

PRODUCCIÓN DE AGUA DULCE EN POZO COLORADO, CHACO PARAGUAYO

(POR OSMOSIS INVERSA UTILIZANDO ENERGÍAS
ALTERNATIVAS, EOLICA Y FOTOVOLTAICA)

ALDO MARCOS*
HIDROVIAL CONSULTORES - UNIVERSIDAD DEL NORTE
Avda. España esq. Padre Pucneau
aldomarcos@webmail.com.py

RESUMEN

El Chaco Paraguayo representa el sesenta por ciento del territorio y el dos por ciento de la población. Sus aguas superficiales son escasas y las aguas subterráneas contienen sal. Igualmente falta la energía eléctrica.

El trabajo propone potabilizar el agua subterránea mediante una planta tipo de seiscientos metros cúbicos diarios que utiliza el método de Ósmosis Inversa, ampliamente utilizado en países que potabilizan sus aguas subterráneas y marítimas.

También propone la producción de energía alternativa eólica y fotovoltaica, solución más económica en la geografía rural del país. Los parques eólicos están reemplazando en Europa a las Centrales nucleares y/o térmicas.

* IngenieroCivil

1. INTRODUCCIÓN

PRESENTANDO EL PROYECTO. EXPOSICIÓN DE MOTIVOS.

El Chaco Paraguayo representa alrededor del sesenta por ciento del territorio nacional pero da albergue a solamente un dos por ciento de su población, esto se debe a sus adversas condiciones naturales de clima, de suelo y de falta de aguas superficiales.

Las aguas subterráneas son entonces fuente importante de su abastecimiento hídrico, pero solamente se encontró agua potable en acuíferos en el extremo noroeste y en algunas lentes ubicadas en el Chaco Central que se forman mediante la infiltración de las aguas de lluvia. Los acuíferos en general tienen aguas salobres o con un alto grado de salinidad.

Dada la importancia mundial de las aguas subterráneas, el tema es objeto de estudios avanzados y de cursos de postgrado en varias universidades.

Un estudio de los recursos hídricos necesita un presupuesto importante y varios años de trabajo para abarcar toda su geografía. Es una tarea multidisciplinaria donde intervienen diversas ciencias: Meteorología, Hidrología Superficial y Subterránea, Hidrogeoquímica, Geología e Hidrogeología, Geofísica, Ingeniería de Regadíos, Ingeniería Agronómica, Edafología y por supuesto la Ingeniería Eléctrica y la Civil.

La lista de temas a estudiar es muy extensa. La calidad de las aguas; la protección de los acuíferos; qué hacer con las aguas residuales resultantes del proceso de desalinización.

Si bien la necesidad de agua dulce es de todo el chaco, a los efectos de este estudio elegimos, dentro de su vasto territorio a Pozo Colorado como su lugar de ubicación.

Actualmente este punto se encuentra en el cruce entre la ruta Concepción-Pozo Colorado y la ruta bioceánica lo cual permite pensar que dicha zona será objeto de mayor atención y posiblemente constituirá un polo de desarrollo.

Desde el punto de vista hidrogeológico pertenece todavía al Chaco Central lo que justificaría extrapolar, con conocimiento y

criterio científicos, datos obtenidos con la importante tarea de estudios de campo y de gabinete realizados mediante la colaboración alemana en las colonias de Filadelfia, Loma Plata y Neuland.

En este momento, en Pozo Colorado, es muy pequeña la población que abastece. Como es el caso de las colonias mencionadas. Es cierto que se podría pensar que se trata de un círculo vicioso; no hay gente porque no hay agua y no hay agua porque no hay gente.

Pensamos sin embargo que fijar como objetivo del proyecto el abastecimiento a un grupo poblacional importante resultaría, a la fecha, de utilidad meramente teórica.

Sin embargo, encontramos que existen numerosas estancias con gran cantidad de bovinos destinados a la producción de carne que sufren las consecuencias de la falta de agua dulce. Abastecer entonces a las estancias de la zona puede ser un importante primer paso del desarrollo sostenido del Chaco que tanto el país necesita.

Al efecto se estudian el consumo y la calidad necesaria del agua que necesitan beber los bovinos destinados a la producción de carne. Esta incursión en la bovinotecnia nos permite conocer e incluir entre las propuestas sobre el destino de las aguas saladas residuales, la utilización de sus sales como alimento del ganado. Estaríamos inclusive ofreciendo una alternativa nacional al mercado que ahora se surte con importaciones del Brasil y de Bolivia.

La conducción del agua hacia las estancias, su distribución dentro de las mismas y las obras necesarias para su utilización como así también la preparación y embolsado de la sal de las aguas residuales están más allá del alcance de este trabajo.

En este trabajo se obtiene el agua mediante pozos de agua equipados con sus equipos de bombeo y se proyecta una planta de desalinización que utiliza el método de ósmosis inversa. El complejo funciona con energía alternativa; en particular se estudian la energía eólica y la solar fotovoltaica para su utilización en forma combinada.

La fuente de los datos básicos históricos de precipitaciones, de horas e intensidades de sol, de dirección y fuerza de los vientos, de presión, temperatura y humedad, es el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología dependiente del Ministerio de Defensa Nacional.

La fuente principal de datos hidrogeológicos es, actualmente, la Dirección de Recursos Hídricos dependiente del Ministerio de Agricultura que tiene su sede en la ciudad de Filadelfia. La misma es la continuación del programa "Agua para el Chaco" que dependía del ministerio de defensa.

Se deben mencionar también los estudios realizados por la Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción como así también por el Instituto Nacional de Tecnología y Normalización.

Para cada uno de los componentes del proyecto se estima un presupuesto con el cual podemos entonces analizar su factibilidad económica tanto en forma global como por separado.

De la cantidad y calidad de los trabajos revisados, especialmente los ejecutados con la colaboración técnica y financiera de Alemania, concluimos que se tiene importante información hidrogeológica e hidroquímica principalmente en el chaco central; también hay experiencia en la perforación de pozos.

Creemos por lo tanto que la mayor contribución del presente trabajo se da en la presentación de la "planta de desalinización por el método de osmosis inversa", que esta siendo ampliamente utilizado en países que necesitan hacer potable tanto sus aguas subterráneas como sus aguas marítimas.

El otro aspecto, hace a la producción de energía alternativa, la cual nos puede resultar en el futuro inmediato una solución más económica en la geografía rural del país mientras seguimos recibiendo los ingresos provenientes de la venta de la energía hidroeléctrica de los grandes aprovechamientos binacionales.

Las especificaciones técnicas de la desalinizadora, la turbina eólica y los paneles fotovoltaicos que son bienes de importación necesariamente son las

ofrecidas por los mismos proveedores seleccionados entre una variada oferta existente en el mercado europeo.

Las especificaciones técnicas de las otras obras componentes del proyecto son las normalmente utilizadas en nuestro país.

Este proyecto puede ser repetido en cualquiera de los demás puntos de la geografía del Chaco Paraguayo.

El gran tema del "Agua para el Chaco" no quedara ni lejanamente agotado con este trabajo que apenas pretende ser un esfuerzo más de los muchos que se han realizado y se siguen realizando en los diversos ámbitos del quehacer nacional: universidades, empresas privadas e instituciones oficiales.

La permanente necesidad de elevar el nivel de vida de la población requiere la explotación de los recursos naturales entre los cuales el sesenta por ciento del territorio es parte importante, se encuentra disponible y necesita agua dulce.

Si unimos nuestra necesidad nacional con la intención exportadora de los fabricantes y la oferta de financiamiento del primer mundo el proyecto podrá ser ejecutado.

2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Adoptamos como ubicación geográfica del proyecto la localidad de Pozo Colorado, Departamento de Presidente Hayes en el Chaco Paraguayo. La misma esta relativamente cercana a la región oriental y cuenta con buenos caminos de acceso. Esto es importante tanto para el transporte de los materiales y equipos a instalar como luego para facilitar la implantación de un polo de desarrollo.



El abastecimiento esta destinado a una explotación ganadera de alrededor de 12.000 bovinos para carne lo cual demanda unos 600m³ de agua dulce. El área de cobertura es de 750km² en un radio de 15km.

El sitio de la obra incluye las correspondientes a la extracción del agua subterránea de un acuífero libre, cuyo nivel freático se encuentra a 18,30m de la superficie del terreno, que tiene un espesor de otros 15m y un grado de salinidad mayor 10.000mg/l de TSD (Total de Sólidos Disueltos).

Al efecto utilizamos pozos de agua de 4" de diámetro y 35m de profundidad, equipados con bombas sumergibles, cuyos caudales alcanzan los 15m³/seg.

El agua así extraída de los pozos pasa a un reservorio de almacenamiento de hormigón armado, ubicado a nivel de la superficie del terreno, que tienen 80m³ de capacidad y de

allí a la planta de desalinización por osmosis inversa.

Si bien en la literatura se presenta como valor actual de su consumo energético el de 2kWh/m³, adoptamos para este estudio un número más conservador de consumo de 3kWh/m³. La planta produce alrededor de 600m³/día.

El agua dulce así obtenida se almacena en un reservorio a nivel de 350m³.

Todo el complejo utiliza la producción de 100kW de energía alternativa eólica y fotovoltaica. El proyecto incluye las obras complementarias tales como las oficinas técnicas y administrativas con una superficie cubierta de 285m².

Al efecto del estudio se supone que la producción del proyecto permite el abastecimiento de agua dulce a explotaciones ganaderas que se ocupan de la cría de ganado bovino para carne. Igualmente se podría pensar por ejemplo en abastecer una planta industrial de productos lácteos. **Lo importante es estudiar la producción de agua dulce con el sistema de osmosis inversa que obtiene la energía mediante métodos alternativos.**

El total estimado de la inversión llega a 635.883 US\$. Su valor actualizado neto es de 265.787 US\$ y la inversión tiene una tasa interna de retorno de 15,76%.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El agua dulce es un elemento vital para el desarrollo y en el Chaco Paraguayo se encuentra ausente, al menos en la cantidad necesaria para una producción sostenible.

Hay que estar atentos al desarrollo de la tecnología en los países desarrollados tanto en lo referente a las plantas de desalinización como a la producción de energías alternativas.

No habiendo experiencia en el país sobre plantas de desalinización que utilicen el método de osmosis inversa tenemos que guiarnos por la literatura existente sobre los estudios actuales en otros países y sobre sus resultados.

Además de la información científica hemos revisado una vasta oferta de empresas comerciales europeas sobre éstas plantas de osmosis inversa, como así también los informes de sus clientes sobre los resultados obtenidos.

La importancia mundial del agua subterránea proporcionara mediante la investigación científica y el avance tecnológico menores costos de explotación. A su vez la demanda de agua potable aumentara su valor en forma importante. La diferencia entre los ingresos y los egresos justificara las inversiones.

FACTIBILIDAD TÉCNICA

Desde el punto de vista técnico el proyecto se presenta factible. A falta de experiencia en el país, existe una amplia experiencia internacional sobre plantas de desalinización mediante el método de osmosis inversa. La utilización de energía alternativa acredita también la factibilidad del proyecto porque si bien el Paraguay participa de dos grandes aprovechamientos hidroeléctricos binacionales esta lejos todavía de disponer de las líneas de transmisión necesarias para poner la energía al alcance los usuarios, al igual que en el caso de la planta de desalinización tanto la energía eólica como la energía fotovoltaica están ampliamente utilizadas a nivel internacional. De hecho se tomaron en cuenta las experiencias de organismos oficiales y privados, como así también de fabricantes, usuarios y centros de estudio e investigación del primer mundo. En particular hay que mencionar las consultas con la Universidad de Alicante quien tiene una planta de desalinización por osmosis inversa. Igualmente el fluido contacto establecido con el Departamento de Energía Eléctrica de la Universidad de Ciencia y Tecnología de Noruega, cuyo curso de doctorado en Energía Eólica está a cargo de la profesional paraguaya Ing. Marta Molinas, Post.Doc.

De acuerdo con las normas a tener en cuenta en estos estudios de factibilidad, se presto particular atención al impacto ambiental que podría producir el agua salada residual. Se realizaron numerosas consultas con técnicos nacionales y extranjeros; se incursionó inclusive en otras disciplinas como la bovotecnia para investigar la utilización que se podría dar a

dichas sales como alimento del ganado en sustitución de importaciones del Brasil y de Bolivia. Se consultó con la Secretaria del Ambiente. Los otros elementos técnicos del proyecto desde la construcción de los pozos, la instalación de equipos de bombeo, la construcción de un reservorio de almacenamiento, la construcción de un tanque elevado de abastecimiento de hormigón armado y las obras civiles complementarias son suficientemente conocidas localmente. En todos los casos se tuvieron en consideración las normas técnicas correspondientes, en particular las de Senasa y las del INTN.

FACTIBILIDAD ECONÓMICA

Sobre la factibilidad económica, el presupuesto estimado de inversiones es un número que consideramos razonable. Sus valores se obtuvieron de los fabricantes internacionales en los casos de insumos importados y de los precios corrientes conocidos en nuestro mercado. Con respecto a los números vemos que la Tasa Interna de Retorno de 16% muestra la rentabilidad del emprendimiento. Si bien la demanda de agua potable es universal, como la idea básica del proyecto es abastecer a las estancias de la zona, se estudiaron el consumo y la calidad necesaria del agua que necesitan beber los bovinos destinados a la producción de carne. Además de justificar su necesidad, para calcular el cuadro de ingresos se considero el precio de venta para el cual se adopto el valor de 6.000 G/m³ (seis mil guaraníes por metro cúbico) que resulta mucho mas bajo que el actualmente pagado en el Chaco por el agua potable.

No se tomaron en consideración los efectos económicos ni los financieros de la mejoría en la cantidad y calidad de la producción de carne bovina. Como dice en el Volumen III de su libro "La Salud Animal" su autor Darío Caballero Bracho: "... El Sector Pecuario ... Uno de los rubros mas importantes de exportación y ... Una de las fuentes fundamentales de ingreso de divisas ..."

FACTIBILIDAD FINANCIERA

Finalmente la factibilidad financiera, que estudia la disponibilidad de recursos de este tipo también es satisfactoria. Hemos encontrado interés en fabricantes internacionales de gran experiencia en estos temas de desalinización y de

utilización de energías alternativas, interesados en llevar adelante el proyecto en Paraguay a cuyo efecto sugieren la formación de un consorcio para presentar el proyecto a los organismos financieros europeos.

CONCLUSIÓN

El proyecto, ubicado en el cruce de nuestras rutas con la ruta bioceánica, tiene caminos de acceso pavimentados, es técnicamente factible, económicamente rentable con una tasa interna de retorno de 16% y reúne las condiciones necesarias para ser objeto de atención por fuentes europeas de financiamiento.

La planta de desalinización y la producción de energía alternativa eólica y fotovoltaica se obtienen mediante tecnología de punta y son bienes de importación cuyos fabricantes los entregan "llave en mano". Las otras partes del proyecto son de construcción y utilización común en nuestro país.

El Chaco Paraguayo no es la única región semi-desértica en el mundo y tampoco

sería la primera en la cual experimentar tecnologías y procedimientos para lograr su desarrollo.

Si bien la elaboración y presentación del Trabajo tiene responsabilidad personal, el mismo toma en cuenta las opiniones, la experiencia, el conocimiento y el asesoramiento de profesores de la Facultad de Ingeniería, de otras Facultades de la Universidad Nacional y de Universidades Privadas.

Fueron consultadas Universidades Extranjeras y por supuesto fabricantes internacionales. Se revisó importante bibliografía. Se sondearon las posibilidades del proyecto en instituciones de crédito internacional.

RECOMENDACIÓN

Su construcción y puesta en marcha brindará los beneficios mencionados directos e indirectos. Su éxito servirá de estímulo para repetirlo en otros lugares que también lo necesitan y mediante esta repetición integrar, finalmente, nuestro propio territorio al quehacer nacional.

4. BIBLIOGRAFÍA

Sitios Web consultados

- www.elgranchaco.com
- www.pozohondo.org.py
- [www.sondeosdelnorte.com/pozos de agua.htm](http://www.sondeosdelnorte.com/pozos_de_agua.htm)
- www.emison.com
- www.tenagua.com
- www.infoagro.com
- www.librys.com/desaladoras/index.html
- www.tyedesalacion.com
- www.aquapurificacion.com
- www.gestion-ambiental.com
- www.ozoneecological.com/osmosis
- www.aguadecalidad.com
- www.ecoportel.net
- www.senasa.gov.py
- www.mysolar.com
- www.inersol.com
- www.windpower.org
- www.windside.com
- www.lenntech.com
- www.sunelco.com/design3.aspx
- www.science.howstuffworks.com/solar-cell10.htm
- www.aedyr.com
- www.consumer.es

Aguas subterráneas. Estaciones y equipos de bombeo.

- Manual del Agua Potable. u F. R. Spellman Y J. Drinan. 2004
- Protección de la Calidad del Agua Subterránea. S. Foster Y Otros. 2003.
- Aguas Subterráneas: Captación y Aprovechamiento. Martínez. 1998.
- Perforación de Pozos de Agua. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 1971.
- Filtración Lenta en Arena para Abastecimiento Público de Agua en Países en Desarrollo. Manual de Diseño y Construcción. Centro Internacional de Referencia para Abastecimiento Público de Agua de la OMS. J.C. van Dijk y J.H.C.M. Oomen. Diciembre de 1978.
- Manual de Hidráulica Volumen I. 7ª Edición.

José M. Acevedo Netto, Guillermo Acosta Álvarez.

Estudios del Chaco Paraguayo.

- Hidroquímica del agua subterránea en el área urbana de Filadelfia. (Chaco Paraguayo). Dr. M. Von Hoyer. Filadelfia, 1993.
- Resultados de las Investigaciones Hidrogeológicas e Hidroquímicas Realizadas en el Área Urbana de Loma Plata, Chaco Paraguayo y Recomendaciones Para la Protección del Agua Subterránea. F.A. Larroza y C.R.I. Centurión. Filadelfia 1996.
- La Contaminación del Agua Subterránea por los Tajamares del Desecho en el Área Industrial de Filadelfia, Chaco Central, Paraguay. Sybille A. Schumann Y Carlos I.R. Centurión L. Filadelfia 1998.
- Estudios Para Detectar la Contaminación Areal del Acuífero Freático de Neu-Halbstadt (Colonia Neuland)-Recomendación y Protección. Sandra Fariña L., José L. Paredes R. y Carlos I.R. Centurión L. Filadelfia 1998.
- Proyecto Sistema Ambiental del Chaco. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG); Subsecretaría de Estado de Recursos Naturales y Medio Ambiente (SSERNMA); Dirección de Ordenamiento Ambiental (DOA); Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ); Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). 1998.
- Memoria del Mapa Hidrogeológico del Paraguay. Comisión Nacional de Desarrollo del Chaco. 1986.
- Mapa Hidrogeológico de América del Sur. Programa Hidrológico Internacional. 1996.

Desalinización

- ¿Cuál es el problema real en el Chaco? Revista Ingeniería Hoy, Ing. Henry W. Stanley C. Diciembre 2003.
- Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2002. © 1993-2001 Microsoft Corporation.
- Revista Mandu'a. Año XX N° 242. Junio de 2003.
- Revista Mandu'a. Año XX N° 248. Diciembre de 2003.
- Calidad del Agua. (Normas UNE). 2002.
- Desalación de Aguas Salobres y de Mar. Osmosis Inversa. Medina. 2000.
- Tratamiento del Agua por Procesos de Membrana. 1998.

Energía alternativa

- El Recurso Eólico en el Paraguay. INTN
- La Medición de la Radiación Solar en la Republica del Paraguay. INTN.
- Estimación de la Distribución de la Radiación Solar Global en la República del Paraguay. INTN.
- Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2002. © 1993-2001 Microsoft Corporation
- Supervisor Control for a Stand-Alone Hybrid Generation System Using Wind and Photovoltaic Energy. Fernando Valenciaga and Paul F. Puleston. IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 20 N° 2, June 2.005.

Calidad del agua

- Reglamento Sobre el Servicio de Provisión de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. ERSSAN. 2004.

- Norma Paraguaya NP 24 001 80. Agua Potable. Especificaciones. Quinta Edición Mayo 2001. INTN

5. PROFESIONALES CONSULTADOS EN PARAGUAY

- Prof. Ing. Alejandro Blanco Centurión. Universidad Nacional de Asunción
- Prof. Ing. Luis Segovia. Universidad Nacional de Asunción
- Prof. Ing. Roger Monte Domecq. Universidad Nacional de Asunción
- Prof. Ing. Amilcar Troche. Universidad Nacional de Asunción
- Prof. Dr. Carlos Antonio López. Universidad Nacional de Asunción.
- Prof. Dr. Gustavo Vera Morínigo. Universidad Nacional de Asunción.
- Prof. Ing. Lizie Samaniego. Universidad Nacional de Asunción. Universidad del Norte.
- Prof. Ing. Agr. Raúl Ferrari Ferreira. Universidad Nacional de Asunción. Universidad del Norte.
- Prof. Ing. Silvio Caballero. ANDE. Universidad del Norte.
- Prof. Dr. Hermógenes Rivas. Universidad Nacional de Asunción. Universidad del Norte.
- Prof. Lic. Carlos Centurión. Director de la Dirección de Recursos Hídricos del MAG. Universidad Nacional de Asunción.
- Prof. Dr. Fernando A. Larrosa. Universidad Nacional de Asunción.
- Prof. Ing. Lorenzo Codas. Universidad Nacional de Asunción.
- Prof. Ing. Luis Amábile. ANDE. Universidad Nacional de Asunción. Universidad del Norte. horst.hannemann@dewind.de.

- Prof. Ing. Jesús Jiménez. Municipalidad de Asunción. Universidad Nacional de Asunción. Universidad del Norte.
- Prof. Ing. Carlos Montero. Universidad Nacional de Asunción.
- Cap. (S/R) Oscar Antonio Brizuela. Empresario Ganadero.

6. PROFESIONALES CONSULTADOS EN EL EXTRANJERO

- Prof. Ing. Marta Molinas. Post. Doc. Norwegian University of Science and Technology. Department of Electrical Power Engineering. <http://www.elkraft.ntnu.no/en/>
- Prof. María Fernanda Chillón. Universidad de Alicante. <http://www.ua.es/iuaca/oi.htm>
- Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. <http://www.etsia.upm.es>
- Ing. Ambiental Mario Kummel. Mekorot, Compañía Nacional de Aguas de Israel. División de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Ing. Freddy Strajilevich. Aguas Andinas, Chile
- Ing. Fernando Pérez Fernández. Aqualyng AS, Noruega. fernando@lyng.no, www.lyng.com, www.aqualyng.com
- Gina Nielsen. Sales & Marketing Coordinator. A2SEA A/S. www.a2sea.com
- Dr. Rosa Andersen. Danish Wind Industry Association. www.windpower.org
- Dr.-Ing. Horst Hannemann. Senior Sales Manager. DeWind GMBH. www.dewind.de,