

# ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA LIGADO AL USO DEL AGUA EN LA CIUDAD DE VALENCIA

*Murgui Mezquita, Mónica, Cabrera Marcet, Enrique, Pardo Picazo, Miguel A. y Cabrera Roquera, Enrique.*

*ITA, Universidad Politécnica de Valencia, momurmez@ita.upv.es,*

## 1 Introducción

Hasta hace muy pocos años la única relación agua-energía objeto de interés era la generación de energía hidroeléctrica a partir del agua de los ríos. Pero propiciado tanto por el estancamiento de la producción de hidroelectricidad como por las exigencias energéticas que comporta el manejo sostenible del agua y las nuevas fuentes a las que se recurre, (la desalación es un claro ejemplo), en la última década tiene mucho más interés la relación inversa, a saber, el recurso natural máspreciado como consumidor de energía.

Las cada vez más frecuentes sequías y el formidable reto del cambio climático exigen mayores niveles de eficiencia en el uso del los recursos agua y energía, sobre todo por la manifiesta interdependencia que existe entre ellos. El calentamiento global, la mayor evidencia del cambio climático, disminuye, en las áreas de mayor estrés hídrico, la disponibilidad de agua obligando a recurrir tanto a fuentes alternativas, energéticamente más consuntivas, como a captar desde mayores profundidades las aguas subterráneas. A ello hay que añadir, dada la menor disponibilidad de recursos, la disminución de producción de energía hidroeléctrica y el aumento del consumo energético doméstico destinado a refrigerar las viviendas. Y como un mayor consumo de energía propicia el cambio climático, se está en un ciclo vicioso cuya evolución, cuanto menos, convendrá controlar.

En España los datos del coste energético ligado al uso del agua son, cuando no inexistentes, imprecisos. Rellenar este vacío en el escenario concreto de la ciudad de Valencia es el objeto del presente trabajo. Ello requiere evaluar tanto los consumos de agua como su huella energética expresada en kWh/m<sup>3</sup>, asociada a las diferentes etapas que componen el ciclo urbano del agua, desde la captación del recurso hasta el tratamiento final en la depuradora como paso previo a su devolución al medio natural (Cabrera y col, 2009).

Conocida la situación actual, se podrán identificar las etapas energéticamente menos eficientes que permitan adoptar las decisiones correctas dirigidas a conseguir el ahorro conjunto de agua y energía. Esta primera valoración pretende ser el punto de partida de un análisis más detallado y preciso que permita la comparación de la situación de Valencia con otros trabajos similares desarrollados en California. Un análisis necesario para valorar la conveniencia de determinadas políticas del agua y que puede ser la guía de otras ciudades y regiones.

## 2 El agua consumidor de energía

El agua es el recurso natural renovable más importante y también el más amenazado por las muchas presiones que soporta. Entre otras una utilización por encima de su capacidad de renovación natural, una depuración insuficiente, la contaminación química derivada de la agricultura y otras muchas. Son hechos bien conocidos. Pero de lo que no se es tan consciente es del imponente gasto de energía que exige el uso sostenible del agua. Y ello porque cada etapa del ciclo hídrico alternativo<sup>1</sup> (desde la captación hasta el vertido) que el agua recorre, supone un gasto energético elevado aunque, oscurecido tanto por las imponentes inversiones que requieren las grandes obras hidráulicas como porque el gasto energético se diluye entre una infinidad de usuarios domésticos,

---

<sup>1</sup> El ciclo hidrológico natural del agua se modifica para la satisfacción de las necesidades cotidianas del hombre.

industriales y agrícolas. Pero claro, la suma de muchos términos menores proporciona un total imponente.

Así pues ahorrando agua, se reduce el gasto de energía. De hecho es relativamente sencillo cuantificar, en términos energéticos, el beneficio de un uso más eficiente del agua. De una parte se evita sobredimensionar instalaciones (tuberías, plantas potabilizadoras, etc.) y con ello el gasto energético asociado a toda gran obra civil. De otra, y ello es aún mucho más importante, se ahorra energía en el día a día. Un ahorro que se puede cuantificar siguiendo el ciclo del agua. El ahorro del gasto energético depende del punto del ciclo integral en el que el uso del agua se optimiza. De hecho, en términos energéticos, no tiene la misma repercusión reparar la fuga de una tubería que instalar una cisterna de baja capacidad en un sanitario, ni utilizar agua procedente de un manantial a tener que recurrir a agua desalada.

Si bien los gestores siempre han tenido muy presente el ahorro energético derivado de la mejora de procesos (los habidos en los últimos años en la desalación han sido espectaculares) y de la optimización de los bombeos, el ahorro de energía derivado de una utilización racional del agua ha sido hasta ahora ignorado como lo ha sido también el ahorro energético doméstico. Lo evidencia un reciente estudio (McMahon y col, 2006) que demuestra que la mejor relación coste beneficio de un programa de eficiencia energética doméstica corresponde a la implantación de dispositivos de ahorro de agua domésticos.

### 3 Agua y energía en California

La relación agua - energía está siendo estudiada con todo detalle en el Estado de California CEC (2005). El ciclo alternativo al natural que sigue el agua, tanto en los abastecimientos urbanos como en los sistemas de riego, ha sido analizado desde la óptica energética, un estudio que ha permitido establecer las horquillas de consumo energético de cada una de las etapas. Los resultados, salvo por lo que respecta a los usos finales, los detalla la Figura 1. Los valores más elevados de las horquillas (hasta 3.70 kWh/m<sup>3</sup> en la etapa de transporte) corresponden al largo trasvase de norte a sur del Estado y a las desaladoras (etapa potabilización) con 4.23 kWh/m<sup>3</sup>.

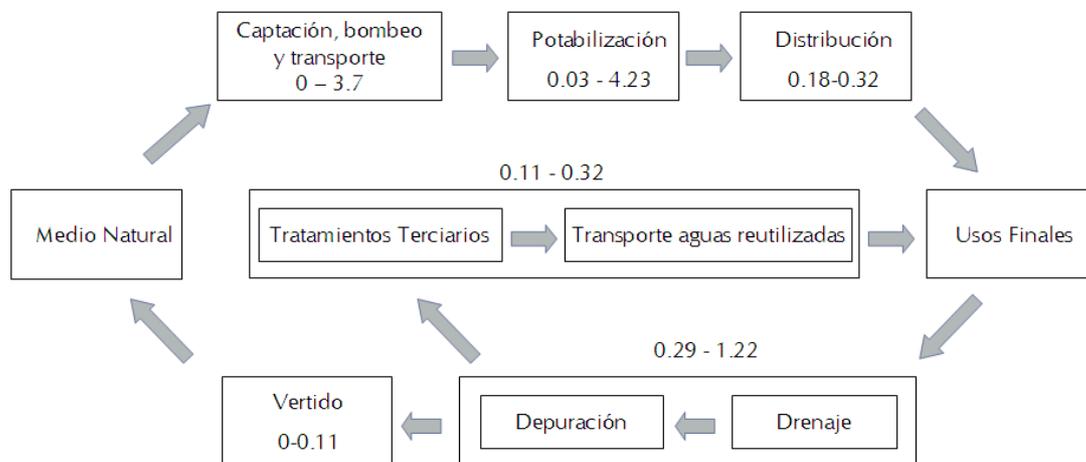


Figura 1 Horquillas referencia del consumo de energía del ciclo del agua en California, en kWh/m<sup>3</sup>, (CEC, 2005)

Sin embargo, en la Figura 1 no consta la horquilla correspondiente al bloque de usos finales, que es el que requiere mayor gasto energético del ciclo. Lo evidencia la Tabla 1 (CEC, 2005) donde el gasto ligado a los usos finales es el 73 % del total consumo total de electricidad asociado a este ciclo. En suma, el gasto energético ligado al agua alcanza el 19 % del consumo eléctrico y el 32 % del de gas. No hay datos en España aunque sin duda será también un porcentaje significativo.

Tabla 1 Consumos energéticos totales ligados al agua en California (CEC 2005)

	Electricidad (GWh)	Gas natural (termias x 10 <sup>6</sup> )
Suministro y potabilización		
Urbano	7554	19
Agrícola	3188	
Usos finales		
Agrícola	7372	18
Urbano e industrial	27887	4220
Depuración	2012	27
TOTAL	48012	4284
Consumo en el 2001	250494	13571
% del total de California	19 %	32 %

## 4 Descripción del ciclo Urbano del agua en Valencia

Para evaluar la relación agua energía en la ciudad de Valencia, es menester conocer las particularidades del ciclo urbano del agua. La red del Área Metropolitana de Valencia (que incluye la capital), abastece aproximadamente a 1.5 millones de habitantes de los que un 54% (810.000) residen en Valencia y pedanías, mientras el resto del consumo corresponde a municipios del área metropolitana. Todos los datos que siguen corresponden al año 2008. El esquema del ciclo urbano del agua de la ciudad de Valencia, lo muestra la Figura 2.

### 4.1 Transporte, Potabilización y Distribución

Las fuentes de suministro de la ciudad de Valencia y de sus pedanías son, principalmente, superficiales. El agua bruta procede del Turia y del canal Júcar-Turia y es tratada en las potabilizadoras de Manises y Picassent. En la Tabla 2 se muestran los balances hídricos de las dos plantas de potabilizadoras (ETAPs) mencionadas.

Tabla 2 Balance hídrico anual en las ETAPs del abastecimiento de Valencia.

ETAP	Procedencia del agua (Hm <sup>3</sup> )			Volumen totales entrante Hm <sup>3</sup>	% respecto al volumen total potabilizado	Volumen totales saliente Hm <sup>3</sup>
	Canal JT	Río Túria	Subterránea			
El Realón (Picassent)	54.48			54.48	46.30	53.83
La Presa (Manises)	20.29	40	2.90	63.19	53.70	61.98
TOTAL	74.77	40	2.90	117.68	100.00	115.81

Del volumen anual potabilizado en las ETAPs, 64,4 Hm<sup>3</sup>/año (el 55,61%), es distribuido a Valencia y pedanías. Sin embargo, éste no es el único aporte de agua, pues se extraen 3,78 Hm<sup>3</sup> al año de pozos se distribuyen por una red de baja presión para el riego de parques y jardines. Éste último es un volumen no medido (esta red no dispone de contadores), por lo que es contabilizado en el apartado de las pérdidas aparentes. El volumen

suministrado total en Valencia, suma de los volúmenes aportados a la ciudad por las plantas potabilizadoras y por los pozos de riego, es 68.19 Hm<sup>3</sup>/año.

Tabla 3 Balance hídrico en la red de distribución de Valencia en Hm<sup>3</sup>/año.

<b>Volumen suministrado</b> 68.19	<b>Suministrado por las ETAPs</b> 64.40 (94.4%)	<b>Volumen Registrado</b> 47.84 (70.15%)	<b>Uso doméstico</b> 34.04 (49.92%)
			<b>Uso industrial</b> 11.15 (16.35%)
			<b>Uso municipal</b> 2.65 (3.88%)
	<b>Suministrado por pozos</b> 3.78 (5.6%)	<b>Pérdidas aparentes y/o reales</b> 20.35 (29.84%)	<b>Perdidas reales<sup>2</sup></b> 9.95 (14.58%)
<b>Pérdidas aparentes</b> 10.4 (15.26%)			

En la etapa de distribución, se registra un caudal de 47.84 Hm<sup>3</sup>/año (Tabla 3), por lo que las pérdidas aparentes<sup>3</sup> y fugas de la red suponen 20.35 Hm<sup>3</sup>/año (16.57 en la red de alta presión y 3.78 Hm<sup>3</sup>/año en la red de baja). La red de distribución de alta tiene un rendimiento volumétrico del 74.28% (con respecto al volumen suministrado por las ETAPs) y unas fugas de 1.75 m<sup>3</sup>/Km.h (longitud de la red: 1080 Km). La misma tabla indica que el 49.92% del volumen total suministrado es consumo doméstico (el 71.2% del registrado) mientras que el uso industrial y el municipal representan el 16.35 y el 3.88% del volumen total suministrado, equivalentes al 23,3 y el 5,5% del volumen registrado.

Las pérdidas aparentes y reales, 20.35 Hm<sup>3</sup>/año, representan el 29.84% del volumen total. Si descontamos los 3.78 Hm<sup>3</sup>/año de la red de baja, un caso singular en Valencia, contabilizados como pérdidas aparentes por no ser registrados, obtenemos un valor de 16.57 Hm<sup>3</sup>/año. Se estima que un 60% de este volumen son fugas reales y el 40% restante aparentes. Un deslinde más preciso requiere un análisis más detallado (Almandoz y col., 2005).

## 4.2 Depuración

Las aguas residuales generadas por la ciudad de Valencia y sus pedanías, se tratan en numerosas estaciones depuradoras (EDARs). Existen EDARs gestionadas municipalmente no consideradas en este trabajo pues el caudal total tratado en estas instalaciones es despreciable con respecto al total. Las características de las EDARs consideradas las detalla la Tabla 4. A estas depuradoras llegan aguas residuales tanto de la ciudad de Valencia como de otros municipios del área metropolitana. Dado el objetivo de este trabajo, la relación agua-energía en el ciclo urbano de Valencia, es preciso diferenciar los caudales entrantes en la depuradora según su procedencia (Valencia o resto del área metropolitana). El proceso seguido es:

- Identificar la población de los municipios del área metropolitana, pedanías y barrios de la ciudad de Valencia, cuyas aguas residuales se vierten a cada una de las depuradoras.
- Con el volumen total suministrado por las plantas potabilizadoras a la ciudad de Valencia, y con la referencia del padrón del año 2008, se calcula una dotación media de 217.83 l/hab y día.

<sup>2</sup> Estimado

<sup>3</sup> Pérdidas aparentes son los caudales consumidos pero no medidos. Bien por errores en los contadores domiciliarios, bien por ausencia de medidores o por consumos ilegales, descargas de la red, salidas de agua en hidrantes de incendios, etc...Al haber consignado en este apartado el agua de riego, su valor (15,26%), es notablemente alto.

- A partir de la dotación media calculada y del número de habitantes de Valencia, se calcula la cantidad de agua residual de las pedanías y barrios de la ciudad que se tratan en cada depuradora.
- El agua residual que proviene de los municipios del área metropolitana, se obtiene por diferencia entre el volumen total entrante en la EDAR y el volumen calculado en el punto anterior. La dotación para estas zonas es mayor por existir una considerable actividad industrial.

Con los datos mostrados en el balance hídrico de la Tabla 3, se puede calcular el caudal que se supone entra en la depuradora como diferencia entre el volumen total suministrado por las potabilizadoras, 64.40 Hm<sup>3</sup>/año y las pérdidas reales, 9.95 Hm<sup>3</sup>/año, obteniendo un caudal de 54.46 Hm<sup>3</sup>/año. Sin embargo, el volumen total depurado es de 65.24 Hm<sup>3</sup>/año (Tabla 4), supera en un 20% al previsto. Esta diferencia es debida tanto al desconocimiento del origen exacto del agua tratada en cada EDAR como a los aportes de agua adicionales a la red de saneamiento o a la propia EDAR. Entre otros conviene destacar:

- Filtraciones del freático. La cercanía de las EDARs al mar favorece la entrada de agua procedente de acuíferos, principalmente en las EDAR de Pinedo I, II y Ampliación. Esta fuente puede sea la mayor.
- Retornos de riego. Algunas depuradoras reciben agua sobrante de riego, cuyo volumen fluctúa a lo largo del año, con mayor presencia en los meses de verano.
- Pozos de sequía y pozos ilegales. Los pozos de sequía se explotan en épocas de déficit hídrico. Con todo ello, estos pozos no tienen mucha relevancia en el caso de Valencia ciudad, pero no conviene olvidarlos. El resto del área metropolitana, cuenta con un mayor número de pozos ilegales.

Tabla 4 Determinación de los caudales provenientes de la ciudad de Valencia por depuradora

EDAR	Municipio servido	Volumen saliente (Hm <sup>3</sup> /año)	Población (Habitantes) <sup>4</sup>		Caudal (pertenecientes a la ciudad de Valencia)	
			TOTAL	Ciudad de Valencia	Hm <sup>3</sup> /año	% respecto al total de la EDAR
Pinedo I	Valencia	43.02	521351	428554	<b>34.41</b>	80.00
Pinedo II	Valencia y parte de l'Horta Sud	81.60	701495	355302	<b>28.53</b>	34.96
Conca Carraixet	Valencia y parte de l'Horta Nord	14.11	125310	18588	<b>1.49</b>	10.58
Quart-Benàger	Valencia y parte de l'Horta Oest	12.53	135904	9968	<b>0.80</b>	6.39
<b>TOTAL</b>		<b>151.26</b>	<b>1484061</b>	<b>812413</b>	<b>65.24</b>	<b>43.13</b>

Finalmente convendrá aclarar que parte del efluente tratado en la EDAR de Pinedo I y II completa su tratamiento en Pinedo II Ampliación. Esta depuradora no figura en la tabla porque el volumen que depura, 81.93 Hm<sup>3</sup>/año, ya ha sido contabilizado en las EDARs precedentes. Su inclusión equivaldría a duplicar un mismo volumen.

Tras el proceso de depuración, una fracción del efluente retorna al medio natural a través de un emisario submarino reutilizándose la parte complementaria. Más adelante (ver Tabla 9) se detalla el volumen vertido y la EDAR de procedencia.

<sup>4</sup> Para determinar el número de habitantes cuyas aguas residuales se tratan en cada una de las EDARs

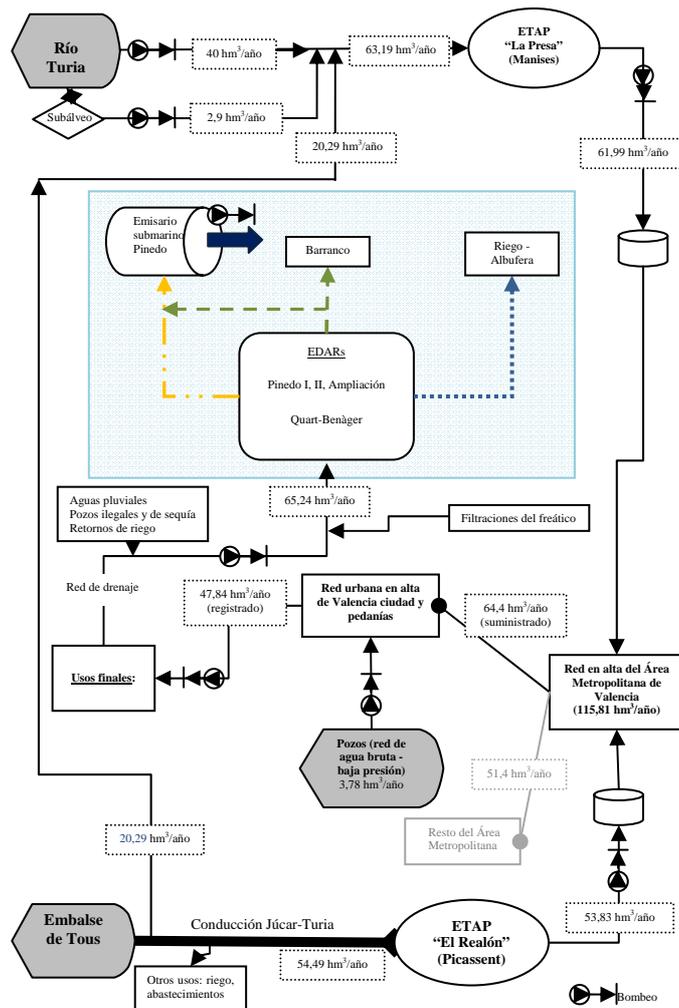


Figura 2 Esquema del ciclo urbano del Agua en la ciudad de Valencia.

## 5 Consumo energético del ciclo urbano del agua en Valencia

En el presente apartado se detalla el consumo energético de las etapas que componen el ciclo urbano del agua.

### 5.1 Transporte, Potabilización y Distribución

El consumo energético de las etapas de transporte, potabilización y distribución, se presenta de manera conjunta. Las partes que lo integran son:

1. Transporte hasta la potabilizadora, potabilización y distribución en alta hasta entregar el agua por encima del umbral de presión definido. En Valencia 25m.c.a.  
Los consumos energéticos unitarios ( $\text{kWh/m}^3$ ) de cada una de las ETAPs, El Realón (Picassent) y la Presa (Manises) son 0.15 y 0.31  $\text{kWh/m}^3$  respectivamente. La diferencia entre ambos la explica el que la ETAP de la Presa está a una cota superior a la cota de origen del agua (río Turia), y necesita un bombeo de cabecera inicial de 15 m.c.a. Como se pretende obtener el consumo energético unitario de la ciudad de Valencia y a

priori se desconoce la cantidad de agua que procede de cada instalación (generalmente el Júcar aporta mucha más agua pero en caso de sequía, los volúmenes derivados dependen del estado de cada cuenca), se admite un valor ponderado medio a partir de los valores anteriores, correspondientes al año 2008, y del volumen tratado por cada una de ellas. Ver Tabla 5.

Tabla 5 Consumo energético unitario de las potabilizadoras de Valencia.

ETAP	Consumo energético unitario (kWh/m <sup>3</sup> )
El Realón (Picassent)	0.15
La Presa (Manises)	0.31
<b>TOTAL</b>	<b>0.24</b>

2. Extracción y distribución de agua de origen subterráneo para riego de parques y jardines. El valor unitario proporcionado por Emivasa (Empresa Mixta Valenciana de Agua), y que obviamente depende de la profundidad de los pozos y del rebombeo posterior necesario, es de 0.125 kWh/m<sup>3</sup>.

3. Rebombeo del agua en instalaciones particulares (viviendas de los usuarios).

Para calcular el montante energético medio asociada al rebombeo se parte de las siguientes hipótesis:

- Se considera, en Valencia, una media de 8 alturas por edificio
- Los equipos de bombeo proporcionan una altura adicional de 30 metros (además de los 25 m.c.a. de la red).
- El rendimiento de las bombas es del 50%. La potencia de estos equipos y la escasa atención que se les presta justifica tan bajo valor.

El valor obtenido para este último proceso es de 0.164 kWh/m<sup>3</sup>.

En la tabla siguiente se muestran los consumos energéticos asociados a cada uno de los procesos anteriores, así como el peso relativo de cada uno respecto al total. Se obtiene un consumo energético total de 23.74 GWh/año.

Tabla 6 Consumo energético de las etapas de transporte, potabilización y distribución en la red de Valencia.

Procedencia	Volumen suministrado (Hm <sup>3</sup> /año)	Consumo energético unitario (kWh/m <sup>3</sup> )	Consumo energético (GWh/año)	% respecto del consumo total
ETAPs	64.407	0.24	15.45	65.08
Pozo (red de baja P)	3.784	0.125	0.47	1.98
Rebombeo (volumen registrado)	47.843	0.164	7.82	32.94

Se puede observar que casi dos terceras partes del consumo se deben al transporte hasta la potabilizadora, potabilización y distribución, mientras que el rebombeo también es significativo, y ronda una tercera parte del total. En cambio, el agua procedente de pozo en la red de riego supone, como no podía ser de otro modo, un consumo energético bajo con respecto a los anteriores.

## 5.2 Drenaje

El volumen que circula por la red de saneamiento de Valencia, se puede calcular sumando al volumen registrado las pérdidas aparentes y los aportes de caudal definidos en el apartado 4.2. Dicho de otro modo, es el volumen total tratado por las depuradoras, 65.24 Hm<sup>3</sup>/año. De momento no se ha podido concretar el consumo energético de esta etapa del ciclo, por lo se ha supuesto un valor de 0.05 kWh/m<sup>3</sup>. Este valor se justifica por ser Valencia una ciudad con poco desnivel en la que apenas hay bombeos intermedios y los existentes no tienen una altura significativa. Es asunto que queda pendiente para un refinamiento posterior de esta aproximación inicial. En cualquier caso con estas premisas, se obtiene un valor total consumido de 3.26 GWh/año.

## 5.3 Depuración

Todas las EDARs consideradas (incluida Pinedo II Ampliación), con la excepción de Pinedo II, disponen de un motor de cogeneración para sintetizar biogás, cuya combustión genera una energía que se utiliza en la propia instalación, reduciendo la energía contratada para el funcionamiento de la planta depuradora. La Tabla 7 muestra, para cada una de las EDARs, el consumo unitario eléctrico<sup>5</sup>, expresado en kWh/m<sup>3</sup>, según el origen del mismo, bien de la red eléctrica o proveniente de la cogeneración. También figura el consumo eléctrico total, y su origen, en GWh/año. El consumo energético de la depuradora detallado, incluye *todos* los tratamientos (también los terciarios definidos Tabla 8), así como los propios de la operación y mantenimiento del sistema.

Tabla 7 Energías consumidas de la red eléctrica en las EDARs.

EDAR	Consumo unitario eléctrico			Consumo eléctrico		
	Red	Biogás (kWh/m <sup>3</sup> )	Total	Red	Biogás	Total
				Valencia y pedanías (GWh/año)		
Conca del Carraixet	0.29	0.11	0.40	0.44	0.16	0.60
Pinedo I	0.20	0.12	0.32	6.79	4.19	10.98
Pinedo II	0.10	0	0.10	2.97	0	2.97
Pinedo II Ampliación	0.28	0.01	0.28	9.35	0.26	9.61
Quart-Benàger	0.54	0.003	0.54	0.43	0.002	0.43
Total	-	-	-	19.98	4.62	24.59

## 5.4 Tratamientos terciarios y reutilización

El tratamiento terciario realizado consiste en una fase de coagulación-floculación, sedimentación lamelar, filtración, y tratamiento con rayos ultravioleta. Únicamente se realizan en las EDARs del Carraixet y Pinedo Ampliación. El consumo energético de estos procesos no se ha podido concretar a partir de los datos disponibles, por lo que se supone 0.2 kWh/m<sup>3</sup>, igual al límite inferior de la horquilla, 0.2 – 0.63 kWh/m<sup>3</sup>, de instalaciones similares (Sala, 2007). Se adopta este valor porque los consumos unitarios en la EDAR con tratamiento completo (Conca del Carraixet), son relativamente bajos.

El caudal de salida del tratamiento terciario en la EDAR Conca del Carraixet es 3.43 Hm<sup>3</sup>/año, y únicamente el 10.58% (ver Tabla 4) del efluente pertenece a Valencia, mientras que para Pinedo II Ampliación el volumen

<sup>5</sup> Si se considera la energía final consumida en las EDARs, la electricidad es la única fuente energética empleada

tratado en el terciario es 77.88 Hm<sup>3</sup>/año y un 41.19%<sup>6</sup> pertenece a Valencia. En la Tabla 8 muestra, para la ciudad de Valencia y pedanías, el consumo energético asociado a este tratamiento.

*Tabla 8 Energías consumidas en el tratamiento terciario (ciudad de Valencia y pedanías)*

EDAR	Volumen terciario tratado (Hm <sup>3</sup> /año)	Consumo energético tratamiento terciario GWh/año	Porcentaje del terciario respecto al consumo energético total
Conca del Carraixet	0.36	0.07	12.03
Pinedo II Ampliación	32.08	6.42	66.75
TOTAL	32.44	6.49	-

El consumo energético total de este tratamiento es 6.49 GWh/año. El valor se debe principalmente al consumo que se produce en la EDAR Pinedo Ampliación, lo cual es lógico si se observan los caudales tratados en cada depuradora, 0.36 Hm<sup>3</sup>/año en Conca del Carraixet frente a 32.08 Hm<sup>3</sup>/año en Pinedo II Ampliación. Sin embargo el peso específico del terciario (66.75%) en Pinedo Ampliación es muy superior al de Carraixet (12.03 %) por la diferencia de tratamientos. Pinedo Ampliación sólo incluye secundario y terciario mientras la depuración en Carraixet incluye todas las etapas (pretratamiento, primario, secundario y terciario).

El consumo energético del transporte de las aguas reutilizadas para riego depende de la depuradora. En Conca del Carraixet, tras el tratamiento terciario, el efluente es impulsado a través de tuberías que discurren paralelas al barranco del Carraixet, una distancia de 4,2Km. Este transporte supone un gasto unitario de 0,23 kWh/m<sup>3</sup>. Por el contrario la reutilización del terciario de Pinedo Ampliación, mayormente destinado a alimentar por gravedad La Albufera, no consume energía. En cualquier caso un análisis más detallado que contemple toda la casuística se llevará a cabo en la etapa de refinamiento de este estudio. Con las precedentes valoraciones, el consumo total de esta etapa de transporte es de 0.08 GWh/año.

## 5.5 Descarga al medio

El emisario submarino de Pinedo recibe agua de las EDARs de su mismo nombre. La Tabla 9 especifica el tratamiento previo al que se ha sometido el efluente antes del vertido, el volumen vertido y el consumo energético para cada caso. Para comprender mejor la tabla conviene indicar que el consumo medio del bombeo del agua vertida por el emisario es 0.05 kWh/m<sup>3</sup>, cifra que corresponde a un desnivel de unos 12 m.c.a. Este valor y los efluentes vertidos proporcionan el gasto energético total del emisario. Lo que corresponde a la ciudad de Valencia se determina a partir de la procedencia de los volúmenes tratados (el 80% en el caso de Pinedo I, 34.96% para Pinedo II y 41.19% para Pinedo Ampliación). El consumo total de Valencia es, pues, 1.54GWh/año.

<sup>6</sup> Este porcentaje se calcula a partir del caudal y del porcentaje del mismo referido a la ciudad de Valencia, para las EDARs Pinedo I y II, ya que Pinedo Ampliación trata parte de los efluentes de estas dos últimas.

Tabla 9 Consumo energético del emisario submarino

Procedencia	Tratamiento previo	Volumen vertido	Consumo energético total	Consumo energético (Valencia y pedanías)
		(Hm <sup>3</sup> /año)	(Gwh/año)	(Gwh/año)
Pinedo I	Secundario	31.68	1.58	1.27
Pinedo II	Pretratamiento y primario	11.01	0.55	0.19
Pinedo II Ampliación	Secundario	4.05	0.20	0.08
<b>TOTAL</b>		<b>46.74</b>	<b>2.34</b>	<b>1.54</b>

### 5.6 Resumen de los datos obtenidos

La Figura 3 sintetiza (con las horquillas de una misma etapa reflejando su casuística) los resultados precedentes.

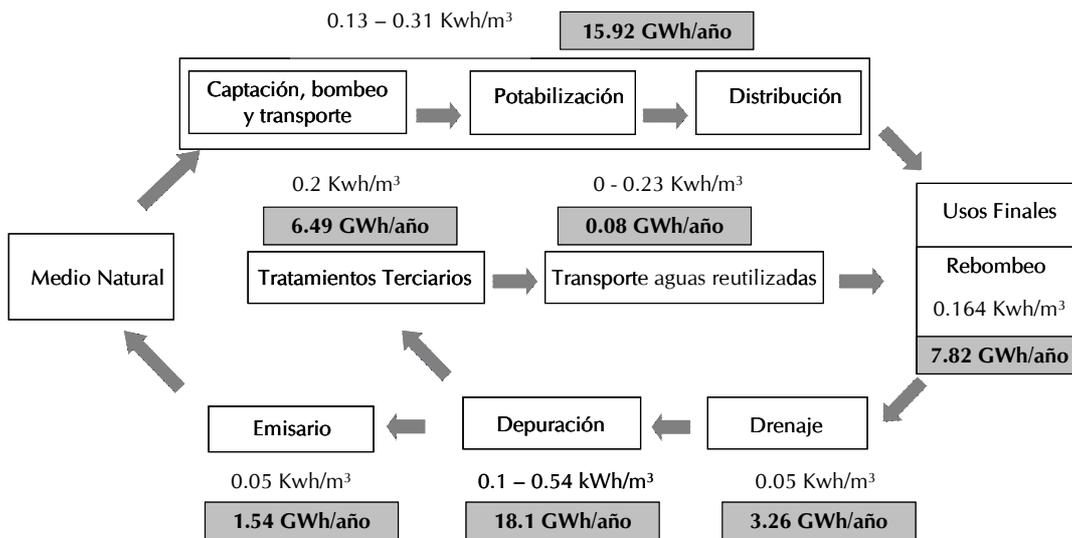


Figura 3 Síntesis del consumo de energía del ciclo urbano del agua en la ciudad de Valencia.

Para su mejor comprensión, algunas aclaraciones adicionales siguen:

- En la primera etapa el valor medio se obtiene con los datos provenientes de las ETAPs y de los pozos de bombeo.
- El rebombero de los usos finales se incluye en la etapa correspondiente. Este representa sólo un porcentaje del gasto total de la etapa más consumidora de energía. No se ha evaluado, por la complejidad y volumen de trabajo que conlleva, la energía necesaria para calentar el agua en viviendas e industrias. Pese a ello el rebombero en sí mismo es un consumo energético notable.
- El dato del consumo energético en la red de saneamiento de Valencia está pendiente de determinar y es el dato menos fiable del presente estudio aunque por su escasa relevancia no condiciona de manera significativa el resultado final.

- El consumo energético de las EDARs (apartado 5.3), 24.59 GWh/año, se desglosa en dos etapas: el consumo referido al pretratamiento, tratamiento primario y secundario (18.1GWh/año) y el consumo del tratamiento terciario (6.49 GWh/año).
- El valor inferior de la horquilla de depuración, 0.10 kWh/m<sup>3</sup>, es bastante bajo pues corresponde a la EDAR de Pinedo II que únicamente incluye un tratamiento primario.

## 6 Conclusiones

En una primera estimación y excluyendo la etapa más consuntiva del ciclo, la correspondiente a los usos finales, el consumo energético ligado al agua urbana de la ciudad de Valencia es 53.21 GWh/año, una notable cantidad que supone un gasto económico del orden de 5 millones de euros anuales. En cualquier caso se trata de una primera estimación que debe ser objeto, mediante análisis posteriores más detallados y precisos, de un ajuste más fino.

Con todo, los resultados evidencian que desde una óptica energética, el consumo unitario (en kWh/m<sup>3</sup>) de la ciudad de Valencia (el resultado de sumar los valores unitarios de las diferentes etapas del ciclo y asignando a las caracterizadas con una horquilla su valor medio) es más bien discreto (1.124 Kwh/m<sup>3</sup>). Si el agua que abastece a la ciudad procediese de una desaladora, trasvase o pozo profundo y si su perfil topográfico fuese irregular (requeriría muchos más bombeos), el valor final sería mucho mayor (hasta el quintuple), por lo que en estas ciudades el análisis aquí presentado sería aún mucho más relevante.

Sin embargo hay etapas en las que los consumos unitarios no dependen ni del perfil topográfico ni de las fuentes de abastecimiento de la ciudad. Nos referimos a las fases de potabilización y depuración, incluidos los tratamientos terciarios. En este caso los valores unitarios son del mismo orden de magnitud que los que detallados en el estudio de California, dependiendo únicamente del estado de la tecnología y del factor de escala (población de la ciudad).

Finalmente como en el estudio de California, este trabajo está siendo ampliado en el espacio (a toda la Comunidad Valenciana) y en los usos (incluyendo, entre otros, el más importante, el regadío). El interés estratégico de los dos recursos considerados (agua y energía) y su notable influencia – dependencia del cambio climático, lo hacen necesario. No en vano estos resultados permitirán delinear, con mucho mayor conocimiento de causa, las políticas que al respecto más convienen al futuro.

## 7 Referencias

Almandoz J., Cabrera E., Arregui F., Cabrera Jr. E., Cobacho R. (2005) *Leakage assessment through water networks simulation* Journal of Water Resources Planning and Management. ASCE. Nov-Dic. 2005 pp 458-466

Cabrera, E., Pardo, M.A., Cobacho, R., Arregui, F.J. and Cabrera, E. Jr.(2009). “*Evaluation of Carbon Credits Saved by Water Losses Reduction in Water Networks*”. Waterloss 2009. ISBN 978-1-920017-38-5. 90-97.

CEC (California Energy Comisión), (2005). “*California’s Water- Energy Relationship. Final staff report. CEC 700 – 2005 – 011 SF*”. California Energy Comisión. State of California. November 2005

McMahon J.E., Whitehead C.D., Biermayer P., (2006). “*Saving water saves energy*”. Lawrence Berkeley National Laboratory. Berkeley. California. USA

Sala LL., (2007). “*Balances energéticos del ciclo de agua y experiencias de reutilización planificada en municipios de la Costa Brava*”. Seminario Agua, Energía y Cambio Climático. Universidad Politécnica. Valencia.