

## PROYECTO INDUSTRIAL INGENIERÍA QUÍMICA



**Autores:**

Florencia Álvarez  
Juan García  
Ricardo Gómez  
Leandro Llugain  
Marcela Ríos

**Profesores tutores:**

Ing. Raúl Prando  
Ing. Jorge Castro

**Marzo 2010 - Marzo 2013**

# Capítulo 1

## Resumen Ejecutivo

El propósito de este proyecto es el diseño de plantas potabilizadoras de agua de mar, transportables y de carácter modular.

Luego de realizar un pormenorizado análisis de cada tecnología de desalación, se opta por aplicar ósmosis inversa que se selecciona porque presenta ventajas significativas sobre las demás. En efecto, el consumo de energía es el menor, no presenta impactos ambientales negativos de significación y permite el acople de energías renovables. Por su parte, los elementos filtrantes son compactos y la capacidad modular permite decidir las variaciones del caudal a suministrar a la red de distribución. Las características mencionadas hacen que esta tecnología se encuentre en expansión siendo actualmente la preferida a nivel mundial.

Del estudio de mercado realizado surge que en el sistema de agua potable del departamento de Rocha, más específicamente en el Sistema La Paloma (conjunto de balnearios desde La Paloma a Punta Rubia y Santa Isabel), existe una deficiencia de atención en verano debido a la gran afluencia de turistas. En estos meses, la calidad del agua y su suministro se ven afectados principalmente en los picos de demanda. Basándose en que más de un 30% de la capacidad instalada de agua subterránea presenta problemas de calidad, es necesario incorporar nuevas fuentes confiables de abastecimiento e incorporar los tratamientos necesarios.

En base a datos históricos disponibles se propuso un modelo de demanda que facilita la proyección del agua a producir para el período del 2013 al 2033. El modelo simplifica la distribución de demanda anual en tres valores de caudal, pico (máximo consumo en período diciembre-marzo), medio (consumo medio en período diciembre-marzo) y base (consumo medio en período abril-noviembre).

Teniendo en cuenta la capacidad actual, las limitaciones del abastecimiento mediante perforaciones y los incrementos en la demanda se define un tamaño de producción de  $100\text{m}^3/\text{h}$  para cada módulo de osmosis inversa. Se prevé una implementación escalonada hasta alcanzar en 2033 una producción de  $600\text{m}^3/\text{h}$ . Este aumento en etapas permite reducir al mínimo las incertidumbres respecto a la demanda real de agua, por lo que el proyecto podría detenerse en cualquier etapa en caso que la dinámica de aumento del turismo sufra reducciones con respecto a lo proyectado.

La propuesta logra ampliar la capacidad de producción, satisfacer la demanda pico en temporada estival y mejorar la calidad de agua potable. A su vez, permite aumentar su disponibilidad de 160 L/día a 200 L/día por persona a fin de proyecto y el nivel de cobertura del 85% al 100%, atendiendo a exigencias de comodidad y calidad de vida de la sociedad moderna. Estas mejoras en el servicio favorecen el incremento de la actividad turística del departamento.

La forma de abastecimiento actual tiene la debilidad de apoyarse en un fuerte aporte de agua subterránea con una dinámica compleja de difícil predicción en cuanto a la cantidad y calidad de la fuente. El aumento de la capacidad instalada resultante de la incorporación de los módulos de osmosis inversa, permite reducir el aporte de agua de las perforaciones. De esta manera, fuera de temporada estival, se satisface la demanda prescindiendo de los aportes de agua subterránea, disminuyendo la intrusión salina y la presión sobre los acuíferos costeros. Asimismo, se obtienen los beneficios de

implementar un sistema con las certezas necesarias de disponer de agua en cantidad y calidad al transcurso del tiempo.

Durante el período de estudio económico año a año, se determinó que operará con un módulo todo el año hasta el cuarto año, logrando una producción anual de 876.000m<sup>3</sup>. A partir del quinto año se incorporará un segundo módulo que también operará todo el año, duplicándose la producción anualmente hasta el octavo año de estudio. Durante el noveno y décimo año, se trabajará con dos módulos todo el año y el tercer módulo incorporado solamente operará en periodo estival, por lo cual durante esos dos años se producirá anualmente 2.040.000 m<sup>3</sup>.

Se proyecta instalar la planta potabilizadora de agua mar en el predio de la usina desferrificadora que OSE tiene en La Paloma, Rocha. El predio existente será ampliado y acondicionado para admitir la incorporación de los módulos de osmosis, tanques, etc. La toma de agua de mar y el emisario de vertido de salmuera corresponden a dos alveos distintos del Océano Atlántico Sur, ubicados a ambos lados del puerto pesquero de La Paloma.

Para el diseño de ingeniería se analizan detalladamente la caracterización del agua de mar y los requerimientos de agua potable fijados por OSE, en base a ello se desarrolla un proceso que incluye tres etapas: pre-tratamiento, desalación y post-tratamiento. Las etapas se diseñan para que el agua producto cumpla los estándares de calidad que la legislación declara para ser potable, siendo capaz de brindar un suministro constante hasta en los períodos picos.

Para la operación de la planta se prevé emplear personal de OSE, iniciando con 9 personas hasta la incorporación del cuarto módulo donde se sumarán 4 más. Esto se logra reasignando las funciones de los trabajadores de la desferrificadora y redistribuyendo funcionarios del resto del país. En el marco de este proyecto se capacita y se entrena a los operarios de OSE en las nuevas actividades.

La potencia eléctrica requerida en la primera etapa es de 0,5 MW y asciende a 2,2 MW al final de la última etapa. Para hacer frente a ello se incorpora en el marco del decreto N°158/012, de mayo de 2012, la instalación de un parque eólico conectado a la red. Su potencia instalada es de 6 MW y produce la totalidad de la energía eléctrica necesaria en la última etapa del proyecto. Estudios preliminares descartan la localización de los aerogeneradores en los padrones de la desferrificadora y la UPA 2000, debido a su proximidad a centros poblados ("Criterios establecidos para la instalación y operación de parques eólicos" de la DINAMA). Se adopta un factor de capacidad de un 40%, es decir, 21 MWh por año de proyecto, siendo 65 USD/MWh el precio de venta. El parque se ubica en el departamento de Lavalleja, el predio elegido se encuentra en una zona de altura que asegura una velocidad media mayor a 7 m/s, permitiendo obtener un mayor factor de capacidad, y se localiza próximo a la red de distribución de UTE de 30.000 kW.

Del análisis realizado en la evaluación del impacto ambiental, el proyecto presenta impactos ambientales no significativos, clasificándose dentro de la categoría "A" según el decreto N° 349/005. Debido a lo anterior, no se requiere la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental ante DINAMA previo a su instalación. Tampoco se requiere solicitar autorización ambiental especial debido a características intrínsecas de diseño del proyecto, excepto para la tala de 425 m<sup>2</sup> de pinos del parque nacional

Andresito, ante la Dirección Forestal del MGAP de acuerdo al Artículo 19 de la Ley forestal Nº 15.939. Como medida de compensación se propone forestar un área igual al doble de superficie talada en el predio de la UPA 2000, La Paloma.

La inversión necesaria para la ejecución del proyecto asciende aproximadamente a USD 6.260.000 para los aerogeneradores y a USD 2.600.000 para la planta potabilizadora, utilizando un 40% de capital propio y el 60% solicitado como financiamiento externo al Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Las inversiones posteriores, en el cuarto y octavo año de estudio económico, se realizarán ambas con financiación externa.

Considerando el decreto tarifario de OSE de Febrero 2013 y tomando en cuenta que La Paloma presenta un 70% del total de agua facturada al sector comercial y 30% al sector residencial, se determina que el precio medio ponderado de venta de agua es de U\$S 2.5/m<sup>3</sup>.

El análisis económico financiero se realizó considerando la generación de energía eléctrica y la planta potabilizadora por separado, para un periodo de 10 años. En cada caso se contemplan los cálculos económicos con y sin impuestos, siendo la situación más conservadora la primera, y la segunda la más factible por tratarse de una empresa estatal.

Dado el escenario planteado antes, la utilidad neta disponible para los aerogeneradores es positiva mientras que para la planta de osmosis inversa es negativa, para todos los años de estudio económico. Sin embargo, el emprendimiento del parque eólico absorbe las pérdidas de la potabilizadora.

Tanto el precio de venta del MWh de energía eléctrica como el del m<sup>3</sup> agua potable, se encuentran por encima del precio en el punto de equilibrio. Los valores medio de equilibrio son 1,3 USD/m<sup>3</sup> y 30 USD/MWh. En Uruguay, el índice de agua no contabilizada ronda el 50%, sin embargo, se considera un valor de 40% para el estudio económico. Este porcentaje supone una reducción en las pérdidas físicas y aparentes de la red en las que OSE se encuentra trabajando actualmente.

Desde el punto de vista financiero, se obtienen tasas internas de retorno (TIR) de 20% para el proyecto de aerogeneración, la cual es atractiva en comparación con tasas de interés del mercado interno y además se tiene también se puede considera un periodo de repago de 5.3 años el cual también se puede considerar bueno, teniendo en cuenta el período de estudio económico.

En cuanto a la seguridad de la parte inversora, se estudia la sensibilidad del proyecto aerogeneradores frente a variaciones de la TIR con el precio de venta y cantidad comercializada de energía eléctrica, y también se evaluó la respuesta de la venta con la variación de la capacidad de los aerogeneradores, resultando poco sensible a los cambios mencionados.

Por otro lado, teniendo en cuenta la utilidad negativa del proyecto planta de agua, de la evaluación de la TIR para el análisis combinado de ambos proyectos, surge un valor de 4 %, la cual se considera escasamente competitiva.

Si bien este es un factor de riesgo para la parte inversora, la Ley Nº 11.907 de creación de OSE no considera como principal objetivo la rentabilidad y seguridad del

proyecto sino que sus cometidos anteponen las razones de orden social a las de orden económico.

Por estas razones, OSE puede encarar este nuevo desafío para obtener soluciones que le permitan mejorar los servicios que brinda y priorizando el bienestar de la comunidad. El empleo de unidades de desalación mediante ósmosis inversa para producir agua potable es un proceso innovador y novedoso en el área de potabilización y en conjunto con la producción de energía eólica contribuye al desarrollo sostenible y tecnológico del país.