

PARTICULARIDADES DE LA AMPLIACIÓN DE UNA I.D.A.M. URBANA: EL CASO DE LA I.D.A.M. DE ADEJE-ARONA EN TENERIFE

**JOSÉ D. FERNÁNDEZ BETHENCOURT
LORENZO A. GARCÍA BERMEJO
ROBERTO HERNÁNDEZ BELLO
Consejo Insular de Aguas de Tenerife**

RESUMEN

La ampliación de Instalaciones Desaladoras de Agua de Mar (IDAM) en los entornos urbanos plantea dificultades que pueden determinar la tecnología y la fórmula económico-financiera a emplear.

El fuerte crecimiento de la demanda de agua en el sudoeste de Tenerife ha motivado la necesidad de ampliación de la IDAM comarcal, que gestiona directamente el Consejo Insular de Aguas de Tenerife en virtud de un convenio con los Ayuntamientos de Adeje y Arona.

Los escenarios futuros han llevado a la necesidad de ampliar la capacidad de producción desde los actuales 20.000 m³/día hasta 30.000. Esta operación plantea dificultades técnicas por las circunstancias que concurren en el caso y ha precisado una ajustada ingeniería financiera para autofinanciar la ampliación mediante un contrato de concesión de obra pública, sin aumentar el precio del agua producto.

El área de captación mediante pozos costeros se encuentra próxima a su colmatación y no es viable aumentar la captación de agua de mar. Se mantiene la captación existente y se aumenta la conversión global, mediante concentradores de salmuera; se obtienen así ventajas económicas y energéticas. La evacuación de la salmuera junto con el efluente de la EDAR es ambientalmente ventajoso por los efectos bactericida y de dilución.

1. ANTECEDENTES

El Consejo Insular de Aguas de Tenerife y los Ayuntamientos de Adeje y de Arona suscribieron con fecha 30 de julio de 1998 un convenio de colaboración para la gestión de las infraestructuras de los sistemas de desalación de agua de mar, y depuración y vertido desarrolladas en ambos municipios del Sur de Tenerife.

Entre los compromisos adquiridos por las tres Administraciones Públicas destacan:

- El Consejo Insular de Aguas de Tenerife, gestiona directamente tanto el sistema de desalación como el de depuración y vertido, con un seguimiento por los Ayuntamientos de Adeje y Arona a través de una única comisión de gestión.
- Todos los costes generados por ambos sistemas son repercutidos en los perceptores de los bienes (agua desalada y agua depurada para su reutilización) o los servicios (entrega del agua desalada en los depósitos municipales, recogida de aguas residuales brutas en el

sistema de colectores, depuración de las aguas residuales, entrega de las aguas depuradas para su tratamiento terciario y reutilización, o vertido submarino al mar).

- Cada Ayuntamiento tiene derecho a recibir para el abastecimiento de sus núcleos urbanos como mínimo la mitad de la producción¹ de la desaladora y a entregar las aguas residuales brutas en condiciones que permitan su depuración y reutilización (policía de control de vertidos a sus redes de alcantarillado). En contraprestación asume su cuota de los costes derivados de la desalación de agua de mar, así como los de conducción, tratamiento y vertido de las aguas en las condiciones permitidas por la Directiva 271/91.
- El organismo autónomo BALTEN, que tiene encomendada la gestión insular de la reutilización de las aguas residuales públicas, recibe las aguas depuradas que demandan sus clientes (regadío agrícola intensivo y campos de golf) y asume los costes de depuración que no sean aplicables a los primeros usuarios (usuarios urbanos, a través de su Ayuntamiento respectivo).
- Dadas las peculiaridades tecnológicas y económicas de cada sistema, los costes de gestión se desglosaron en varios conceptos. Se establecieron los criterios siguientes:
 - La operación, mantenimiento y conservación de las infraestructuras se realizaría por sendas empresas especializadas (una para la desaladora y otra para el sistema de depuración), a través de los correspondientes contratos de servicios.
 - El suministro de energía eléctrica de todas las instalaciones lo contrataba directamente el CIATFE con la empresa distribuidora, procurando las tarifas más ventajosas y disponiendo los equipos de medida adecuados para que cada consumo o gasto pudiese imputarse al correspondiente.
 - El control de las operaciones, la facturación y la gestión general del sistema la realizara directamente el CIATFE con medios personales propios, tanto técnicos como administrativos.
 - Crear un fondo de inversión para la realización de obras complementarias, amortización de equipos renovables y obras de ampliación.

El citado convenio hacía una previsión de todos los conceptos de costes citados sobre la base de un determinado grado de utilización del sistema y bajo las hipótesis conocidas en el momento de proyectar las obras.

Durante el año 2000 se culminó la ampliación de la desaladora de agua de mar, con la implantación del tercer y cuarto bastidores, cuya puesta en marcha tuvo lugar en los meses de abril (de 10.000 a 15.000 m³/día de agua desalada) y julio (de 15.000 a 20.000) respectivamente, duplicando así la capacidad inicial. Con esta ampliación se mejoró la recuperación de energía al instalar una turbina Pelton acoplada al último bombeo de alta presión.

El 28 de diciembre de 2000 se suscribió por las Administraciones firmantes del Convenio una Addenda al mismo, que venía a actualizar las tablas de costes efectivos previstos, así como las obligaciones económicas por parte de los Ayuntamientos.

La evolución de la población de los Ayuntamientos en la zona de influencia de la desaladora (TT. MM. de Adeje, Arona y San Miguel de Abona) ha crecido a un ritmo anual muy elevado.

¹ En virtud el correspondiente contrato de servicios para la operación de la Planta, el contratista operador sólo está obligado a garantizar el 75% de la capacidad nominal de producción. Asimismo, los Ayuntamientos sólo están obligados a asumir esta misma cuantía de la producción.

En concreto, en el último quinquenio, la población de la zona ha aumentado en un 108,31%, al pasar de los 45.639 habitantes en el año 1998 a 95.073 en el año 2003.

Pero no sólo la población residente ha aumentado, también lo ha hecho el número de turistas que elegían estos destinos para alojarse. Así, en los últimos cinco años, el número de turistas ha llegado a los 3,68 millones de personas, con un incremento de un 14,11% en cinco años.

La previsión de las cifras tanto de población como de turismo alojativo para los próximos años es asimismo creciente, si bien con unos incrementos más moderados que los de los últimos años.

La producción actual de agua de la planta está al límite de su capacidad, por lo que, incluso con aumentos moderados de las cifras de población y turismo alojativo, la demanda de agua no podrá satisfacerse con las instalaciones actuales.

Para abastecer la comarca no es posible la incorporación de más recursos tradicionales (galerías de agua y pozos especialmente) pues el sistema acuífero insular está en situación de sobreexplotación física; fue lo que ya motivó en su momento la construcción de la actual planta desaladora. Además el cumplimiento del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, exige la aportación de aguas de baja salinidad a los sistemas de abastecimiento. Por ello, la alternativa más viable sigue siendo la producción industrial.

Desde este punto de vista, la solución más ventajosa pasa por la ampliación de la actual instalación, aprovechando economías de escala (menores costes de explotación y repercusión de los costes fijos sobre un volumen de producción mayor).

Tecnológicamente, la ampliación de la planta debe asumir un doble objetivo:

- No aumentar la extracción de agua de mar; para trabajar con una mayor eficiencia, no crear impactos medioambientales con la captación, así como aquilatar los resultantes de la devolución al mar de la salmuera residual del proceso.
- Reducir el consumo específico de energía en la producción; lo que contribuiría a una mejora adicional de los costes de explotación.

Por otra parte, buscando el funcionamiento pleno y continuado de la Planta ampliada, se extienden las conducciones de transporte, alcanzando el suministro urbano al municipio contiguo de San Miguel, e incluso la balsa reguladora del sistema de regadío con agua.

2. SOLUCIÓN BASE DE LA AMPLIACIÓN

2.1. Proyecto.

- **Captación de agua**

La EDAM se localiza entre los límites municipales de Adeje y Arona, más concretamente en la zona de Las Américas. Al Norte y al Este limita con la autopista TF-1, al Sur con la carretera C-822 y con el campo de golf de las Américas, y al Oeste con infraestructuras hoteleras.

La EDAM se alimenta a través de seis pozos costeros profundos, ubicados en la margen derecha del denominado Barranco del Rey, en un lugar próximo a su desembocadura y totalmente integrados en la trama urbana del núcleo turístico de Playa de Las Américas. Estos pozos tienen similares características constructivas, donde la porción activa de la captación se localiza por

debajo de la interfaz agua dulce – agua salada favorece el desplazamiento de la interfaz hacia el mar, lo que supone una barrera frente a posibles procesos de intrusión de agua de mar en el entorno. De los 6 pozos operativos, sólo 5 están en explotación, usándose el sexto como reserva en caso de avería de alguno de los anteriores. Su máximo caudal de alimentación es de 2.088 m³/h.



Figura 1. Visión general del sistema de desalación en su configuración inicial.

- **Volumen y Calidad del agua desalada**

La capacidad de producción actual de la planta se cifra en los 20.000 m³/día, elevándose a los 30.000 m³/día, una vez se culminen las obras de ampliación por el concesionario.

El agua así producida se destinará al abastecimiento de las poblaciones costeras de los municipios de Adeje, Arona y San Miguel, entregándose en los depósitos municipales de San Eugenio en el T.M. de Adeje, El Mojón, Llano Azul, El Palmar y Parque La Reina en el T.M. de Arona y Llano del Camello en el T.M. de San Miguel.

Asimismo, se establecerá la posibilidad de poder suministrar los caudales sobrantes a la balsa de Valle San Lorenzo, gestionada por el O.A.L. BALTEN.

Teniendo en cuenta que el agua de la desaladora tiene como destino el abastecimiento de la población, deberá cumplir en todo con lo estipulado en el anexos I del Real Decreto 140/2003 de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, excepto en lo concerniente a los parámetros microbiológicos.

El contenido en sólidos totales disueltos (STD) en el agua producto, inmediatamente antes de su envío al uso público, y sin incluir remineralización, no será superior a los 400 p.p.m.

- **Proceso de desalación y número de líneas**

Hasta hace poco, la técnica de desalación por ósmosis inversa sólo permitía el aprovechamiento del 40-45% del agua marina para su conversión en agua potable. Esto significa que los costos de energía necesarios para el bombeo del 100% del agua marina se veían reflejados en la obtención

de solamente un 40-45% de agua producto. De igual forma, de cada 100 m³ de agua sacados del mar, se devuelve un porcentaje del 55 al 60% en forma de salmuera.

Desde el punto de vista químico, en la composición iónica del agua de mar no existen impedimentos para llegar a recuperaciones del 60%, lo que produciría ventajas de todo orden (económicas, medioambientales, energéticas, etc.).

Hasta hace poco tiempo, las recuperaciones del 40-45% estaban limitadas por la presión máxima de trabajo de las membranas de ósmosis inversa, fijada en 70 bares. Una conversión mayor está limitada por el hecho de que la presión osmótica de la salmuera se acerca a la presión del trabajo, con lo que una mayor recuperación es imposible al ser la presión neta igual a cero. a única forma de salvar esta situación es subir la presión de trabajo de 70 a 90 bares.

Desde el punto de vista energético, no es interesante subir la presión de toda el agua a 90 bares, sino hacerlo en dos etapas de forma que la 1ª etapa funciona a 70 bares y la salmuera de salida se presuriza hasta 90-100 bares. Esta solución supone, por tanto, que la primera etapa es una planta convencional y que la segunda etapa es un añadido que usa como agua de alimentación la salmuera proveniente de la planta convencional.

La planta existente permite una producción de 4 x 5.000 m³/día en una sola etapa, mientras que con una segunda etapa con concentradores de salmuera se ampliará la capacidad en 4 x 2.500 m³/día, lo que permitirá una producción global de 4 x 7.500 m³/día.

Los concentradores de salmuera requieren la instalación de una 2ª Etapa de membranas, una bomba booster y la sustitución de las turbinas de recuperación existentes.

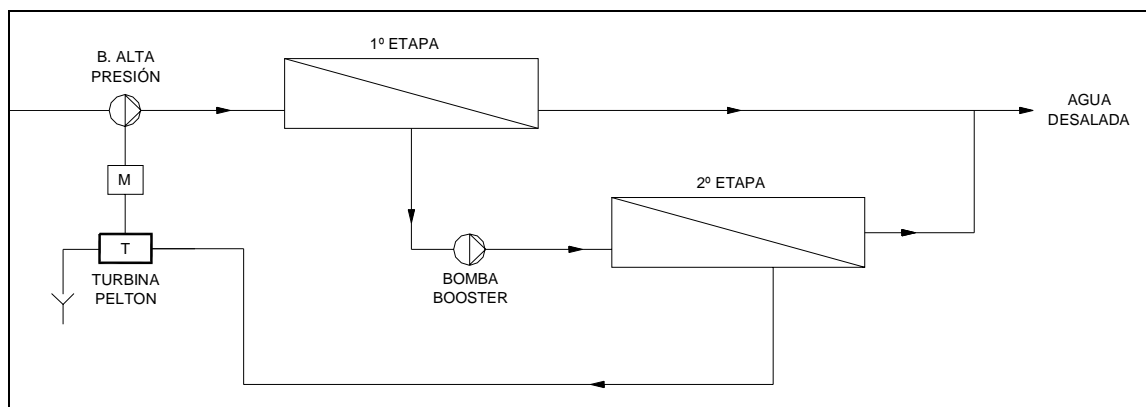


Figura 2. Esquema unifilar de la solución adoptada en la ampliación.

• Recuperación de energía

Las distintas alternativas evaluadas para llevar a cabo la ampliación de las instalaciones actuales, se basan en la elección del sistema idóneo de recuperación de energía, teniendo en cuenta las características de los equipos ya instalados en la Planta. Para la recuperación de la energía que en forma de presión posee el rechazo (salmuera) a la salida de los módulos, se están utilizando en la actualidad los equipos siguientes:

- Turbinas de contrapresión
- Turbinas Pelton
- Conversores hidráulicos centrífugos
- Conversores hidráulicos dinámicos (cámaras isobáricas).

De entre ellos, destacan por sus mejores rendimientos y prestaciones las turbinas Pelton y las cámaras isobáricas. Un análisis comparativo entre ambos llevó a las conclusiones siguientes:

- Las turbinas Pelton son capaces de operar con grandes caudales ofreciendo rendimientos de hasta el 90%. Los recuperadores de cámara isobárica ofrecen incluso mayores rendimientos, pero con caudales pequeños, pues tecnológicamente no están desarrollados para caudales grandes; en estos casos es necesaria la instalación de muchos de estos equipos en paralelo, con la consecuente complejidad de montaje.
- La relativamente reciente incorporación a gran escala de los equipos de cámara isobárica en plantas de pequeño tamaño, no nos permite disponer de información suficiente que permita garantizar (durante toda la vida útil del resto de los equipos) la fiabilidad de los mismos en plantas de gran capacidad; mientras que las turbinas Pelton sí que están operativas desde hace años con una eficiencia considerable.
- En cuanto a mantenimiento, en ambos tipos se considera que su plan de mantenimiento es básico debido a su simplicidad; si bien la propia estructura de un recuperador de cámara isobárica requiere de partes móviles internas, las cuales están expuestas a posibles defectos en el eje o en los conductos internos en forma de obstrucciones.

Tabla 1. Características comparadas de los tipos principales de recuperadores de energía.

Características	Turbina Pelton	Cámara isobárica
- Precio	Razonable	Elevado
- Presión transferida	Mantenida	Pulsante
- Espacio necesario	Reducido	Muy reducido
- Funcionamiento en seco	Posible	Imposible
- Flexibilidad de funcionamiento	Amplia	Muy reducida
- Rechazo recibido	Todo	Todo
- Contrapresión	No tolera	Tolera / Precisa
- % de caudal nominal necesario	20	60
- Rendimiento	89	94
- Plantas en que se utilizan	Grandes	Pequeñas

Por ello, se consideró más adecuado para la ampliación de la Planta Desaladora de Agua de Mar de Adeje-Arona la instalación de turbinas Pelton. El consumo específico de energía del bombeo de alta presión y concentradores de salmuera, estimado en el Proyecto Base, se situaría entonces en 3,379 kWh/m³ y el global de la instalación, incluido bombeos municipales, en 4,94 kWh/ m³.

• Evacuación de salmuera

Se optó por mantener la evacuación del agua de desecho (salmuera) de la IDAM, conjuntamente con el vertido del agua residual depurada que no se reutiliza, por el mismo emisario de la EDAR; ya que esta evacuación conjunta presenta sinergias: De una parte, la elevada salinidad de la salmuera ejerce un apreciable efecto bactericida sobre el efluente de la EDAR; de otra, la dilución de ambas aproxima la salinidad a la del mar lo que minimiza el impacto en el litoral.

Ambas cuestiones fueron ampliamente tratadas y documentadas en el Estudio de evaluación de Impacto Ambiental (EIA), que sirvió de base para la correspondiente Declaración de Impacto Ambiental (DIA) por la Comisión de Ordenación Territorial y Medio Ambiente de Canarias (COTMAC).

La mortandad bacteriana puede determinar en función de distintos valores de salinidad del agua mezcla mediante las expresiones:

$$N_t = N_0 e^{-Kt} \quad \text{y} \quad K = 2,553 \times 1,040^{(T-20)} \times 1,012^S$$

donde

N_0 y N_t son las concentraciones bacterianas inicial y final (tras el tiempo t)

K es el coeficiente de reducción bacteriana y

T y S son los valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y salinidad (‰), respectivamente, del agua de mezcla.

En nuestro caso, se obtiene:

- **Situación actual:** Vertido conjunto de 20.000 y 30.000 $\text{m}^3/\text{día}$ de agua residual depurada y salmuera, respectivamente; correspondiéndoles unas salinidades de 2,3 y 60,6 ‰ , dando lugar a 50.000 $\text{m}^3/\text{día}$ de agua mezcla con una salinidad de 37,9 ‰ (similar a la del agua de mar).
- **Situación futura:** Vertido de 20.000 $\text{m}^3/\text{día}$, tanto para aguas residuales depuradas como para la salmuera (dado que el objeto de la ampliación consiste en aprovechar parte de la salmuera que se vierte actualmente), con unas salinidades de 2,3 y 89,2 ‰ , respectivamente, que da lugar a una salinidad de los 40.000 $\text{m}^3/\text{día}$ vertidos de 47,1 ‰ .

Considerando estos dos escenarios, y teniendo en cuenta la dilución y el tiempo de exposición de las bacterias en el interior de la conducción de vertido (de 1.900 m. de longitud, que permiten exposiciones de 43 y 54 minutos, respectivamente), se obtienen reducciones de 97,75 y 99,10 %, respectivamente para cada uno de los escenarios.

• Telecontrol

Conectado al sistema, se tiene prevista la instalación de un nuevo PLC en planta, y un equipo remoto en los cinco puntos de entrega de agua desalada, para mejorar el telecontrol del sistema de aducción de agua desalada a los municipios.

• Inversión y actuaciones previstas

La inversión adicional, descompuesta por las actuaciones parciales previstas, es la reflejada en la tabla siguiente.

Tabla 2. Inversiones adicionales (€) en la IDAM según el Proyecto Base.

1.- AMPLIACIÓN DE LA EDAM DE ADEJE - ARONA		3.972.319,24
1.1.-Area de turbobombas y bastidores	3.231.253,96	
1.2.-Area de bombeos de agua producto	193.480,10	
1.3.-Instalaciones eléctricas	448.628,33	
1.4.-Telecontrol	9.745,33	
1.5.-Varios	89.211,52	
2.- SISTEMA GENERAL DE ADUCCIÓN DE AGUA DESALADA		1.020.987,41
2.1.-Aducción a Parque La Reina y estación de bombeo	393.446,77	
2.2.-Aducción a la balsa de Valle San Lorenzo	165.799,65	
2.3.-Conducción transporte Los Erales - Llano del Camello	293.658,12	
2.4.-Aducción al depósito de Llano del Camello	84.911,44	
2.5.-Telecontrol	50.171,43	
2.6.-Varios	33.000,00	
3.- SEGURIDAD Y SALUD		37.163,86
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		5.030.470,51
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		5.986.259,91

2.2 Financiación.

El escenario actual de estabilidad presupuestaria limita la capacidad de endeudamiento de las Administraciones Públicas. En este sentido, el propio Consejo Insular de Aguas ha visto reducido su Presupuesto notablemente respecto a años anteriores, por lo que la financiación de una ampliación como la comentada difícilmente podría ser asumida por este organismo en la actualidad con los sistemas de financiación tradicionales.

Una de las principales fórmulas de financiación alternativa consiste en la colaboración público - privada. De hecho, este sistema se ha empleado con éxito en la realización de infraestructuras susceptibles de ser explotadas económicamente, circunstancia que concurre en este caso.

La Ley 13/2003, de 23 de mayo, reguladora del contrato de concesión de obras públicas, institucionaliza este tipo de contratos, configurando la concesión como un sistema óptimo de colaboración entre las Administraciones Públicas y el sector privado en la creación de infraestructuras y prestación a los ciudadanos de servicios.

Mediante este sistema, es el concesionario el que asume la construcción y la explotación de las obras, así como los costes que se deriven de las mismas, obteniendo su remuneración mediante el pago de una retribución por la utilización que se haga de las instalaciones durante el plazo establecido en el contrato de concesión.

Del análisis económico financiero de este proyecto se dedujo como fórmula más adecuada la autofinanciación de la ampliación hasta 30.000 m³/día, con un contrato de concesión de obra pública por 15 años, mediante una inversión adicional de unos 5.92 M€, garantizando los Ayuntamientos la adquisición del 50 % de la producción (15.000 m³/día) y estimando el punto de equilibrio en el 75 % (22.500 m³/día).

- **Costes de operación.**

a) Gastos financieros de la inversión.

El conjunto de las inversiones ascenderá a 5.986.260 € que corresponderá aportarlos, bien mediante capital propio, bien mediante financiación externa, o bien mediante una combinación de ambos sistemas, a la empresa adjudicataria del contrato de concesión, mediante la ejecución de las obras proyectadas.

Para que la operación pueda ser considerada adecuada por parte de posibles inversores privados, la remuneración de dichos fondos debe ser similar al de otras oportunidades de inversión existentes. Por ello, en el cálculo de los gastos financieros se ha remunerado dichos fondos a un tipo de interés de mercado, que se ha cifrado en un 6% (excepto el primer año, donde se han reducido el mismo a un 4%, considerando además la existencia de un año de carencia en el pago del principal). Dicho tipo del 6% es coincidente además con el "beneficio industrial del contratista" que fija el artículo 131.1.b) del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas para la fijación de los presupuestos base de licitación de los proyectos, por lo que puede considerarse adecuado independientemente de la procedencia de los fondos (aportaciones propias o financiación a través de entidades financieras).

El cálculo de las amortizaciones se ha realizado por el francés, de cuotas constantes (el primer año con la excepción ya comentada), por ser el más habitual en las operaciones de financiación realizadas en España, de cuotas constantes.

El resultado de estos cálculos arroja una cuota el primer año de 239.450 euros, y de 616.362 euros el segundo y siguientes, hasta completar los dieciséis previstos de duración del contrato concesional.

b) Gastos fijos de explotación

Los gastos de explotación de la gestión del sistema pueden descomponerse en dos conceptos, por una parte, los costes existentes actualmente en las instalaciones (antes de la ampliación), y los derivados de la ampliación. Para la cuantificación del primer grupo de gastos se han analizado los costes efectivamente materializados durante el último ejercicio cerrado en la actual explotación de la planta, tanto en su componente fijo como variable.

Los costes fijos se han trasladado en la misma cuantía para el primer año, incrementados en la tasa de variación interanual del Índice de Precios al Consumo de diciembre de 2003 (2,3%). Durante el primer año se ha tenido en cuenta que tendrá lugar la realización de las obras, por lo que aún no se han incorporado a este año nuevos gastos derivados de la ampliación.

Al segundo año sí se han añadido a los gastos del año uno, los nuevos gastos derivados de las instalaciones ampliadas, aumentándolos para los siguientes ejercicios en función de una evolución estimada de variación del I.P.C. del 2% anual. Los conceptos fijos utilizados han sido:

- Personal
- Mantenimiento
- Reposición de material fungible
- Administración y varios
- Seguro de responsabilidad civil
- Seguro de operación.

c) Gastos variables de explotación

En cuanto a los costes variables, también se han tenido en cuenta los costes reales del último ejercicio, a los que habría que añadir los correspondientes a la ampliación a partir del año dos. Estos pueden subdividirse, a su vez, en los de explotación de la instalación ampliada (incremento de producción), y los derivados de la gestión del sistema de conducción y bombeo.

Los conceptos de gastos variables a tener en cuenta han sido:

- Aditivos químicos.
- Reposición de filtros de cartucho.
- Reposición de membranas.
- Limpieza de membranas.
- Al igual que en el epígrafe anterior, se ha tenido en cuenta la actualización de precios para los años tres y siguientes en función de la evolución estimada del I.P.C.

d) Coste total de operación

El coste total de operación, a través de entidad concesionaria resulta de la suma de los conceptos recogidos en este apartado 2.2.1. Estos costes, con las hipótesis planteadas, fueron cuantificados en el estudio económico-financiero del proyecto base en 35.897.038 € sin considerar la inclusión de los costes de amortización de las posibles mejoras a añadir a las obras a llevar a cabo.

- **Remuneración al concesionario**

La remuneración a satisfacer al concesionario será aquella que tenga en cuenta los costes totales de operación calculados según en el punto anterior, de manera que pueda resarcirse de los costes que debe asumir y obtener un resultado económico positivo que haga atractiva la operación.

Para su cálculo, se ha separado en dos conceptos: parte fija y parte variable. El término fijo comprende gastos que no dependen directamente del volumen de producción de la planta, suponiendo una compensación al concesionario independiente del riesgo de variación de la demanda de agua. Por su parte, el término variable, se ha determinado en función del volumen de agua a desalar, suponiendo una producción de la planta al 75% de su capacidad.

Dado que la demanda de agua puede sufrir oscilaciones a lo largo del tiempo, el concesionario asume mediante este sistema un riesgo de demanda moderado. El Plan económico-financiero presentado por los licitadores en sus proposiciones se ajustó al anterior modelo, tomando como referencia dichas cuantías como máximas, en el modelo "sin mejoras".

Durante la vida de la concesión, podrán revisarse las tarifas al alza o a la baja con el objeto de mantener el equilibrio económico del contrato según los criterios establecidos en el pliego de cláusulas administrativas particulares, conforme al artículo 248 de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.

- **Gastos energía eléctrica**

La energía eléctrica necesaria para la operación de la planta continuará siendo contratada, pagada y puesta a disposición al concesionario por parte del Consejo Insular de Aguas de Tenerife. Se trata, por tanto, de un coste no trasladable al concesionario, pero necesario para la cuantificación del conjunto de costes que supone la prestación del servicio.

El cálculo de este concepto se ha realizado teniendo en cuenta tanto los términos de potencia eléctrica, como el de consumo específico.

En el primer caso, se ha supuesto un incremento de potencia respecto al existente en la actualidad, quedando en 6.400 kW de potencia contratada.

El consumo específico, por su parte, estará en función del volumen de agua producido, teniendo en cuenta la mejora de la eficiencia que deberá producirse con la ampliación, y que se recoge con mayor detalle en el Proyecto Básico. Los gastos estimados en energía eléctrica durante el primer año, para una producción estimada de 7.200.000 m³ ascenderían a 1.899.217 € mientras que para el segundo año, con una producción estimada de 8.100.000 m³ serían de 2.008.268 €

- **Facturación a los Ayuntamientos del agua producida**

El convenio de colaboración existente entre el Consejo Insular de Aguas de Tenerife y los Ayuntamientos de Adeje y de Arona establece que los Ayuntamientos se harán cargo de los costes del sistema. Ello ha supuesto un precio medio de facturación hasta el momento de 0,578755 euros/m³ (96,30 ptas/m³).

Si el aumento de producción es asumido por los Ayuntamientos, y suponiendo que el precio de la energía eléctrica se mantuviera estable, el flujo económico resultante permitiría mantener el precio durante todo el periodo de la concesión, absorbiendo el fondo de inversión los costes tanto de la inversión de ampliación como el mantenimiento del precio. Incluso, en el conjunto del periodo se generaría un fondo de inversión positivo próximo al 5% de lo facturado a los

Ayuntamientos, que se juzga suficiente para atender a nuevas inversiones de reposición o ampliación del sistema.

3. CONCURSO

3.1. Adjudicación del concurso de concesión

Recientemente ha concluido el proceso de adjudicación de la concesión. Los criterios para la valoración de las ofertas presentadas fueron:

- Proyecto Solución Base 25 %
- Tarifa de Explotación 20 %
- Plan de Explotación 15 %
- Medios Propuestos 15 %
- Memoria Metodológica sobre la Ejecución de las Obras 15 %
- Propuestas de mejoras sobre la Solución Base 10 %

Para una solución base, incluyendo la explotación durante los 16 años, de 35.897.038,00 € concurrieron las 8 principales empresas españolas especializadas en desalación y la oferta seleccionada correspondió a IONICS Ibérica con 32.007.262,00 € a ello se añade 595.000 € de inversión en mejoras concretas de las instalaciones.

En términos efectivos, en la hipótesis de mantener continuamente la planta en un nivel de funcionamiento del 75 % (22.500 de los 30.000 m³/día) el coste específico medio para la Administración será de **0,25645264 €/m³**, que en **un 82,05 % es coste fijo**, frente a un 17.95 variable (0,04604282 €/m³). Ello sin incluir los costes energéticos, ni de gestión por el CIATFE.

3.2 Aspectos más destacados de la oferta ganadora

• Pretratamiento

La ampliación de la planta con concentradores de salmuera obliga a la utilización de un antiincrustante con mayor eficiencia que el hexametáfosfato sódico debido a la mayor concentración de sales presente en la salmuera de rechazo de los nuevos concentradores.

Para inhibir o controlar la formación de determinados compuestos insolubles que puedan precipitar en las membranas se propone dosificar un antiincrustante formulado, descartándose la dosificación de ácido sulfúrico como inhibidor por reducción del pH, dado su mayor grado contaminante y los riesgos que entrañan su manipulación. El antiincrustante de formulación a dosificar es el MDC-220, en concentraciones de 1,5-2,5 ppm en función de la operación o no de los concentradores de salmuera. Según la experiencia de la empresa, la dosificación del antiincrustante de formulación MDC-220 es suficiente y sensiblemente más económica que la adición de hexametáfosfato y ácido sulfúrico, siendo una de sus mayores ventajas su fácil manipulación, mayor eficiencia y respeto total del medio ambiente.

• Configuración de bastidores de O.I.

La configuración de los bastidores de membranas que se propone es la siguiente:



Figura 3. Visión de los 4 bastidores de ósmosis inversa (de izada. a dcha. nº 1 a 4).

Tabla 3. Características de los bastidores de membranas: Trenes nº 1, 2 y 3.

1ª Etapa

- Caudal de alimentación:	12.500 m ³ /d
- Caudal de producto:	5.200 - 5.400 m ³ /d
- Caudal de rechazo:	7.300 - 7.100 m ³ /d
- Conversión:	41 - 43 %
- Número de tubos	60 Uds
- Membranas:	TM820C-400
- Número de membranas por tubo:	6 Uds
- Número de membranas:	360 Uds

2ª Etapa

- Caudal de alimentación:	7.300 - 7.100 m ³ /d
- Caudal de producto:	2.300 - 2.100 m ³ /d
- Caudal de rechazo:	5.000 m ³ /d
- Conversión:	30 - 32 %
- Número de tubos	37 Uds
- Membranas:	TM820A-400
- Número de membranas por tubo:	7 Uds
- Número de membranas:	259 Uds

Tabla 4. Características de los bastidores de membranas: Tren nº 4.

1ª Etapa

- Caudal de alimentación:	12.500 m ³ /d
- Caudal de producto:	5.400 - 5.600 m ³ /d
- Caudal de rechazo:	7.100 - 6.900 m ³ /d

- Conversión:	43 - 45 %
- Número de tubos	58 Uds
- Membranas:	TM820C-400
- Número de membranas por tubo:	7 Uds
- Número de membranas:	406 Uds

2ª Etapa

- Caudal de alimentación:	7.100 – 6.900 m ³ /d
- Caudal de producto:	2.100 – 1.900 m ³ /d
- Caudal de rechazo:	5.000 m ³ /d
- Conversión:	28 - 30 %
- Número de tubos	34 Uds
- Membranas:	TM820A-400
- Número de membranas por tubo:	7 Uds
- Número de membranas:	238 Uds

Se han incluido membranas de alto rechazo en Boro, tanto en la 1ª Etapa como en los concentradores de salmuera (2ª Etapa), como única alternativa posible para poder cumplir con las exigencias de la normativa en cuanto a su contenido en Boro en aguas destinadas a consumo humano.

- **Bombeo a alta presión y recuperación de energía.**

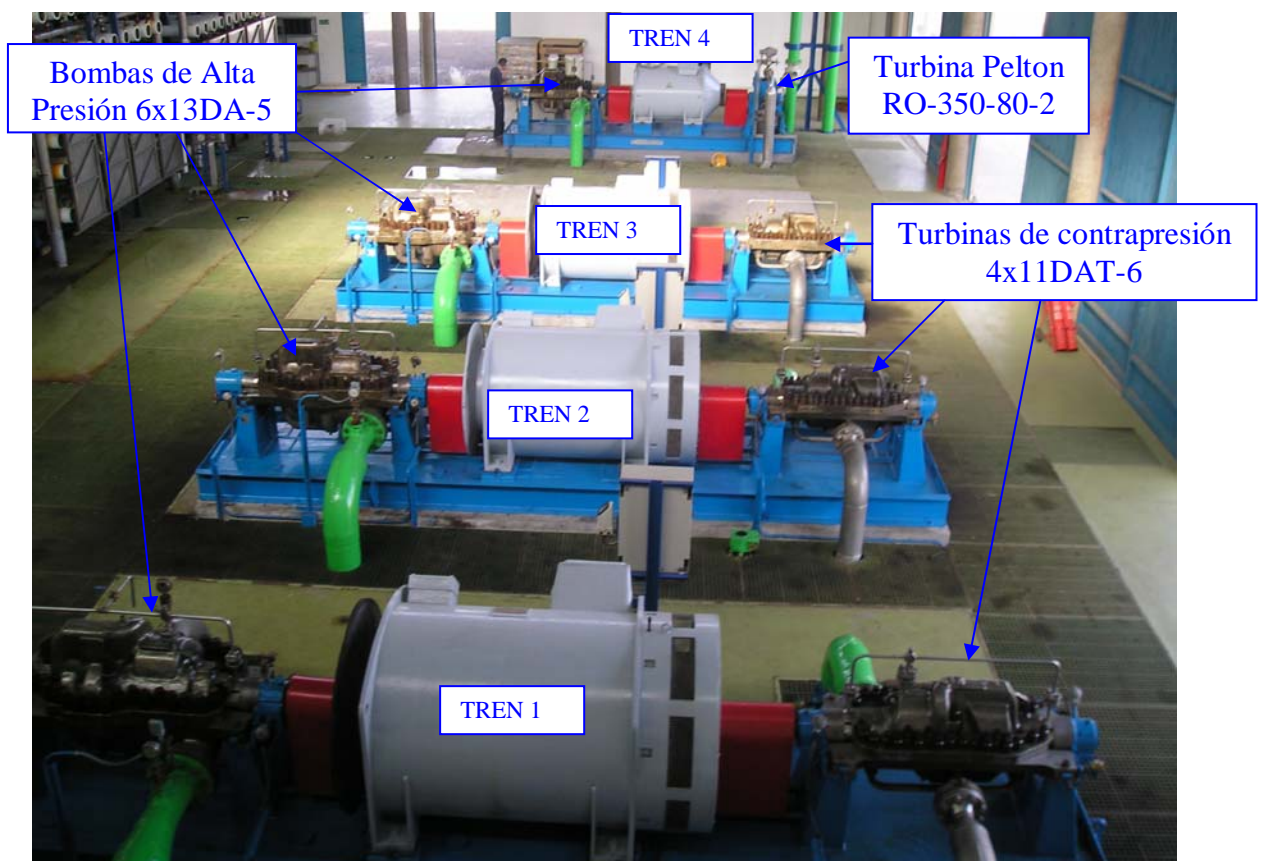


Figura 4. Vista general de los elementos de alta presión actualmente instalados.

Actualmente existen cuatro (4) bombas de alta presión.

Tabla 5. Características de las bombas de alta presión.

- Tipo de bomba:	Cámara Partida
- Suministrador:	Flowserve
- Modelo:	6x13 DA-5
- Caudal necesario por bastidor:	521 m ³ /h
- Presión aspiración bomba alta presión:	200 kPa

- Presión impulsión bomba alta presión:	6,55 Mpa
- Material:	DUPLEX

Además existen tres turbinas de Contrapresión (Francis) y una turbina Pelton.

Tabla 6. Características de las 3 turbinas de Contrapresión existentes.

- Tipo de Turbina:	Contrapresión - Cámara Partida
- Suministrador:	Flowserve
- Modelo:	4x11-DAT-6
- Caudal de entrada:	290 m ³ /h
- Presión de entrada:	6400 kPa
- Presión de salida:	200 kPa
- Rendimiento:	75%

Tabla 7. Características de la turbina Pelton existente.

- Tipo de Turbina:	Pelton - Cámara Partida
- Suministrador:	Calder
- Modelo:	RO-350-80-2
- Caudal de entrada:	288 m ³ /h
- Presión de entrada:	6800 kPa
- Rendimiento:	87%

Las turbinas mencionadas anteriormente serán sustituidas por turbinas Pelton, de mayor rendimiento, con el objeto de adaptarse a las nuevas condiciones de operación.

Tabla 8. Características de las nuevas turbinas Pelton a instalar.

- Tipo de Turbina:	Pelton - Cámara Partida
- Suministrador:	Calder
- Modelo:	RO-350-100-1
- Caudal de entrada:	222 m ³ /h
- Presión de entrada:	8120 kPa
- Rendimiento:	87%

Las características de las bombas booster a instalar son las siguientes:

Tabla 9. Características de las nuevas bombas booster a instalar.

- Número de bombas a instalar:	4 Uds
- Tipo de bomba:	Centrífuga
- Suministrador:	Sulzer
- Modelo:	ZF 150-4315
- Accionamiento:	Variador de frecuencia
- Caudal unitario necesario:	315 m ³ /h
- Presión diferencial:	1500 kPa
- Rendimiento de la bomba:	75%
- Material:	Avesta 254 SMO
- Potencia instalada:	250 kW
- Tensión:	400 V

El consumo energético del conjunto de las bombas centrífugas, con la recuperación de energía de las turbinas Pelton, y las bombas booster supondrá unos 3,15 kWh/m³ de agua producto.

• Vertido de salmuera y lavados.

Básicamente los subproductos generados serán de cuatro tipos:

- Salmuera producida en el proceso de ósmosis inversa.

- Agua con sólidos en suspensión procedente del lavado de filtros.
- Purgas de agua de mar procedentes de los instrumentos en línea.
- Purgas de depósitos de reactivos y soluciones de lavado de membranas.

La ampliación de la producción de salmuera se basa en el aumento del recobro de la planta al 60%, por lo que el caudal de salmuera se verá reducido de 1.200 m³/h a 830 m³/h aproximadamente, y por tanto la conducción del emisario actual no se verá afectado.

4. CONCLUSIONES

- La ampliación de Instalación Desaladoras de Agua de Mar (IDAM) de Adeje – Arona (Tenerife – Canarias), que opera desde 1998, era una imperiosa necesidad para abastecer a la conurbación de estos dos municipios que han duplicado su población desde que comenzó a funcionar. Pero a esta necesidad se sumaban dos condicionantes adversos: las dificultades para poder ampliar la captación de agua de mar y la financiación de las modificaciones y nuevas obras a realizar.
- Para obtener más agua producto, que cumpliera además el RD 140/2003, sin mayor aportación de agua de mar se planteaba como mejor opción tecnológica posible aumentar el recobro desde el 40 % actual hasta el 60 %, con concentradores de salmuera en una segunda etapa de desalación.
- La evacuación de la salmuera, menor caudal pero más concentrado que el actual, junto con el efluente de la EDAR es ambientalmente ventajoso por sus efectos bactericida y de dilución antes de su descarga marina. Todo el proyecto ha sido objeto de una cuidada Evaluación de Impacto Ambiental y la correspondiente declaración por la Administración Canaria.
- Las actuales limitaciones inversoras de las Administraciones Públicas, derivadas del compromiso del Estado en materia de estabilidad presupuestaria, han llevado a elegir el contrato de concesión de obra pública y explotación como la fórmula más adecuada, estableciendo como criterio que aprovechando la economía de escala (aumento de un 50 % en la producción) y mejorando la eficiencia energética del conjunto se podría mantener (en términos constantes) el precio unitario actual del agua producto para el usuario urbano-turístico, durante todo el período de la concesión (16 años).