

# ENERGÍA GEOTÉRMICA: APROVECHAMIENTO DE POZOS PROFUNDOS SURGENTES

José M. Casado, M. Fernanda Lopolito y Oscar A. Coriale

Instituto Nacional del Agua (INA). Dirección de Servicios Hidrológicos (DSH). Aut. Ezeiza Cañuelas, tramo J. Newbery km 1,620. Ezeiza. Buenos Aires, Argentina. Tel/FAX: (+54 11 44800862)  
E-mail: jcasado@ina.gob.ar

## Introducción

La energía geotérmica se obtiene del aprovechamiento del calor interior de la Tierra, pudiendo ser clasificada en baja, media o alta entalpía (Dickson y Fanelli, 2003).

La cuenca bahiense de aproximadamente 10.000 km<sup>2</sup>, es muy importante por la presencia de aguas termales surgentes, con temperatura en el rango de 55 a 72 °C, extensión aproximada de 2.000 km<sup>2</sup> y espesor de 300 a 400 m (Coriale, *et al*, 2014).

La Base Naval de Infantería de Marina (BNIM) cuenta con un pozo profundo surgente, denominado "Surgente 2" como fuente de abastecimiento de agua para usos múltiples.

## Objetivos

- Desarrollar un proyecto para el aprovechamiento de la energía no convencional geotérmica de los pozos surgentes mediante la implementación de un sistema de calefacción y abastecimiento del natatorio cubierto de la BNIM.
- Poner en evidencia la importancia del acuífero Bahía Blanca en función de sus condiciones de surgencia y energéticas, a través de un cálculo económico donde se analiza la inversión de cada obra en función de su costo – beneficio.

## Metodología de trabajo

Se realizó la recopilación de antecedentes e inspección de las condiciones del pozo "Surgente 2" y obras complementarias, para definir una estrategia de readecuación de las instalaciones.

La información básica recopilada incluyó los siguientes ítems:

Características topográficas de la zona, principalmente sobre la base de cartografía e imágenes satelitales.

Cartografía y planos básicos de la infraestructura existente.

Caracterización de la fuente, información histórica sobre calidad, temperatura, caudal y presión.

Ubicación y características del sistema de abastecimiento, almacenamiento y distribución (tanques, cisternas, sistemas de bombeo, etc.) y de las interferencias naturales y artificiales en la traza del proyecto.

El proyecto consistió en el diseño y puesta en marcha del sistema de calefacción y abastecimiento del natatorio cubierto de la Base de Infantería. Para ello, se realizó el análisis de la oferta de agua del surgente midiendo parámetros hidráulicos característicos en campo (caudal, presión) y temperatura para estimar su capacidad calorífica. Asimismo, las determinaciones analíticas en laboratorio permitieron evaluar su calidad fisicoquímica y microbiológica, resultando no potable por exceso de fluoruros. La Tabla 1 presenta las características del pozo "Surgente 2":

**Tabla 1.-** Características del pozo "Surgente 2".

Profundidad	1.274 m
Caudal de surgencia	60 m <sup>3</sup> /h
Presión de surgencia	11 mca
Temperatura de surgencia	68 °C

Al momento de la realización del estudio, el agua proveniente

del "Surgente 2" se utilizaba para diversos usos, entre los que se menciona en particular el abastecimiento del natatorio durante sólo 4 horas diarias, lo que no permitía mantener la temperatura para el uso previsto.

La instalación está compuesta por un recinto cubierto de 3.000 m<sup>2</sup>, con pileta de aproximadamente 1.000 m<sup>2</sup> (Figura 1).



**Figura 1.-** Sitio de emplazamiento de la pileta.

El proyecto consistió en abastecer el natatorio en forma continua y aprovechar la temperatura de surgencia (68 °C) para calefactar el recinto. Para ello se instaló una conducción en cañería de acero desde el surgente al natatorio (500 m.) y en el interior del mismo (150 m.).

En el circuito, el agua circula en forma continua por el perímetro interno del natatorio manteniendo la temperatura del agua constante durante todo el día, lo cual fue ensayado y verificado para garantizar la eficiencia energética prevista.

## Balance energético

El balance de energía plantea las siguientes hipótesis:

Cálculo del flujo calórico aportado al recinto únicamente por el agua en la pileta, con temperatura constante de 25 °C.

Cálculo del caudal calórico aportado por radiación de la cañería instalada.

Pérdida de calor en el recinto en función de la diferencia de temperatura con el medio exterior.

Se pretende obtener cuál es la diferencia de temperatura entre el exterior y el recinto que genere una pérdida de calor dentro del mismo igual a los aportes de calor generados por la masa líquida y por la cañería instalada. Este cálculo determina cuál es la mínima temperatura exterior para la cual el sistema queda equilibrado a la temperatura interna que se proponga alcanzar.

Se presenta el siguiente balance:

$$Q_{cañería} + Q_{pileta} (25\text{ °C}) - Q_{pérdida\ estr.} = 0 \quad [1]$$

$Q_{cañería}$  = Calor en la cañería (kcal/h)

$Q_{pileta} (25\text{ °C})$  = calor de evaporación del agua de la pileta (kcal/h)

$Q_{pérdida\ estr.}$  = Pérdida de calor por la estructura del recinto (kcal/h)

### Q cañería

Se consideran las características físicas de la cañería, longitud, perímetro y material; condiciones asociadas a la difusión de calor, coeficiente total de transmisión de la cañería (acero) y diferencia de temperatura entre el flujo interno y la temperatura ambiente. Se adoptaron los siguientes valores: Cañería de 4" (30 m) y 7" (120 m); agua en el interior de la cañería a 68 °C; temperatura ambiente a 18 °C; 20 °C; 22 °C y 24 °C; coeficiente total de transmisión de la cañería: 39.

### Q pileta

Se aplicó la fórmula de Bernier [2]:

$$Q_e = S \times (16 + 133 n) \times (W_e - G_a \times W_{as}) \times C_{vap} [2]$$

$C_{vap}$ =calor de vaporización del agua = 677,8 Wh/kg a 25 °C

$S$ =superficie de pileta ( $m^2$ ) = 1.000  $m^2$

$W_e$  = humedad absoluta del aire saturado a  $T_{agua}$  ( $kg_{agua}/kg_{aire}$ ) a 25 °C = 0,0200  $kg_{agua}/kg_{aire}$

$W_{as}$ =humedad absoluta del aire saturado a  $T_{aire}$  interior ( $kg_{agua}/kg_{aire}$ ) = 0,0225  $kg_{agua}/kg_{aire}$

$G_a$ =grado de saturación = 65%

Según este cálculo, el calor debido a la evaporación de la pileta es del orden de 50.000 kcal/h.

### Q perdida por la estructura

Se obtuvo indirectamente con las ecuaciones de cálculo que verifican la condición de equilibrio térmico (delta de temperatura entre el exterior y el interior del natatorio). Se consideran características geométricas del natatorio (área, volumen, material y espesores de los muros externos), coeficientes que dependen de la orientación geográfica de las áreas consideradas, y un porcentaje de renovación de aire debido a la apertura y cierre de aberturas del recinto. Se adoptaron los siguientes valores: área efectiva: 4.206  $m^2$ ; volumen: 12.015  $m^3$ ; espesor de los muros: 0,30 m; orientaciones del recinto: NE, SE y NO; temperatura ambiente a 18 °C; 20 °C; 22 °C y 24 °C; coeficiente de renovación: 0,313.

La Tabla 2 presenta los resultados del balance de los caudales calóricos y el delta de temperatura que equilibra el sistema, considerando temperaturas en el interior del recinto entre 18°C y 24 °C, respectivamente. Los valores obtenidos varían entre 11,10 a 9,75 °C, por lo que el sistema resulta eficiente con temperaturas exteriores iguales o superiores a los 9 °C.

Tabla 2.- Balance de flujo calórico.

Temperatura del natatorio (°C)	Caudal por cañería (Kcal/h)	Caudal por pileta (Kcal/h a 25 °C)	Temperatura de equilibrio (°C)
18	149.378,9	50.000	11,10
20	143.403,8	50.000	10,70
22	137.428,6	50.000	10,40
24	131.453,4	50.000	9,75

Considerando un promedio estadístico medio mensual de los últimos 10 años de temperaturas en la Base Naval entre 7AM y 19PM, el sistema resulta eficiente para todos los meses del año.

## Análisis técnico económico de la obra

### Costo de la obra

La obra se realizó en dos meses, con costo total de \$500.000, incluyendo la provisión de materiales y mano de obra.

### Ahorro de energía por bombeo

El bombeo se realizaba con bomba centrífuga horizontal de 110  $m^3/h$ ; consumo horario estimado 17 kW/h (24.982 kW/año). El costo anual de consumo eléctrico del sistema asume un valor aproximado de 34.473 \$/año.

### Ahorro de energía por aprovechamiento del recurso geotermal

En caso de calefaccionar el recinto con un equipo, el mismo debería tener una capacidad calórica igual a la del sistema instalado, que se equilibra con 400.000 kcal/h.

Los resultados obtenidos indican que el ahorro energético en la instalación es del orden de 451.400 \$/año.

El caudal que ingresa a la pileta es del orden de 30  $m^3/h$  a 68 °C; para obtener un recurso de características similares, se necesitaría contar con una bomba que produzca dicho caudal y un sistema a gas o eléctrico que elevara la temperatura de 20°C a 68 °C. Para ello, considerando una bomba de 30  $m^3/h$  a 60 m se requeriría de 61.320 kW/año por energía de bombeo, equivalente a un costo de 91.880 \$/año.

El costo que implicaría elevar la temperatura del agua de 20°C en boca de pozo, a 68°C (temperatura de surgencia), requeriría de 1.591.845 \$/año, correspondiente a un consumo de gas de 1.326.537  $m^3/año$  (LENNTECH, Water Treatment Solutions), considerando costos de 1,5 \$/kWh y 1,2 \$/m<sup>3</sup> gas.

## Conclusiones

La Base Naval de Puerto Belgrano, utilizaba con anterioridad al estudio el pozo "Surgente 2" para usos complementarios, sin aprovechar su potencial energético.

A partir de los resultados de campo, se determinó la factibilidad del aprovechamiento energético del recurso para alimentar y calefaccionar el natatorio de la Base.

El balance energético indica que el aprovechamiento de energía de baja entalpía permite un ahorro de 451.400 \$/año en la calefacción del sistema, de 129.453 \$/año en energía de bombeo y de 1.591.845 \$/año en elevar la temperatura del agua de 20 °C a 68 °C.

La sumatoria de los costos de ahorro de energía, permite amortizar la obra a corto plazo (aun no considerando los costos de equipamiento y de perforación).

## Referencias bibliográficas

- Coriale, O.A.; Casado J.M.; Valdes S.P. and Lopolito M.F. (2014). "Eficiencia Energética: Evaluación en la explotación del acuífero artesiano de Bahía Blanca". *Proceedings of the XIII Simpósio Iberoamericano de Redes de Água, Esgoto e Drenagem. Línguas Ibéricas como Instrumento de Conhecimento, Ciência e Tecnologia*. Fortaleza, Brasil.
- Dickson M. and Fanelli M. (2003) *Geothermal Energy: utilization and technology*. UNESCO Publishing, Renewable Energies Series. Bangalore, India.
- Instituto Nacional del Agua, Dirección de Servicios Hidrológicos (INA-DSH). (2009) "Estudio de fuentes de agua subterránea para proveer de agua potable a la Base Naval de Infantería de Marina "Baterías". Buenos Aires, Argentina.
- Lenntech, Water Treatment Solutions. "Calculadora del gasto energético y monetario necesario para calentar agua" (<http://www.lenntech.es/calculadoras/energia/coste-energia-agua.htm>)
- Noguera S.J. (2011). "Climatización de una piscina cubierta mediante la combinación de energía solar térmica, geotermia y caldera de apoyo de biomasa". Tesis Máster Interuniversitari UB-UPC d'Enginyeria en Energia. Universitat de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Pronóstico de viento y tiempo (<http://es.windfinder.com>)