

**EFICIENCIA ENERGETICA: APROVECHAMIENTO Y PUESTA EN
SERVICIO DE POZOS SURGENTES DE BAJA ENTALPIA
BASE NAVAL, PUERTO BELGRANO, ARGENTINA**

**XIV SEMINARIO IBEROAMERICANO DE REDES DE AGUA Y
DRENAJE**

**“Ciencia y tecnología en los servicios de agua
con una visión multidisciplinar”**

Jose M. Casado (1), Oscar A. Coriale (2), Maria F. Lopolito (3)

(1) Instituto Nacional del Agua, AU. Ezeiza- Cañuelas Km 1.62, Buenos Aires, Argentina,
jcasado@ina.gob.ar

(2) Instituto Nacional del Agua, Au. Ezeiza- Cañuelas Km 1.62, Buenos Aires, Argentina,
ocoriale@ina.gob.ar

(3) Instituto Nacional del Agua, Au. Ezeiza- Cañuelas Km 1.62, Buenos Aires, Argentina,
mflopolito@ina.gob.ar

RESUMEN. La energía geotérmica es aquella que se puede obtener mediante el aprovechamiento de calor del interior de la tierra. La energía geotérmica puede clasificarse en diferentes tipos, llamadas de baja, media o alta entalpía. Los recursos geotérmicos de baja entalpía pueden utilizarse para la producción de agua caliente en viviendas, equipamientos, oficina, industria, comercio y a la climatización de edificios, industrias y parques agrarios, entre otras aplicaciones. El presente trabajo describe las tareas de campo realizadas y los balances de costo – beneficio mediante la aplicación de eficientización energética debido a la readecuación de funciones y puesta en servicio de los pozos surgentes dentro de la Base Naval de Puerto Belgrano.

ABSTRACT. Geothermal is the energy that can be obtained through the use of the inner heat of the earth. The geothermal energy can be classified in different types, called as: with low medium or high enthalpy. The low enthalpy geothermal resources can be used for water heating in houses, equipment, offices, industry, trade and air conditioning of buildings, industries and agricultural farms, among other applications. The activities performed at field were described; and cost-effectiveness balance was calculated by the application of energy efficiency program. The readjustment of functions and putting in service of the upwelling wells at Naval Base of Puerto Belgrano was implemented.

Palabras clave: Eficientización energética, geotermalismo, pozos surgentes.

Key words: energy efficiency, geothermal energy, upwelling wells

INTRODUCCIÓN

La cuenca bahiense de 10.000 Km² de extensión aproximada, es muy importante dada la presencia de aguas termales surgentes en todos los casos conocidos, cuya temperatura oscila entre los 55 °C y 72 °C. Se ha comprobado que el acuífero de interés presentaría una extensión de 2.000 Km² con un espesor de 300 a 400 m., sin considerar posibles áreas improductivas por razones tectónicas y de sedimentación (Coriale, et al; 2014).

La energía geotérmica es aquella que se puede obtener mediante el aprovechamiento de calor del interior de la Tierra. Existen diferentes tipos de geotermia, llamadas de baja, media o alta entalpía. Este tipo de tecnología se diferencia de otras energías renovables en el sentido de que está disponible en casi cualquier lugar y en que su aporte energético es constante.

Los recursos geotérmicos de baja entalpía pueden utilizarse para la producción de agua caliente sanitaria en viviendas, equipamientos, oficina, industria, comercio y a la climatización de edificios, industrias y parques agrarios, entre otras aplicaciones (Noguera, 2011).

El presente trabajo describe las tareas de campo realizadas y los balances de eficientización energética debido a la readecuación de funciones y puesta en servicio de los pozos surgentes.

OBJETIVOS

A partir de los aspectos generales mencionados en el punto anterior y del estado de situación del servicio de agua para distintos usos, se plantearon los siguientes procedimientos tecnológicos que permitieron lograr los objetivos propuestos:

- Investigación y evaluación del estado actual del pozo denominado “Surgentes 1” con el objetivo de readecuación y puesta en servicio del mismo para aportación de un mayor caudal que ayude a garantizar el abastecimiento de agua para usos complementarios de la Base de Infantería.
- Investigación y evaluación del estado actual del pozo denominado “Surgentes 2” con el objetivo de seguir aportando al abastecimiento de agua para usos complementarios de la Base de Infantería.
- Desarrollar los procesos de investigación y desarrollo en el campo de la energía no convencional, como ejemplo de eficientización energética mediante el aprovechamiento de la energía geotérmica de los pozos surgentes en el diseño e implementación del sistema de calefacción y abastecimiento del natatorio cubierto de estudios y prácticas de la Base de Infantería.

SITUACION ORIGINAL

Hasta mediados del año 2014, la Base Naval de Infantería de Marina, más precisamente “Escuadrón Baterías”, contaba con un pozo surgente (Surgente 2) de 1.274 m de profundidad como única fuente de abastecimiento de agua para usos múltiples, con un caudal de surgencia de 60 m³/h y una temperatura de 68°C. El abastecimiento se realizaba mediante el bombeo durante 20 horas diarias en promedio, de las cuales 4 de ellas aportaban agua al recinto del natatorio.

Este caudal de agua proveniente del surgente llegaba a una cisterna de almacenamiento que se encuentra al pie de un tanque elevado, el cual se utiliza para la presurización del sistema de distribución.

Además del pozo surgente 2, descrito precedentemente, Baterías contaba con otro surgente profundo (surgente 1), de similares características fisicoquímicas y temperatura de surgencia, pero con un caudal de 30 m³/h, que se encontraba sin utilizar derramando sus aguas al océano Atlántico.

La Base extrae agua de 3 perforaciones someras para el consumo, ubicadas en la zona de dunas costeras, al mismo tiempo que cuenta con una pequeña planta envasadora de bidones.

METODOLOGIA DE TRABAJO

A partir del planteo de los objetivos básicos delineados en el punto anterior, se propuso dividir el estudio en las siguientes etapas:

Recopilación y análisis de antecedentes

Se efectuó inicialmente una recopilación de antecedentes primarios, que sumados a una inspección del campo, permitió establecer las condiciones actuales de los surgentes 1 y 2 y obras complementarias, tales como torres de enfriamiento, cisternas y estaciones de bombeo, lo que determino cómo realizar un proyecto de readecuación e implementación de los mismos.

La información básica e imprescindible que se recopiló fue la siguiente:

- Información sobre las 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 de agua, información general e histórica sobre la calidad, temperatura, caudal y presión.
- Ubicación y características del sistema actual de abastecimiento, almacenamiento y distribución del agua. (Tanques, cisternas, sistemas de bombeo, etc.).
- Ubicación y características de las interferencias tanto naturales como artificiales, ubicadas en la traza del proyecto.
- Disponibilidad de fuentes de energía en la zona del estudio.
- Antecedentes de estudio de suelos.

Investigación y evaluación oferta – demanda del pozo Surgente 1 (fuera de servicio)

En función del análisis de información antecedente y el relevamiento de campo, se llevó a cabo una serie de tareas que permitieron reincorporar al sistema de provisión de agua al Surgente 1:

- Readecuación del cabezal de surgencia.
- Instalación de cañería desde el cabezal hasta la torre de enfriamiento.

- Readecuación de la torre de enfriamiento y evaluación del sistema global con las cisternas de almacenamiento superior e inferior, que permitan garantizar la oferta.
- Cañería de distribución desde las cisterna de almacenamiento en la torre de enfriamiento hasta la cisterna de almacenamiento en la cercanía del tanque.
- Pruebas hidráulicas y modelización de la red de impulsión instalada con verificación topográfica actual que permita determinar la mejor condición de funcionamiento del sistema.

Investigación y evaluación de la oferta – demanda del pozo Surgente 2

En función del relevamiento de campo se definieron las tareas a desarrollar, que permitieron readecuar y optimizar el sistema de enfriamiento y la producción actual de este surgente; las mismas fueron:

- Readecuación de empalme del cabezal del surgente hacia el sistema de enfriamiento.
- Evaluación del estado general de la cañería y accesorios del cabezal hasta el sistema de enfriamiento.
- Ensayos hidráulicos y mediciones de la difusión de calor para optimizar el sistema de enfriamiento mediante la implementación de dispersores.

Desarrollar los procesos de investigación y desarrollo en el campo de la energía no convencional, como ejemplo de eficientización energética mediante el aprovechamiento de la energía geotérmica de los pozos surgentes en el diseño e implementación del sistema de calefacción y abastecimiento del natatorio cubierto de estudios y prácticas de la Base de Infantería.

Originalmente el surgente 2 alimentaba durante 4 horas por día al natatorio ubicado a unos 470 m aproximadamente del mismo. Dicha alimentación provenía del sistema que lleva el agua a la cisterna de almacenamiento y posteriormente al tanque de abastecimiento, por lo que la temperatura del agua ya se encontraba pre enfriada a 52°C (habiendo pasado por el enfriador) y el sistema de calefacción del natatorio se realizaba mediante energía convencional, aunque los sistemas de calefacción se encontraban totalmente en desuso (2 equipos de 250.000 kcal/h).

El proyecto de investigación para la eficientización energética planteado, a partir del recurso geotermal de baja entalpia (68 °C) existente en el pozo surgentes 2, se llevo a cabo mediante la realización de un nuevo sistema de derivación desde dicho surgente, cuya bifurcación se proyectó aguas arriba del sistema de enfriamiento, llegando al edificio natatorio con la temperatura de surgencia y así poder lograr los dos siguientes objetivos: en primer lugar alimentar la pileta y luego, utilizar la temperatura de surgencia directa para calefaccionar el natatorio.

Constructivamente el circuito se proyecto de manera que el agua circule por el perímetro interno del natatorio y luego alimente el mismo en forma continua manteniendo la temperatura del agua constante durante todo el día, lo cual deberá ser ensayado y verificado para garantizar la eficientización energética prevista.

OBRAS REALIZADAS

Recopilación y análisis de antecedentes.

Se realizaron la totalidad de las actividades previstas en esta tarea asociada a la recopilación y análisis de antecedentes para la ejecución de las diferentes obras planteadas.

Se digitalizaron la totalidad de los planos de obra provistos por la Armada Argentina y se generaron una serie de planos con la traza final de la obra.

Investigación y Evaluación de oferta – demanda del estado actual de los surgentes 1 y 2 con el objetivo de garantizar el abastecimiento de agua para usos complementarios.

Proyecto de Investigación - Surgente 1

Para esta tarea se realizó el retiro y reemplazo del antiguo cabezal del surgente 1, se reconstruyó la plataforma del surgente mediante un muerto de hormigón y se midieron los parámetros hidráulicos correspondientes.

Se readecuó la zona de trabajo mediante el movimiento de suelo y se comenzó con las tareas de excavación y zanjeo para la colocación de la cañería desde el surgente a la torre y desde la torre a la casa de bombas.

El tendido de la conducción desde el cabezal hasta la torre de enfriamiento se realizó en cañería de acero de 6" con rosca y cupla, con un desarrollo de 60 m.

Al pie de la torre se realizó una reducción de diámetro de 6" a 3" que permitió empalmar la cañería de acero galvanizado para la conducción del agua hacia la parte superior de la misma.

El tramo desde la base hasta la parte superior tiene una longitud de unos 27 m al cual se le colocó al comienzo del mismo una válvula esclusa que permita el manejo del flujo hacia la torre.

El tramo de conducción hacia la parte superior se colocó por el interior de la torre y en coincidencia con el final de la misma se colocó el sistema de dispersión de flujo para colaborar con el enfriamiento del mismo a su llegada a la cisterna de almacenamiento. Dicho sistema se materializó con caños filtros ranurados de acero galvanizado.

Cabe mencionar que a la torre se le realizó el reemplazo de todas las aberturas, para lo cual se utilizaron ventanas de metal desplegado pintadas con epoxi. Además, se reemplazaron unos 4 m de la parte inferior de la escalera de acceso a la parte superior de la torre.

Siguiendo con la instalación de la conducción se realizó el empalme desde la cisterna inferior de la torre en la dirección aguas abajo, dejando presentada una salida para futura conexión de una bomba dentro de la estación prevista para tal fin. Este tramo de conducción tiene un desarrollo de 70 m y se materializó en cañería de acero roscada de 6".

Desde la estación de bombeo hasta la cisterna de almacenamiento ubicada en cercanías del tanque (440 m) se realizó en cañería de acero roscado de 5", para lo cual se colocó una reducción

inmediatamente aguas abajo de la casa de bombas. Para la colocación de este tramo de conducción se realizó un zanjeo a lo largo de la calle de tierra lateral a la avenida, hasta 30 m pasando el edificio de sanidad, en donde se realizó el cruce de calle. De allí se procedió a la colocación de cañería hasta la avenida principal, lugar donde se realizó un cambio de dirección hacia en museo hasta enfrentar la vereda opuesta en coincidencia con la cisterna de almacenamiento, para lo cual se realizó el cruce de la avenida principal. Ambos cruces se realizaron mediante el zanjeo y colocación de paredes de 0,30 m en mampostería al costado de la conducción y losetas de 1 m x 0,15 m de hormigón armado en la parte superior de la misma.

Además, se construyeron cámaras de inspección en los cambios de dirección de la conducción y la colocación de parantes indicadores a lo largo de la traza en la calle lateral.

Figura 1. Surgente antiguo y cabezal de reemplazo



Figura 2. Tendido de cañería en campo



Proyecto de Investigación - Surgente 2

En esta tarea se reemplazó un tramo de cañería de 6" que une el cabezal del surgente y el sistema de enfriamiento. Además, se realizó el reemplazo de una válvula esclusa y junta Gibault.

Se verificaron los parámetros hidráulicos del surgente mediante mediciones de campo y se diseñó un nuevo sistema de enfriamiento mediante la implementación de dispersores, que reemplazaron al antiguo sistema. El sistema instalado se colocó sobre vigas preexistentes y constó en la instalación de 50 m de cañería de acero galvanizado de 3" con ranuras espaciadas que permiten la dispersión del flujo y un mejor funcionamiento del sistema de enfriamiento.

Además, se realizó un alambrado perimetral para evitar el ingreso de animales al enfriador, los cuales quedaban atrapados dentro del mismo por la temperatura del agua.

Figura 3. Reemplazo de accesorios y sistema de enfriamiento



Desarrollar los procesos de investigación y desarrollo en el campo de la energía no convencional, como ejemplo de eficientización energética mediante el aprovechamiento de la energía geotérmica de los pozos surgentes en el diseño e implementación del sistema de calefacción y abastecimiento del natatorio cubierto de estudios y prácticas de la Base de Infantería.

A partir de las condiciones de surgencia que presentó el pozo surgente 2 se determinó la posibilidad de alimentación del natatorio cubierto en forma directa sin la necesidad de utilizar la estación de bombeo. En virtud de esto, se realizó el lineamiento de la traza más conveniente, la cual se decidió que la misma atravesase el terreno en línea recta atravesando la pista de combate e ingrese al natatorio por la parte posterior del mismo.

En primer lugar se realizaron las tareas de limpieza de terreno y la colocación de la bifurcación desde el surgente hacia la pileta. El primer tramo de una longitud aproximada de 180 m desde el surgente hacia la pileta, se realizó en cañería roscada de acero de 6", en dicho tramo se realizó la excavación y posterior hormigonado del cruce de calle dentro la pista de combate urbano y readecuación del escalón de entrada al gimnasio de entrenamiento.

En el resto del tramo hasta el natatorio se colocaron 100 m de cañería de acero roscada en 7" y 180 m de cañería de acero roscado de 5". La entrada al natatorio se realizó en cañería de acero roscado de 4" y se colocaron dentro del mismo 30 m de esta cañería en forma enterrada con una rejilla de material desplegado como cubierta de zanja.

Además de la cañería de 4", dentro del natatorio y en forma superficial, se colocaron 100 m de cañería de acero roscada de 7", distribuida a lo largo de los laterales de la pileta. Su objetivo principal es el de alimentar en forma continua la pileta y calefaccionar la misma mediante la irradiación de calor aprovechando la temperatura propia del agua circulante.

Para la alimentación propiamente dicha se colocaron 4 salidas independientes consistentes en cañería de PVC de 2" con una válvula esclusa cada una para el manejo individual del sistema.

Como complemento de accesorios se colocó en la bifurcación del surgente 2 una válvula esclusa de 6" y a la entrada del natatorio una válvula esclusa de 4". En ambos casos, las mismas permitirán darle al sistema una modalidad adecuada de funcionamiento.

Además de las válvulas mencionadas a lo largo de toda la traza se distribuyeron 14 juntas Gibault de dilatación (3 interiores al natatorio y 11 exteriores), las cuales fueron readecuadas a las originales de manera tal de darle al sistema mayor potencial de dilatación ya que la diferencia de temperatura entre el ambiente y el fluido resulta importante.

Figura 4. Surgente y derivación al natatorio



Figura 5. Tendido de cañería en campo y dentro del natatorio



Figura 6. Instalación de cañería dentro del natatorio



RESULTADOS

Análisis técnico económico de la obra

El presente análisis técnico económico del proyecto, surge a partir de la realización de balances: por un lado los costos de obra, y por otro, el ahorro de energía generados por la implementación de la obra.

Los puntos a considerar dentro del análisis son los siguientes:

- Costo de la Obra
- Ahorro de energía por puesta en servicio del surgente 1 que disminuye el bombeo proveniente del surgente 2.
- Ahorro de energía por eliminación de bombeo durante 4 horas diarias debido al aporte de agua caliente para el llenado del natatorio en forma directa.
- Calefacción del natatorio mediante radiación de temperatura.
- Aporte de energía calórica debido a la temperatura constante del agua dentro de la pileta.

La obra fue realizada en un plazo de cuatro meses y tuvo un costo total de US\$100.000 (cien mil dólares), considerando dentro del mismo proyecto, provisión de materiales y mano de obra.

El bombeo de agua caliente hacia el natatorio se realizaba mediante una bomba centrífuga horizontal modelo 5003CZM Czerwemy; caudal de 110 m³/h; altura manométrica de 40 m. Bombas acopladas a motores 30 CV de 2.800 rpm, con un consumo horario estimado de 21,70 kWh (158.410 kWh/año) considerando 20 horas diarias. El costo anual de consumo eléctrico del sistema asciende a un valor aproximado de US\$ 6.337 año.

Considerando que después de la puesta en marcha del surgente 2 solo se bombea entre 1 a 2 horas diarias el ahorro de energía es de 149.529 kWh/año (1,5 horas) y un costo de US\$5.861 anuales.

En el caso del balance energético dentro del natatorio generado por el sistema instalado, lo cual se traduce en ahorro de energía que debiera ser aportado por un sistema externo al surgente, se deberán considerar los siguientes factores:

- Área y volumen del recinto, orientación del mismo
- Superficie de la pileta
- Temperatura del agua de la pileta
- Temperatura de ingreso al sistema
- Longitud, diámetro y material de la cañería instalada
- Coeficientes necesarios para los cálculos, tales como: calor de vaporización, coeficiente de orientación, coeficiente de renovación de aire, coeficiente de transmisión en cañería de acero, etc.

A partir de los factores intervinientes se plantean como hipótesis las siguientes consideraciones:

- i. Cálculo del flujo calórico aportado al recinto únicamente por la masa líquida en la pileta, considerando una temperatura constante de 25 °C
- ii. Cálculo del caudal calórico aportado por radiación de la cañería instalada
- iii. Pérdida de calor en el recinto en función de la diferencia de temperatura con el medio exterior.

Se pretende brindar como resultado el incremento de temperatura (delta) entre el exterior y el recinto que genere una pérdida de calor dentro del mismo que iguale a los aportes de calor generados por la masa líquida y por la cañería instalada. Este cálculo determinaría cuál es la mínima temperatura exterior para la cual el sistema queda equilibrado a la temperatura que uno se proponga alcanzar.

Se presenta el siguiente balance:

$$Q_{cañería} + Q_{pileta (25\text{ }^{\circ}\text{C})} - Q_{pérdida\ estructura} = 0 \quad (1)$$

Donde:

$Q_{cañería}$ = Flujo de calor en la cañería (kcal/h)

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

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

El cálculo de cada uno de los términos que componen se determinó de la siguiente manera:

Q cañería

En el caso del cálculo del flujo de calor de la cañería se toman en consideración las características físicas de la misma, como longitud, perímetro y materia y por otro lado las condiciones asociadas a la difusión de calor a saber el coeficiente total de transmisión de la cañería (acero) y la diferencia de temperatura entre el flujo interno y la temperatura ambiente. Los valores se presentan en la Tabla 1.

Para este caso en particular se adoptaron los siguientes valores:

Material: Acero
Perímetro: Cañería de 4" y 7"
Longitud: 30 m de cañería de 4" y 120 m de cañería de 7"
Temperatura del agua en el interior de la cañería: 68 °C
Temperatura ambiente: 18 °C; 20 °C; 22 °C y 24 °C
Coeficiente total de transmisión de la cañería: 39

Q pileta

Para estimar el calor debido a la evaporación del agua de la pileta, se aplicó la fórmula de Bernier (Noguera, 2011):

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

Donde:

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 la T del agua (kg_{agua} / kg_{aire}) a 25 °C = 0,02 kg_{agua} / kg_{aire}

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

G_a = grado de saturación = 65%

Si bien la fórmula de Bernier considera para el cálculo el número de nadadores por m^2 de superficie de lámina de agua (n), en nuestro caso no consideraremos este parámetro, ubicándonos en una situación conservadora en cuanto a la cantidad de calor debido a la evaporación de la pileta.

De acuerdo a este cálculo, el calor debido a la evaporación de la pileta está en el orden de las 50.000 kcal/h.

Q perdida por la estructura

Como se mencionó precedentemente este valor se obtuvo indirectamente y verificando dentro de las diferentes ecuaciones de cálculo que el delta de temperatura entre el exterior y el interior del natatorio, verifica la condición de equilibrio térmico. En el caso del cálculo del flujo de pérdida de calor por la estructura del recinto se toman en consideración las características geométricas del mismo; esto es área, volumen, material y espesores de los muros externos, los cuales tiene asociado diferentes coeficientes y por otro lado las condiciones asociadas a la orientación geográfica de cada una de las áreas consideradas y por ultimo un porcentaje de renovación de aire que se produce debido a la apertura y cierre de las diferentes aberturas que componen el recinto (portones y ventanas).

Para este caso en particular se adoptaron los siguientes valores:

Área efectiva: 4.206 m²
 Volumen: 12.015 m³
 Espesor de los muros: 0,30 m
 Orientaciones del recinto: NE, SE y NO
 Temperatura ambiente: 18 °C; 20 °C; 22 °C y 24 °C.
 Coeficiente de renovación: 0,313

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos del balance de los distintos 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.

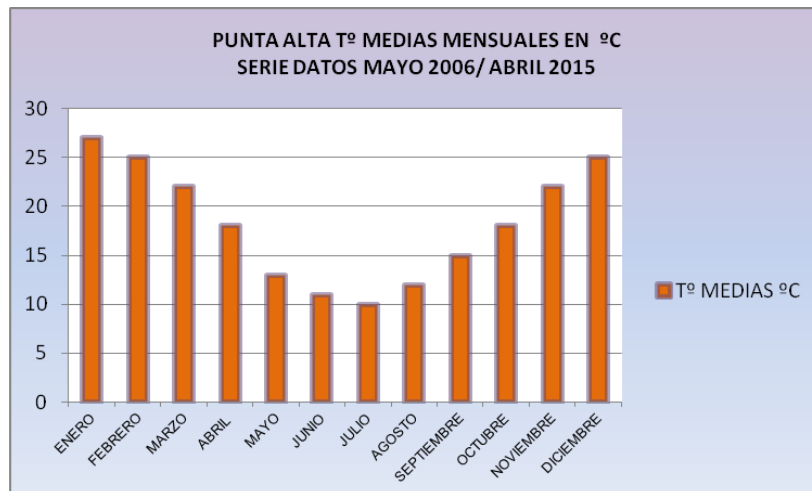
Según se aprecia en la Tabla 1 los valores obtenidos considerando valores internos entre 18°C a 24°C, van desde 11,10 °C hasta 9,75 °C. Como consecuencia de los resultados y a modo de análisis de eficiencia calórica del sistema instalado, podemos decir que dicho sistema resulta eficiente con temperaturas exteriores iguales o superiores a los 9 °C.

Tabla 1. 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

Si consideramos un promedio estadístico medio mensual de los últimos 10 años, las temperaturas en la Base Naval entre las 7 AM y 19 PM se puede decir que el sistema resulta eficiente para todos los meses del año. En la Figura 7 se presentan los datos de temperatura registrados en los últimos 10 años.

Figura 7. Temperaturas medias registradas en el período mayo 2006 a abril 2015



Siguiendo con el balance de energía y teniendo que asociar un costo al sistema debemos decir que en el caso de tener que calefaccionar el recinto con un equipo destinado a tal función el mismo debe tener una capacidad calórica igual a la del sistema instalado el cual se equilibra con 400.000 kcal/h aproximadamente ya que debe realizar tanto el aporte calórico para calefaccionar como el aporte que se pierde por la estructura.

En virtud de los resultados obtenidos, el valor económico asociado al ahorro energético en la instalación del sistema mediante el aprovechamiento de energía de baja entalpía es del orden de los 11037 US\$/año.

Cabe mencionar que para el cálculo del balance final costo-beneficio de la obra en su totalidad, será necesario considerar el costo que implica la adquisición de los equipos de calefacción.

Es importante destacar que el recinto originalmente contaba con dos equipos cada uno de 250.000 kcal/h alimentados a gas natural que fueron removidos para la readecuación del natatorio. La Figura 8 muestra uno de los equipos en donde puede observarse su condición de deterioro total.

Figura 8. Equipos de calefacción originales



Por otro lado también deberá considerarse dentro del balance económico del aprovechamiento la puesta en valor del propio surgente, es decir, cuánto cuesta reproducir las condiciones que proporciona el mismo. Este dato se obtuvo a partir de mediciones in situ aforando el caudal de desborde que se obtiene como consecuencia de mantener una temperatura constante en la pileta de 25 °C.

El caudal que ingresa a la pileta es del orden de los 30 m³/h a una temperatura de 68 °C. Podemos considerar que para obtener un recurso de características similares, se necesitaría contar con una bomba que produzca dicho caudal (sin considerar el valor de la perforación o de la obra de toma si fuese desde un curso de agua superficial) y un sistema a gas o eléctrico que elevara la temperatura desde un agua desde 20 °C hasta 68 °C.

Para este caso, considerando una bomba de 30 m³/h a 60 m se requeriría de 131.400 kW/año por energía de bombeo, equivalente a un costo de 5256 US\$ /año. En relación al costo que implicaría elevar la temperatura del agua desde 20 °C en boca de pozo, hasta 68 °C (temperatura de surgencia), se requeriría de 57.027 US\$/año, correspondiente a un consumo de gas de 17.108 m³/año (LENNTECH, Water Treatment Solutions). Para los cálculos se ha considerado como costo de la electricidad 0,04 US\$/kWh y 0,03 US\$/m³ gas.

CONCLUSIONES

- La Base Naval de Puerto Belgrano, utilizaba con anterioridad al desarrollo de este estudio agua proveniente del pozo “Surgente 2” exclusivamente para usos complementarios de la Base, sin aprovechar su potencial energético. De hecho, el agua era enfriada previamente a su utilización.
- A partir de los resultados de campo obtenidos, se determinó la factibilidad de la puesta en servicio del surgente 1 para el aporte al abastecimiento de los distintos usos de la Base.
- Se diagramó y realizó una obra mediante la instalación de 470 m de cañería de acero desde el surgente hasta la cisterna de almacenamiento.
- Se proyectó en función de los estudios de campo la factibilidad del aprovechamiento energético del recurso para alimentar y calefaccionar instalaciones de instrucción de la Base (natatorio).
- Se diagramó y realizó una obra mediante la instalación de 460 m de cañería de acero desde el surgente hasta el natatorio. Asimismo, dentro del mismo, se instalaron 150 m adicionales de cañería con el objetivo de calefaccionar y alimentar el recinto y la pileta.
- El balance energético total indica que entre la puesta en funcionamiento del surgente 1 y el aprovechamiento de energía de baja entalpía permite 5.861 US\$ de ahorro de bombeo, 11.037 US\$ /año en la instalación del sistema, de 5.256 US\$/año en energía de bombeo y de 57.027 US\$ /año en elevar la temperatura del agua desde 20 °C en boca de pozo, hasta 68 °C (temperatura de surgencia).
- Teniendo en cuenta la sumatoria de los costos de ahorro de energía, se puede obtener una amortización de la obra en menos de 1 año y medio (aún no considerando los costos de equipamiento y de perforación).

REFERENCIA

Coriale, O.A. et al. 2014. “Eficiencia Energética: Evaluación en la explotación del acuífero artesiano de Bahía Blanca”. XIII Simpósio Iberoamericano de Redes de Água, Esgoto e Drenagem. Línguas Ibéricas como Instrumento de Conhecimento, Ciência e Tecnologia. 03 a 06 de Novembro de 2014. Fortaleza. Brasil

Instituto Nacional del Agua, Dirección de Servicios Hidrológicos. 2009. “Estudio de fuentes de agua subterránea para proveer de agua potable a la Base Naval de Infantería de marina “Baterías”.

Noguera Sebastián J. 2011. “Climatización de una piscina cubierta mediante la combinación de energía solar térmica, geotermia y caldera de apoyo de biomasa”. Tesis Màster Interuniversitari UB-UPC d’Enginyeria en Energia. Universitat de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya.

TEXTO DE INTERNET

LENNTech, Water Treatment Solutions. Calculadora del gasto energético y monetario necesario para calentar agua <http://www.lenntech.es/calculadoras/energia/coste-energia-agua.htm>

Pronóstico de viento y tiempo es.windfinder.com