PROVINCIA DEL CHUBUT

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ESTUDIOS GEOLÓGICOS, GEOFÍSICOS Y PERFORACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA - CENTRO DE INTERPRETACIÓN ISTMO AMEGHINO

Expediente CFI: EX-2021-00061513-CFI-GES#DCS

Informe Final

Agosto 2022

Autor:

CLASTO SRL.
Estudios Ambientales

Tabla de contenido

I. Introducción y Objetivos 3

1. Área de estudio 3

II. Tareas realizadas y Metodología 4

1. Recopilación e interpretación de información antecedente 4

2. Relevamiento de campo 5

2.1 Relevamiento geológico 5

2.2 Relevamiento hidrogeológico. 10

2.3 Exploración Geofísica del subsuelo con Tomografía Eléctrica. 10

3. Interpretación de resultados 26

3.1 Geología e Hidrogeología del área de estudio 26

3.2 Geomorfología del área de estudio 30

3.3 Interpretación geológica de líneas de Tomografías Eléctricas. 33

4. Recomendaciones para la ubicación de la perforación exploratoria 34

5. Perforación hidrogeológica exploratoria, desarrollo y ensayos hidráulicos del pozo. Muestreo de agua para análisis de laboratorio. 35

5.1 Perforación exploratoria 36

5.2 Ensayo hidráulico 42

5.3 Muestreo de agua 52

III. Conclusiones - Recomendaciones 55

Bibliografía 56

I. Introducción y Objetivos

La finalidad de este estudio fue avanzar con el conocimiento hidrogeológico de la provincia del Chubut y hallar posibles nuevas fuentes de agua subterránea en el Área Natural Protegida (ANP) de Península Valdés.

El objetivo general planteado fue evaluar la presencia de agua subterránea en las inmediaciones del Centro de Interpretación Istmo Ameghino del ANP Península Valdés.

Los objetivos específicos establecidos para lograr esta evaluación consistieron en primera instancia en la realización de una prospección del subsuelo a través del método geofísico de Tomografía Eléctrica. En segunda instancia, y a partir de los resultados obtenidos, se identificó un sector y profundidad en la que podría encontrarse un acuífero de interés prospectivo. Finalmente, en el área seleccionada, en conjunto con el Ministerio de Turismo y Áreas Protegidas de la Provincia del Chubut, y con el aval técnico del Instituto Provincial del Agua de la provincia y del Consejo Federal de Inversiones, se realizó una perforación exploratoria para establecer el potencial hidrogeológico del/os acuíferos detectados y la calidad hidroquímica de sus aguas.

1. Área de estudio

El área de estudio comprende aproximadamente un radio de 3 km respecto de la ubicación del Centro de Interpretación Istmo Ameghino del ANP Península Valdés, Provincia del Chubut. La población más cercana es Puerto Pirámides, distante a unos 30 km del Istmo.



Figura 1. Ubicación general del área de estudio en la Península Valdés



Figura 2. Ubicación de detalle del área de estudio

II. Tareas realizadas y Metodología

1. Recopilación e interpretación de información antecedente

Se efectuó una recopilación de los datos existentes en organismos estatales y privados. Se identificó, revisó y analizó toda aquella documentación disponible y de interés relacionada con la geología de superficie y subsuelo, geomorfología, e hidrología superficial y subterránea. Se tuvieron en cuenta publicaciones e

informes de entes oficiales (nacional, provincial o municipal) y privados, y de autores independientes.

Las descripciones de las hojas geológicas del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR); trabajos de distintos congresos y simposios, además de tesis doctorales han sido antecedentes utilizados para las descripciones litológicas y de las características geológicas y geomorfológicas.

Al final del presente Informe se brinda un detalle de los antecedentes bibliográficos consultados.

2. Relevamiento de campo

2.1 Relevamiento geológico

El relevamiento geológico se realizó mediante el levantamiento de un perfil litológico desde la costa (Isla de Los Pájaros) hasta el Centro de Interpretación Istmo Ameghino (Figura 3). Para el levantamiento se utilizó principalmente el corte de camino, donde hay mejor exposición de los afloramientos. Es importante mencionar que la zona tiene una importante cobertura vegetal.

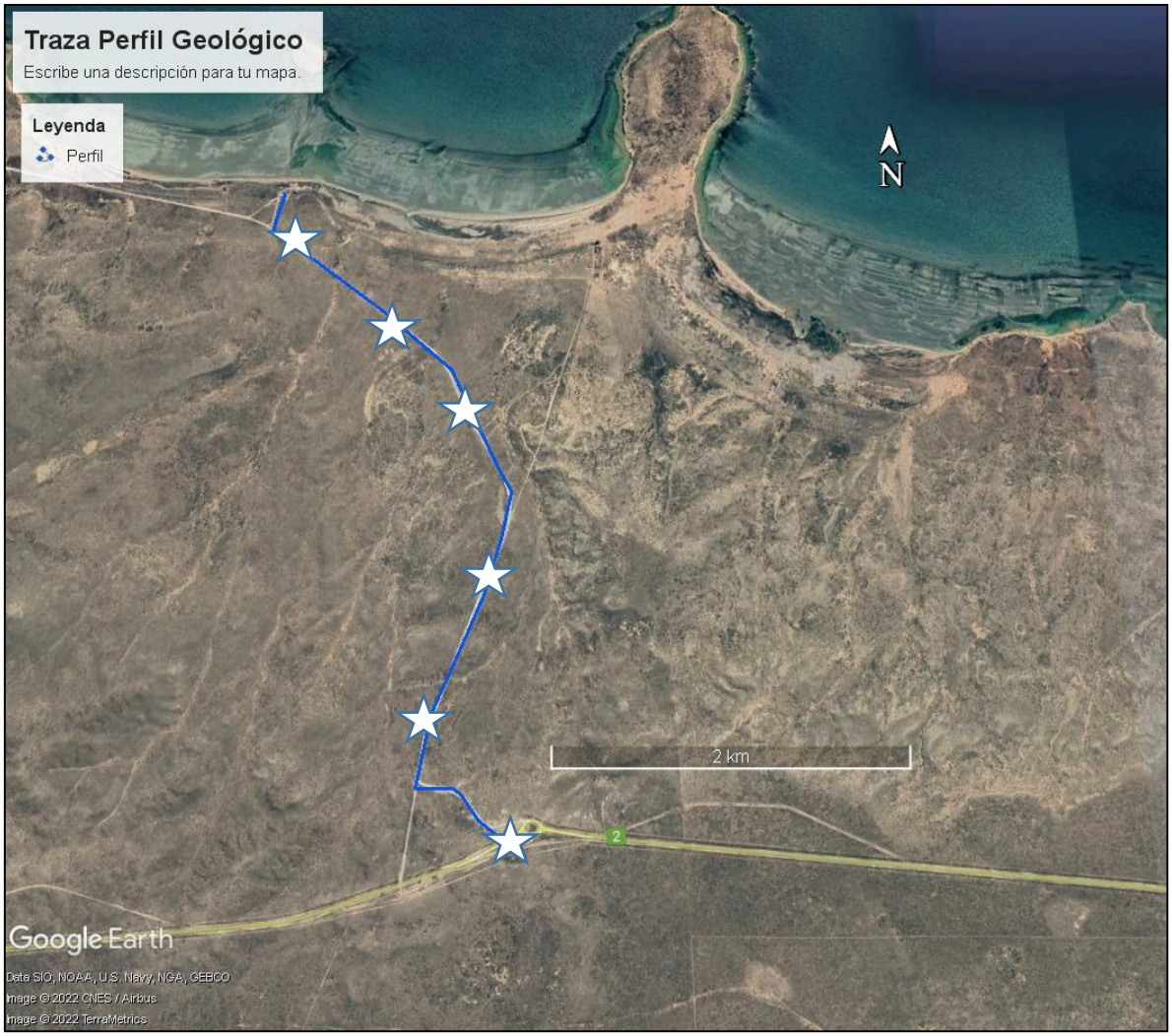


Figura 3. Traza del perfil litológico realizado. Las estrellas blancas marcan los puntos de control geológico.

En la base del perfil se puede observar la presencia de la *Formación Puerto Madryn,* de edad Terciaria, la cual está compuesta principalmente por sedimentitas marinas litorales, Areniscas, Limolitas arenosas, Arcillitas y coquinas. Por encima se encuentra la *Formación San Miguel*, de edad Cuaternaria, representada por conglomerados gruesos con matriz arenosa – tobácea. A continuación, se presenta una tabla con un detalle de las litologías observadas en el perfil y fotografías descriptivas de estas.

Espsores de arriba hacia abajo (m)	Unidad	Litología	Observaciones
0-20	Fm San Miguel (Cuat.)	Conglomerados gruesos matriz arenosa	Matriz tobacea con clasto angulosos dispersos
20-30	Fm. Puerto Madryn (Tc)	Arcillas y limos	Mayor porcentaje de material fino
30-50		Limos	Observables en la bajada la Isla de los Pájaros
50-65		Arenas finas con bancos de coquinas - medio	Observables en la bajada la Isla de los Pájaros
65- 80		Limos arcillos Arcillas	
80-95			

Tabla 1. Detalle de litologías observadas en el perfil litológico realizado.

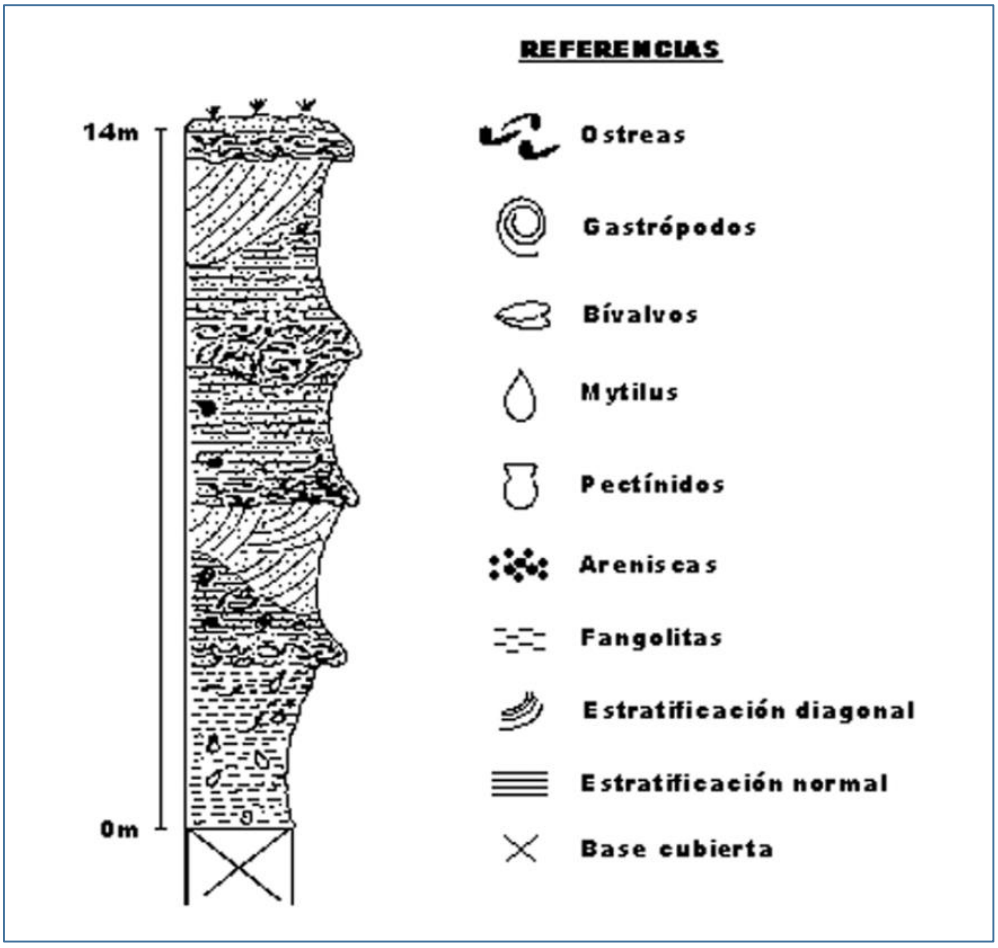


Figura 4. Perfil tipo de la Fm Puerto Madryn. Tomado de la hoja Geológica 43631 - Península de Valdés.



Figura 5. Vista del paisaje y de la importante cobertura vegetal. En primer plano, a la izquierda de la imagen, se puede apreciar vista de un banco de areniscas finas de la Fm Puerto Madryn.



Figura 6. Vista de las coquinas de la Formación Puerto Madryn.



Figura 7. Vista del tope del perfil geológico. Se trata de areniscas cuaternarias (Formación San Miguel, de edad Holocena) en contacto erosivo con la unidad Puerto Madryn infrayacente.



Figura 8. Vista de las limolitas de la Formación Puerto Madryn.

2.2 Relevamiento hidrogeológico.

En la zona de estudio no existen antecedentes de perforaciones cercanas. La perforación más cercana se ubica a aproximadamente 17 km al este y es conocida como perforación Los Orientales. Los datos históricos (Datos De Perforaciones De La Provincia De Chubut, 1966) informan que el perfil de “Los Orientales” presenta de 0 a 44 m de profundidad una intercalación de arcilitas y areniscas, con predominancia de las primeras, tornándose hacia el final del tramo en composición con dominio de areniscas. Este segmento constituye en un primer nivel acuífero, el cuál llega hasta los 50 m de profundidad, dónde vuelven a desarrollarse un tramo predominantemente arcilloso. Este último se prolonga hasta los 75 m de profundidad. Luego se encuentra un paquete de areniscas que se extienden hasta los 105 m de profundidad, este constituye un segundo nivel acuífero. Por debajo la secuencia está constituida por una alternancia de arcillitas y arcilitas arenosas hasta la profundidad final de la perforación, a los 345 m.

2.3 Exploración Geofísica del subsuelo con Tomografía Eléctrica.

Durante el mes de marzo del año 2022 se realizaron los trabajos de relevamiento geofísico mediante Tomografía Eléctrica (TE) en las inmediaciones del Centro de Interpretación Istmo Ameghino de la Península Valdés.

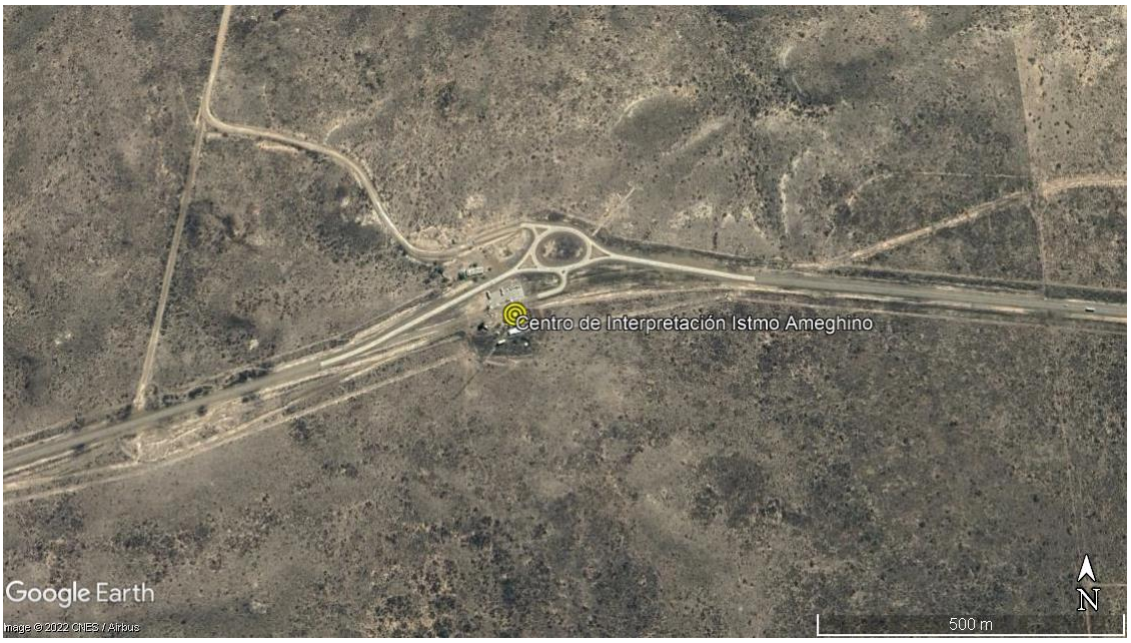


Figura 9. Detalle del área de relevamiento geofísico

El objetivo fue determinar las características físico-mecánicas e ingenieriles de los suelos y las rocas subyacentes y la probable presencia de agua y su salinidad.

Se realizaron 2 Líneas o Perfiles de Tomografías Eléctricas (TE) usándose la configuración Wenner alfa (Wna), con separación interelectródica de 10 m extendiéndose un cable de 120 canales. Se midió con 23 niveles de profundidad del dispositivo tetraelectródico para alcanzar más de 130 m de profundidad.

Cada línea geoeléctrica fue nombrada como:

- TE 1 con 120 electrodos cada 10 m, longitud 1187 m, total de puntos medidos 1932.

- TE 2 con 120 electrodos cada 10 m, longitud 1187 m, total de puntos medidos 1932.

Además, se realizó el apoyo topográfico de las mismas para su ubicación planialtimétrica.

Como se muestra en las Figura 10 y 11 se ha elaborado un croquis de ubicación con las coordenadas Gauss-Kruger en Faja 4, las cuales se detallan a continuación en la Tabla 2:



Figura 10. Detalle del área de relevamiento geofísico

Línea TE	Electrodo (E)	Norte	Este	Altura Episódica en m
1	1	5297632	4377243	93
	30	5297642	4376953	90
	60	5297597	4376656	87
	120	5297399	4376093	95
2	1	5297561	4377224	94
	60	5297510	4376635	99
	120	5297309	4376074	98

Tabla 2. Coordenadas de Líneas de Tomografía Eléctrica

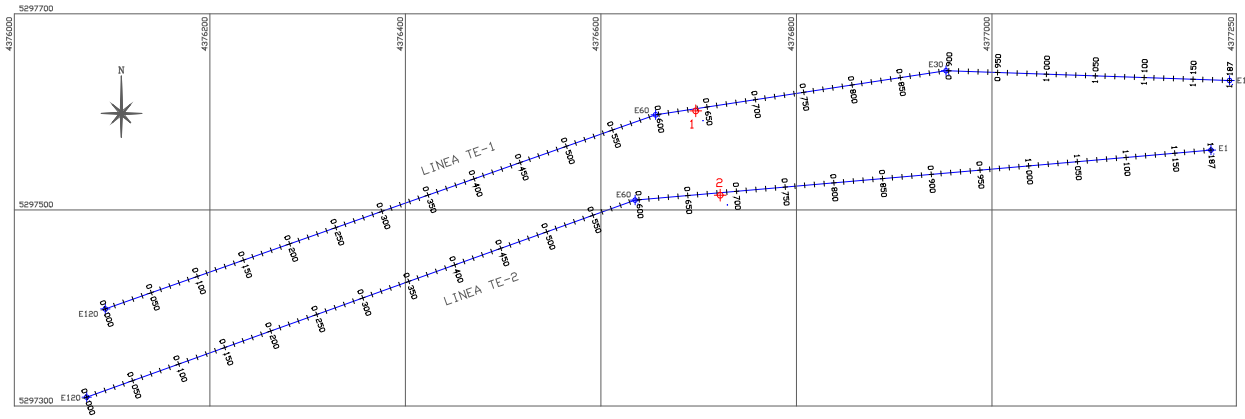


Figura 11. Progresivas cada 10 m, etiquetas cada 50 m. Puntos azules números de electrodos
Punto rojo 1 cruce con edificio, Punto rojo 2 frente al edificio

2.3.1 Descripción del método de Tomografía Eléctrica (TE)

El método de Tomografía Eléctrica (TE) o Tomografía Geoeléctrica o Calicateo Eléctrico, en su modalidad de Resistividad de Alta Resolución, es una técnica de relevamiento recientemente desarrollada para la investigación de áreas con anomalías superficiales complejas. Las mismas son una evolución de las técnicas geoeléctricas 1D. Se trata de una técnica de relevamiento desarrollada para la investigación de áreas donde se requiere información de detalle en dos dimensiones (2D).

En años recientes, se ha producido una tendencia manifiesta hacia el empleo de métodos de resistividad eléctrica en estudios de zonas de geología y anomalías complejas, medioambiente y proyectos de infraestructura, aplicaciones que están jugando un rol significativamente importante en el mundo moderno. Las siguientes características son de fundamental importancia en tales aplicaciones:

- ✓ Elevada resolución para profundidades someras y medias.
- ✓ La cobertura areal es considerablemente mayor que la lograda con los métodos tradicionales, tales como perforación, sondeos mecánicos, calicatas, trincheras.

- ✓ Los resultados son presentados en forma tal que posibilitan una fácil comprensión por parte de Geólogos, Ingenieros, Geotécnicos u otros especialistas.

Para cumplir con tales requerimientos todo el proceso de manejo de datos debe ser sistematizado tanto en las etapas de adquisición, procesamiento, interpretación y presentación de resultados, a fin de colectar la mayor cantidad de información posible en el menor tiempo y con la menor probabilidad de error.

Dispositivo empleado

La TE consiste en obtener una serie de medidas de resistividad aparente con un dispositivo tetraelectródico, por lo general se emplea el dispositivo Wenner alfa (Wna), pues crea un campo eléctrico mucho más grande que cualquier otro dispositivo electródico, con muy buena resolución vertical de anomalías, emplea una separación constante entre electrodos, por ejemplo a partir de 10 m y se van variando las distancias entre los pares de electrodos emisor - receptor por adición de 10 m cada vez, de tal forma que el resultado final será una sección o corte con investigación a varios niveles de datos, denominada pseudosección.

Cada tipo de dispositivo tiene sus ventajas y desventajas de acuerdo con el objetivo que se quiera investigar, a la topografía y a las condiciones geológicas en general.

La técnica de campo consiste en extender en el terreno un cable multicanal y configurar en forma axial el dispositivo electródico elegido, en este caso Wna, es decir se conectarán al terreno una serie de electrodos a los que se les hace circular una corriente de a pares midiéndose el potencial eléctrico generado por esa corriente en otro par electródico.

Luego de emitir con un par se traslada la emisión a otro par. Por otra parte, el mismo conjunto de electrodos de emisión se emplea como de recepción en otro momento del relevamiento, pudiéndose calcular la resistividad aparente en todos los perfiles de TE.

A continuación, se visualiza un gráfico del dispositivo Wna, Figura 12, en el mismo se ven las mediciones para 6 niveles o separaciones de electrodos, y 3 ejemplos con a = 5m, 2a = 10 m y 3a = 15 m, niveles 1, 2 y 3 y su punto de atribución del valor medido.

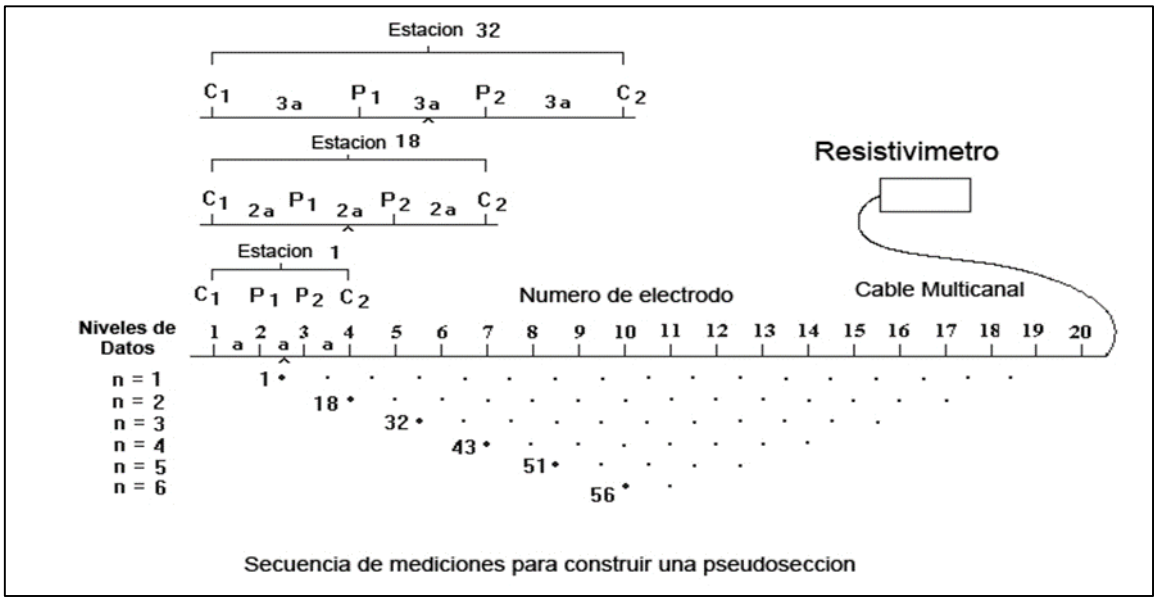


Figura 12. Ejemplo del dispositivo Wna.

El procedimiento de campo empleado consiste en extender varios cables con capacidad máxima total de 120 canales, separados cada 10 m. Una vez extendidos los cables se procede a hincar en el suelo, frente a cada conector del cable multicanal, un electrodo de cobre, de ese material con el fin de atenuar los potenciales naturales del terreno.

Luego se realiza una prueba para medir la resistencia eléctrica de cada electrodo hincado en el suelo. En muchas zonas es necesario mejorar el contacto del electrodo con el suelo, regando con una solución salina la zona próxima al mismo. En ocasiones es necesario utilizar varios electrodos en el mismo sitio. Se busca disminuir la resistencia eléctrica del terreno para poder inyectar la mayor cantidad de corriente para realizar, de este modo, una lectura segura del voltaje entre pares de electrodos que produce esa corriente que circula por el subsuelo.

El instrumento utilizado permite realizar la selección de pares de envío de corriente y de lectura de potencial en forma automática pre programada, con lo cual, una vez instalado el cable y los electrodos, los envíos de corriente, la compensación de los potenciales naturales del terreno y las lecturas de las diferencias de potencial eléctrico son realizadas en forma automática, registrándose los valores medidos en forma digital para cada pseudosección medida, con lo cual se evitan errores humanos al realizar un número grande de mediciones, ya sea por mala elección de los pares electródicos o anotaciones.

Cada medición es mostrada numérica y gráficamente en la pantalla del instrumento en tiempo real, permitiendo monitorear la calidad de los datos y realizar las modificaciones que se consideren necesarias.

Procesamiento e interpretación geofísica de las TE

Los resultados se volcaron en pseudosecciones de resistividades aparentes, como se ve en el ejemplo de la Figura 13. Esta pseudosección es la correspondiente al modelo de resistividades eléctricas y profundidades verdaderas interpretadas con el programa Zondres 2D.

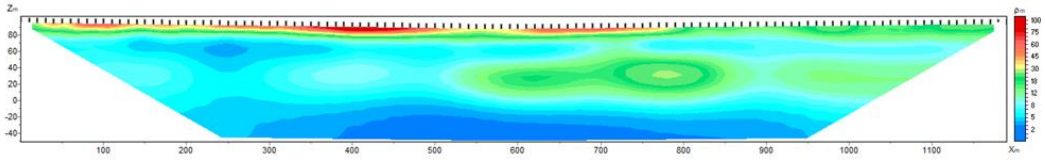


Figura 13. Ejemplo de Pseudosección

La pseudosección constituye una sección con curvas de isorresistividad que reflejan la variación espacial (2D) de la resistividad en el perfil investigado. En la parte superior se ve la ubicación de los electrodos, en la inferior están marcadas las Progresivas de los electrodos en metros, la Progresiva 0 coincide con la posición del electrodo 120, en el eje vertical izquierdo se encuentran las profundidades interpretadas en función de la Altura Elipsoidica, también en metros y en el eje vertical derecho se halla una escala de colores que indica el rango de valores de la resistividad eléctrica en Ohm-m.

La longitud del perfil, profundidad de penetración y la resolución buscada determinan la separación interelectródica “a”, en este caso de 10 m, porque con esta distancia interelectródica se combinan la determinación de los posibles estratos del subsuelo hasta más de 130 m de profundidad...

La pseudosección de resistividades aparentes, por último y como factor esencial, se somete a un modelado 2D mediante el empleo de un programa computacional de elementos y diferencias finitos. En este caso se utilizan los programas Res2dinv y Zondres2D que transforman la pseudosección de resistividades aparentes 2D en una sección de resistividades y profundidades verdaderas 2D, que posteriormente se correlacionan, cuando es posible, con información geológica, perforaciones, freatímetros, etc., a fin de delimitar y cualificar las anomalías en profundidad.

El resultado obtenido es un conjunto de datos de resistividad aparente dispuestos en forma de pseudosección, a partir de los cuales se efectúa una interpretación cualitativa, permitiendo inferir la existencia de sectores subterráneos anómalos.

Posteriormente y una vez identificados los mismos, se lleva a cabo un post-procesamiento efectuando un modelado 2D introduciendo los datos medidos en el programa que calcula por rutinas de inversión las resistividades verdaderas y profundidades del subsuelo. En la ejecución del procesamiento intervienen los conocimientos que se tenga del área para conformar un modelo que se adapte a la realidad lo mejor posible.

Instrumental utilizado

Para la realización de las TE se utilizaron dos Tomógrafos Eléctricos marca ***CGIF*** modelo DUK-2A, último modelo compuesto de un resistivímetro DZD-6A, un traductor múltiple de 120 canales DUK-2A, un detector del estado de los 120 canales y cuatro cables multicanales para conectar 30 electrodos cada uno, que permiten la realización de todos los métodos de TE, incluyendo estudios de Polarización Inducida (IP), etc.

El DUK-2A posee tres módulos que trabajan conjuntamente:

Resistivímetro digital de última generación, cuya función es tomar las medidas del subsuelo y guardarlas digitalmente. Es totalmente configurable y conmuta la corriente continua de entrada en pulsos de corriente invertida, cambiando la polaridad a los efectos de minimizar y compensar el efecto del Potencial Espontáneo. Es programable a fin de elegir los dispositivos electródicos a emplear, tiempo de inyección de corriente al subsuelo, cantidad de niveles o separaciones a medir, etc.

Multiplexor o Transductor Múltiple de Conmutación

Este módulo es el encargado de conmutar automáticamente las posiciones de los electrodos sobre las que se realizarán las mediciones. Puede usar hasta 120 canales y permite realizar todas las configuraciones tomográficas conocidas.

Fuentes de potencia

La fuente de energía consistió en 4 cajas de 8 baterías cada una, recargables de 12 V, 2.3 A y un conmutador para seleccionar el voltaje de salida.

Resistivímetro + Transductor

Características Técnicas

Receptor DZD-6A
Rango de tensión medida: ± 6V
Precisión de tensión medida: ± 1% ± 1ppm
Impedancia de entrada:> 50MΩ
Precisión polarizabilidad aparente: ± 1% ± 1ppm
Rango de medición de corriente: 5A
Exactitud de medición de corriente: ± 1% ± 1ppm
El filtro de rechazo de 50 Hz es superior a 80 dB.

Rango de compensación SP: ± 1V.

Transmisor
La tensión de alimentación máxima: **900V**
La corriente de alimentación máxima: **5A**
Ancho del pulso de alimentación es de 1-59 segundos.

Otros
Temperatura de ejecución: -10 ℃ a 50 ℃, humedad ≤ 95%.
Temperatura de almacenamiento: -20 ℃ a 60 ℃
Fuente de alimentación del instrumento: baterías estándar.
Peso: 6,3 kg

Especificaciones principales del transductor múltiple de conmutación:
El número total de electrodos: hasta 120 canales.
Los modelos de configuraciones: WN de cuatro polos, SB-1, SB-2, dipolo-dipolo, perfilado combinado, diferenciada, tomografía de resistividad de dos polos método CT, método de sondeo continuo de tres polos roll-up, el método continuo de sondeo simple lateral de tres polos roll-up, etc.
Elección del factor de intervalo del espaciamiento (niveles): establecer el intervalo de factor mínimo n (MIN) y el máximo n (MAX) que por el trabajo se requiera.
La integración de 80 caracteres en la pantalla LCD de 16 teclas puede hacer una forma operacional de diálogo hombre - PC que tienen que ver con las funciones de configuración del modelo de trabajo, la introducción de parámetros, la detección del estado, y el seguimiento del proceso en ejecución mediante la visualización de los parámetros de medición.
Capacidad de aislación: 500 MΩ
*Tolerancia a la tensión***:** 450 V DC
*La corriente máxima permitida***:** 2 Amper

Otros:
Temperatura: -10 ℃ a 50 ℃ Humedad: ≤ 95%
Volumen: 300 * 200 * 160 (mm)
Peso: 5,5 kg
Fuente de alimentación: baterías standard

2.3.2 Trabajo de campo realizado e interpretación

Se realizaron pruebas a los efectos de determinar el óptimo procedimiento. Los resultados son interpretados con varios softwares específicos.



Figura 14. Instrumental utilizado y conexión del electrodo al cable multicanal

Con el software RES2DINV se ha realizado una interpretación primaria. Posteriormente todos estos datos se han procesado con el software Zondres2D a los efectos de unificar la interpretación y presentación de los gráficos.

El software de interpretación propone una escala de color para cada TE que permite una buena visualización de las diferentes capas del modelo, esta escala es diferente en cada interpretación. En este caso hemos creado una escala logarítmica de 0 a 100 ohm-m y la hemos utilizado en todas las TE a los efectos de facilitar la visualización y correlación de todas las pseudosecciones de TE. Por lo tanto, el mismo color se corresponderá con el mismo valor de resistividad en todos los gráficos.

A los efectos de simplificar la interpretación de los resultados se elaboraron 2 tablas:

Tabla 3 - Tabla de unidades geoeléctricas.
Tabla 4 - Tabla de identificación y delimitación de unidades geoeléctricas.

Se han delimitado tres Unidades Geoeléctricas que podrían ayudar a la correlación geológica de los resultados.

Unidad	Intervalo promedio de resistividad (ohm-m)	Interpretación probable de la unidad geoeléctrica
I	< 10	**Sedimentos de finos a gruesos con agua intersticial salada o sedimentos con abundante arcilla intersticial**
II	10-40	**Sedimentos de finos a gruesos con agua intersticial que disminuye su mineralización a medida que aumenta la resistividad o sedimentos con algo de arcilla intersticial**
III	> 40	**Sedimentos de medios a gruesos. Bajo contenido de agua intersticial o agua muy poco mineralizada**

Tabla 3. Unidades geoeléctricas interpretadas

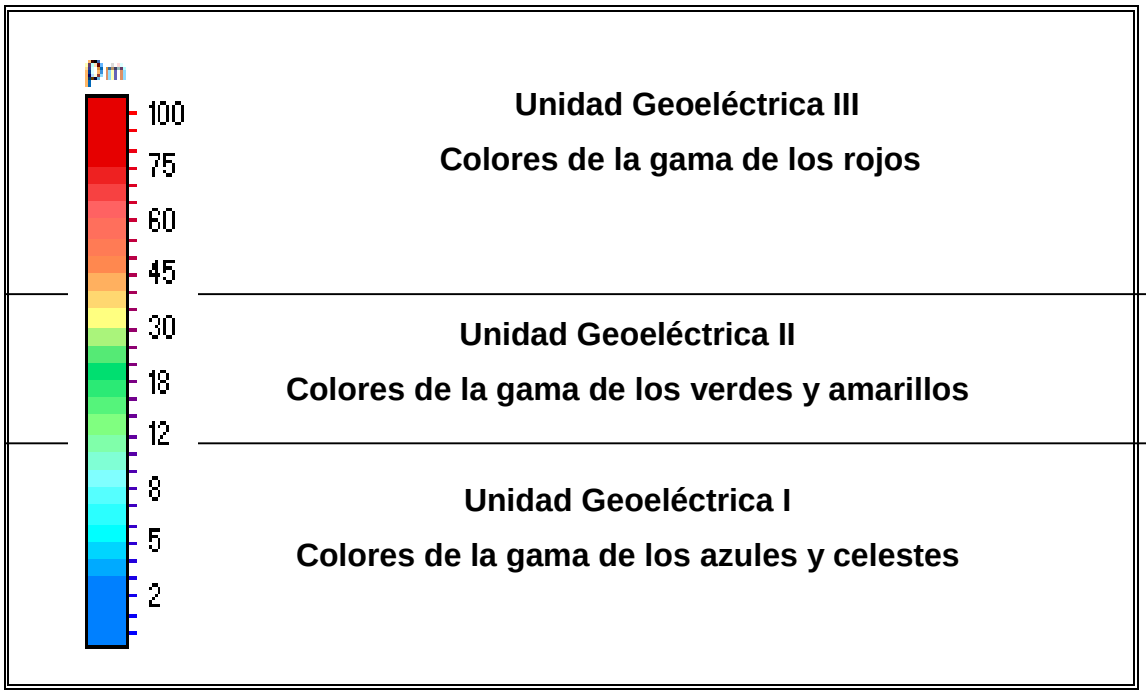


Figura 15. Identificación y delimitación de las unidades geoeléctricas fuera del cuadro

Las anteriores tablas buscan identificar y delimitar unidades geoeléctricas que permitan una correlación con las características geológicas del subsuelo.

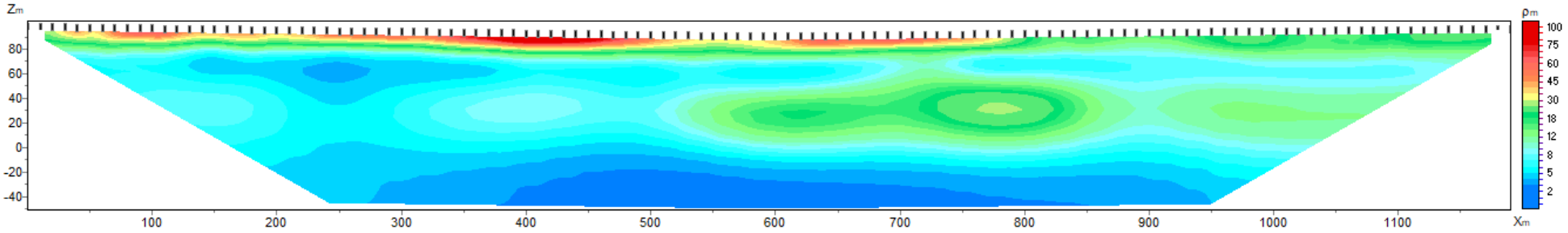
La presencia de rellenos heterogéneos con aguas intersticiales con diferentes valores de salinidad puede modificar estos valores. La presencia de minerales conductores en la roca también lo hace. En ambos casos los valores obtenidos de una capa son significativamente menores a lo esperado, pudiendo confundirse con capas arcillosas. Los sedimentos superficiales húmedos disminuyen el valor de la resistividad de la capa, más si en la misma hay contenido de sales.

Por lo expuesto se hace muy difícil delimitar las distintas capas ya que todas son de muy baja resistividad y no existe un contraste resistivo que permita diferenciarlas claramente.

A continuación, se presentan los perfiles interpretados, destacando que las discontinuidades del subsuelo son prácticamente iguales en ambos.

- Una primera capa entre alturas elipsoidicas 95 y 85 de resistividades altas de 65 a 100 ohm-m (Unidad geoeléctrica III)
- Una segunda capa entre alturas 85 y 75 de resistividades medias de 15 a 30 ohm-m (Unidad geoeléctrica II)
- Una tercera capa entre alturas 75 y 45 de resistividades bajas de 5 a 12 ohm-m (Unidad geoeléctrica I)
- Una cuarta capa entre alturas 45 y 5 m de intercalaciones de resistividades entre 15 y 30 ohm-m entre las progresivas 550 y 880 m (Unidad geoeléctrica II)
- Una quinta capa entre alturas 5 y -10 m de resistividades bajas de 5 a 12 ohm-m (Unidad geoeléctrica I)
- Por debajo las resistividades son muy bajas menores de 10 ohm-m. (Unidad geoeléctrica I)

Línea 1



Línea 2

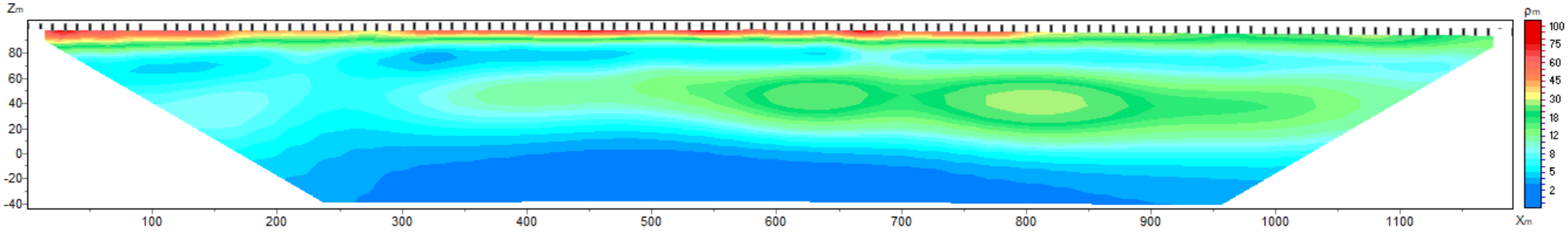


Figura 16. Pseudosecciones interpretadas de las TE realizadas (Líneas 1 y 2)

Ubicación espacial de las Líneas

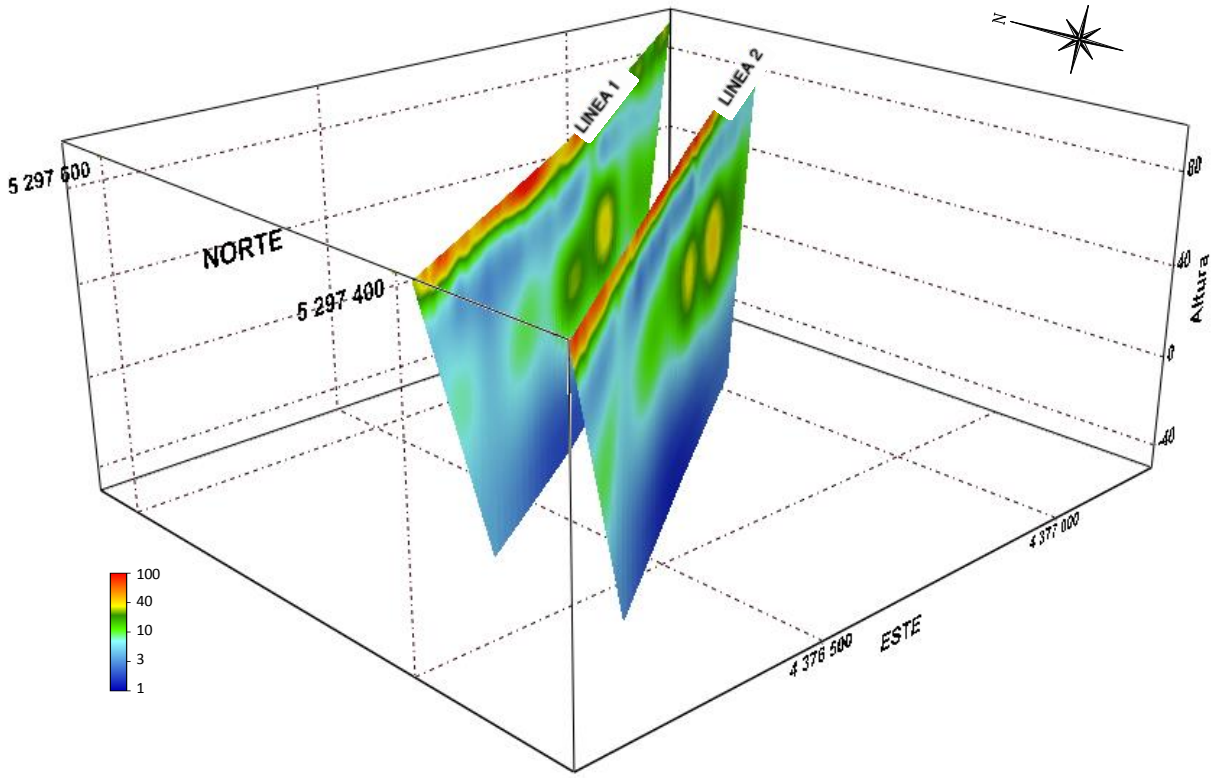


Figura 17. Block diagrama con ubicación espacial de las líneas 1 y 2 (1).

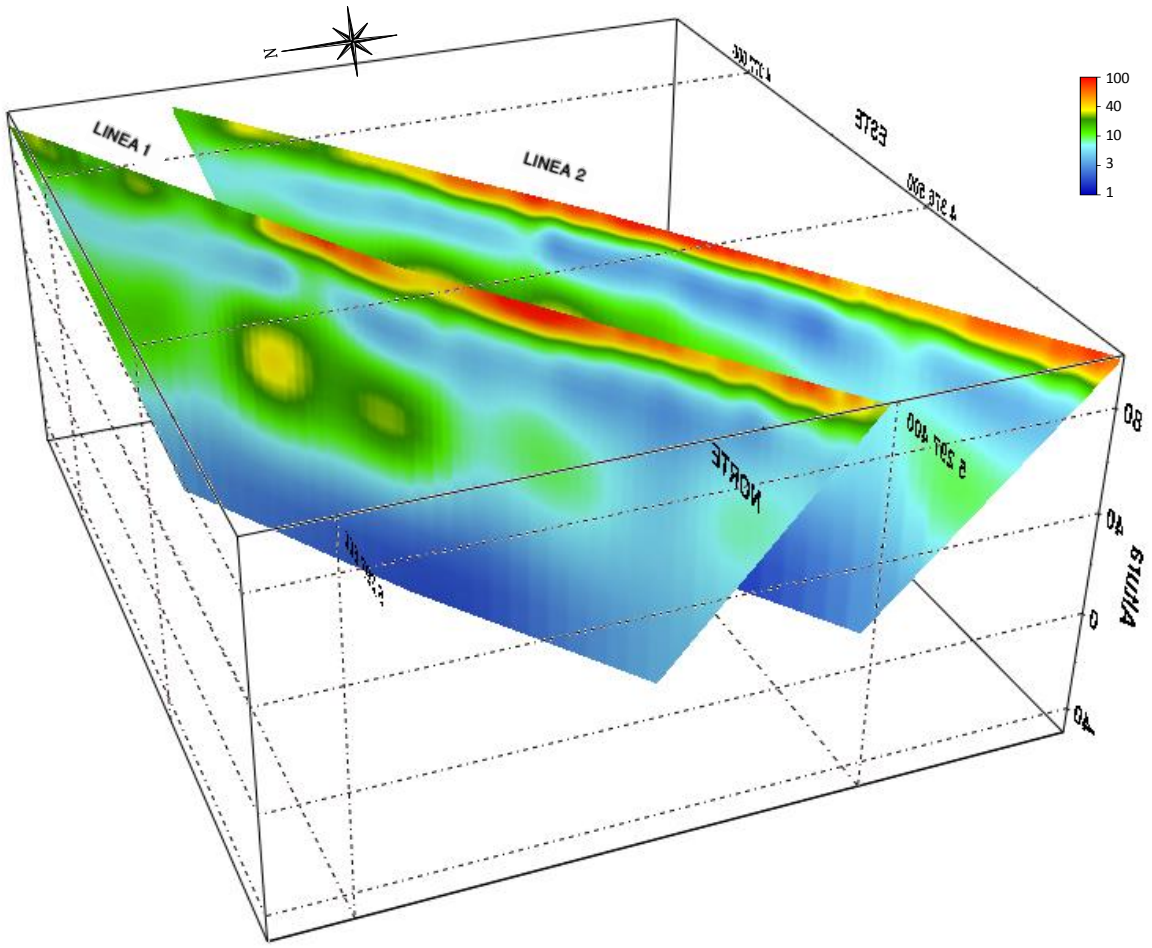


Figura 18. Block diagrama con ubicación espacial de las líneas 1 y 2 (2).

3. Interpretación de resultados

3.1 Geología e Hidrogeología del área de estudio

La geología del área de estudio es muy simple, solo afloran sedimentos terciarios y cuaternarios. Si bien en la zona de estudio no aflora la *Formación Gaiman* (Oligoceno Superior), es de esperar que la misma se encuentre en subsuelo en el área de estudio, y no se descarta la posibilidad de interceptarla en la perforación a realizar. En la Hoja Geológica Península de Valdés 4363-I (SEGEMAR) se describe esta unidad como sedimentitas marinas, constituida por fangolitas cineríticas con escasos niveles arenosos finos intercalados. En general son de colores claros y presentan una estructura maciza, aunque puede

observarse una laminación normal o lenticular en algunos bancos. Las bioturbaciones son frecuentes, con abundantes marcas de organismos perforantes. En discordancia erosiva se apoya la *Formación Puerto Madryn*, de edad miocena. Esta formación presenta en la zona de estudio más de 85 m de espesor, representada por sedimentitas, que se puede observar en un perfil semicubierto de la Isla de los Pájaros hasta el Istmo Ameghino. Como ya se mencionará esta la unidad es portadora de acuíferos semiconfinados y es objeto de estudio en el presente trabajo. Finalmente, la región se corona con afloramientos de edad cuaternaria. Son numerosas las formaciones cuaternarias en el área, pero podemos mencionar como las más preponderantes a los *Rodados Patagónicos* y la *Formación San Miguel.* Esta última aflora en el área a perforar y se presenta con un espesor de 5 m, conformado por un conglomerado de color castaño claro, matriz sostén con clasto ángulos de hasta 5 cm de diámetro.

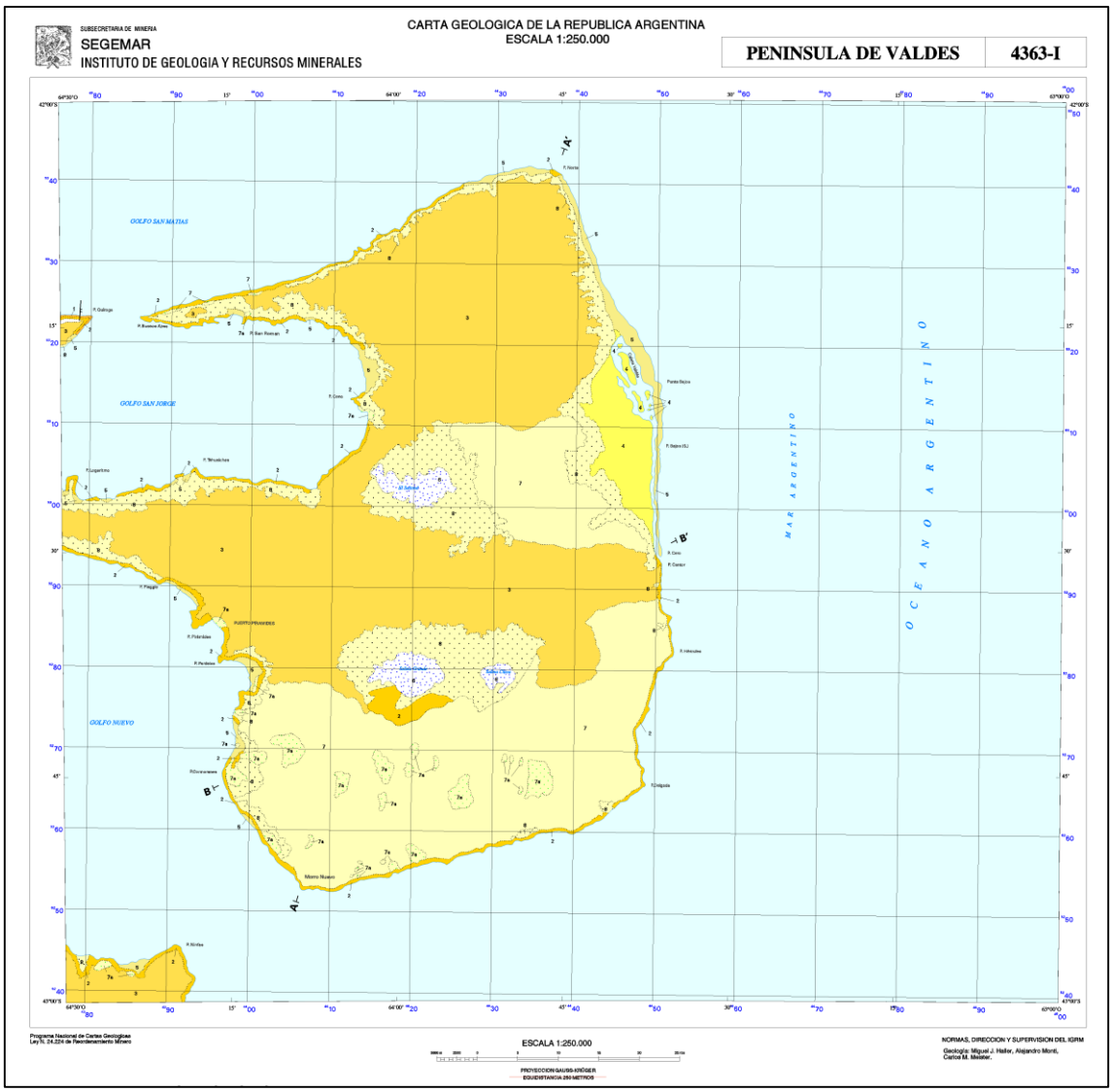


Figura 19. Hoja Geológica de Península de Valdés 4363-I (SEGEMAR)

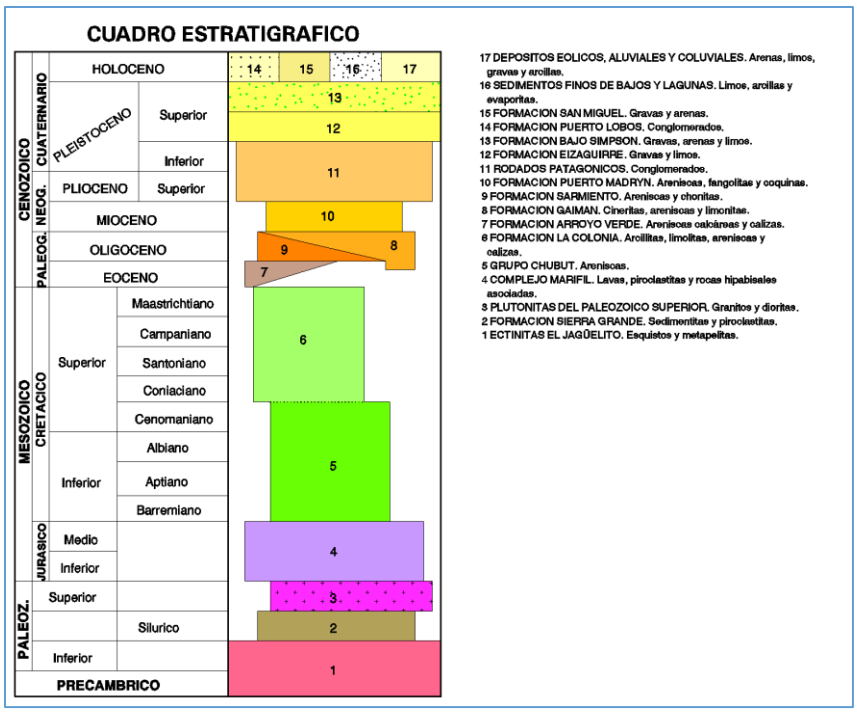


Figura 20. Referencias del perfil litológico de la hoja Península de Valdés 4363-I (SEGEMAR).



Figura 21. Detalle de Hoja Geológica de Península de Valdés 4363-I (SEGEMAR), con ubicación del área de estudio.

3.2 Geomorfología del área de estudio

La costa de la península Valdés ofrece variaciones morfológicas marcadas, según el sector que se esté analizando. En general, corresponde a una costa en erosión con un importante desarrollo de acantilados activos e inactivos y plataformas de abrasión de ola. Al frente de estos rasgos geomorfológicos y en sectores de transición entre los mismos, está formada por angostas playas de gravas medianas a gruesas, con arenas subordinadas. Otros segmentos de la costa están caracterizados por cordones litorales elevados, que en el caso de la espiga de la caleta Valdés, encierran una albufera funcional. (Hoja Geológica 4363-I Península de Valdés - SEGEMAR).

Desde el punto de vista de área de estudio, como bien se indica en el mapa Geomorfológico, de la hoja mencionada, se pueden diferenciar con claridad dos ambientes, uno de ellos litoral con zona de acantilados activos y sedimentos arenosos de playa en tránsito. Son comunes el hallazgo de bloques desprendidos de la *Formación Puerto Madryn* e incluso formación de conos por Remoción en Masa. (Ver Figura 16). Por otra parte, la alta zona del Istmo Ameghino, zona de interés para el presente estudio, se conservan los remanentes de la planicie de agradación, cubierta por los Rodados Patagónicos. Este sector plano y con una cota de 90m.s.n.m (metros sobre el nivel de mar) es considerado ambiente de meseta. Tiene pendiente general al este y su altura disminuye también en ese sentido.



Figura 22. Vista de costa erosiva.



Figura 23. Vista de costa erosiva unidad geomorfológica de meseta

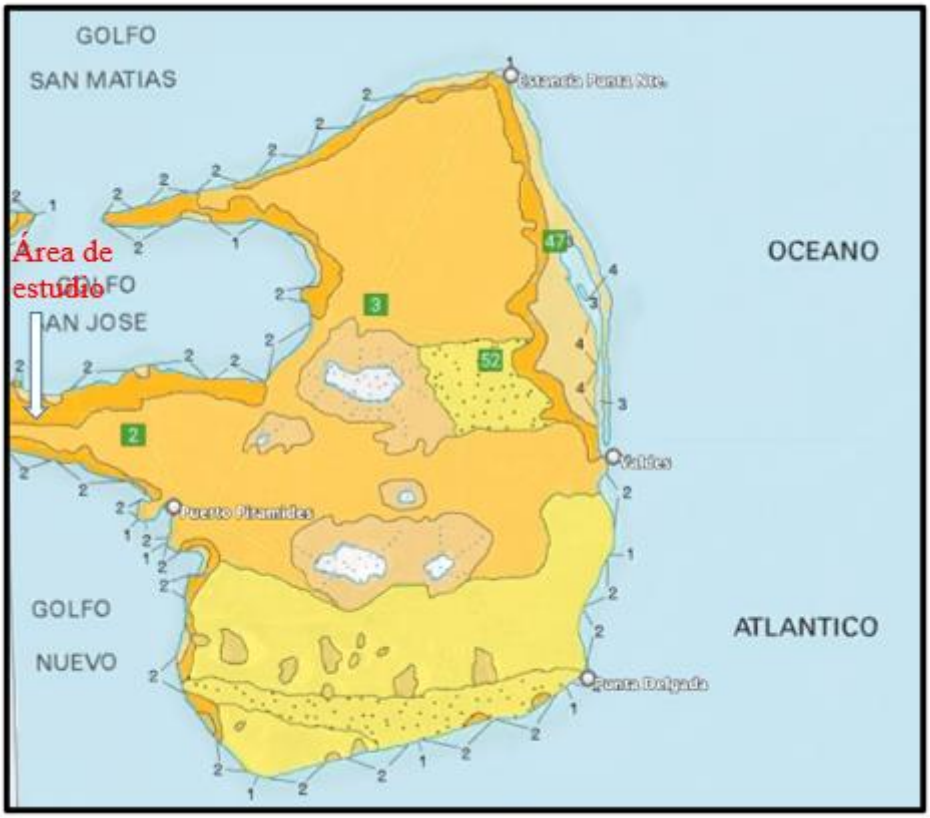


Figura 24. Mapa geomorfológico de Península de Valdés (SEGEMAR), con ubicación del área de estudio.

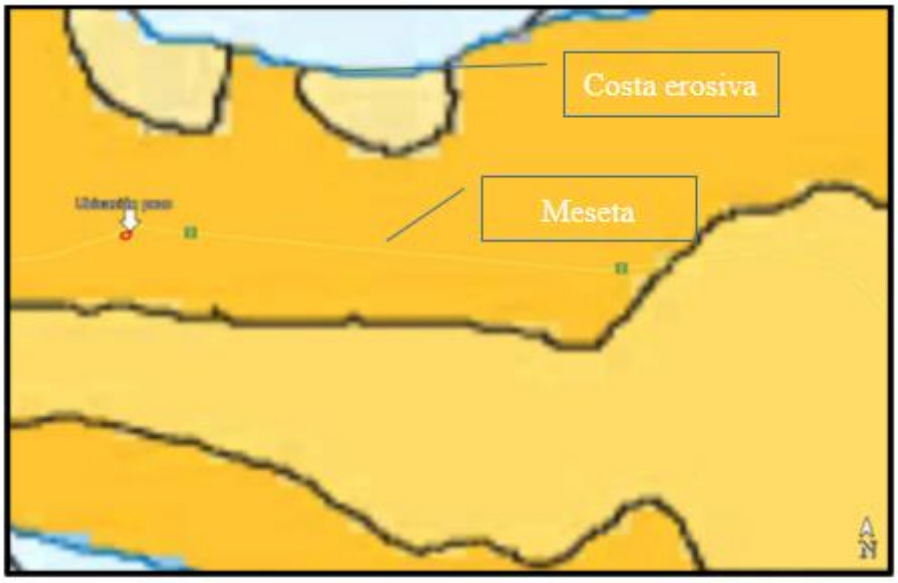


Figura 25. Detalle de principales unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio (extraído de mapa geomorfológico de SEGEMAR)

3.3 Interpretación geológica de líneas de Tomografías Eléctricas.

La interpretación de la información geofísica muestra una predominancia de sedimentos finos con valores pertenecientes a la Unidad Geoeléctrica I (colores azul y celeste), < 10(ohm-m).

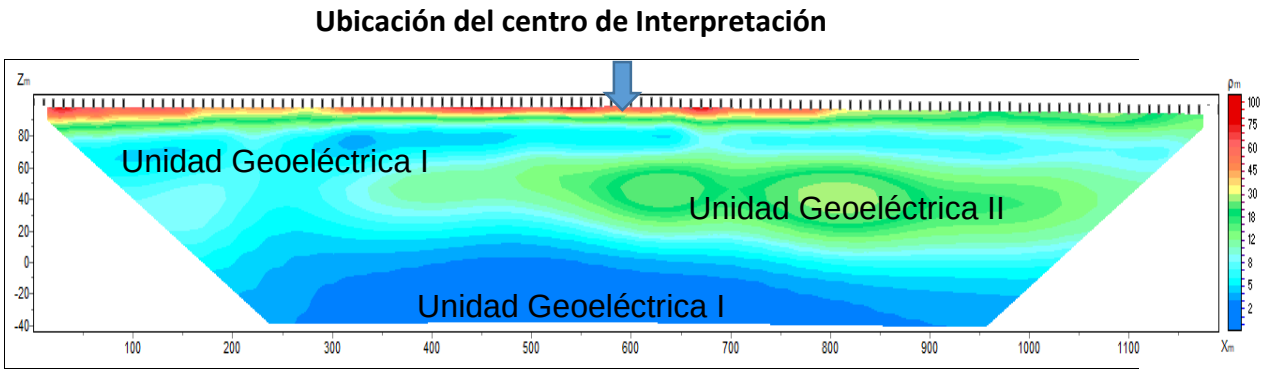


Figura 26. Sección 2D de la línea sur TE



Figura 27. Mapa que muestra la ubicación de las dos líneas de TEM. La flecha indica el lugar elegido para perforar

Analizando los resultados geofísicos (Figuras 13, 14, 15 y 18) se interpreta que, entre los 60 m y 90 m de profundidad los valores de resistividad se corresponden a la Unidad geoeléctrica II con valores 10-40 (ohm-m). Esta unidad

se trataría de areniscas finas a medianas de la Formación Puerto Madryn con valores cercanos a los 35 (ohm-m). Estas areniscas podrían llegar a ser portadores de agua debido a su posible litología de areniscas y con una porosidad efectiva de 12,5%. (Alvarez, M, P, 2010 UNLP, http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/5321).

Finalmente, la base del perfil muestra nuevamente valores de la Unidad Geoeléctrica I, < 10(ohm-m), pero aún más bajos que los observados en las secciones superior y media del estudio. Estos valores podrían indicar la presencia de agua salada a salobre, o bien un cambio formacional. Es importante mencionar que por debajo de la *Formación Puerto Madryn* es de esperar encontrar la *Formación Gaiman* de Edad Miocena, que se compone en general de una litología fangolitica y estructura maciza que podrían dar una baja resistividad. (Hoja geológica 4363 1, Península de Valdés).

4. Recomendaciones para la ubicación de la perforación exploratoria

De acuerdo con los resultados obtenidos e interpretados de las tareas geológicas y geofísicas llevadas a cabo y, teniendo en cuenta las dimensiones en las que se encuentra el predio del Centro de Interpretación, donde se posee permiso para realizar la perforación, y la necesidad de contar con espacio para las maniobras del equipamiento, se recomendó ubicar está en las coordenadas **42°27'53.50"S / 64°29'56.26"O.**



Figura 28. Mapa de ubicación de la perforación exploratoria

Se determinó que las dos posibles fuentes de agua que se podrían interceptar serían, la primera ubicada en la Unidad Geoeléctrica II ubicada entre los 60 y 90 m de profundidad, y la segunda ubicada en la Unidad Geoeléctrica I entre los 100 y 120m de profundidad. Ambas Unidades Geoeléctricas se encuentran incluidas en la Fm. Puerto Madryn.

5. Perforación hidrogeológica exploratoria, desarrollo y ensayos hidráulicos del pozo. Muestreo de agua para análisis de laboratorio.

5.1 Perforación exploratoria

5.1.1 Ubicación

Para facilitar las tareas y maniobras del equipo perforador la perforación se ubicó en el límite este del Centro de interpretación Istmo Ameghino.
Las coordenadas de la perforación son las siguientes:

- Latitud: 42°27'53.50"S
- Longitud: 64°29'56.26"O
- Cota: 96.0 m.s.n.m (metros sobre nivel del mar).

En la Figura 29 se puede apreciar la ubicación de la perforación.

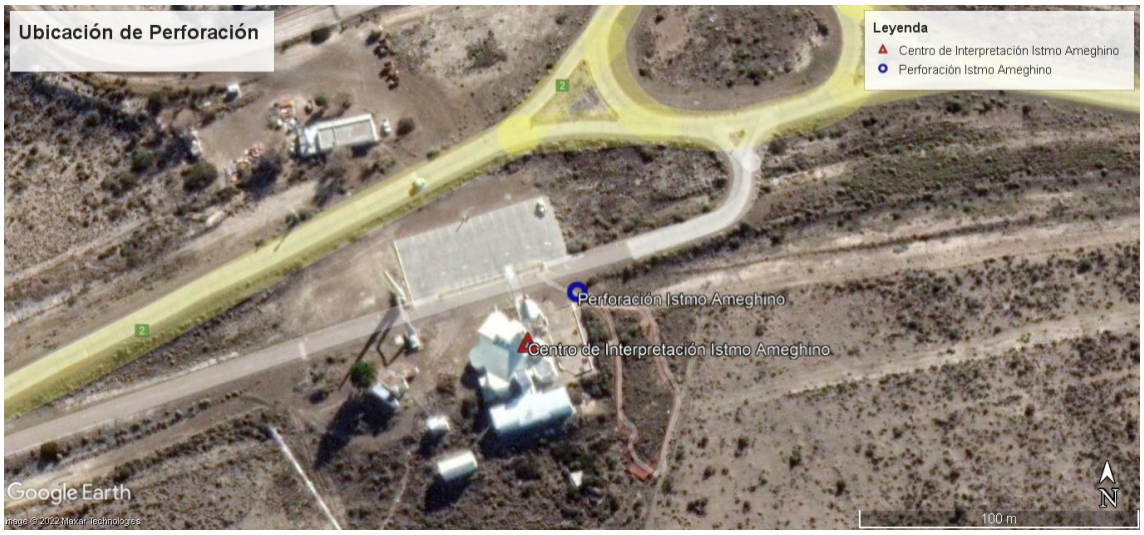


Figura 29. Mapa de ubicación de la perforación exploratoria

5.1.2 Tareas de perforación y detalles constructivos

Para la perforación será utilizó equipo propio Marca Asistec, Modelo HC250, Columna HC 8.65. La fuerza motriz la compone un motor Perkins de 110 CV que alimenta una bomba hidráulica de 50 kg/cm^2 de presión, la cual motoriza el sistema Rotary y los movimientos de pull up y pull down. La bomba de lodos es a pistón de accionamiento dúplex de 115 mm de diámetro de camisa y 150 mm de desplazamiento de embolada. Es accionada por engranajes reductores y cadena. El caudal máximo es de 12 m^3/h.

Los trabajos de perforación comenzaron el 23 de mayo y el pozo se finalizó el 7 de junio. Durante la etapa de ensayo hidráulico la bomba electrosumergible, se desprendió de su anclaje precipitándose hasta el fondo del pozo, arrastrando la manguera y el cable eléctrico. Se hicieron varios intentos para recuperar la misma durante 15 días, pero sin éxito. Debido a la necesidad de dar una respuesta rápida, se decidió dar el pozo como perdido y se iniciaron las tareas de perforación de un nuevo pozo en el mismo sitio que el anterior. Se perforaron 130 metros en aproximadamente una semana, y se encamisó lavo, y desarrolló el pozo en tres días más. Finalmente el 18 de julio se descendió una bomba electrosumergible y se dio inicio al ensayo hidráulico.

Terminación del pozo

- Profundidad: 130 m.b.n.t. (metros bajo nivel del terreno)
- Diámetro perforación 150 mm
- Entubación caño ciego- tramo de 0,0 a 80,75 m.b.n.t. Caño de PVC K6* de 115 mm de diámetro; unión enchufe con atornillado complementario.

* Con respecto a la cañería, si bien contractualmente se acordó utilizar K10, debido a la faltante de fabricación en dicho espesor, se tuvo que recurrir al espesor K6, el cual es utilizado normalmente y con muy buenos resultados en la zona y a profundidades similares a las de la perforación realizada.

- Colocación de filtros: tramo de 80,75 + a 130 m.b.n.t.; Longitud: 49,25 m; Caño de PVC K6; Diámetro: 115 mm; ranurado a mano con amoladora de 1 mm; diseño de ranurado horizontal; longitud de la ranura 10 cm en cada lado opuesto; separación entre ranuras de 3 cm (área abierta de 93 cm2/m lineal).

Se tomó la decisión de ranurar a partir de los 80 m.b.b.p debido a que no se evidenció durante la perforación indicios de agua en niveles superiores, por ejemplo, en las unidad geofísicas. En cambio, si fue clara la evidencia de agua en la unidad geofísica 3. Por otra parte, ranurar o realizar filtro por 80 metros,

que abarcarían las unidades mencionadas como 2 y 3, hubieran generado una debilidad en la cañería, corriendo el riesgo de colapso debido a la importante presencia de arcillas en el perfil.



Figura 30. Vista del equipo perforador realizando maniobras.

Engravado

Se agregó grava en el espacio anular de tamaño de 6 a 8 mm desde el fondo del pozo hasta los 55,0 m.b.n.t.

Desarrollo.

El pozo fue sometido a una limpieza mediante inyección de agua para eliminar la arcilla bentonítica utilizada para sostén de la perforación. Para el posterior desarrollo hidráulico se inyecto agua a presión (hidrojet) en todo el tramo filtrante, mediante la introducción de una cañería de 50 mm (2”) de acero galvanizado con su tramo inferior ranurado. Este procedimiento se extendió

durante 10 horas.

Cumplido el procedimiento de desarrollo se descendió la bomba sumergible hasta los 120 m.b.b.p (metros bajo boca de pozo) para dar inicio al ensayo de bombeo. Se tomó una muestra de agua y se la envió al laboratorio. La misma fue tomada luego de lavar y desarrollar por más de 1 día el pozo. (Le fue transmitido a las autoridades en la visita durante el ensayo de bombeo, la necesidad de tomar muestras de agua periódicamente para ver si hay cambio en sus condiciones físico/químico).

Durante el bombeo, y con la sonda de medición de nivel de agua dentro del pozo se pudo determinar que la relación *caudal extraído vs. abatimiento* más adecuada era de 1,1 m3/h a 115 m.b.b.p. Este caudal de extracción se mantuvo durante 3 horas mientras que el nivel tendió a estabilizarse a los 90 minutos de inicio del bombeo.

Después del desarrollo se verificó un descenso del nivel de agua de 1,30 m, por lo cual se debió esperar el ingreso de agua al pozo necesaria para restablecer el nivel inicial de 40 m.b.n.t.

Cementación.

Se instaló un anillo de bentonita desde los 55 m.b.n.t hasta los 60 m.b.n.t., sobre la grava de prefiltros, seguidamente sobre la bentonita se realizó la cementación del espacio anular hasta la boca de pozo.

En la Figura 31 se puede apreciar el perfil litológico del pozo realizado con los detalles constructivos.

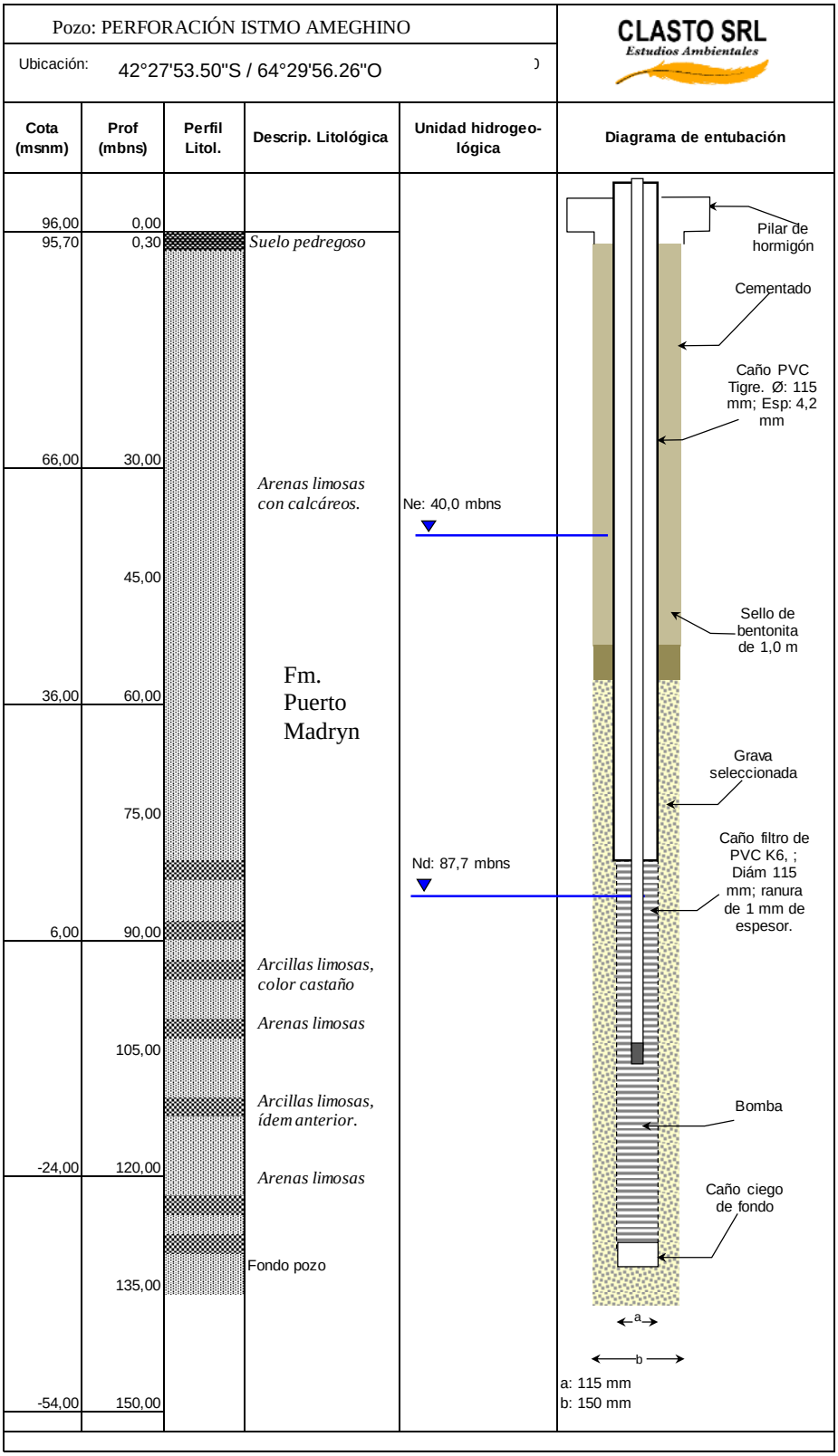


Figura 31. Perfil litológico y detalles constructivos de la perforación realizada.

5.1.3 Interpretación geológica

La litología perforada correspondería a la secuencia de depositación del Terciario marino de la Formación Puerto Madryn. Según el registro / logueo de la perforación, la misma está conformada por sedimentos arenosos desde 0,0 hasta 45,0 m.b.n.t continuando con limos arenosos, alternados con niveles arcillosos en forma subordinada, hasta la profundidad de 130 m.b.n.t. El perfil estratigráfico presenta una marcada monotonía litológica, algo que ocurre normalmente en las Formaciones de origen marino

En la Figura 32 se puede apreciar las muestras de cutting extraídas.



Figura 32. Vista de las muestras de cutting tomadas cada un metro. Total de muestras 130.

El nivel estático se detectó a 40,0 m.b.n.t, lo que representa un espesor saturado de 90,0 metros.

El agua tiene un origen fósil remanente, posiblemente relacionado al deshielo de la última glaciación acontecida durante el periodo Cuaternario (hace 125.000 a 12.000 años).

El pozo no interceptó un nivel acuícludo, desconociéndose el hidroapoyo local, En tales circunstancias corresponde evaluar el medio como un acuífero multiunitario formado por distintos niveles permeables y semipermeables que se comportan en conjunto como niveles acuitardos que aportan agua en forma diferencial.

La composición química salobre (ver punto *5.3 Muestreo de agua*) responde a un origen de la matriz sedimentaria rica en sales de origen marino y al escaso o nula reposición de las aguas en el ciclo hidrológico.

5.2 Ensayo hidráulico

El método de ensayo aplicado fue el de Recuperación de Theis (simplificación de Jacob y Cooper) el cual prevé una etapa de bombeo a caudal constante y una etapa de recuperación.

A partir de los datos aportados durante el desarrollo se diseñaron las condiciones del ensayo del pozo a 1,10 m3/hora y una profundidad de la bomba de 115 m.b.b.p.

La duración del bombeo se extendió durante tres días con un total de horas bombeadas de 20 horas, pero el ensayo de bombeo en forma sostenida fue realizado el último día con una duración de ocho (8) horas.

En la Figura 33 y Figura 34 se puede observar las tareas llevadas a cabo para el ensayo hidráulico.

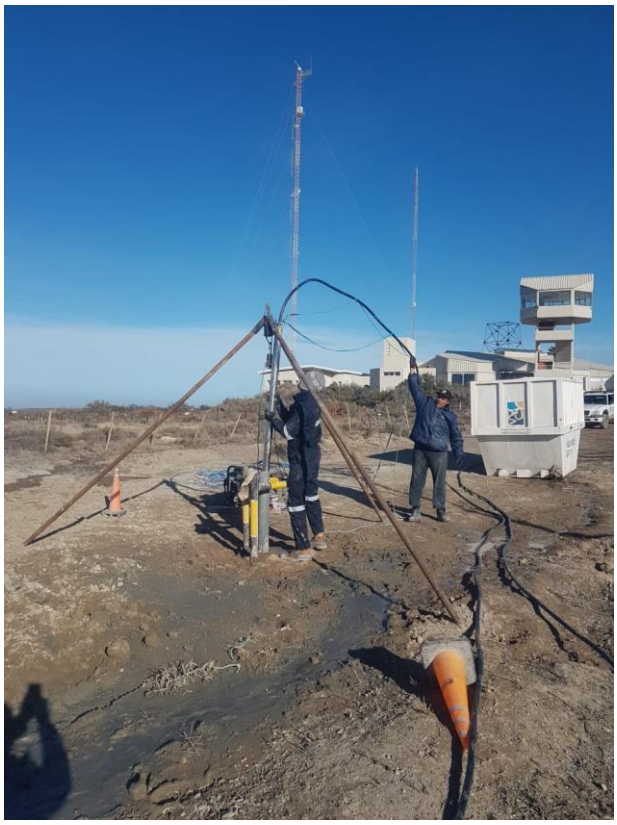


Figura 33. Vista de la maniobra de descenso de la bomba electrosumergible



Figura 33. Vista del Pozo durante el ensayo hidráulico junto a autoridades provinciales. (Ministerio de Turismo e Instituto Provincial del Agua).

Los datos inherentes al ensayo son los siguientes:

- Caudal de bombeo: 1,10 m3/h
- Profundidad de la bomba: 115 m.b.b.p
- NE: 40,0 m.b.b.p
- ND: 87,70 m.b.b.p
- s: 47,70 m (abatimiento)

Durante el bombeo se midió la evolución del nivel dinámico (Nd). Cumplido el lapso de 8 hs se detuvo la bomba y se midió la recuperación.

ENSAYO DE DEPRESIONES RESIDUALES.

Con la etapa de recuperación fue posible obtener la transmisividad (T) y la permeabilidad (K) por el Método de Recuperación de Theis (simplificación de Jacob y Cooper).

A continuación de efectuarse el bombeo del pozo de explotación a un caudal constante de 1,10 m3/h, por un periodo de 480 minutos, se procedió al cese del bombeo y consecuente registro de la recuperación de los niveles (ver Figuras 35, 36 y 37, Tablas 5 y 6).

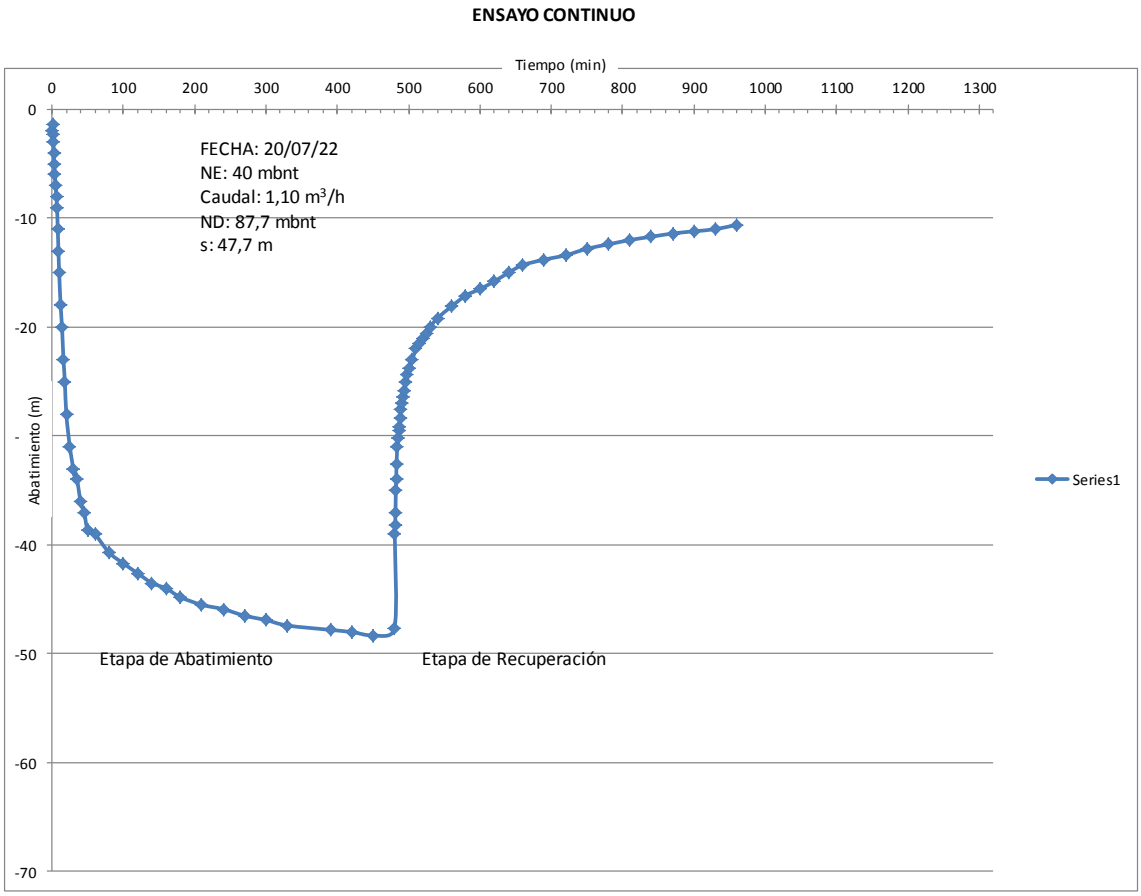


Figura 35. Gráfico de ensayo hidráulico

ENSAYO DE BOMBEO CONTINUO		
Ubicación: Museo Pla Valdés	Fecha: 20/07/2022	Localidad: Peninsula Valdés
Pozo: Museo; Caudal: 1,10 m^3/h	Operador: N. Peralta	Chubut

ABATIMIENTO			RECUPERACIÓN		
Tiempo (min)	Nivel medido en el pozo (mbns)	Δs (m)	Tiempo (min)	Nivel medido en el pozo (mbns)	Δs (m)
0	40,00				
0,5	42,00	-2,00	480,5	79,00	-39
1	41,40	-1,40	481	78,20	-38,2
1,5	42,30	-2,30	481,5	77,00	-37
2	43,00	-3,00	482	75,00	-35
2,5	44,00	-4,00	482,5	74,00	-34
3	45,00	-5,00	483	72,60	-32,6
4	46,00	-6,00	484	71,00	-31
5	47,00	-7,00	485	70,20	-30,2
6	48,00	-8,00	486	69,50	-29,5
7	49,00	-9,00	487	69,20	-29,2
8	51,00	-11,00	488	68,30	-28,3
9	53,00	-13,00	489	67,60	-27,6
10	55,00	-15,00	490	67,00	-27
12	58,00	-18,00	492	66,40	-26,4
14	60,00	-20,00	494	65,80	-25,8
16	63,00	-23,00	496	65,00	-25
18	65,00	-25,00	498	64,40	-24,4
20	68,00	-28,00	500	63,80	-23,8
25	71,00	-31,00	505	63,00	-23
30	73,00	-33,00	510	62,00	-22
35	74,00	-34,00	515	61,50	-21,5
40	76,00	-36,00	520	61,00	-21
45	77,00	-37,00	525	60,60	-20,6
50	78,60	-38,60	530	60,00	-20
60	79,00	-39,00	540	59,20	-19,2
80	80,70	-40,70	560	58,10	-18,1
100	81,70	-41,70	580	57,10	-17,1
120	82,60	-42,60	600	56,50	-16,5
140	83,50	-43,50	620	55,80	-15,8
160	84,00	-44,00	640	55,00	-15
180	84,80	-44,80	660	54,30	-14,3
210	85,50	-45,50	690	53,80	-13,8
240	85,90	-45,90	720	53,40	-13,4
270	86,50	-46,50	750	52,80	-12,8
300	86,90	-46,90	780	52,40	-12,4
330	87,40	-47,40	810	52,00	-12
390	87,80	-47,80	840	51,70	-11,7
420	88,00	-48,00	870	51,40	-11,4
450	88,30	-48,30	900	51,20	-11,2
480	87,70	-47,70	930	51,00	-11

Tabla 5. Registro de ensayo hidráulico.

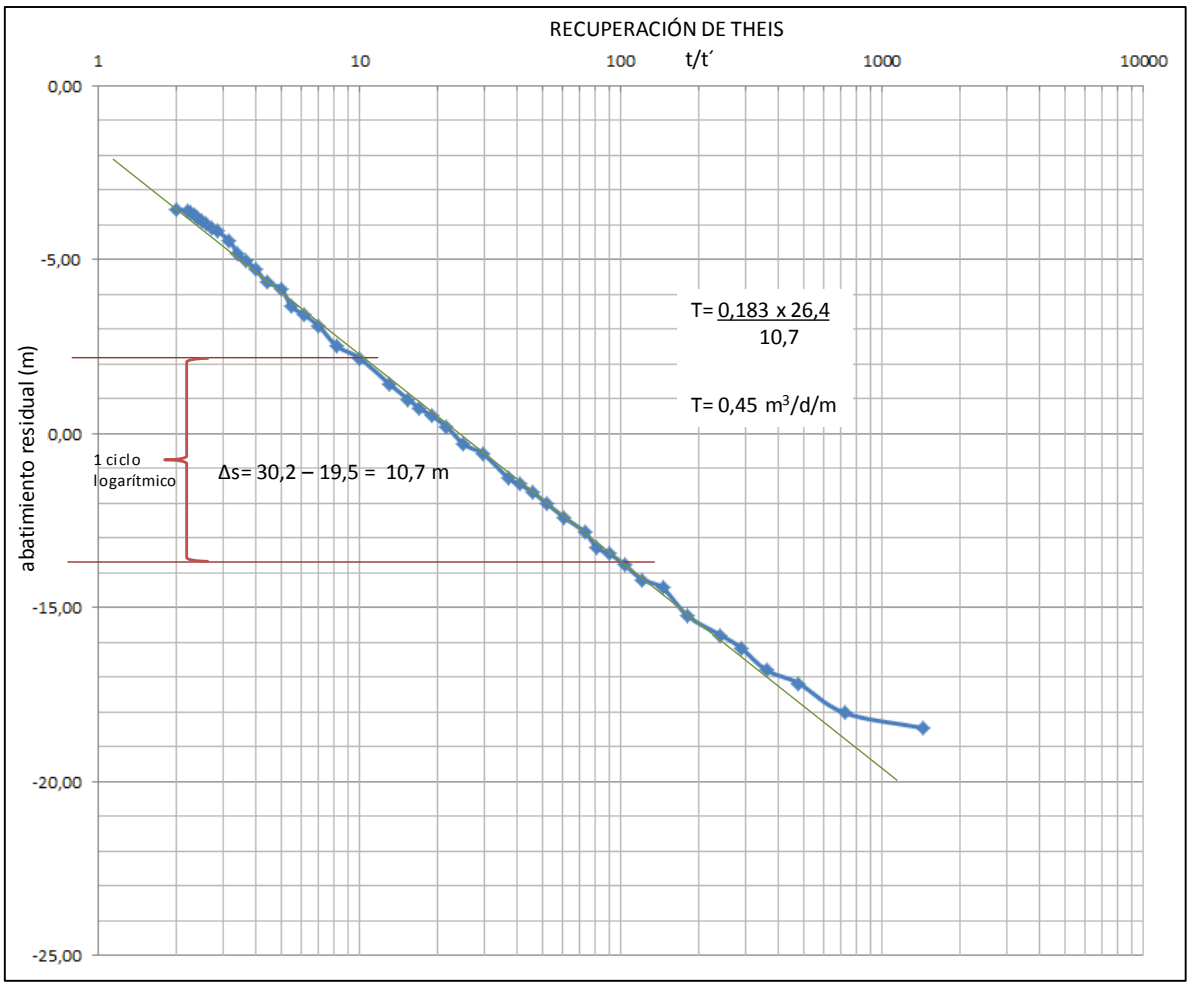


Figura 36. Gráfico de ensayo hidráulico (recuperación).

TRANSMISIVIDAD POR RECUPERACIÓN - (S/ JACOB & COOPER)			
DESCENSO vs t/t´ Pozo: Museo Fecha: 20/07/2022		Localidad: Peninsula Valdés	
t	**t´**	**t/t´**	**Δs (m)**
480,50	0,50	961,00	-39,00
481,00	1,00	481,00	-38,20
481,50	1,50	321,00	-37,00
482,00	2,00	241,00	-35,00
482,50	2,50	193,00	-34,00
483,00	3,00	161,00	-32,60
484,00	4,00	121,00	-31,00
485,00	5,00	97,00	-30,20
486,00	6,00	81,00	-29,50
487,00	7,00	69,57	-29,20
488,00	8,00	61,00	-28,30
489,00	9,00	54,33	-27,60
490,00	10,00	49,00	-27,00
492,00	12,00	41,00	-26,40
494,00	14,00	35,29	-25,80
496,00	16,00	31,00	-25,00
498,00	18,00	27,67	-24,40
500,00	20,00	25,00	-23,80
505,00	25,00	20,20	-23,00
510,00	30,00	17,00	-22,00
515,00	35,00	14,71	-21,50
520,00	40,00	13,00	-21,00
525,00	45,00	11,67	-20,60
530,00	50,00	10,60	-20,00
540,00	60,00	9,00	-19,20
560,00	80,00	7,00	-18,10
580,00	100,00	5,80	-17,10
600,00	120,00	5,00	-16,50
620,00	140,00	4,43	-15,80
640,00	160,00	4,00	-15,00
660,00	180,00	3,67	-14,30
690,00	210,00	3,29	-13,80
720,00	240,00	3,00	-13,40
750,00	270,00	2,78	-12,80
780,00	300,00	2,60	-12,40
810,00	330,00	2,45	-12,00
840,00	360,00	2,33	-11,70
870,00	390,00	2,23	-11,40
900,00	420,00	2,14	-11,20
930,00	450,00	2,07	-11,00
960,00	480,00	2,00	-10,60

Tabla 6. Registro de ensayo hidráulico (recuperación).

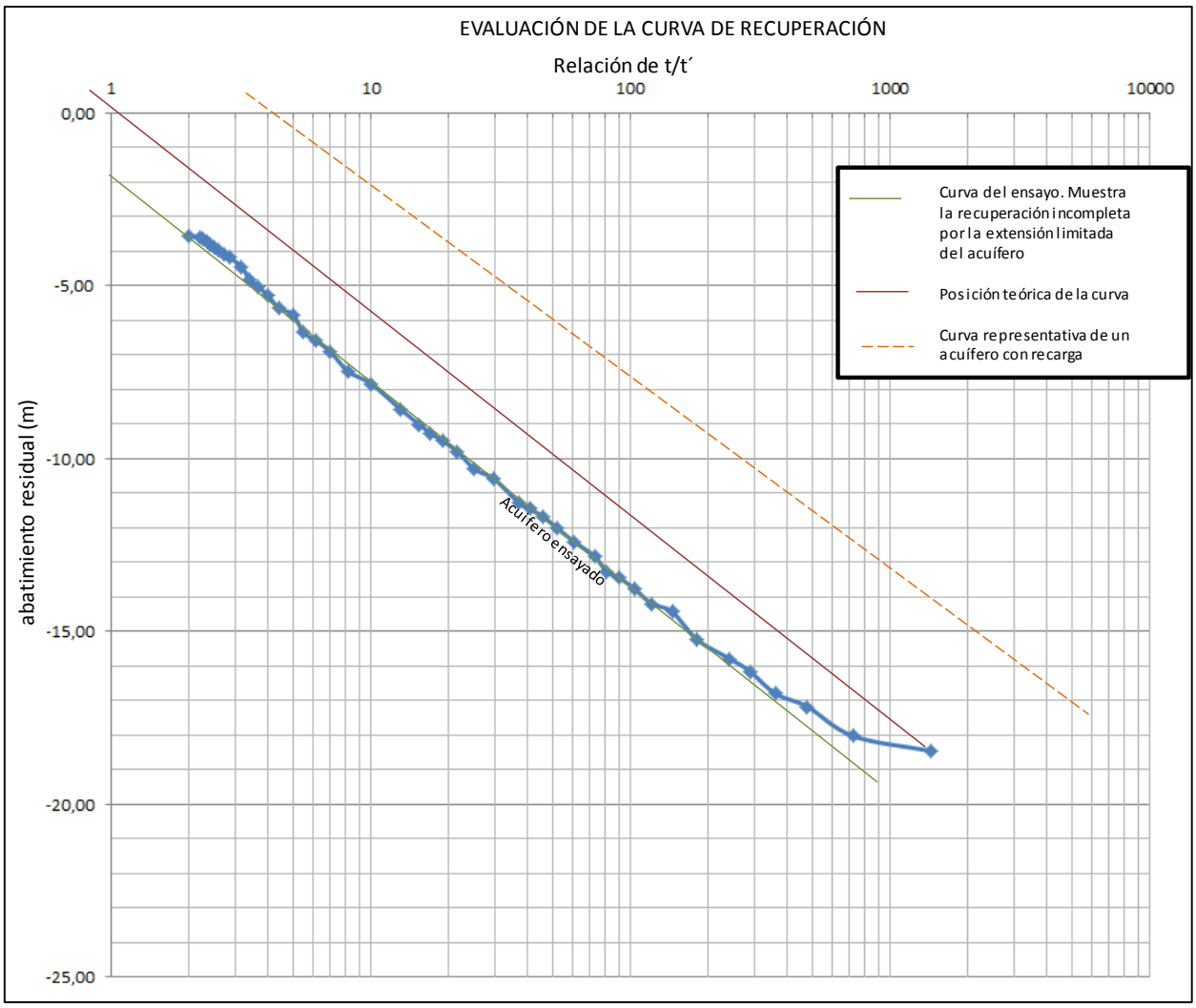


Figura 37. Gráfico de ensayo hidráulico (evaluación curva de recuperación).

CALCULO DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Con los resultados obtenidos se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos del acuífero ensayado.

TRANSMISIVIDAD (T).

Según lo deducido por los investigadores citados, en la recuperación posterior a la etapa de bombeo, el abatimiento residual (s´) se relaciona con el logaritmo del cociente t/t´, donde t: tiempo total desde comienzo del bombeo y t´: tiempo desde el pare de la bomba.

Se utiliza la fórmula:

$$s' = \frac{0{,}183\ Q \log t/t'}{T} \quad (1)$$

Donde

Q: caudal expresado en m3/día

T: transmisividad (m2/día)

En el gráfico 6.2 y Tabla 6.2 en Anexos se representan los valores s´ vs log t/t´ del cual se extrae Δs= 10,7 m para un ciclo logarítmico.

Llevando el valor de Δs a la fórmula (1) se obtiene:

$$T = \frac{0{,}183\ Q}{\Delta s} = \frac{0{,}183 \times 26{,}4}{10{,}7} = 0{,}45\ m^3/d/m$$

T = 0,45 m2/día

PERMEABILIDAD (k).

Conociendo la T es posible conocer la permeabilidad del manto filtrante en el pozo. La permeabilidad se resuelve haciendo la T dividido el espesor del manto saturado (e) igual a 90 metros.

$$T = K \times e \Longrightarrow \qquad K = \frac{T}{e} = \frac{0{,}45}{90} = 0{,}005\ m/día$$

K = 0,005 m/día.

CAUDAL ESPECÍFICO (Qe)

El caudal específico es la relación entre el caudal extraído y el abatimiento experimentado en el pozo. Considerando que:

s = 47,7 m

Caudal = 1,10 m3/h,

Qe = 1,10 / 47,7 = 0,023 m3/h/m

Qe = 0,023 m3/h/m

CONCLUSIONES

- El pozo brinda un caudal pobre en correspondencia con las características litológicas perforadas.

- El caudal específico es 0,023 m3/h/m, (23 litros por metro de abatimiento).

- La Transmisividad (0,45 m3/d/m) y la permeabilidad (0,005 m/d) son bajas en correspondencia con las características litológicas perforadas.

- El agua captada es aportada por el almacenamiento y no obedece a una fuente de recarga. En la Figura 37 se muestra el comportamiento ideal de un acuífero, donde la recta de abatimiento residual converge en el origen de coordenadas para t/t´= 1 lo que demuestra la restitución total del nivel estático en un tiempo relativamente corto. La curva del pozo ensayado sin embargo muestra un abatimiento residual para t/t'= 1 lo que evidencia un abatimiento remanente aun habiendo transcurrido un tiempo largo. Una situación diferente se demuestra cuando la curva de abatimiento 0 se produce a t/t' igual o mayor a 2 lo que demuestra una fuente de recarga cercana.

- Con el transcurrir del uso del pozo el Qe irá subiendo en correspondencia con la eliminación de los finos y el acomodamiento de la grava en el filtro. Ocurrido ese mejoramiento se podrá descender la bomba y aumentar el caudal paulatinamente.

- Se recomienda la instalación de una bomba electrosumergible y un caudal no mayor a 0,7 m3/h, provista con ARRANQUE-PARE automático y sensor de flotación para su protección.



Figura 38. Vista del Pozo finalizado con su correspondiente corralito de protección y tapa.

5.3 Muestreo de agua

Finalizada la limpieza y desarrollo hidráulico se realizó la toma de una muestra de agua y se midieron algunos parámetros fisicoquímicos in situ, principalmente se buscó obtener el valor de salinidad, el cual por las características hidrogeológicas del acuífero perforado se interpretaba como de alta salinidad.

El pH obtenido fue de 7.8, la T° de 18 C° y la salinidad de 8500 Microsiemens [µS] (8.5 Milímho - mʊ). Teniendo en cuenta este elevado valor se decidió que no era necesario realizar un análisis bacteriológico del agua.

Se tomó y acondicionó una muestra de agua para análisis fisicoquímico de laboratorio.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del laboratorio (Figura 39 y 40).

Informe de Ensayos

Departamento Provincial Laboratorio

Dirección Provincial de Salud Ambiental

Ministerio de Salud

Número de Muestra: 4841 / 22 Fecha de Impresión: 22/07/2022

Datos del Solicitante

Solicitante: DEPARTAMENTO SANEAMIENTO BASICO
Remite: ADMINISTRACION PENINSULA DE VALDEZ **Dirección del Remitente:**
Localidad: PUERTO MADRYN **Provincia:** CHUBUT

Datos de la muestra

N° certificado cadena de custodia: **Entrada:** CONTROL
Matriz: AGUA **Identificación:** MUESTRA N°2
Tipo de Muestra: AGUA SUBTERRANEA **Muestra:** PERFORACION
Fecha de Entrada: 18/07/2022 **Fecha de Extracción:** 18/07/2022 **Hora Extracción:** 10:35 h
Realizo Muestreo: SR. GERARDO CLADERA **Lugar de Extracción:** PERFORACIÓN ITSMO
Localidad: PUERTO PIRAMIDES **Provincia:** CHUBUT
Conservación: SI **Cloro Residual:** -
Tipo de Envase: PLASTICO **Cantidad:** 2 **Peso/Volumen:** 750 ml C/U

Los Datos consignados de la Muestra son suministrados por el Solicitante

Datos del Análisis

Fecha de inicio de análisis: 18/07/2022 **Fecha de fin de análisis:** 21/07/2022

Ensayo Solicitado	Norma/Proced.	Resultado	Unidades
Alcalinidad de Bicarbonatos	SM 2320-A	215	mg/l
Alcalinidad de Carbonatos	SM 2320-A	0	mg/l
Alcalinidad Total	SM 2320-A	215	mg/l
Amoníaco	HACH 8038	0.01	mg/l
Cloruros	SM 4500-Cl- B	4750	mg/l
Conductividad	SM 2510 B	25500	µS/cm
Dureza total	SM 2340-C	2213	mg/l
Hierro	HACH 8008	<0.01	mg/l
Manganeso	HACH 8149	30.9	mg/l
Nitratos	HACH 8039	ND	mg/l
Nitritos	HACH 8507	ND	mg/l
pH	SM 4500-H+ B	8.2	
Potasio	SM 3500-K B	5	mg/l
Sodio	SM 3500-Na D	3672	mg/l
Sólidos Disueltos Totales	SM 2540 C modif.	11865	mg/l
Sulfatos	SM 4500 E	4380	mg/l
Turbiedad	HACH 46500-00	3.67	NTU

Observaciones:

ND: No detectable

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida y el Laboratorio declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hiciere de éste informe. El presente certificado solo puede ser reproducido integramente y con autorización escrita del Laboratorio

Berwyn 226, Trelew - Chubut, Argentina - Telefono:(+54) 280 4427421/4421011 - Email:laboratoriodpsachubut@gmail.com

Figura 39. Resultados de laboratorio (1)

Remito de Muestra

Departamento Provincial de Saneamiento Básico
Dirección Provincial de Salud Ambiental
Ministerio de Salud

Fecha de Impresión: 22 de Julio de 2022

ADMINISTRACION PENINSULA DE VALDEZ

PUERTO MADRYN / CHUBUT

Me dirijo a usted a fin de remitir adjunto el/los certidicados de la/s siguientes muestras que se detallan a continucación:

Número	Tipo de Muestra	Muestra
4840	AGUA SUBTERRANEA	PERFORACION
4841	AGUA SUBTERRANEA	PERFORACION

Conclusión:
Según los resultados de la muestra N° 4840, se recomienda cloración de pozo y cañerías. POSTERIORMENTE, CUANDO SE REALICE LO RECOMENDADO,TOMAR NUEVA MUESTRA.

Según los resultados, la muestra N° 4841 NO CUMPLE CON LOS PARÁMETROS CLORUROS, DUREZA TOTAL, MANGANESO, SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES, SULFATOS Y TURBIEDAD. El resto de los parámetros analizados CUMPLEN con el Art. 982 de la Ley 18.284 C.A.A.

NO CUMPLE CON EL PARÁMETRO SODIO, debido a que supera lo establecido por la O.M.S.

Sin más saludo a usted muy atentamente.

MINISTERIO DE SALUD
PROVINCIA DEL CHUBUT
Dpto. Saneamiento Básico
Dirección de Salud Ambiental

Ing.Qm. MARINO Raúl Germán
Jefe - Dpto.Prov. de Laboratorio
Dicción Prov. de Salud Ambiental

Nº de Nota: 375/D.S.B.

Figura 40. Resultados de laboratorio (2)

III. Conclusiones - Recomendaciones

- Los datos obtenidos de la Tomografía eléctrica se correlacionan con los resultados obtenidos de la perforación realizada, confirmando la importancia de la realización de estudios geoeléctricos en la prospección hidrogeológica. Fue la unidad geofísica 3 la portante de agua
- La fuente de agua subterránea se corresponde a un nivel de arcillas limosas (con intercalaciones de areniscas finas) saturadas y alto contenido de sales, de la Fm. Puerto Madryn, de edad Terciaria. Dicho ingreso de agua se encuentra a la profundidad cercana a los 100 m.b.n.t
- Se recomienda una explotación del pozo inicial de 0,7 m^3/h, es de esperar que a medida que el pozo sea explotado y el sistema de filtración se desarrolle con el tiempo el volumen de agua aumente.
- Se recomienda colocar una bomba sumergible de 1 ½ HP, monofásica que permita obtener 2 m^3/h de agua a una profundidad de 120 m.
- La cañería recomendada para el transporte de agua hasta el edificio un diámetro de 1´´ 1/4.
- Se recomienda almacenar agua en 4 tanques plásticos con una capacidad cada uno de 10.000 litros. De ser posible se recomienda que los mismos se encuentre enterrados para su protección frente a los agentes climáticos.
- El análisis de laboratorio evidencia que el agua no es apta para el consumo humano según el Código Alimentario Argentino (CAA Ley 18284 - https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-18284-21841) como así tampoco para el consumo animal (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA - Estación Experimental Agropecuaria Chubut – Calidad de Agua para bebida de Animales https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_guia_calidad_agua_bebida_animales.pdf .Tampoco se recomienda su uso para riego por su elevada concentración salina y presencia de solidos disueltos (STD), lo que implica un riesgo de salinización para los suelos (INTA – Calidad de agua para riego -

https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manfredi_calidad_de_agua_para_riego.pdf).

- Se recomienda realizar un monitoreo del pozo, que incluya medición de nivel de agua periódicamente y al menos la toma de muestras de agua para análisis fisicoquímicos bimestralmente, y durante el primer año para observar posibles cambios físicos/químicos

Bibliografía

- Hoja Geológica 4363-I Península Valdés Provincia del Chubut Boletín N.º 266 Buenos Aires – 2001. 1:250.000 Miguel Haller, Alejandro J. A. Monti y Carlos M. Meister.

- Carta de Peligrosidad Geológica 4366-II PUERTO MADRYN Provincia de Chubut Boletín N° 372 Buenos Aires, 2009 ISNN 0328-2333 SERVICIO GEOLOGICO MINERO ARGENTINO SERVICIO GEOLOGICO MINERO ARGENTINO SEGEMAR Autores: Gustavo Julio Ichazo, Marta Jones Geomorfología: Emilio F. González Díaz Clima: Pilar Alvarez.

- Tesis Doctoral M. P. Álvarez. INVESTIGACIÓN GEOHIDROLÓGICA EN UN SECTOR DE PENÍNSULA DE VALDÉS PROVINCIA DE CHUBUT. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO. 2010.

- Datos De Perforaciones De La Provincia De Chubut. MINISTERIO DE ECONOMIA DE LA NACION SECRETARIA DE ESTADO DE MINERIA INSTITUTO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA Servicio de Aguas Subterráneas. 1966.