

EFICIENCIA ENERGÉTICA: EVALUACIÓN EN LA EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO ARTESIANO DE BAHÍA BLANCA

LIC. OSCAR ADOLFO CORIALE¹
ING. JOSE MIGUEL CASADO²
SR. SANTIAGO PABLO VALDES³
ING. MARÍA FERNANDA LOPOLITO⁴

¹ Instituto Nacional Del Agua, Au. Ezeiza- Cañuelas Km 1,620, Buenos Aires, Argentina, ocoriale@ina.gob.ar

² Instituto Nacional Del Agua, Au. Ezeiza- Cañuelas Km 1,620, Buenos Aires, Argentina, jcasado@ina.gob.ar

³ Instituto Nacional Del Agua, Au. Ezeiza- Cañuelas Km 1,620, Buenos Aires, Argentina, svaldes@ina.gob.ar

⁴ Instituto Nacional Del Agua, Au. Ezeiza- Cañuelas Km 1,620, Buenos Aires, Argentina, mflopolito@ina.gob.ar

RESUMEN – La disponibilidad de agua dulce subterránea está asociada a conceptos económicos tales como profundidad de los acuíferos, costos de energía de producción, potabilización y distribución. En el caso que nos ocupa nos permite aplicar el concepto de “Eficiencia Energética” al evaluar los costos por caudal (m³) de producción durante 50 años de un acuífero artesiano termal.

En la Base Naval de Puerto Belgrano (República Argentina) la principal fuente de aprovisionamiento de agua potable está sujeta a la producción de obras de perforaciones al acuífero artesiano de Bahía Blanca.

Se presenta una síntesis de la caracterización de la cuenca artesiana de Bahía Blanca, considerándose a la misma como una de las más importantes de la Argentina y de referencia mundial, por sus características geológicas e hidrogeológicas.

El servicio de agua potable en la Base Naval de Puerto Belgrano consta en la actualidad de ocho perforaciones surgentes de 800-1000 metros de profundidad con producción continua desde hace 50 años.

Se evaluó el caudal, calidad fisicoquímica, temperatura y el impacto ambiental del mismo en el balance oferta-demanda, así como el costo beneficio de este servicio que es el objeto de este documento.

ABSTRACT - The underground freshwater availability is associated with economic criteria such as depth aquifers, costs of energy for water production, purification and distribution.

This study applies the "Efficiency Energy" concept to evaluate the costs per m³ of a thermal artesian aquifer production for a 50 years period.

The main source of drinking water supply at Puerto Belgrano Naval Base (Republic of Argentina) depends on the drilling works production to the Bahia Blanca artesian aquifer.

A summary of the artesian basin of Bahia Blanca characterization is presented, that it is considered as one of the most important in Argentina and as a world reference, according to its geological and hydrogeological characteristics.

The drinking water supply in the Naval Base of Puerto Belgrano consists of eight exsurgence wells of 800-1000 m. depth with continuous production since 50 years.

The flow rate, physicochemical quality, temperature and environmental impact on the supply-demand balance were evaluated, as well as the cost-benefit of this supply which is the subject of this paper.

Palabras-clave: Eficiencia energética – costos – producción –Bahía Blanca – perforaciones.

Keywords: Energy Efficiency – costs – production - Bahia Blanca - wells

INTRODUCCION

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 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.

Los estudios se llevan adelante en una zona situada al sur de la Provincia de Buenos Aires, limitada por los cordones australes de la misma al NNE y por el océano Atlántico al SSE (Figura 1)



Figura 1 - Localización del área de estudio en el marco provincial.

La cantidad de agua en cada punto de la cuenca depende de las características estructurales del basamento y la pila sedimentaria, resultando independientes del régimen pluviométrico local, dado que los acuíferos aquí presentes a excepción de la capa libre, son alimentados desde zonas lejanas. En el cuadro de secuencia hidroestratigráfica (Figura 2), podemos observar la hidrogeología de las distintas formaciones; las formaciones del terciario almacenan las aguas artesianas de la cuenca bahiense, correspondiendo al Mioceno superior-Plioceno inferior las importantes aguas surgentes termales y potables y al Plioceno superior las aguas artesianas surgentes salinizadas y aptas para riego e industria.

Las capas de agua del Plioceno, son en todos los casos acuíferos confinados, con niveles piezométricos negativos o positivos según cota de sondeos; las áreas de surgencia son aquellas cuya altura sobre el nivel del mar se encuentra por debajo de los 30 m.

Las aguas del Plioceno son cloruradas y sulfatadas sódicas, excesivamente mineralizadas.

Las capas de agua del Mioceno superior, presentan acuíferos de profundidad variable que aumentan hacia la zona austral, y depende de las intercalaciones arenosas del sedimento portador. El contenido salino del agua es abundante, aumentando su concentración en dirección S, y los iones más frecuentes son sodio, cloruro y sulfato.

Las capas del Mioceno inferior porta varios niveles acuíferos que son explotados y tienen distribución discontinua. El espesor no supera los 5 m, los niveles piezométricos son siempre positivos y elevados y las temperaturas están regidas por un gradiente geotérmico de 1°C cada 17 m (Tabla 1).

Tabla 1 – Variación del gradiente geotérmico.

Localidad	Gradiente geot. (°C x 100 m)
Chasicó	8,9
Argerich	6,6
Bahía Blanca	6,1
Grünbein	6,3
Puerto Belgrano	5,1

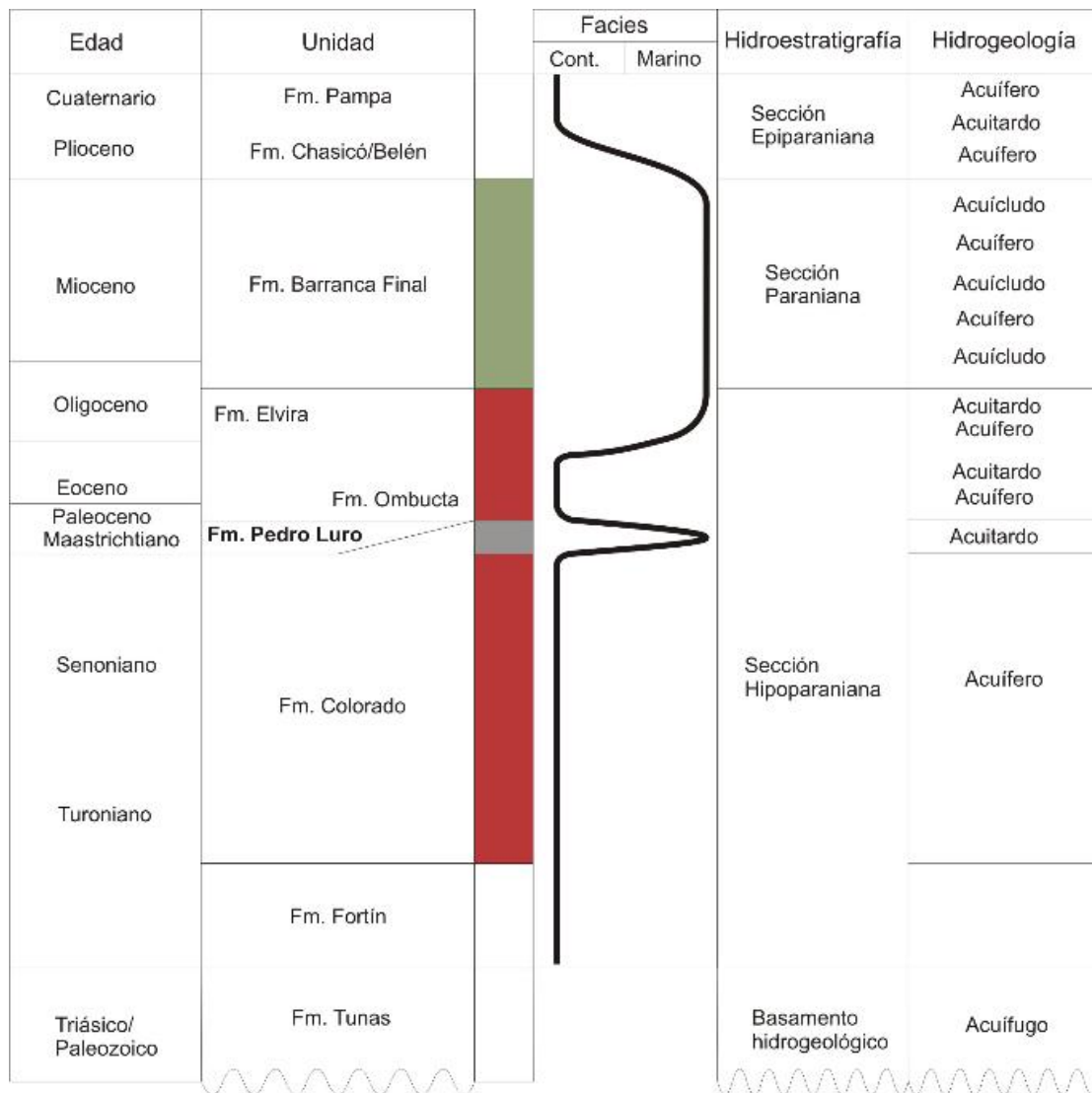


Figura 2 - Esquema hidrogeológico típico de la cuenca de Bahía Blanca.

La Figura 3 muestra el gradiente geotérmico en °C por cada 100 m. de profundidad, en la extensión del acuífero, y con referencia de la litología.

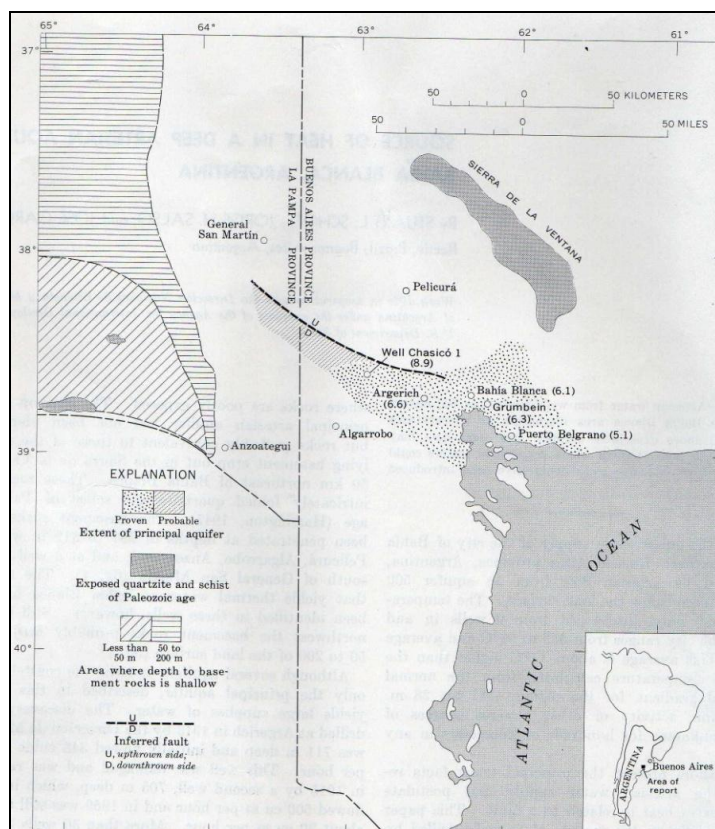


Figura 3 - Mapa del área de Bahía Blanca con valores de gradiente geotérmico. (Dr Stuart L. Schoff, Dr. Jorge H. Salso y Dr. José García, 1964)

En las distintas perforaciones por medio de las cuales se explota el acuífero se han comprobado caudales iniciales entre 50.000-500.000 l/h, habiéndose apreciado como caso excepcional alrededor de 1.000.000 l/h en Chasicó N° 1. En base al rendimiento actual de las distintas perforaciones se calculan en obras ubicadas en Bahía Blanca y sus alrededores, 45.000 m³/d por descarga natural.

Con la información disponible en la actualidad se tratará de dar una idea acerca de la cantidad de agua recuperable que contiene el acuífero, teniendo en cuenta que su extensión es de 2.000 Km², su espesor medio probable es 300 m., su material poroso es 150 m., su volumen es 300.000 Hm³, su porosidad absoluta es 38%, su contenido total de agua es 114.000 Hm³, su retención específica es 11.400 Hm³ y el agua explotable es 102.000 Hm³.

Considerando la hipótesis de recarga "0", se necesitarán 200 perforaciones produciendo 100 m³/h, durante 500 años para agotar por completo al acuífero.

Con el objeto de estudiar la recarga y dirección de escurrimiento del acuífero principal de Bahía Blanca, se aplicarán técnicas de Carbono-14 o radiocarbono, Carbono-13 y Oxígeno-18 en aguas superficiales. Estos isótopos se encuentran en el agua (el C en forma de bicarbonato disuelto) y provienen del medio ambiente o de intercambios con él. El C14 es radiactivo y por tanto permite determinar la edad del agua, mientras que el C13 y el O18 proporcionan información del origen geográfico del agua subterránea.

Los procesos de infiltración a través de materiales orgánicos y calcáreos producen fraccionamiento isotópico del carbono y la condensación y evaporación marcan al agua con una composición isotópica del oxígeno bien determinada.

De tres (3) muestras tomadas en Bahía Blanca, Gral. Cerri y Puerto Belgrano se concluyó a partir de los análisis químicos realizados, que el contenido de C13 es normal para aguas infiltradas a través del suelo con humus; el contenido de C14 indica edades del orden de los 10.000 años. Se trazaron isócronas de la capa acuífera, que determinan edades crecientes sólo en el semi plano al N de la isócrona donde se realiza la infiltración (Figura 4).

Si bien no puede asegurarse directamente el origen de estas aguas, los análisis de O18 entre el acuífero y las sierras, muestran concordancia, con una velocidad de infiltración de 10 m/año.

Por otra parte se observa en el plano de isócronas la coincidencia de su trazado con la dirección de las sierras. El contenido de O18, está estrechamente relacionado a la altura; el fraccionamiento isotópico es función de la temperatura de condensación de las precipitaciones, por lo que al decrecer la temperatura, decrece el contenido de O18.

Considerando la superficie de las laderas suroccidentales de las Sierras de Ventania, como única zona por la cual podría infiltrarse el agua hacia el acuífero, tenemos una extensión de 2.300 Km², con una media anual de lluvias de 600 mm lo cual determina un volumen de 1.380 Hm³/año. A esto deben deducirse los valores de la descarga por escurrimiento superficial y evapotranspiración, estimados en 20% y 70%, respectivamente, y por lo cual la infiltración es aproximadamente 10 % de la precipitación media anual.

El caudal en las perforaciones dependen de factores como la superficie de salida o captación y la velocidad del flujo; en Bahía Blanca se utiliza sólo la surgencia natural y la velocidad de flujo determinada por la presión del acuífero que es en mbdp según cota, es aproximadamente 2,5-4 atm.

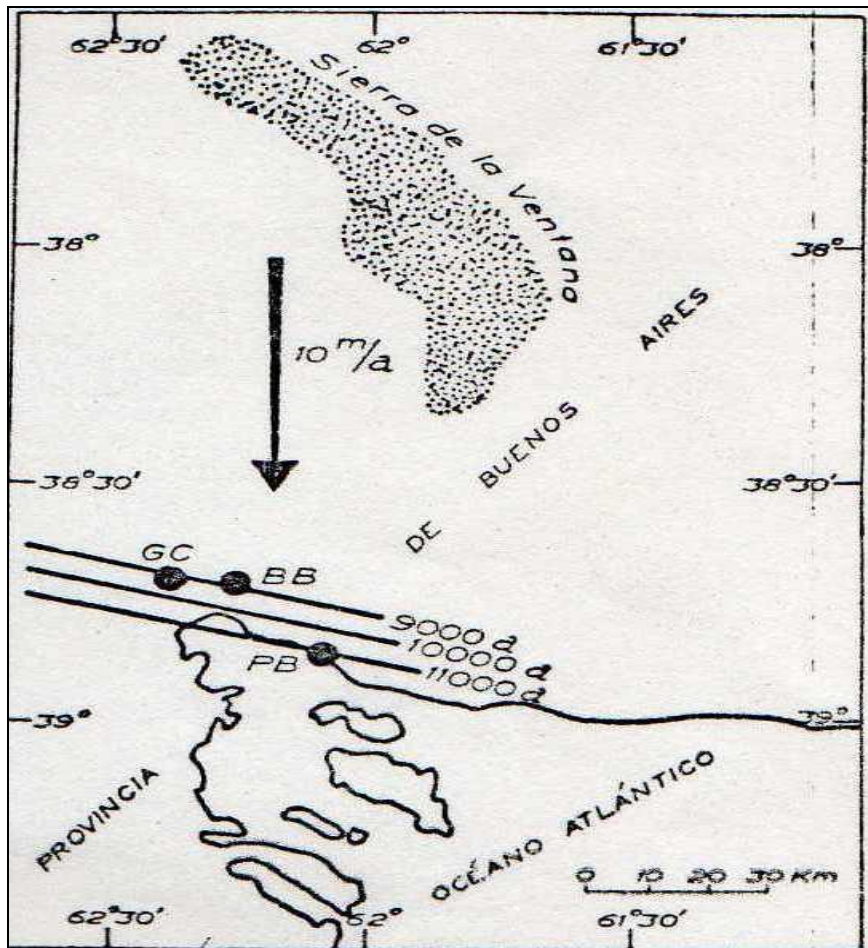


Figura 4 - Trazado de líneas de igual edad a partir de las mediciones del C14 en el acuífero explotado en Bahía Blanca. La flecha indica la dirección y velocidad del movimiento del agua subterránea probablemente infiltrada desde Sierra de la Ventana. GC: Gral Cerri; BB: Bahía Blanca; PB: Puerto Belgrano. (Dr. J. C. Lerman, 1968).

CORTE HIDROGEOLOGICO

El corte hidrogeológico (Figura 5) nos permite ver que hay dos áreas de captación en este acuífero, uno superior de (-450, -700) m y una profunda de (-800, -1000) m se detalla cada captación en la Tabla 2.

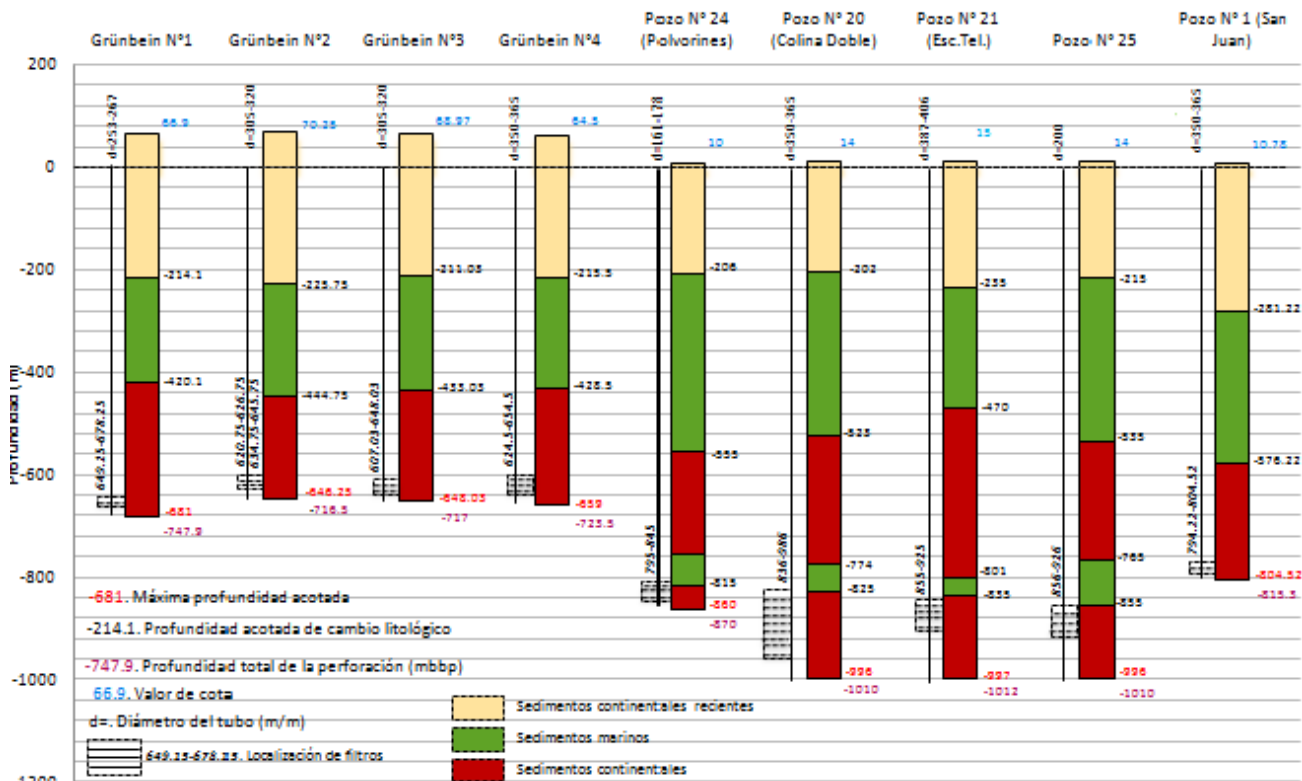


Figura 5 - Perforación de explotación en el ámbito del servicio sanitario de la Base Naval de Puerto Belgrano, Republica Argentina.

Tabla 2 – Datos de Perforaciones de abastecimiento a la Base Naval de Puerto Belgrano.

Perforación	Fecha de ejecución	Cota (m)	Profundidad (m)	Filtros (mbdp)	Q _i (m ³ /h)	T _i (°C)
Grünbein n°1	1949	66,9	749	716,35-745,05	150	60
Grünbein n°2	1950	70,25	716	681-687; 705-716	200	57
Grünbein n°3	1950	65,57	717	676-717	200	59
Grünbein n°4	1953	62,05	723	679-719	130	55
Pozo n° 24	1967	10	890	805-855	34	-
Pozo n° 20 CD	1957	14	1008	850-1000	60	-
Pozo n° 25	1999	14	1010	870-930	3	-
Pozo San Juan	1926	10,77	816	800-815	40	60
Pozo n° 21 Edetel	1960	15	1012	805-860; 900-935	120	-
Pozo n° 23 Doufurd	1966	15	985	810-860; 905-977	12	-

Percusión
Rotación

En base a la revisión de antecedentes históricos (Tabla 3) podemos estimar los volúmenes producidos por surgencia natural y la variación de Q caudal en el tiempo (Tabla 4).

Tabla 3 – Mediciones de caudal histórico

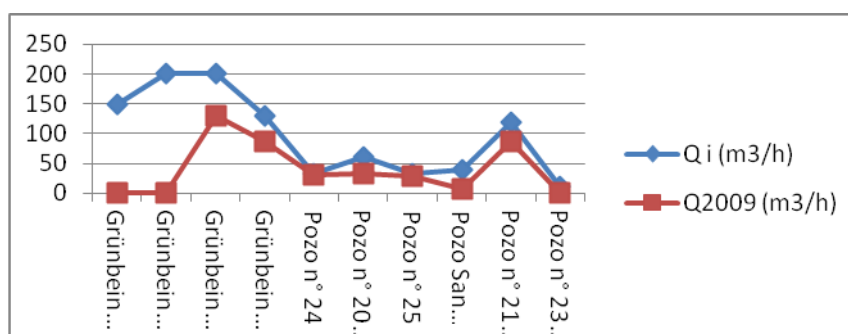
Perforación	Q _i (m ³ /h)	Punzonado '48	Punzonado '54	Punzonado '62	Ultrasonido '92	INA '95	INA '96	INA '99	INA '09
Grünbein n°1	150	78/160							
Grünbein n°2	200								
Grünbein n°3	200		83/170		210		103		130
Grünbein n°4	130	112/180			140		141		87,4
Pozo n° 24	34				32	70	18	39	30,4 c/b
Pozo n° 20 CD	60			40/50	118	40	37		32,5
Pozo n° 25	34							34	28,5
Pozo San Juan	40				13	18	9	9	7,2
Pozo n° 21 Edetel	120				109	75	80	83	86 c/b
Pozo n° 23 Doufurd	12								

78/160: Antes/ Después del punzonado

c/b: con bomba

Tabla 4 - Variaciones de caudal en las perforaciones de abastecimiento a la Base Naval de puerto Belgrano.

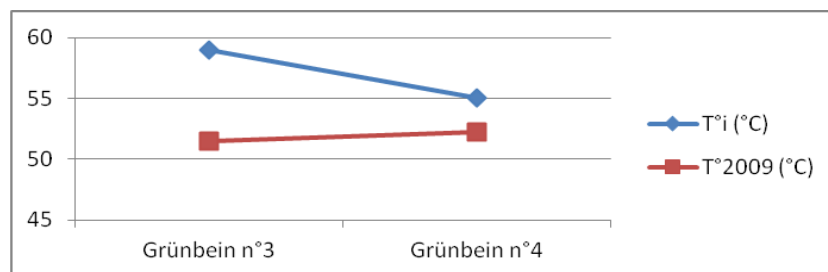
Perforación	Q _i (m ³ /h)	Q ₂₀₀₉ (m ³ /h)
Grünbein n°1	150	-
Grünbein n°2	200	-
Grünbein n°3	200	130
Grünbein n°4	130	87,4
Pozo n° 24	34	30,4
Pozo n° 20 CD	60	32,5
Pozo n° 25	34	28,5
Pozo San Juan	40	7,2
Pozo n° 21 Edetel	120	86
Pozo n° 23 Doufurd	12	-



Se evaluó la temperatura del agua en boca de pozo y se observó la estabilidad térmica en función del tiempo (Tabla 5). Se tomó como ejemplo 2 pozos y se extrapola el valor en base a mediciones actuales, se verifica un aumento de la temperatura en valor en base a mediciones actuales, se verifica de la temperatura en función de la profundidad de captación.

Tabla 5 – Variaciones de temperatura en las perforaciones de abastecimiento a la Base Naval de Puerto Belgrano.

Perforación	T _i (°C)	T ₂₀₀₉ (°C)
Grünbein n°1	60	-
Grünbein n°2	57	-
Grünbein n°3	59	51,5
Grünbein n°4	55	52,2
Pozo n° 24	-	57
Pozo n° 20 CD	-	62
Pozo n° 25	-	67
Pozo San Juan	60	-
Pozo n° 21 Edetel	-	70
Pozo n° 23 Doufurd	-	-



ANÁLISIS QUÍMICOS DE PERFORACIONES DE ABASTECIMIENTO A LA BASE NAVAL DE PUERTO BELGRANO

Los registros de antecedentes físico químicos, nos permiten confirmar la estabilidad química de las aguas luego de 50 años de surgencia (Tablas 6.1, 6.2, 6.3)

Tablas comparativas

Tabla 6.1 - 1926 -1950 DNGYM

Perforación	CO ₃ H (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	F ⁻ (mg/l)	As (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)
Grünbein n°1	-	58	41	12	5	-	1	-	-	-
Grünbein n°2	-	346	182	16	3	-	0,8	-	-	7
Grünbein n°3	-	131	128	14	5	-	1,1	-	-	2
Grünbein n°4	-	60	68	20	7	-	0,75	-	-	-
Valor límite	-	350	400	-	-	-	0,7-1,7	0,01	-	45

Tabla 6.2 - 1964 DNGYM

Perforación	CO ₃ H (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	F ⁻ (mg/l)	As (mg/l)
Grünbein n°1	184	58	41	12	5	105	-	-
Grünbein n°2	244	346	227	8	1	417	1,25	0
Grünbein n°3	220	131	128	14	5	205	1,1	0
Grünbein n°4	207	67	140	24	10	140	0,75	0
Pozo n° 20	249	166	130	27	7	219	1,25	0,008
Valor límite	-	350	400	-	-	-	0,7-1,7	0,01

Tabla 6.3 - 2010 INA

Perforación	CO ₃ H ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁼ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	F ⁻ (mg/l)	As (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)
Grünbein n°1	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Grünbein n°2	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Grünbein n°3	233	83	76	17	4,7	155	0,9	0,009	5,1	8,4
Grünbein n°4	205	83	92	15	5	150	0,9	0,006	4,7	8,4
Pozo n° 24	235	434	185	17	16	400	0,9	0,012	804	6,2
Pozo n° 20	219	89	65	11	8,4	145	0,9	0,007	5	8
Pozo n° 21	253	134	86	12	3,8	200	0,9	0,008	5,2	7,1
Pozo n° 25	242	110	78	11	2,9	180	0,9	0,003	5	8
Pozo n°1	269	480	276	6,2	1,9	540	0,8	0,007	7,9	11
Valor límite	-	350	400	-	-	-	0,7-1,7	0,01	-	45

BALANCE HISTÓRICO DE LA PRODUCCIÓN DEL ACUÍFERO SURGENTE EN LA BASE NAVAL PUERTO BELGRANO

Se planteo el balance de producción y la amortización de cada uno de los pozos (U\$S 1.000.000) de costo, así como el beneficio, considerando las variables de análisis, el volumen producido (Tabla 7) y el costo – beneficio de la producción durante 50 años con un índice de 0.30 U\$S/ m³ (Tabla 8).

Tabla 7 - Evaluación volumétrica. Año 2011

Perforación	Fecha de ejecución	Años de producción	Q promedio (m ³ /h)	Volumen		
				Global (m ³ x años prod.)	Amortización (m ³ x 10 años prod.)	Beneficio (m ³ x años prod.)
Grünbein n°1	1949	62	-	-	-	-
Grünbein n°2	1950	61	60	32.061.600	5.256.000	26.805.600
Grünbein n°3	1950	61	150	80.154.000	13.140.000	67.014.000
Grünbein n°4	1953	58	100	50.808.000	8.760.000	42.048.000
Pozo n° 24	1967	44	32	12.334.080	2.803.200	9.530.880
Pozo n° 20 CD	1957	54	40	18.921.600	3.504.000	15.417.600
Pozo n° 25	1999	12	30	3.153.600	2.628.000	525.600
Pozo San Juan	1926	85	15	11.169.000	1.314.000	9.855.000
Pozo n° 21 Edetel	1960	51	90	40.208.400	7.884.000	32.324.400
Pozo n° 23 Doufurd	1966	-	-	-	-	-
Evaluación Volumétrica (m ³ x años prod.)				280.810.280	45.289.200	203.521.080

Tabla 8 - Evaluación económica. Año 2011

Perforación	Fecha de ejecución	Años de producción	Q promedio (m ³ /h)			Beneficio/ pozo
				Global (U\$S 0,3/m ³)	Amortización (U\$S 0,3/10 años prod.)	Costo (U\$S 0,3/m ³)
Grünbein n°1	1949	62	-	-	-	-
Grünbein n°2	1950	61	60	9.618.480	1.576.800	8.041.680
Grünbein n°3	1950	61	150	24.046.200	3.942.000	20.104.200
Grünbein n°4	1953	58	100	15.242.400	2.628.000	12.614.400
Pozo n° 24	1967	44	32	3.700.224	840.960	2.859.264
Pozo n° 20 CD	1957	54	40	5.676.480	1.051.200	4.625.280
Pozo n° 25	1999	12	30	946.080	788.400	157.680
Pozo San Juan	1926	85	15	3.350.700	394.200	2.956.500
Pozo n° 21 Edetel	1960	51	90	12.062.520	2.365.200	9.697.320
Pozo n° 23 Doufurd	1966	-	-	-	-	-
Evaluación Económica U\$S 0,3/ m³				74.643.084	13.586.760	61.056.324

Observación:

Si el beneficio promedio en 50 años es de 1.1221.126,40 U\$S/año; a la fecha año 2014 el beneficio total del Servicio de Agua Potable es de aproximadamente 65.000.000 U\$S.

DISPONIBILIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁMBITO DE LA ARMADA DE LA REPUBLICA ARGENTINA- BASE NAVAL DE PUERTO BELGRANO

- Superficie de 100 Km².
- Espesor medio probable de 300 m cuyo material poroso abarca 150 m del mismo.
- El volumen es de 15.000 Hm³ con una porosidad absoluta del 38%.
- Su contenido total de agua es de 5700 Hm³.
- Su retención específica es de 969 Hm³. (17%)
- El volumen de agua explotable es de 4731 Hm³

Esto significa que si consideramos que este sector del acuífero tiene recarga cero, y lo explotamos para abastecer la demanda de la Base Naval de Puerto Belgrano (25.000 habitantes) extrayendo un volumen de agua de aproximadamente 4,53 Hm³/año y en virtud de la estabilidad hidroquímica evidenciada en el registro analítico, tendríamos agua suficiente para 1.000 años con un beneficio económico de producción de más de 1000.000.000 U\$S.

CÁLCULO Y EVALUACIÓN DEL AHORRO ENERGÉTICO EN LA BASE NAVAL PUERTO BELGRANO

Al analizar dos obras de captación surgentes de diferentes profundidades con iguales caudales de producción y de distinta temperatura en boca de pozo, nos permite aseverar que con un incremento de 200 m. de profundidad se observa un aumento de 15 °C en la temperatura. También se analiza el global de producción diaria de las ocho perforaciones.

Además, en el servicio de agua potable analizado nunca se ponderó económicamente la temperatura del agua, y al contrario, fue un perjuicio en cuanto fue necesario enfriarla para su distribución.

En el presente análisis valoramos económicamente la variable, preguntándonos a la inversa, cuánto hubiese demandado elevar la temperatura a los valores naturales del ejemplo y su ahorro en gas y energía eléctrica.

Tabla 9 - Valoración económica del recurso termal

Parámetros	Grünbein n°3	Pozo n° 21 Edetel	Global servicio
Profundidad (m)	717	1.012	
Temperatura promedio (°C)	55	70	60
Gradiente térmico (°C)	35	50	40
Caudal promedio (m ³ /h)	60	60	517
Caudal promedio (l/h)	60.000	60.000	517.000
Energía entregada (kW/h)	2.400	3.430	23.700
Beneficio energético eléctrico horario (US\$/h)	96	137	948
Beneficio neto eléctrico por día (US\$/d)	2.304	3.293	22.752
Beneficio neto eléctrico por año (US\$/año)	840.960	1.201.872	8.304.480
Beneficio energético gas horario (US\$/h)	10	14	94
Beneficio neto gas por día (US\$/d)	229	327	2.258
Beneficio neto gas por año (US\$/año)	83.483	119.311	824.316
Cantidad de gas ahorrado (m ³)	318	454	3.137

Temperatura ambiente (°C)	20
Costo de la electricidad (US\$/kWh)	0,04
Costo del gas (US\$/m ³ gas)	0,03

CONCLUSIONES

- En la actualidad, en la Base Naval de Puerto Belgrano, el único servicio de agua potable que se sustenta es con la explotación del acuífero artesiano de Bahía Blanca.
- Del análisis del corte hidrogeológico, se observa que en Grünbein, pozos 1, 2, 3 y 4, se colocaron los filtros en la parte superior del acuífero de Bahía Blanca; el mismo diseño pero con exiguo caudal, se ejecutó en el pozo San Juan dentro de la Base Naval Puerto Belgrano.
Las restantes perforaciones captan un sector más profundo del acuífero.
- Evaluados en función del tiempo, los caudales de surgencia han disminuido y se han recuperado parcialmente con la instalación de equipos de bombeo (pozos 21 y 24).
- Estimando caudales promedios, éste servicio ha producido 250 Hm³/50 años.
- La hidroquímica a través del tiempo, en los análisis efectuados en cada uno de los pozos, habla por sí misma de la calidad fisicoquímica del acuífero y su estabilidad iónica en dicho período.
- La temperatura se ha mantenido a través del tiempo.
- La planilla de producción con surgencia natural: evaluación volumétrica y económica año 2011, nos permite destacar que:
 - Adoptando un costo de US\$/m³ de 0,30, el beneficio global estimado es 75.000.000 US\$/50 años.
 - Cada perforación de 1.000 m al acuífero de Bahía Blanca tiene un costo aproximado de US\$ 1.000.000; por lo que la inversión total en 8 perforaciones (Doufurd no funciona) es de US\$ 10.000.000.
 - El volumen extraído para el servicio de provisión a la Base Naval de Puerto Belgrano es de 250 Hm³/50 años con 8 perforaciones y un beneficio de US\$ 75.000.000.
 - El volumen anual extraído es de 5 Hm³/año.
 - La reserva oportunamente estimada de agua explotable es de 102.000 Hm³ para el acuífero artesiano de Bahía Blanca.
 - La recarga anual estimada en un 10 % de la pp. media anual de la región es de 138 Hm³/año.
 - La explotación del servicio en la Base Naval de Puerto Belgrano es 250 Hm³/ 50 años de equivalente a 2 años de recarga anual.

REFERENCIAS

LIBROS

Dr. SALSO, J.H y GARCIA, J, **Estado actual del conocimiento hidrogeológico de la cuenca artesiana de Bahía Blanca**, Buenos Aires, Boletín N° 9, 1958.

LERMAN, J.C **Agua subterránea en Bahía Blanca: Investigación con isótopos**, Buena Aires, Ciencia e investigación, tomo 24 pagina 282, 1968.

MARAGGI, E.S, **Bahía Blanca: su agua artesiana termal y el dique y acueducto Paso Piedra**, buenos Aires, Revista de minería N°7,1969.

GARCIA, J y DE GARCIA, O.M.E, **Hidrogeología de la región de Bahía Blanca**, Dirección Nacional de Geología y Minería, Buenos Aires, Boletín N° 96, 1964.

SCHOFF, S.L, SALSO, J.H and GARCIA, J, **Source of a heat in a deep artesian aquifer, Bahía Blanca, Argentina..** U.S. Geological survey prof. Paper 501-d, pages d153-d157, 1964

Lic. GIANNI, R.N. y Lic CORIALE, O.A., **Relevamiento geoelectrico en las inmediaciones de la Base Naval Puerto Belgrano, Provincia de Buenos Aires..** Instituto Nacional del Agua; Centro Regional de Agua Subterránea, I.T –296, San Juan, 2011.

Captación y provisión de agua subterránea, Basa Naval Puerto Belgrano, diagnóstico y recomendaciones. Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas, Buenos Aires, 1992.

Estudio hidrogeológico en ambiente de dunas costeras. Etapa I: Evaluación del funcionamiento actual. Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas, Buenos Aires, 1994.

Dr. SALSO, J.H **Cuenca Acuífera profunda bahiense**, Inedito, Buenos Aires, 1969.

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

TEXTO DE INTERNET

SANTA CRUZ, J.N y SILVA BUSSO, A. **Escenario hidrogeológico general de los principales acuíferos de la llanura pampeana y la mesopotamia meridional argentina.** Disponible en: <E:\Informe_BNPB\Puerto Belgrano\bajado de internet\Bibliografía\ESCENARIO HIDROGEOLOGICO GENERAL DE LOS PRINCIPALES ACUIFEROS DE LA LLANURA PAMPEANA Y MESOPOTAMI.mht>. Acceso en: 17 de mayo 2011.

DEL BLANCO, R, ASTEASUIAN, J, ARLENGHI J. AVENA, M, MARCOVECCHIO, J. **Efecto de la marea en la distribución de nutrientes en planicies de marea del estuario de Bahía Blanca.** Disponible en: <www.ecopuerto.com/bicentenario/.../EFECTOMAREAENCALIDAD.pdf>. Acceso en: 17 de mayo 2011.

Energía geotérmica en Argentina. Secretaría de Industria y Minería de la Nación. Disponible en: <E:\Informe_BNPB\Puerto Belgrano\bajado de internet\Bibliografía\ENERGÍA GEOTÉRMICA EN ARGENTINA.mht> Acceso en: 17 de mayo 2011.

Prof. AUGÉ, M, Regiones hidrogeológicas de Argentina disponible en: <tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/RegionesHidrogeol.pdf>. Acceso en: 17 de mayo 2011.