
Total	48,3	46,45	3.961,4
Media	12,0	11,6	

TABLA II. Resumen de medias anuales

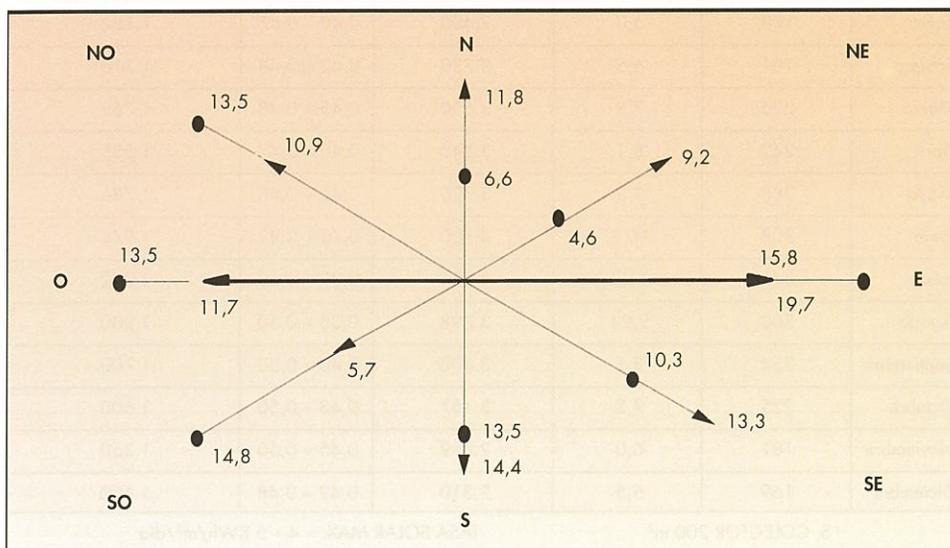


FIGURA 10. Rango de velocidad y frecuencia del viento durante 7 años.

V. media m/sg	Dirección	Frecuencia h/año	T./días	Pot. Eólico o Energía Unit. KWh/m/día	Pot. Unit. /máquina kW/l	SF/máquina m ²	E anual /máquina (kWh/año)
3,	NE/SW	79	16	14	18	31	725,34
3,	SE/NO	97	16	12	15	31	621,72
3,	N/S	82	16	14	18	31	725,34
4,	E/O	1,37	16	19	248,	31	984,39
3.962 (*)							
(*) Para el año 1995, únicamente p.ej. serían: $4.061 \times 0,9 = 3.655$ horas/año (siendo 0,9 el factor de disponibilidad).							
4.232 horas/año							
Media: 3.943 horas/año							
Con estos datos realizamos el ANÁLISIS DE VIABILIDAD TEÓRICO							
Solución Técnica: Máquina de 20,4 cm diámetro/rato; con 3 máquinas de 200 kW/1							
Solución captación: A = 3 ; SF =							
Ahorro Energético y Económico: 600 kW x 4.000 h = 2.400.000 kWh/año, que a 10 PTS/h = 24 MM PTS/año							
Inversión y Pay-Back: El costo de inversión de una máquina de 200 kW es de aprox. Entre 20 y 26 MM PTS, por lo que Inversión Total de entre 60 y 78 MM PTS. Como el ahorro es de 24 MM PTS y con ello el Pay-back aprox. De 3,25.							

TABLA III. Datos para cálculo (de tablas y gráficos anteriores).

	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II
Nº de Equipos	3 x 200	4 x 150
Potencia total	600 kW	600 kW
Energía Generada	2.400.000 kWh/año	2.400.000 kWh/año
Inversión (PTS)	72.000.000	75.000.000
Retorno simple (años)	3	3,12

TABLA IV. Alternativas propuestas.

de acompañamientos a la instalación existente, especialmente en aquellos edificios más alejados del Campus, como el de Deportes.

En la Tabla VI, se muestra la producción mensual teórica y la estimada.

PRE-ESTUDIO ECONÓMICO

La producción del A.C.S. y calefacción mediante combustible Gasóleo C al actual nivel de precios de 6 PTS/Te durante las 2.900 horas/año llevaría a un costo de aprox. 12,5 MM PTS/año.

La inversión en colectores sería aprox. De 15 MM PTS y el resto del equipo (tuberías, bombas, acumulación, regulación y acoplamiento al sistema actual, proyecto y montaje) podría ascender a 10 MM PTS adicionales, elevando la inversión adicional a 25 MM PTS.

	Nº Horas de Sol al Mes (h/mes)	Nº Horas de Sol al Día (h/día)	Producción Térmica Diaria (Kwh _t /día)	RTO.	Energía Solar Aprovechable (Kwhc/día)
Enero	178	6,0	2.400	0,40 ÷ 0,47	1.152
Febrero	181	6,5	2.730	0,42 ÷ 0,48	1.310
Marzo	226	7,3	3.650	0,45 ÷ 0,48	1.752
Abril	243	8,1	3.240	0,40 ÷ 0,47	1.555
Mayo	288	9,3	3.720	0,40 ÷ 0,48	1.786
Junio	308	10,3	4.120	0,40 ÷ 0,49	1.978
Julio	341	11,0	4.095	0,39 ÷ 0,50	2.002
Agosto	308	9,94	3.798	0,38 ÷ 0,50	1.900
Septiembre	254	8,5	3.400	0,40 ÷ 0,50	1.700
Octubre	225	7,3	3.157	0,43 ÷ 0,50	1.600
Noviembre	181	6,0	2.719	0,45 ÷ 0,50	1.350
Diciembre	169	5,5	2.310	0,42 ÷ 0,48	1.100
S. COLECTOR 200 m ²			TASA SOLAR MAX. ≈ 4 ÷ 5 KWh/m ² /día		

TABLA V. Número de horas de sol al mes en Alicante.

	Producción (Kcal/día)	A.C.S. A 50° C (ls/día)	A.C.S. (Real) (litros/día)	A.C.S. (Real) (m ³ /día)	A.C.S. (m ³ /mes)
Enero	990.720	809	644	0,65	20,15
Febrero	1.131.840	1.048	838	0,84	23,5
Marzo	1.506.720	1.395	1.116	1,12	34,6
Abril	1.343.520	1.244	995	1	30
Mayo	1.535.960	1.422	1.138	1,13	35,3
Junio	1.701.080	1.575	1.260	1,26	37,8
Julio	1.721.720	1.594	1.275,3	11,28	39,5
Agosto	1.634.000	1.512	1.210,2	1,21	37,5
Septiembre	1.468.800	1.559	1.087	1,09	32,6
Octubre	1.376.000	1.273	1.019	1,01	31,6
Noviembre	1.161.000	1.071	850	0,85	25,4
Diciembre	950.400	877	745	0,75	23

S. CAPTACIÓN: 200 m²

TABLA VI. Producción solar mensual en la Universidad de Alicante de A.C.S.

Ello nos daría una tasa de Amortización Simple del orden de los 2 años, lo cual calificaría la Inversión como viable en una primera aproximación.

3.2. PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE UNA CENTRAL DE DISTRIC HEATING-COOLING CON COGENERACIÓN

DEMANDA ELÉCTRICA

Analizando las demandas eléctricas observamos un crecimiento mensual continuo, éste es debido a la puesta en funcionamiento de una serie de edificios de nueva construcción. Esto se sigue produciendo actualmente, por lo que se ha considerado que la demanda final, una vez puestas en funcionamiento todos los edificios de acuerdo con el plan de obras, llegará a un 40% más de lo que existe actualmente.

A pesar del crecimiento indicado en la demanda total, lo que permanece invariable es la forma de la curva diaria de demanda (Figura 11).

DEMANDA TÉRMICA

Con objeto de abastecer la demanda de Agua Caliente Sanitaria y de Calefacción, se utiliza en algunos edificios calderas de fuel-oil (Figuras 12 y 13).

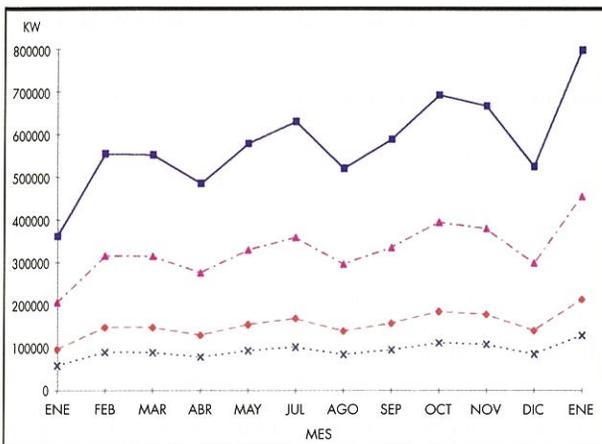


FIGURA 11. Demanda eléctrica.

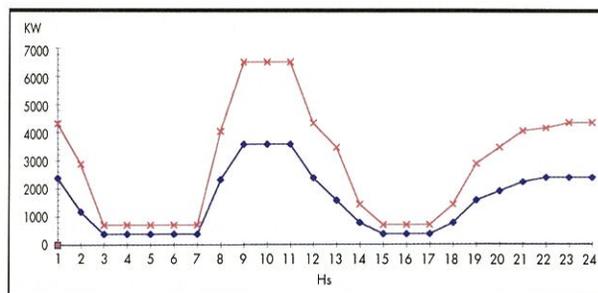


FIGURA 12. Demanda de calor (enero).

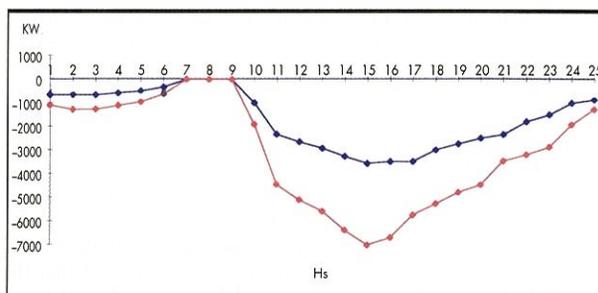


FIGURA 13. Demanda de calor (agosto).

Pero en la mayor parte de los edificios, la demanda de calefacción se satisface por medio de bombas de calor alimentadas con energía eléctrica. Mientras que la demanda térmica de refrigeración se satisface con diversos equipos, pero principalmente con enfriadoras de agua y bombas de calor.

COGENERACIÓN

De la magnitud de la demanda eléctrica y térmica y su simultaneidad, se considera adecuado proponer un sistema de cogeneración acoplado a un *District Heating-Cooling*, que abastecerá de agua caliente y/o fría a los edificios del Campus, fundamentalmente para satisfacer las demandas de climatización, esta instalación contará con motores generadores de

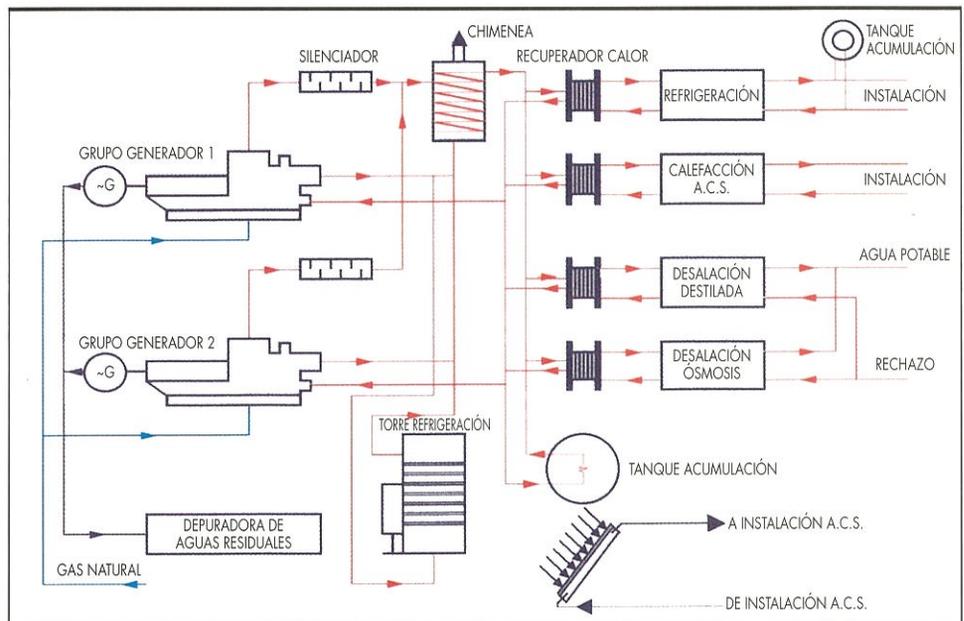


FIGURA 14. Esquema de principio.

combustión interna a una potencia total de 7 MW y un sistema de recuperación de calor de impulsión a 120° C y retorno a 100° C, que por medio de un sistema de distribución alimentará a los edificios con agua a esa temperatura, la que en cada uno de ellos cederá calor a un intercambiador en paralelo con el sistema de calefacción y a un equipo de refrigeración por absorción (Figura 14).

CONCLUSIONES

En el año 1993 se puso en marcha el **Proyecto de Gestión Integral de Recursos Hídricos y Energéticos** con el que se pretende el autoabastecimiento de agua y energía del Campus al mismo tiempo que se optimizan los consumos.

Mediante el seguimiento del agua consumida en las diferentes instalaciones (detectando y reparando las pérdidas de agua en la red de distribución) y la reducción del consumo en aquellos puntos en los que era excesivo, se ha conseguido la reducción del consumo de agua.

En 1995 se comenzó a regular el agua destinada a regadía de forma independiente al agua potable mediante la construcción de un lago artificial en el que se mezcla agua dulce con salobre procedente de la red.

Se ha obtenido una progresiva reducción del consumo de agua aún cuando el alumnado ha crecido considerablemente. El máximo de consumo por persona se produjo en 1992 con 20 m³/año y el mínimo en 1996 con un valor entre 6 y 7 m³/año. De 1993 a 1995 se produjo una reducción del consumo de agua aún habiendo aumentado el consumo de agua para riego y el número de alumnos que estudian en la Universidad de Alicante. En 1996 se produce un aumento (aunque el consumo total anual es inferior al de 1995) del consumo debido a que durante este año se ha llevado a cabo la construcción de muchas instalaciones nuevas, ampliando de forma significativa la infraestructura de la Universidad.

El último paso llevado a cabo ha sido la puesta en marcha de una planta desaladora de osmosis inversa cuya capacidad de producción es de 450 m³/día con una conversión del 72%. Se han instalado membranas 8040-UHY-ESPa de HYDRANAUTICS.

Aunque el principal objetivo del presente proyecto es la optimización del consumo tanto de recursos hídricos como energéticos, este proyecto también ha permitido reducir en parte el gasto producido por el consumo de agua potable. El dinero invertido en 1996 para el consumo de agua fue de 25 millones

frente a los 40 que se deberían haber pagado si no se hubieran aplicado las medidas del proyecto. Con la puesta en marcha de la planta desaladora en 1997 se ha previsto que el ahorro económico ascenderá a unos 14 millones de pts/año (suponiendo un funcionamiento de 340 días al año, un coste de 40 pts/m³ producido en la desaladora y considerando que el precio al que se ha pagado en m³ a la empresa encargada del abastecimiento a la red municipal en 1996).

En la actualidad se está llevando a cabo el estudio de la aplicación de cogeneración, energía solar y energía eólica en la potabilización de agua salobre y en la depuración de las aguas residuales de la Universidad, así como la aplicación de la cogeneración en el acondicionamiento de las instalaciones deportivas y edificios. Se pretende optimizar también el consumo energético en regadío.

Durante 1996 se ha llevado a cabo una auditoría, al Campus de la Universidad, para evaluar el consumo de energía eléctrica y termal. Con objeto de evaluar la posible aplicación de energías renovables, se analizaron datos eólicos de los años 1960 a 1967.

Como resultado de estos estudios se han propuesto tres tipos de instalaciones. Dos de ellas basadas en fuentes de energía renovable, plantas de energía solar y eólica, y otra basada en una fuente de energía no renovable, una planta de cogeneración.

La planta eólica (de una capacidad total de 600 KW) permitiría una generación eólica del orden de los 2 x 10⁶ KW h/año, dando un pay-back simple del orden de entre 4 y 5 años. La planta solar, con una superficie de captación de 20 m², tendría el objeto de abastecer unos 7.000 m³/mes de agua a una temperatura de 45° C. Esta planta podría ser amortizada en 2 años, lo cual calificaría la inversión como viable en una primera aproximación.

De la magnitud de la demanda eléctrica y térmica y su simultaneidad, se considera adecuado proponer un sistema de cogeneración acoplado a un *Distric Heating-Cooling*, que abastecerá de agua caliente y/o fría a los edificios del Campus, fundamentalmente para satisfacer las demandas de climatización, esta instalación contará con motores generadores de combustión interna a una potencia total de 7 MW y un sistema de recuperación de calor de impulsión a 120° C y retorno a 100° C, que por medio de un sistema de distribución alimentará a los edificios con agua a esa temperatura, la que en cada uno de ellos cederá calor a un intercambiador en paralelo con el sistema de calefacción y a un equipo de refrigeración por absorción.