

Nuevos enfoques y soluciones en tecnologías de generación térmica (refrigeración) e hidráulica (multiuso, bombeos y eólica)

INDICE

1. Resumen
2. Previsiones de consumo de energía
3. Consumo de agua en la generación eléctrica
4. Propuestas para la reducción del consumo de agua
 - 4.1. Eficiencia energética creciente
 - 4.2. Emplazamientos de menor impacto para el uso de agua
 - 4.3. Ahorro de agua en la generación térmica convencional
 - 4.4. Reutilización del agua
 - 4.5. Sistemas mixtos de generación eolo-hidráulicos

1. Resumen

Tradicionalmente en la industria se ha utilizado el agua como un recurso inagotable, pero en cualquier proceso de transformación térmica se requiere agua como vehículo de transformación de energía y como fuente o sumidero del calor residual del proceso (refrigeración).

Así nos encontramos con que del agua usada por la industria, las 2/3 partes del agua residual generada lo es en la refrigeración de procesos, que a su vez previa la depuración parcial se devuelve al medio, en parte degradada y mermada por pérdidas por fugas y evaporación.

En la generación eléctrica hidráulica se utiliza el agua como vehículo de transformación de la energía almacenada en energía eléctrica, pero al ser el agua un bien cada vez mas escaso, se producen interferencias entre las necesidades de abastecimiento a poblaciones y la necesidad de generar energía. Esta interferencia es cada vez mas patente conforme la población aumenta y requiere mayor demanda de agua y a su vez de energía.

Este modelo es necesariamente revisable ante la exigencia de reducir el consumo en un escenario creciente de población, para lo cual las propuestas mas realistas y de alcance tecnológico inmediato se basan en aplicar políticas de ahorro a través de mejora de eficiencia energética creciente, reutilización del agua, políticas definidas de “vertido cero” (ZLD) y del reuso de aguas de proceso y depuradas de población. En este camino se alinean tecnologías de desarrollo como:

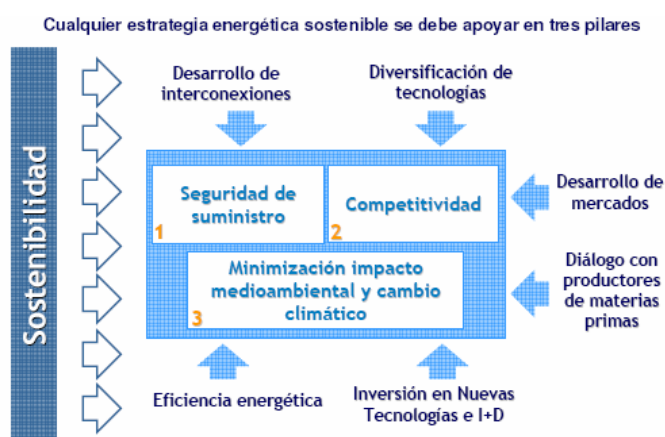
- En eficiencia energética; de ciclos combinados mas eficientes (>60% rendimiento), calderas de carbón supercríticas e hipercríticas en fase de desarrollo, captura de CO₂.

- En reducción el consumo de agua, refrigeración seca, emplazamientos energéticos en zonas costeras, refrigeración en ciclo abierto o por torres con agua de mar.
- Reusos de agua a través de procesos de micro filtración y osmosis inversa, hasta alcanzar el vertido cero (Zero Liquid Discharch).

A esto se une la política de reducción de la dependencia de combustibles fósiles frente al aumento de energías renovables (eólica e hidráulica básicamente). Europa se plantea que en el horizonte del 2020 sea posible abastecer la demanda de energía eléctrica con la participación del 20% en renovables. Para ello se plantea el aumento de la generación eléctrica en eólica y aprovechamiento de los recursos hidráulicos disponibles, así como soluciones mixtas de generación. Entre estas se encuentran las instalaciones de bombeo y proyectos mixtos como plantas eolo-hidráulicas como la de la Isla del Hierro en Canarias.

2. Previsiones de consumo de energía

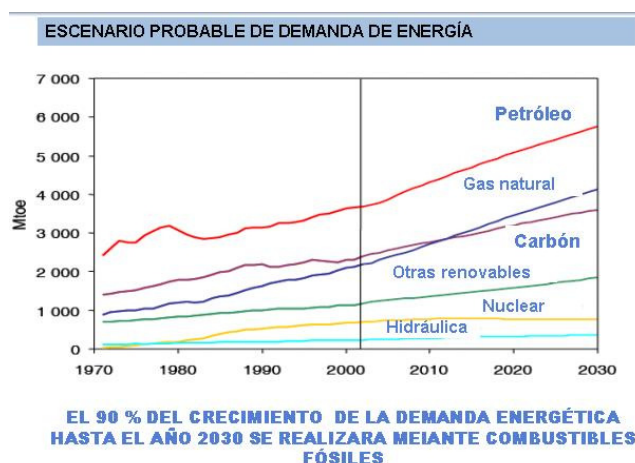
Hoy en día, en un mundo cada vez mas globalizado e interdependiente es imposible pensar en cambiar, a corto plazo, el modelo y criterios sobre los que se basa el suministro de energía eléctrica, de modo que en las sociedades desarrolladas y en aquellas en vías de desarrollo, se entiende como un proceso productivo cuyo servicio a la sociedad es ya difícilmente prescindible, pero a su vez tiene que basarse en el criterio, cada vez mas acuñado en el lenguaje universal, criterio de sostenibilidad.



Los tres pilares que harán que el abastecimiento de energía eléctrica sea **sostenible**, lo será si el **suministro es seguro y fiable**, si es **competitivo** en una economía basada en el mercado y es respetuosa con el **medio ambiente y materias primas** disponibles.

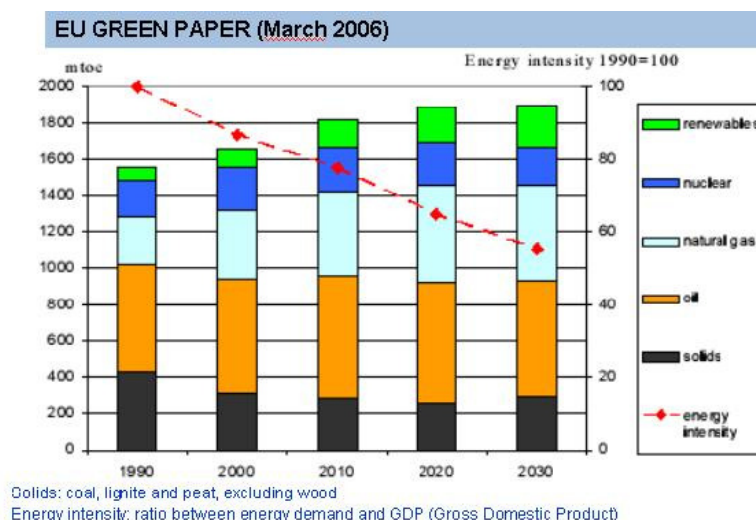
Las posibilidades para actuar, hoy en día, sobre estos tres pilares son fundamentalmente mediante el **desarrollo de interconexiones** de redes de distribución nacionales e internacionales, de forma que mejoren las posibilidades de abastecimiento; la **diversificación de tecnologías** que permita utilizar la que en cada momento sea mas adecuada y de menor impacto para el entorno; el **desarrollo de mercados**, de forma que la utilización sea filtrada por criterios de regulación que acomoda una economía de mercado; el **abastecimiento de materias primas**, de forma que su

disponibilidad sea segura y duradera en el tiempo; el **desarrollo del futuro tecnológico**, de modo que aporte medios para la búsqueda de nuevos procesos que le den continuidad ante un agotamiento futuro de materias primas y sea respetuoso con el medio en el que vivimos; y **mejora y eficiencia** de los procesos conocidos para reducir el consumo de materias primas y retrasar el agotamiento de recursos.



Si analizamos cual es el entorno mundial en que nos encontramos y cuales son las previsiones de futuro en cuanto al abastecimiento de energía, vemos que esta será creciente en los próximos 20 años y se basará fundamentalmente en la

producción con energías convencionales y conocidas, donde el 90% lo será mediante combustibles fósiles.



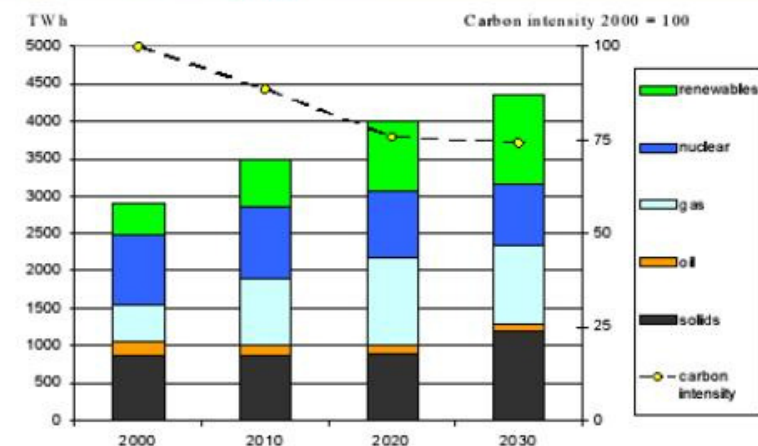
EU-25: Total energy consumption by fuel and energy intensity (1990-2030)

Si nos referimos a los criterios fijados en la Unión Europea como estimación del crecimiento de la demanda de energía

incluyendo los criterios de intensidad energética, vemos que la generación convencional

térmica seguirá creciendo y únicamente la generación nuclear se verá afectada por el crecimiento de las energías renovables, aunque esto, probablemente, se vea modificado en un futuro no muy lejano.

EU GREEN PAPER (March 2006)



Solids: coal, lignite and peat, excluding wood

Renewable: biomass, hydro, wind, solar and geothermal

Carbon intensity: indicator for fuel mix relating CO₂ emissions to energy production

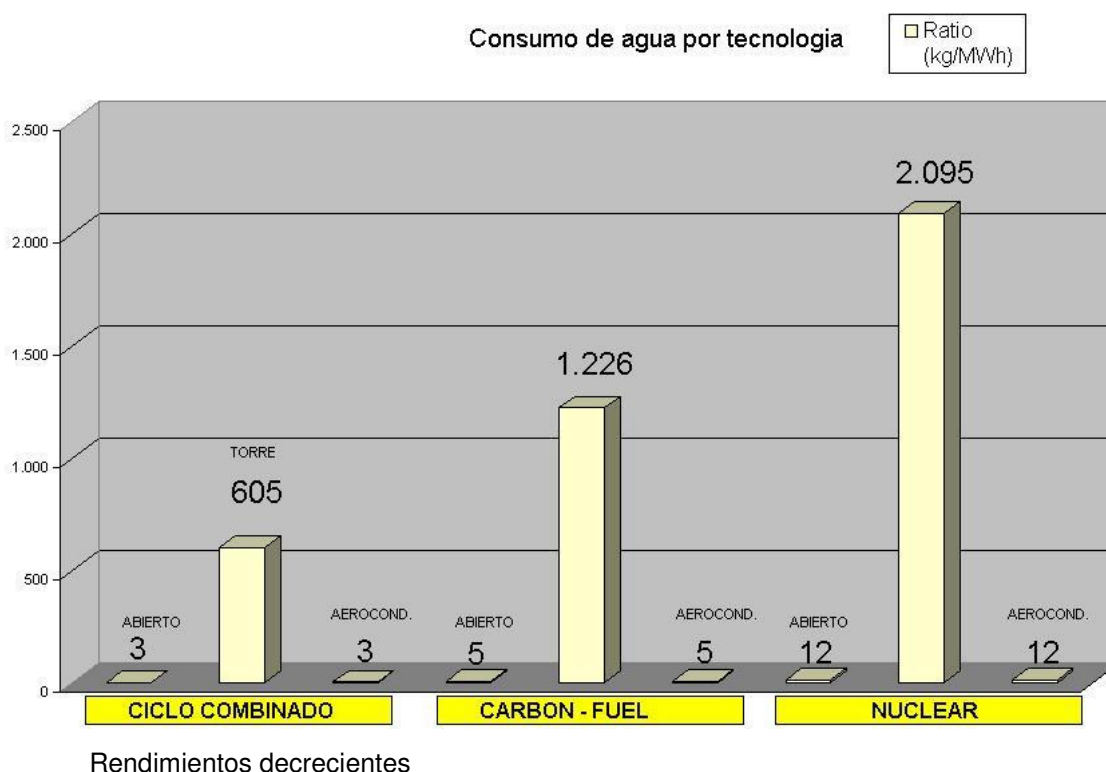
Y si lo analizamos desde las previsiones de evolución para la generación eléctrica, vemos que en todos los segmentos convencionales de generación se crecerá, excepto en el nuclear (ahora en revisión).

Esto es similar en países de economías occidentalizadas y sensiblemente mayor en países en fuerte desarrollo tales como China y La India.

Por tanto el escenario en que nos moveremos en los próximos años será de un crecimiento sostenido de los procesos convencionales de generación eléctrica.

3. Consumo de agua en la generación eléctrica

Las tecnologías de generación eléctrica convencional utilizan agua como vehículo para la transformación de la energía o como foco de extracción de la energía residual del proceso de transformación. Por tanto son tecnologías que en mayor o menor medida son consumidoras de agua o entran en conflicto con la necesidad, cada vez mas creciente, de reducción del uso del agua ante el crecimiento de la población mundial. Así tenemos la generación hidráulica, la térmica (nuclear, carbón, fuel, gas) y la generación solar térmica que utilizan el agua en sus procesos.



Como puede observarse en el gráfico, el consumo específico de los procesos de refrigeración está directamente relacionado con el rendimiento del proceso de transformación elegido y siempre son consumidores netos de agua los procesos de refrigeración basados en la evaporación. En los procesos de refrigeración abiertos sobre ríos, lagos, embalses o mar requieren de grandes

volúmenes y superficie de agua para evitar afección al entorno, lo cual limita considerablemente su uso, aunque no sean consumidores de agua.

En la generación hidráulica no se produce consumo neto de agua, pero sí se utiliza un gran volumen de ésta al desembalsar, lo cual interfiere con las necesidades cada vez más crecientes de almacenamiento por el crecimiento de las poblaciones. Hoy podemos decir que el potencial hidráulico en países desarrollados está casi al 95% de aprovechamiento.

4. Propuestas para la reducción del consumo de agua

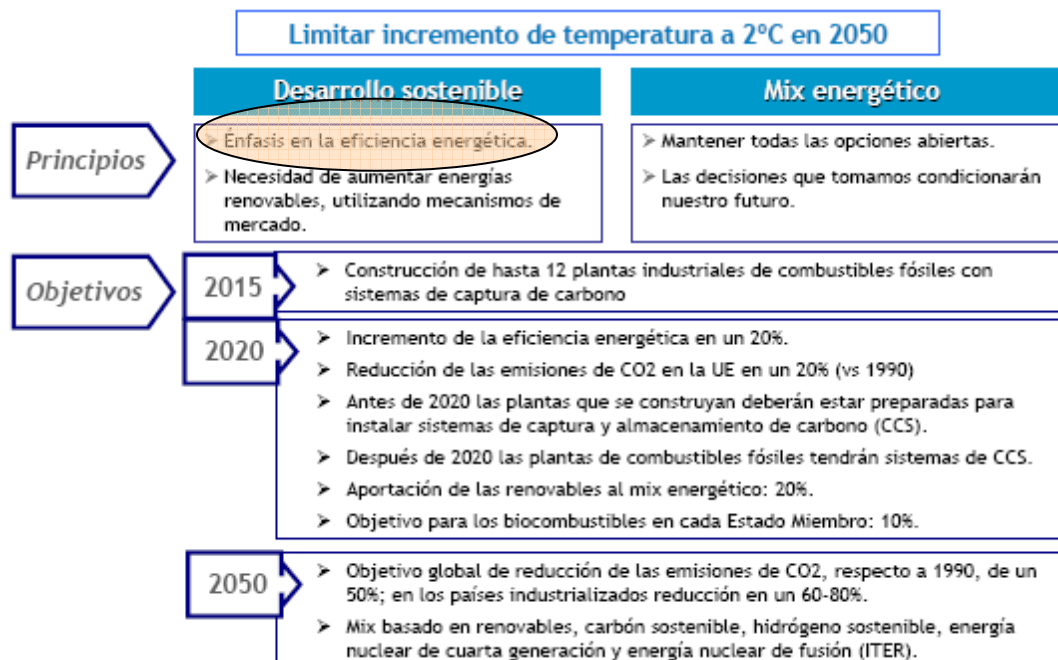
Por tanto, a la vista del gráfico anterior, podemos decir que las acciones para proveer las necesidades de energía eléctrica prevista para los próximos 20 años, van encaminadas a **reducir el consumo de agua, minimizar la demanda de materia primaria** de energía y mantener la **seguridad de suministro**, a través de procesos conocidos que permitan su implementación de forma inmediata. Estas acciones se tienen que dirigir en la búsqueda del máximo aprovechamiento del potencial hidráulico sin afectar a las necesidades de abastecimiento de poblaciones y a instalar procesos de generación eléctrica más eficientes, eligiendo, entre ellos, emplazamientos que permitan refrigerar en ciclo abierto sin utilizar agua para el abastecimiento. Como alternativa de segundo orden será la utilización de procesos de refrigeración seca, que empeora el rendimiento y por tanto demandará más recursos energéticos y al ahorro de agua mediante el aprovechamiento total hasta el “vertido cero”.

4.1. Eficiencia energética creciente

Tal y como hemos visto la primera acción inmediata que permite compatibilizar los tres pilares básicos de la sostenibilidad es la actuación sobre la eficiencia energética. Buscar procesos que nos permitan, con incrementos de coste razonables, alcanzar el objetivo de reducción, es la primera acción a tomar ya que es alcanzable a corto plazo.

Así podemos ver que los objetivos fijados por EU y USA están en consonancia con este planteamiento.

Así en Europa tenemos los objetivos con vista al 2020 que plantean un incremento de la eficiencia energética en un 20%.



En Estados Unidos estos objetivos son similares aunque postulados de otra forma, con incrementos de 1,1 % anual.

Technology Deployment Targets

Technology	EIA 2007 Base Case	EPRI Analysis Target*
Efficiency	Load Growth ~ +1.5%/yr	Load Growth ~ +1.1%/yr
Renewables	30 GWe by 2030	70 GWe by 2030
Nuclear Generation	12.5 GWe by 2030	64 GWe by 2030
Advanced Coal Generation	No Existing Plant Upgrades 40% New Plant Efficiency by 2020-2030	150 GWe Plant Upgrades 46% New Plant Efficiency by 2020; 49% in 2030
Carbon Capture and Storage (CCS)	None	Widely Available and Deployed After 2020
Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEV)	None	10% of New Vehicle Sales by 2017; +2%/yr Thereafter
Distributed Energy Resources (DER) (including distributed solar)	< 0.1% of Base Load in 2030	5% of Base Load in 2030

* EPRI analysis targets do not reflect potential regulatory and siting constraints. Additional economic modeling in progress.

© 2007 Electric Power Research Institute, Inc. All rights reserved. - 2/14/07

EPRI | ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

4.2. Emplazamientos de menor impacto para el uso de agua

De entre los procesos de mayor eficiencia es necesario buscar aquellos donde el uso del agua sea de menor impacto. Para ello habrá que buscar emplazamientos que permitan refrigerar los procesos en circuito abierto (menor consumo de agua neto y mayor eficiencia energética).

Para ello habrá que situar los emplazamientos energéticos en costa o lagos de gran extensión y volumen.

Donde esto no sea posible habrá que elegir sistemas de refrigeración seca, con menor rendimiento y mayor coste, pero de menor impacto sobre el recurso agua.

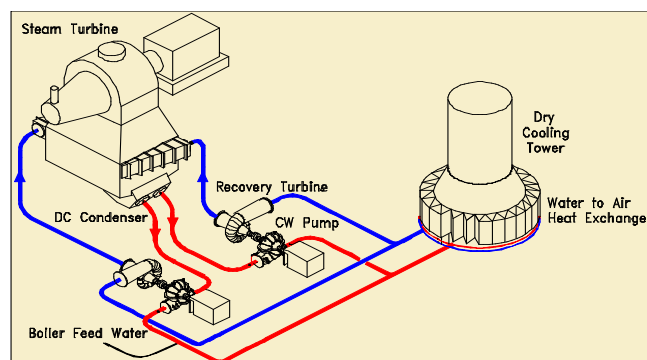
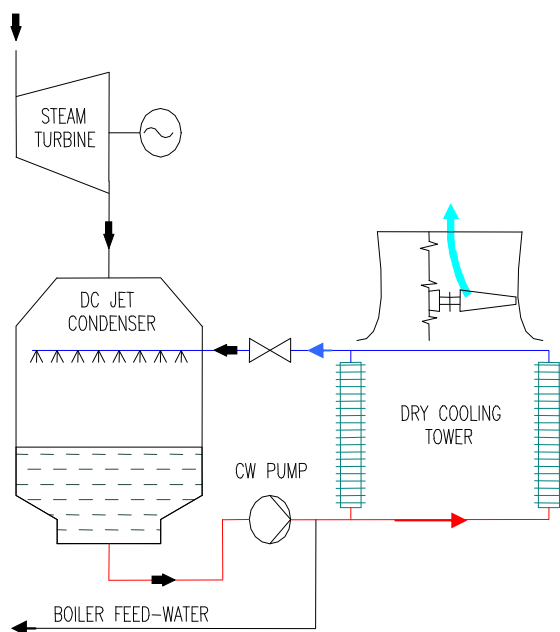
4.3. Ahorro de agua en la generación térmica convencional

El consumo de agua en los procesos de generación térmica convencional (ciclos combinados, carbón-fuel y nuclear) se realiza fundamentalmente en la refrigeración del proceso térmico, pero existen otros procesos donde se consume agua, tales como la aportación de agua al ciclo de vapor-condensado para reponer las pérdidas por purgas y fugas; en el proceso de desmineralización del agua de aportación a caldera, en la depuración del agua de condensados, en la desulfuración húmeda de gases, en el sistema de extracción de cenizas húmedo.

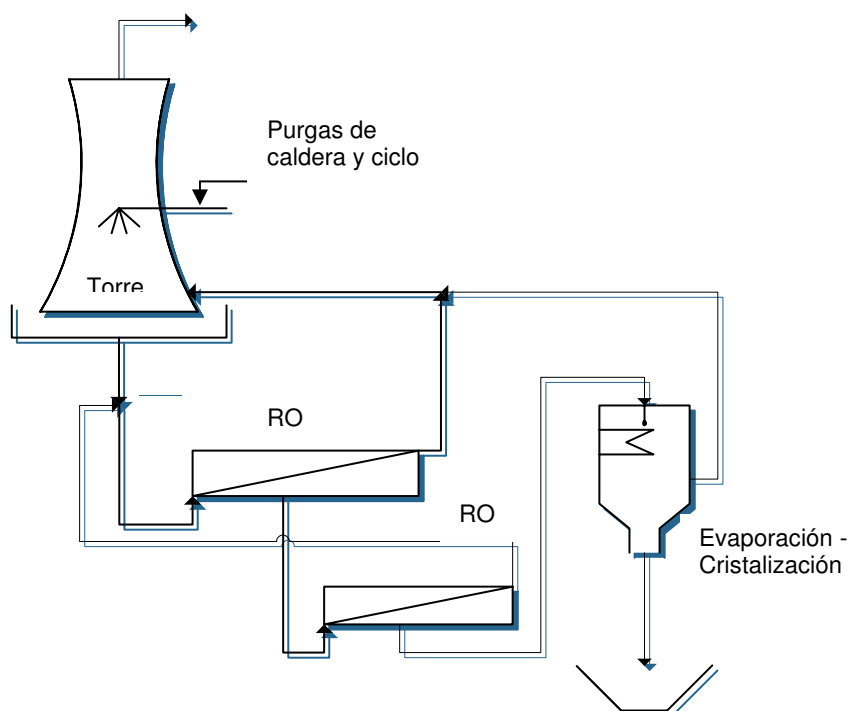
Las vías de actuación sobre estos consumidores se deben dirigir a aumentar los **ciclos de operación** y a instalar procesos que reduzcan el consumo de agua. Así, en los sistemas de refrigeración de alto consumo de agua como torres de refrigeración en instalaciones existentes, las vías de acción deben ir encaminadas al aumento de los ciclos de concentración reduciendo al máximo la purga del sistema y las pérdidas ocasionadas por arrastres.

En **torres híbridas** donde se combinan los procesos de evaporación con los de enfriamiento por convección a través de tubos, puede ahorrarse hasta un 30% de consumo de agua.

A costa de reducir rendimiento de las instalaciones pueden instalarse sistemas de **refrigeración seca** como aerocondensadores o torres de tiro natural seco (sistema Heller) donde se reduce total o parcialmente la evaporación del agua a enfriar.



Otras medidas encaminadas a la reducción del consumo de agua en estos circuitos de refrigeración pero penalizados, por el de mayor coste y consumo de auxiliares, sería la **recuperación de las purgas** de los circuitos de refrigeración y ciclo térmico mediante el tratamiento de la purga por Osmosis Inversa (RO) y posterior secado o cristalización del concentrado del rechazo.



Para instalaciones de carbón-fuel, la **desulfuración de gases por vía seca** o la **utilización de las purgas** del ciclo y refrigeración para la desulfuración húmeda es otra vía de reducción de consumos.

La **desulfuración con agua de mar** es una alternativa a las anteriores, con mayor coste y tamaño, dirigida a emplazamientos situados en costa, pero sin consumo de agua para abastecimiento de poblaciones.

La **extracción de escorias por vía seca**, sistemas de extracción del tipo Magaldi es otra fuente de reducción de consumo de agua.

Estos métodos irían dirigidos al **vertido cero**, de modo que la totalidad de agua captada para el proceso no se vertería al medio depurada, sino que esta se reutilizaría en los diferentes procesos. Es una técnica que

incrementa sensiblemente los costes de uso del agua, y que en determinados emplazamientos habrá que considerar.

4.4. Reutilización del agua

Finalmente queda la opción de **reutilización** de aguas residuales de poblaciones, depuradas previamente, que para procesos de refrigeración y aportación a ciclos térmicos, con tratamientos físico-químicos adecuados (tratamientos terciarios), pueden utilizarse.

Este aprovechamiento tiene el inconveniente de la disponibilidad de agua en base a la situación de estacionalidad y a la variación de de poblaciones (zonas vacacionales), donde varía la calidad del agua (carga contaminante) y caudal disponible de forma considerable.

El reuso en los procesos de refrigeración por evaporación tiene inconvenientes importantes por la presencia y facilidad de desarrollo de poblaciones bacterianas importantes que podrían poner en riesgo a la población, por lo que requiere de un control bacteriano de alto coste para asegurar que no se produzcan fallos por esta vía de aprovechamiento del recurso.

Son tratamientos costosos que en función del tratamiento que se requiera para tratar el agua en función de la calidad recibida representa incrementos muy importantes en el coste del m³ tratado. A modo de referencia se adjunta una tabla con los costes inherentes a los procesos de tratamiento y depuración de las aguas en instalaciones de generación térmica convencional, pueden resumirse, en base a la tecnología empleada para el aprovechamiento del recurso, en la tabla siguiente:

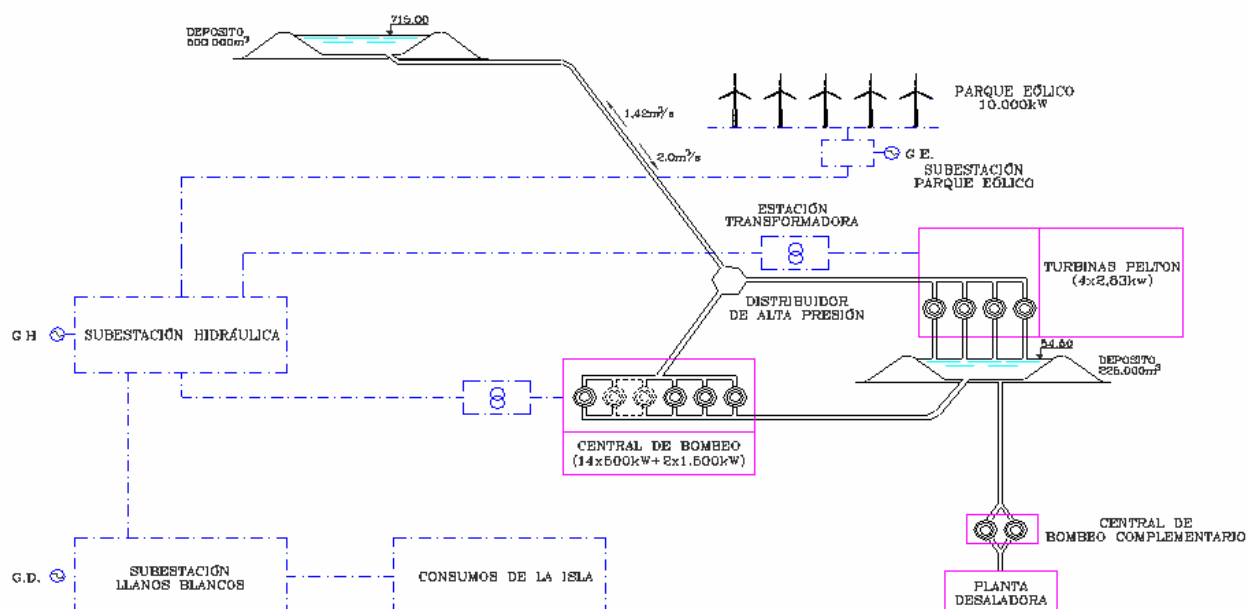
PROCESO	TECNICA	COSTE RELATIVO POR
		REDUCCIÓN DE AGUA EN LA DESCARGA x m ³
Incremento de ciclos.	pH & Bio Control.	X
RO/RNa & Incremento de ciclos	Circuitos en serie, Ablandamiento en corriente lateral.	8 X
Pre – Concentración & Reuso	Evaporadores, Membranas Tecn. Sobre la Purga de la Torre.	40 X
Tratamiento final de vertidos	Cristalizadores, Secaderos, Balsas solares, Inyección en acuíferos.	150 X

(fuente Veolia Water)

4.5. Sistemas mixtos de generación eolo-hidráulicos

La generación hidráulica en países desarrollados esta al 95% de su capacidad y se da el caso de que debido a los cambios que se están produciendo en el clima la gestión de este recurso es menos regular, ya que los años pasan de ser secos a muy secos y de húmedos a muy húmedos, lo cual complica la gestión del agua y cada vez genera mas conflicto entre la necesidad de almacenar agua y la de desembalsar para generar energía eléctrica.

Esta dificultad está llevando a que se desarrollen con mayor profusión las centrales de generación hidráulica reversible o de bombeo, ya que permite reutilizar parte del recurso y su devolución al embalse. Esto, no sin un alto coste, pero por contra, esta combinación hace que sea gestionable la energía eólica disponible. De modo que, durante las fases en que existe viento y baja demanda, pueda utilizarse la energía sobrante para bombear a los embalses de cabecera y cuando no se disponga de energía de regulación, sea la hidráulica almacenada la que permita generar.



En esta línea se enmarca el proyecto integral de El Hierro en el archipiélago Canario donde se realiza una experiencia piloto que permitirá compatibilizar y gestionar la energía renovable eólica con la producción de agua potable desde agua del mar, su almacenamiento en embalses para el abastecimiento a la población y generación hidráulica de regulación así como del bombeo para la reposición de los embalses.