



**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS**

Análisis de los recursos subterráneos de la Quebrada de La Concordia

**REALIZADO POR:
División de Estudios y Planificación**

S.D.T. N° 313

Santiago, Mayo 2011

Ministro de Obras Públicas
Sr. Hernán de Solminihaq T.

Director General de Aguas
Sr. Matias Desmadryl L.

Jefe División de Estudios y Planificación
Sr. Carlos Salazar M.

Equipo Técnico

Sr. Luis Rojas B.
Sr. Carlos Salazar M.

Contenido

| | |
|---|----|
| I. Aspectos Generales | 4 |
| II. Objetivos..... | 5 |
| III. Recopilación de información..... | 5 |
| IV. Caracterización hidrogeológica | 6 |
| V. Modelo Hidrogeológico | 8 |
| V.1 Calibración..... | 11 |
| V.2 Escenarios de explotación y resultados piezométricos..... | 14 |
| V.3 Intrusión salina..... | 18 |
| V.4 Resultados..... | 19 |
| V.5 Conclusiones..... | 23 |
| VI. Recomendaciones..... | 24 |
| VII.Referencias..... | 25 |
| ANEXOS..... | 26 |

I. Aspectos Generales

El acuífero de La Concordia se sitúa en la plataforma costera que se desarrolla entre la desembocadura del río Lluta por el sur y el Límite con el Perú al norte. Figura N°1.

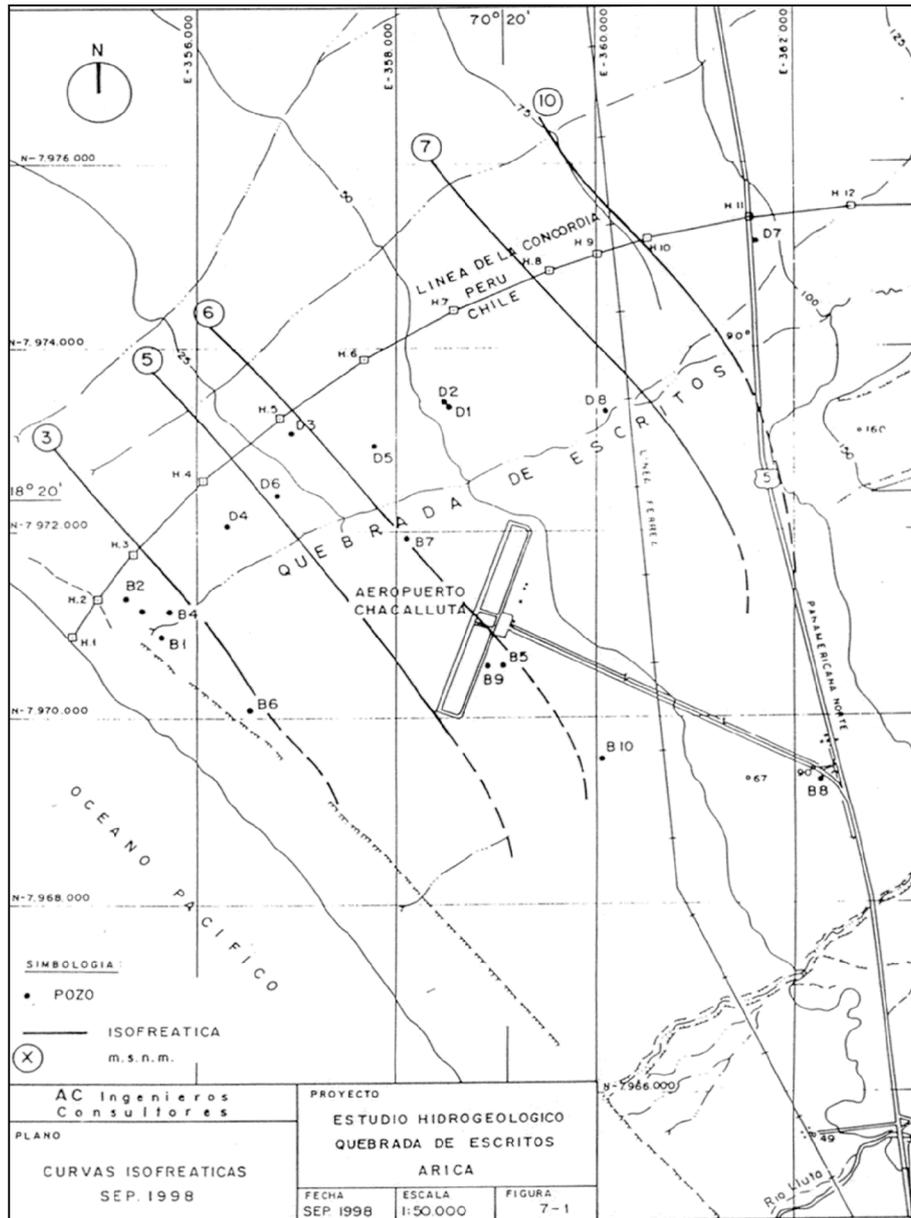


Figura N° 1 Localización del Acuífero de La Concordia.
Fuente: Ayala y Cabrera. 1998

Posee una superficie de 45 km² y un espesor aproximado de 400 m, los materiales que lo componen consisten principalmente de depósitos sedimentarios marinos principalmente conglomerados, areniscas y limolitas pardo oscuras con intercalaciones de conchas, que engranan hacia la desembocadura de la quebrada con gravas, arenas, limos y ceniza volcánica, de origen continental aluvional.

En síntesis se puede establecer que se trata de un acuífero de baja conductividad hidráulica y almacenamiento.

Por su condición costera, la respuesta del acuífero de la Concordia a la explotación de aguas subterráneas está influenciada por el equilibrio entre la interfase entre el agua dulce y la cuña salina.

II. Objetivos

El presente análisis del acuífero se orienta a generar una representación del comportamiento del sector acuífero de interés en términos de los flujos y también a analizar la situación relacionada con el equilibrio agua dulce-agua salada en el borde costero.

A partir de esto evaluar la condición o situación resultante cuando se procede a la explotación del acuífero, bajo premisas dadas

Como objetivo específico considera:

- Estimar la potencialidad de largo plazo del sector acuífero
- Identificar factores de riesgo que pueden limitar el aprovechamiento

III. Recopilación de información

En general para el sector en análisis la información disponible es escasa, lo anterior motivado porque el acuífero no tiene una potencialidad de gran interés, lo que no ha motivado el desarrollo de estudios detallados.

Para los efectos del presente trabajo se ha procedido a la recopilación información sobre habilitaciones, pruebas de bombeo de gasto constante y variable, que están contenidos en los antecedentes técnicos que acompañan a los expedientes pendientes, así como, de dos estudios hidrogeológicos, que entre otras cosas, determinan la recarga del acuífero mediante la estimación de flujos pasante, y el riesgo de salinización asociado a la profundidad de la cuña salina, esto último sobre la base de formulas propuestas por al menos

dos autores reconocidos cuyos resultados permiten tener una visión preliminar bastante razonable del problema a pesar de la escasa información disponible <1>.

IV. Caracterización hidrogeológica

En primer lugar en lo referente a la geología, de acuerdo con Vargas (2005), la formación Oxaya se encuentra ampliamente extendida en la provincia de Arica, constituyendo en forma importante la actual superficie de erosión. En la parte baja, los afloramientos están constituidos principalmente por tobas e ignimbritas marrón y grises, pudiendo localizarse hacia el techo y la base estratos de tobas riódacíticas blancas y rosadas; siendo la presencia más común una ignimbrita marrón vitrocrystalina, de composición riolítica. En las cercanías del techo del miembro inferior, un nivel ignimbrítico gris oscuro puede ser considerado como estrato guía, debido a su continuidad.

El relleno está constituido fundamentalmente por sedimentos marinos, principalmente conglomerados, areniscas y limolitas pardo oscuras con intercalaciones de conchas, que engranan hacia la desembocadura de la quebrada con gravas, arenas, limos y ceniza volcánica, de origen continental aluvional. En el sector bajo del área de estudio, aproximadamente desde la ruta 5 Norte hacia la costa, los sedimentos se ubicarían sobre roca de la formación Concordia, mientras que desde dicho sector hacia aguas arriba se ubicarían sobre roca de tipo volcánico y areniscas.

En lo referente a las formaciones acuíferas, y sobre la base de escasa información estratigráfica y de pruebas de bombeo, se estima un espesor del relleno de al menos 400 m. De hecho, el sondaje de mayor profundidad existente alcanzó una profundidad de 432 m de profundidad, sin encontrar roca basal; por su parte otros sondajes muestran profundidades una profundidad de 200, 300, 378 y 381, también sin llegar al basamento.

La información estratigráfica muestra que el relleno se compone principalmente de arenas de distinta graduación, pero fundamentalmente fina a media, con intercalaciones de estratos de diferentes características.

En la zona cercana a la costa y hasta unos 3,5 km. hacia el interior, se observa

una estratificación donde se aprecia la presencia principalmente de arenisca hasta los 200 m de profundidad, bajo el cual se ubicaría un estrato del tipo conglomerado, que se extendería más allá de los 200 m. Dentro del estrato de arenisca, se ubican estratos de baja permeabilidad del tipo ceniza volcánica, con potencias del orden de 15 a 20 m.

Se observa una cierta heterogeneidad, caracterizada por la ocurrencia de estratos superiores que en sectores presentan capas diversas (arenas, limos, cenizas volcánicas, piedra pómez y bloques de liparita o riolita, con fósiles marinos), y en otros arena fina a gruesa. En ambos el espesor puede variar entre 115 y 80 m, respectivamente. Dichos estratos están sobrepuestos por otro estrato que alcanza a profundidades entre 200 a 300 m, y que presenta zonas con capas de arenas, limos y cenizas) o materiales finos.

Las transmisividades fluctúan entre 100 a 400 m²/día (Cabrera, 1998); según la tabla siguiente:

| Sondaje | T (m ² /día) |
|---------|-------------------------|
| B1 | 240 |
| B2 | 1.570 |
| B3 | 420 |
| D1 | 330 |
| D3 | 100 |
| D4 | 500 |
| B5 | 220 |
| B9 | 90 |
| D8 | 110 |

En relación con los niveles la información disponible no muestra fluctuaciones significativas, considerando la estadística existente. Puede apreciarse que desde los años 90 a la fecha se aprecia una leve tendencia a la disminución. En anexo se entregan antecedentes sobre niveles observados.

V. Modelo Hidrogeológico

Sobre la base de los antecedentes recopilados, se ha definido una conceptualización del sistema conforme a las siguientes consideraciones:

- Acuífero de baja conductividad hidráulica y almacenamiento.
- Registros piezométricos sin variaciones estacionales y estables a largo plazo, con variaciones de 1 m. para un período de 10 años.
- Recarga constante producida por un flujo pasante bien definido de sentido este-oeste; del orden de 100 l/s, de acuerdo con estimaciones previas, entre la línea de la Concordia al norte y el límite de la cuenca del río Lluta en su desembocadura al sur.
- Extensión del dominio del modelo un poco más amplio que la zona efectiva de interés para evitar efectos por la cercanía del borde.
- Piezometría con gradientes zonificados que muestra la existencia de zonas de conductividad hidráulica bien diferenciables a escala del modelo y acorde con la caracterización hidrogeológica.

Consecuentemente, la modelación matemática requiere de condiciones de borde que en su conjunto permitan replicar las principales características conceptualizadas para el modelo hidrogeológico, esto es:

- Se ha considerado un dominio que se extiende poco más allá de la zona de interés efectiva, con el objeto de alejar el efecto de una condición de borde impermeable sobre los pozos ubicados en las cercanías de la Línea de la Concordia. Lo anterior sólo y únicamente para los fines metodológicos del análisis, con el objeto de no interferir los resultados

artificialmente mediante la imposición de una condición de borde muy cercana a los pozos de extracción.

- Límite sur, establecido en forma coincidente con la delimitación de la cuenca del río Lluta en desembocadura.
- Límite oeste, situado aproximadamente a 8 km de la línea de costa. Distancia con la cual se cubre la mayor porción de acuífero prospectado y conocido a la fecha.
- Flujo de recarga proveniente desde el límite este por efecto de un caudal de recarga de 140 l/s, que incluye todo el dominio del modelo, representado a través de una línea de pozos situados al costado este del modelo.
- Límite oeste con una condición de borde de altura constante $H=0$ para representar la orilla de mar en el modelo. Asimismo, con una línea de borde de celdas con baja conductividad hidráulica, que represente funcionalmente el empuje de la cuña salina
- Espesor del acuífero en 400 m., conforme con la caracterización hidrogeológica que ubican el basamento impermeable a esa profundidad en el sector sur del dominio.

En la figura N°2 se presenta el dominio para el cual se desarrolla la modelación.

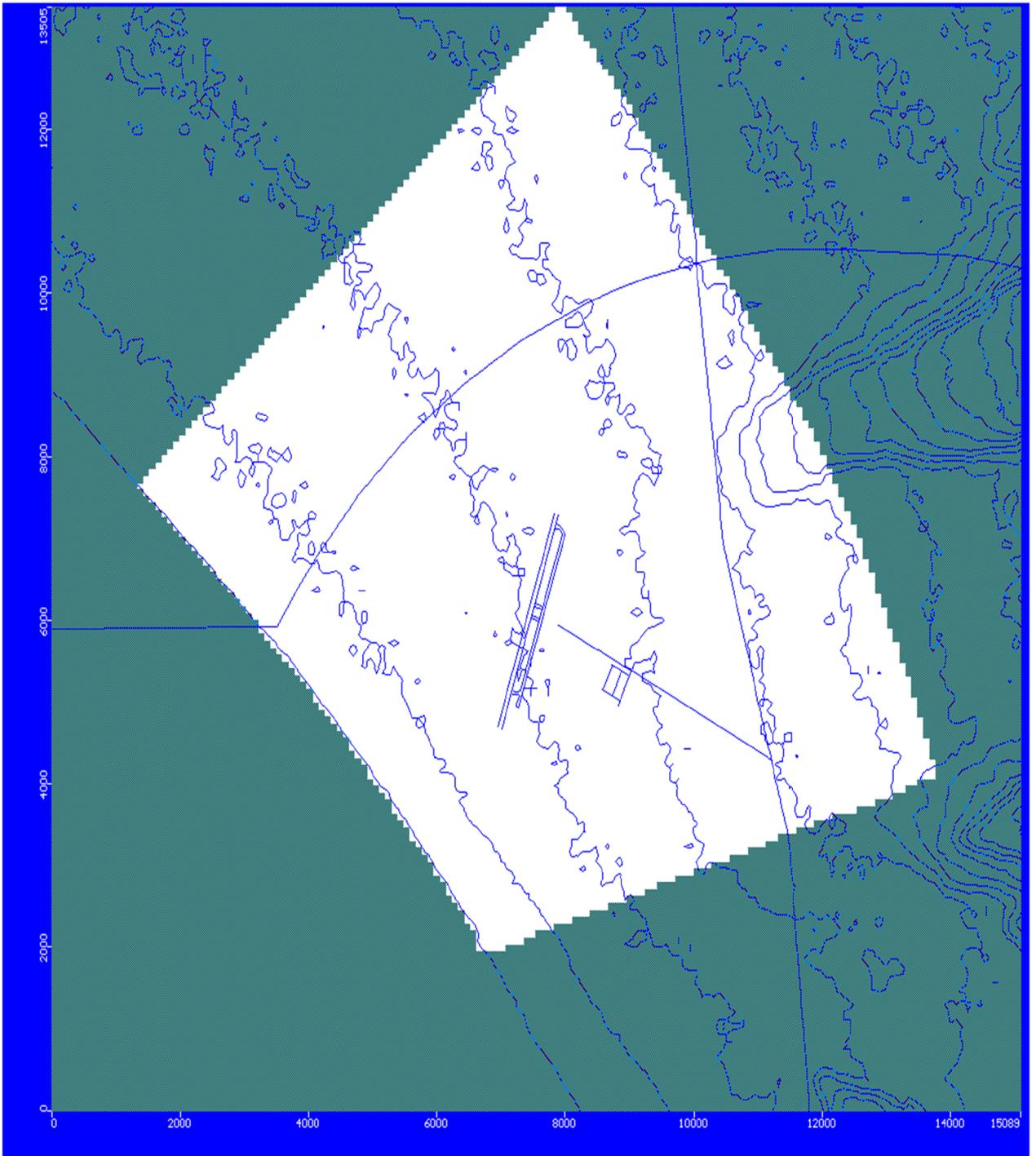


Figura N° 2 Dominio modelo hidrogeológico de La Concordia

Aunque existen extracciones en la zona de estudio, estas son de muy baja cuantía y se ha desestimado incluirlas inicialmente para los efectos de la representación de modelo.

Cabe mencionar además que el objetivo de la modelación planteada es la representación en términos generales del patrón de flujos y de la respuesta del sistema frente a un escenario de explotación continua, a los efectos de aportar los antecedentes que permitan estimar el efecto que la explotación produce sobre el equilibrio entre el agua dulce y el agua salada. En este sentido, la modelación en una condición estacionaria cumple con este objetivo sin necesidad de entrar en un análisis en condición transiente, para la cual tampoco existen datos suficientes.

V.1 Calibración

La calibración se desarrolló bajo las siguientes consideraciones:

- Definir conductividad hidráulica por sectores diferenciables en base a la información hidrogeológica disponible
- Asignación de conductividad sobre la base de los antecedentes existentes
- Definición de las isolíneas de nivel freático sobre la base de la información de niveles y la morfología de la cuenca.

Efectuada la calibración del modelo, se pudo apreciar que para valores de conductividad hidráulica representativos del sistema, en condición estacionaria y sin extracciones, los resultados se ajustan bastante bien a los niveles en los pozos (considerados en términos de cota sobre el nivel del mar). Para estos efectos se consideró la información de niveles consignada por Vargas<1>.

Es decir, la representación del nivel freático, a través de las isolíneas queda bastante bien ajustado. Cabe hacer presente que la representación de la conductividad hidráulica se zonificó sobre la base del comportamiento

hidráulico mostrado por los niveles piezométricos que muestra zonas bien diferenciadas, que se pueden observar en la figura N° 3 y 4.

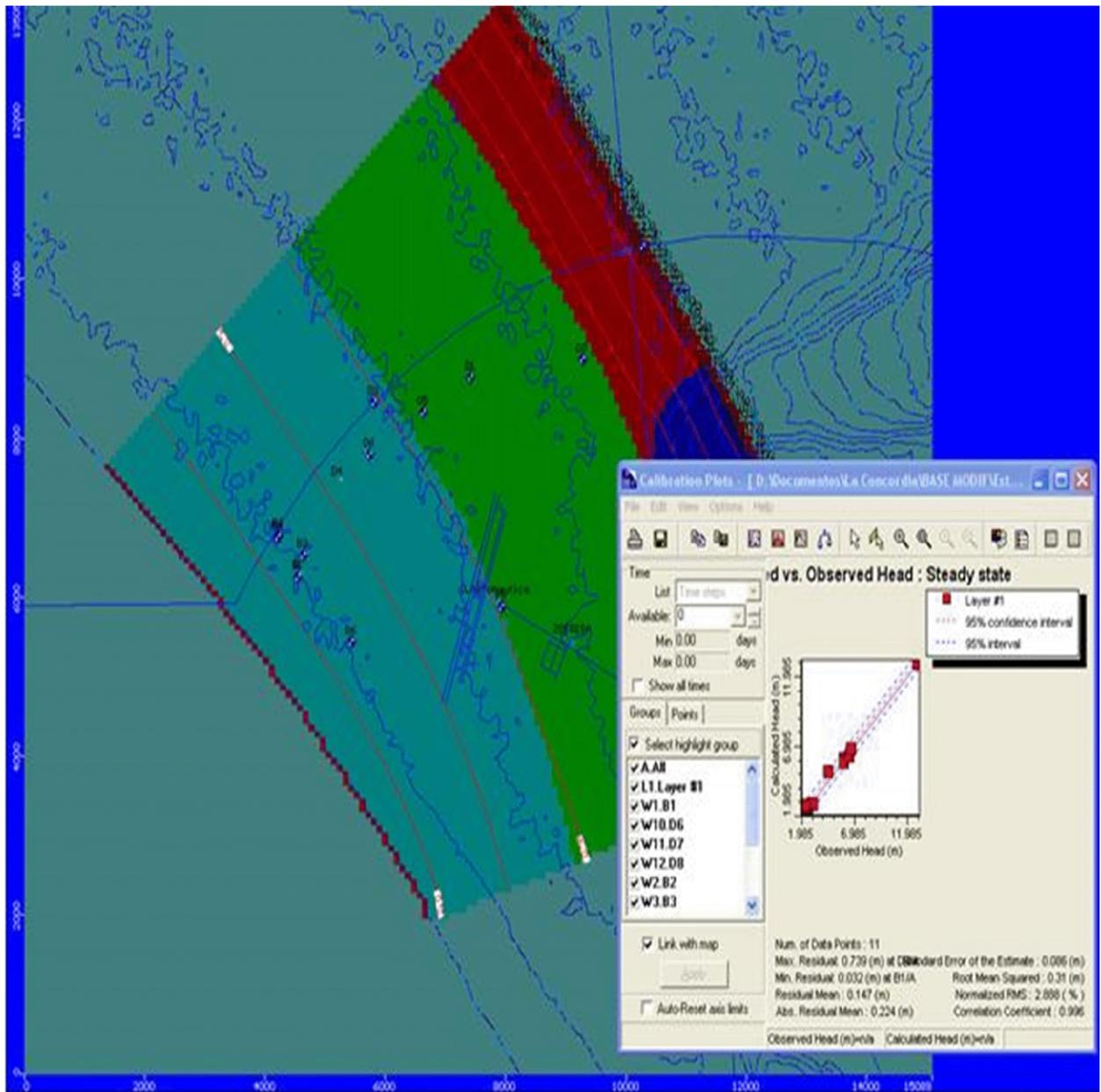


Figura 3. Niveles simulados y ajuste del modelo.

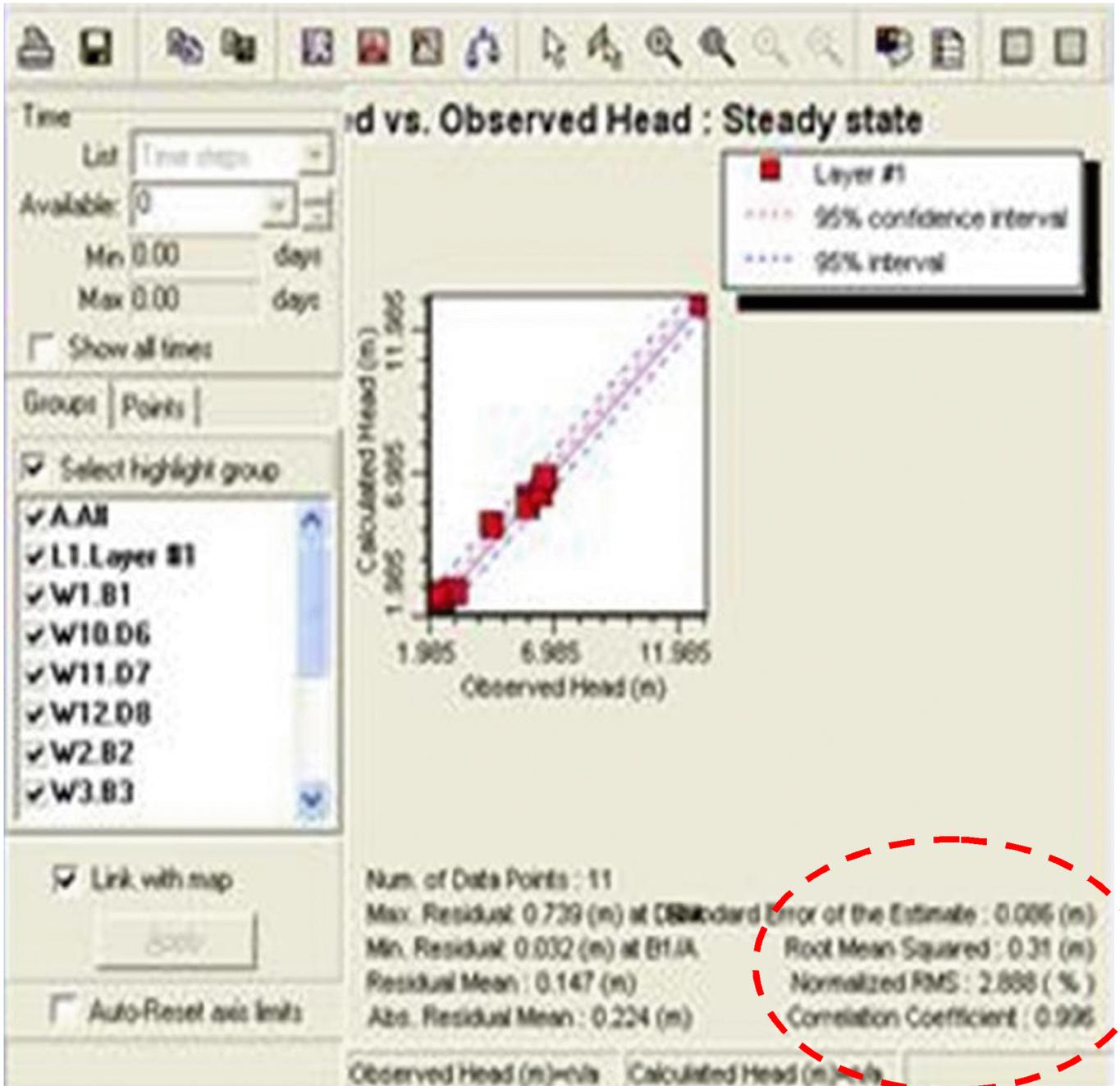


Figura 4. Detalle de ajuste del modelo

V.2 Escenarios de explotación y resultados piezométricos

A partir de los antecedentes recopilados se establecieron dos escenarios de modelación:

- Caso a) Escenario dependiente de la demanda según solicitudes pendientes, en el cual los caudales de explotación corresponden a la totalidad de los caudales otorgados a la fecha y de aquellos que se encuentran pendientes. Esto es un caudal total de 105.1 l/s, cuyo detalle puede ser visto en anexo
- Caso b) Correspondería a una situación en que la demanda total sobre el acuífero, es decir la indicada en el caso a), es distribuida espacialmente a lo largo de una línea paralela a la línea de costa, entre 6000 y 6500 m aguas arriba de ésta, mediante 15 pozos de explotación, cada uno de ellos a la profundidad suficiente para quedar habilitados hasta 20 m bajo la cota piezométrica.

Lo anterior tiene por objeto evaluar tanto una condición de explotación previsible como una condición de explotación ideal, y a partir de ellos generar los elementos de análisis que permitan estimar la disponibilidad de largo plazo como identificar factores de riesgo que pueden limitar el aprovechamiento, en términos de la respuesta del sistema en niveles alcanzados y de la relación entre agua dulce y agua salada.

En la figura 5 se muestra la condición de la piezometría en condición estacionaria bajo un escenario de explotación del 100% de la demanda y en la configuración de pozos existente.

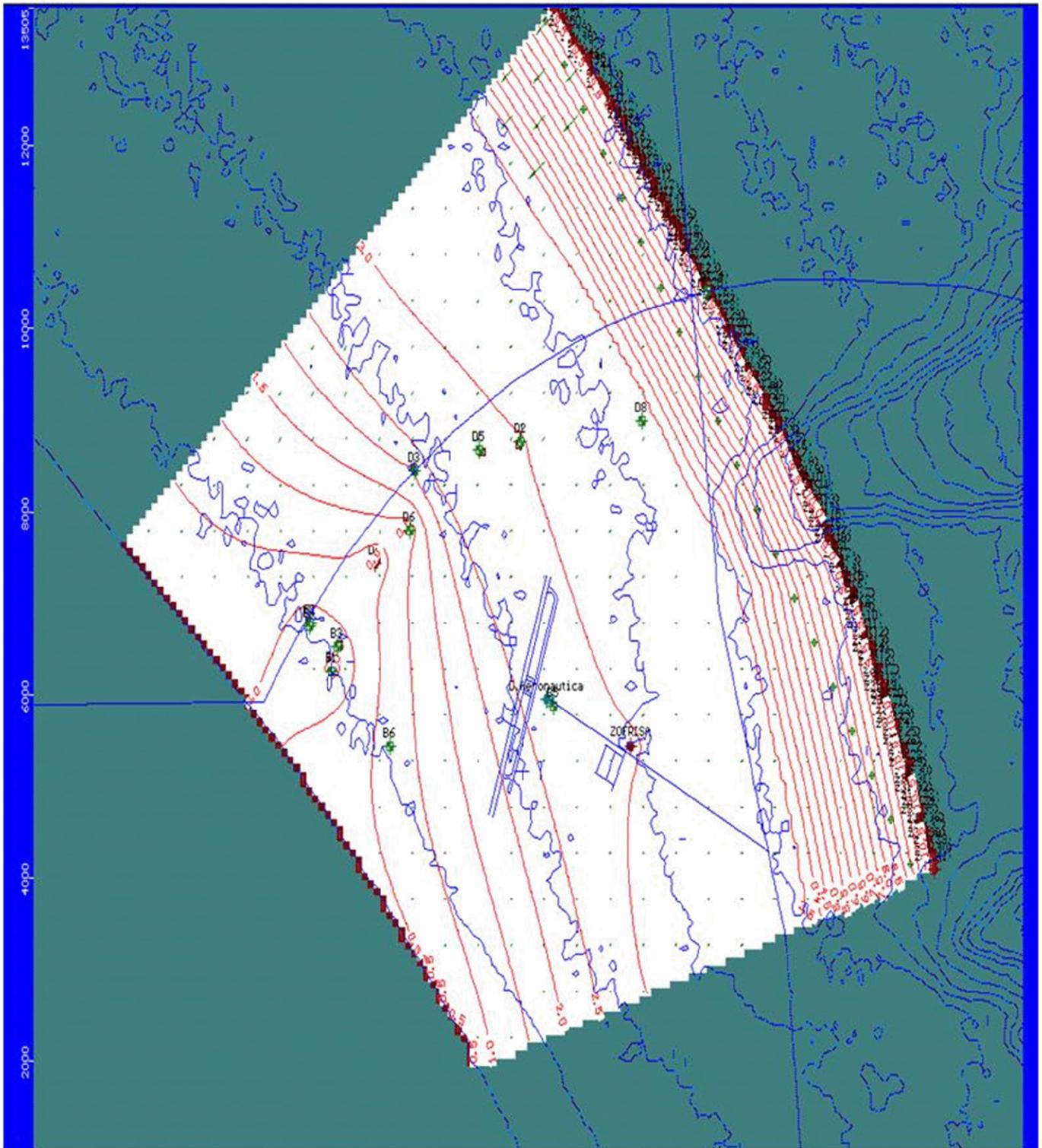


Figura N° 5 Piezometría resultante en condición estacionaria, caso a).

La piezometría muestra que aproximadamente desde la cota del pozo D3 hacia aguas arriba no hay una variación significativa, salvo los puntos D2 y ZOFRISA que introducen un efecto acotado y muy local, respecto de la condición inicial o de calibración. Hacia aguas abajo se percibe un cambio respecto de la situación inicial pudiendo apreciarse que los pozos D6 y D5 generan descenso pero, por su distancia de la línea de costa, se mantiene por sobre el nivel del mar.

En la cercanía de la costa y por la concentración mayor de puntos de extracción se puede observar la aparición de una depresión máxima localizada, la que es producida por el efecto de superposición de las depresiones individuales de cada uno de los pozos.

En estas condiciones la intercepción sobrepasa el flujo pasante dentro una franja de dos kilómetros aproximadamente, provocando el ingreso del agua de mar por una distancia similar.

Conforme a lo anterior, es esperable que una localización mas extendida o distribuida produzca para un mismo caudal total una depresión menos concentrada; ya que el efecto de superposición se minimiza o elimina, según la distancia entre ellos.

Esto queda evidenciado con los resultados arrojados por el modelo en el caso b); que se muestra en la figura 6. Donde, como se pudo intuir, se producen isolíneas con un trazado bastante suave y paralelas a la línea de costa, lo que indica que los flujos siguen un patrón uniformemente distribuido; es decir no aparecen depresiones puntuales que pueden derivar en interferencias o afecciones locales que induzcan el ingreso de agua de mar.

Lo anterior permite establecer, sobre la base de las consideración hechas previamente, que para una extracción de 105 l/s aproximadamente puede sostenerse en el sistema modelado bajo una configuración como la analizada; pudiendo haber otras combinaciones que generen resultados similares.

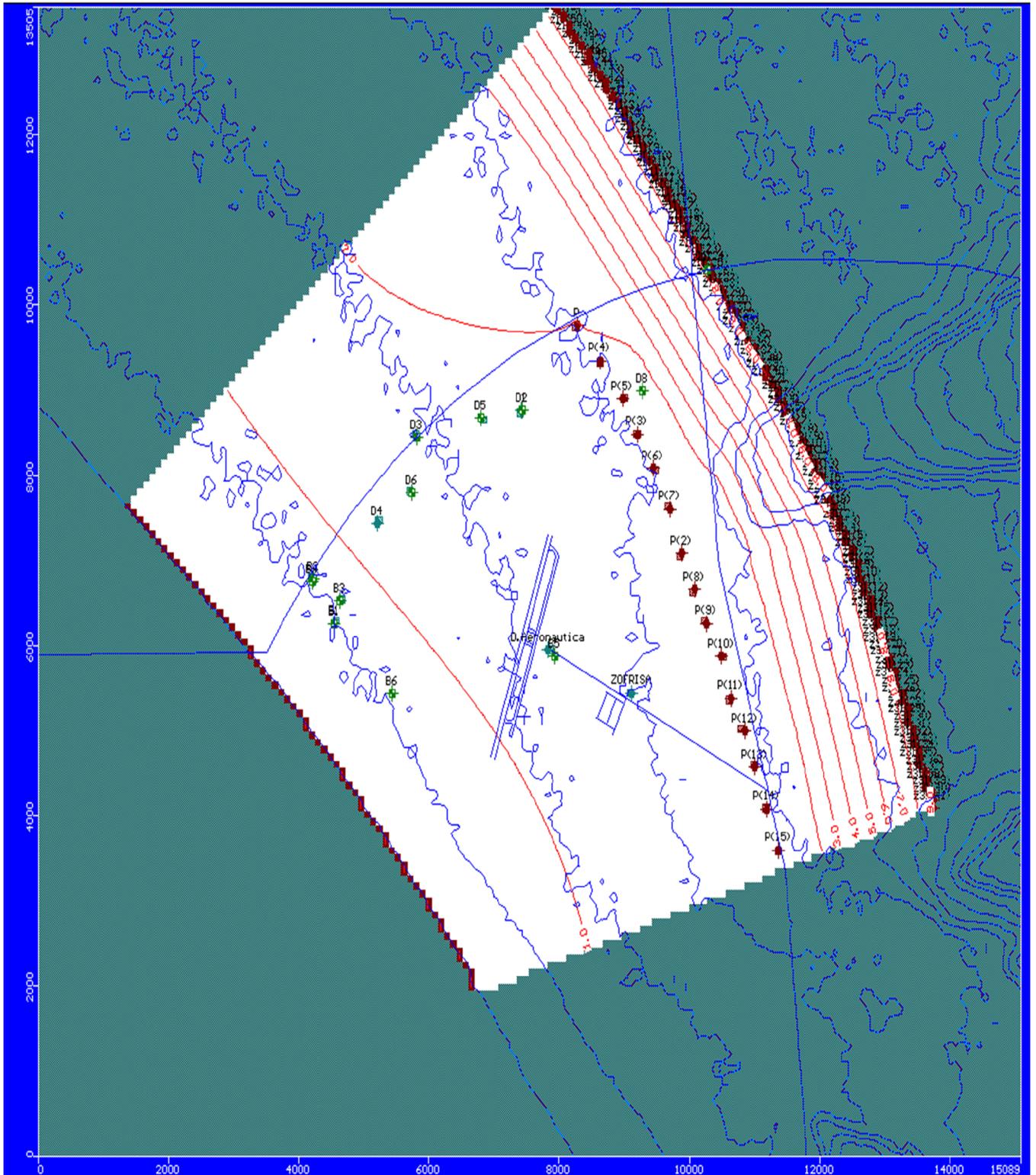


Figura N°6 Piezometría resultante en condición estacionaria, caso b).

V.3 Intrusión salina

En general, la intrusión salina en acuíferos costeros se hace presente de dos formas:

- Caso N°1: Asociado con el alzamiento en forma de "domo", de la superficie de mezcla agua dulce- agua salada, por efecto de la explotación de un pozo.
- Caso N° 2: Avance hacia el continente de la cuña salina debido a la interceptación del caudal pasante. Caso que corresponde a la discusión del caso b) del punto anterior.

Según Vargas (2005), para el acuífero de la Concordia, la situación del caso N°1 se puede manejar si se adoptan algunas medidas específicas, partiendo de la base de un control sistemático de la salinidad y procediendo a, por ejemplo: distribuir o espaciar las captaciones; privilegiar pozos de menor caudal y profundidad; alejar la localización de las captaciones de la playa.

Sin perjuicio de lo anterior, cuando la condición de explotación sobrepasa el caudal de recarga, el factor limitante corresponde al caso N°2., por cuanto se trata de la interceptación del caudal pasante del acuífero, flujo que permite que la cuña salina permanezca en el equilibrio actual. Por este motivo, la explotación del acuífero debe asegurar cierto flujo de agua hacia el mar, con el fin de mantener limitada la intrusión salina. Evidentemente que la localización de las captaciones tiene una incidencia importante en la interceptación del flujo pasante y determina la distribución de los descensos.

Si bien el análisis anterior es correcto, el riesgo por intrusión salina depende de la combinación de ambos casos, es decir, la interceptación del flujo pasante no sólo produce una disminución del empuje de la cuña salina hacia el mar sino que disminuye significativamente la columna de agua dulce en el acuífero, produciendo un incremento del riesgo de intrusión salina dentro de las captaciones.

Para efectos analizar lo anteriormente indicado, sobre la base de los resultados obtenidos a partir de la modelación hidrogeológica, se ha procedido a la evaluación local de la localización de la cuña salina.

Esto se realizó considerando las recomendaciones de Custodio (1996) a partir de la relación:

$$z = 40h_d$$

Donde:

z = profundidad de la cuña salina bajo el nivel del mar

h_d = columna de agua sobre el nivel del mar

Cabe hacer presente que esta relación es una aproximación que describe la posición de la interfase agua dulce - agua salada si el movimiento del agua es pequeño y prácticamente horizontal, deducida a partir del equilibrio hidrostático.

Sus mayores imprecisiones se encuentran en las cercanías del afloramiento del acuífero en el mar, sin embargo, se estima suficiente para el análisis en cuestión. Cabe agregar que comparada con otras relaciones existentes (p.e: Glover); esta relación es menos exigente para representar el efecto de intrusión salina.

V.4 Resultados

Los resultados de aplicar el criterio de intrusión salina para la situación sin explotación y con explotación muestran lo siguiente:

- La condición de intrusión salina ya se puede vislumbrar en el escenario sin explotación; ya que considerando la profundidad de los pozos ubicados en la zona baja del acuífero algunos de ellos penetran la interfase estimada.
- Esta condición además aparece ya sea como una inversión de flujos con el ingreso de agua salina al acuífero desde el mar, o por el ascenso bajo las captaciones de agua. Ver valores en detalle en tabla N°2 de anexo.

En la figura N° 7 se puede observar descritas ambas condiciones:

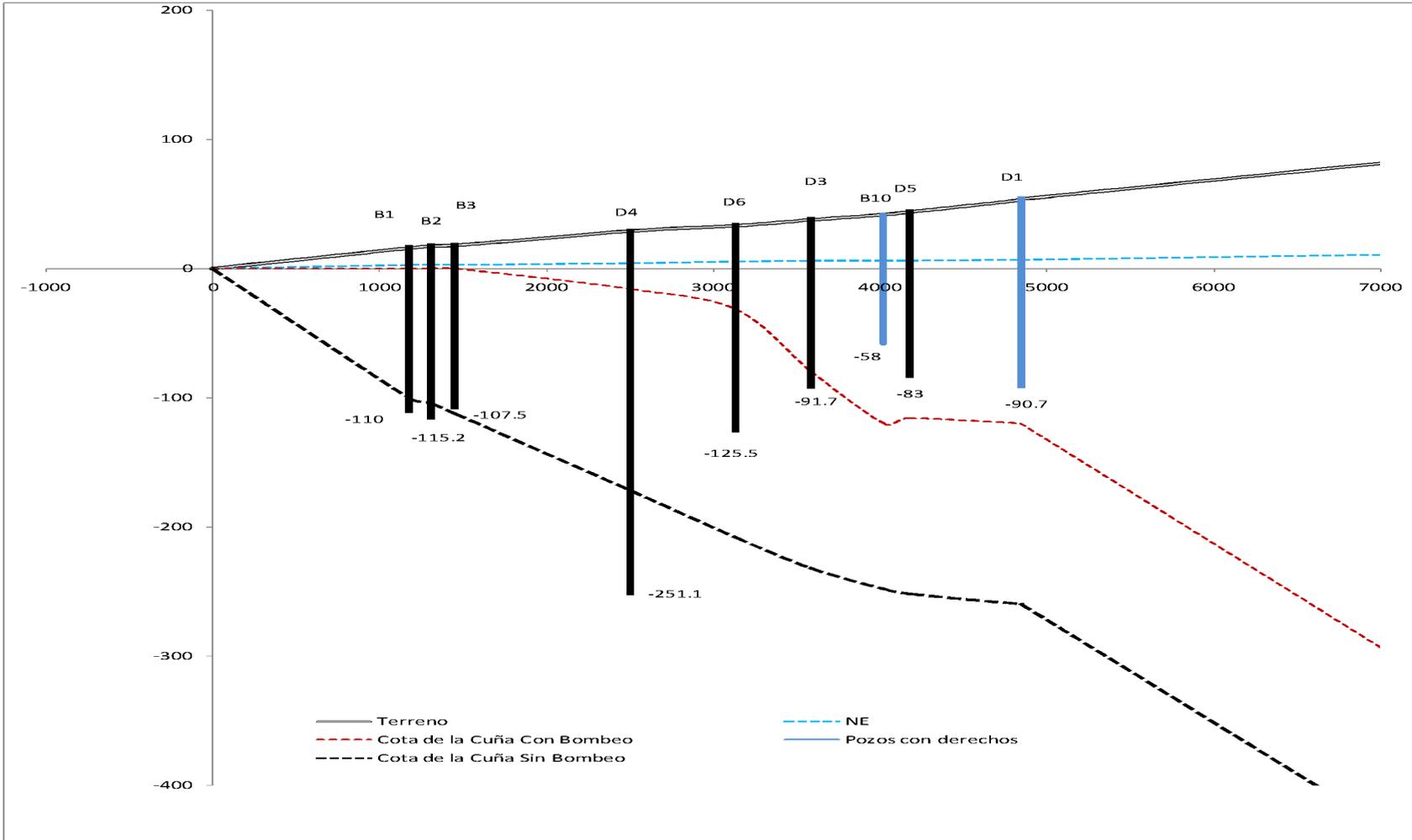


Figura N°7: Ploteo de la relación $z= 40hd$ en condición estacionaria sin explotación y bajo explotación del 100% de la demanda de agua solicitada.

Por su parte, para el caso b), es decir considerando el caudal de 105 l/s distribuido en 15 pozos, denominados sólo para los efectos del análisis como pozo ideal; se puede señalar lo siguiente:

- La piezometría como se mencionó resulta bastante uniforme con isolíneas suaves son alteraciones locales.
- En este escenario, no se produce la condición de intrusión salina por inversión de flujos e ingreso de agua salina al acuífero desde el mar.
- Efectuando los cálculos a partir de la relación $z = 40hd$ no se produce una condición de interferencia o afección, generada por el ascenso del domo bajo un pozo ideal.

Al respecto en la tabla N°2 del anexo, se presentan los valores referidos a este caso.

Finalmente en la figura N° 8 se presenta la situación resultante para las dos condiciones mencionadas.

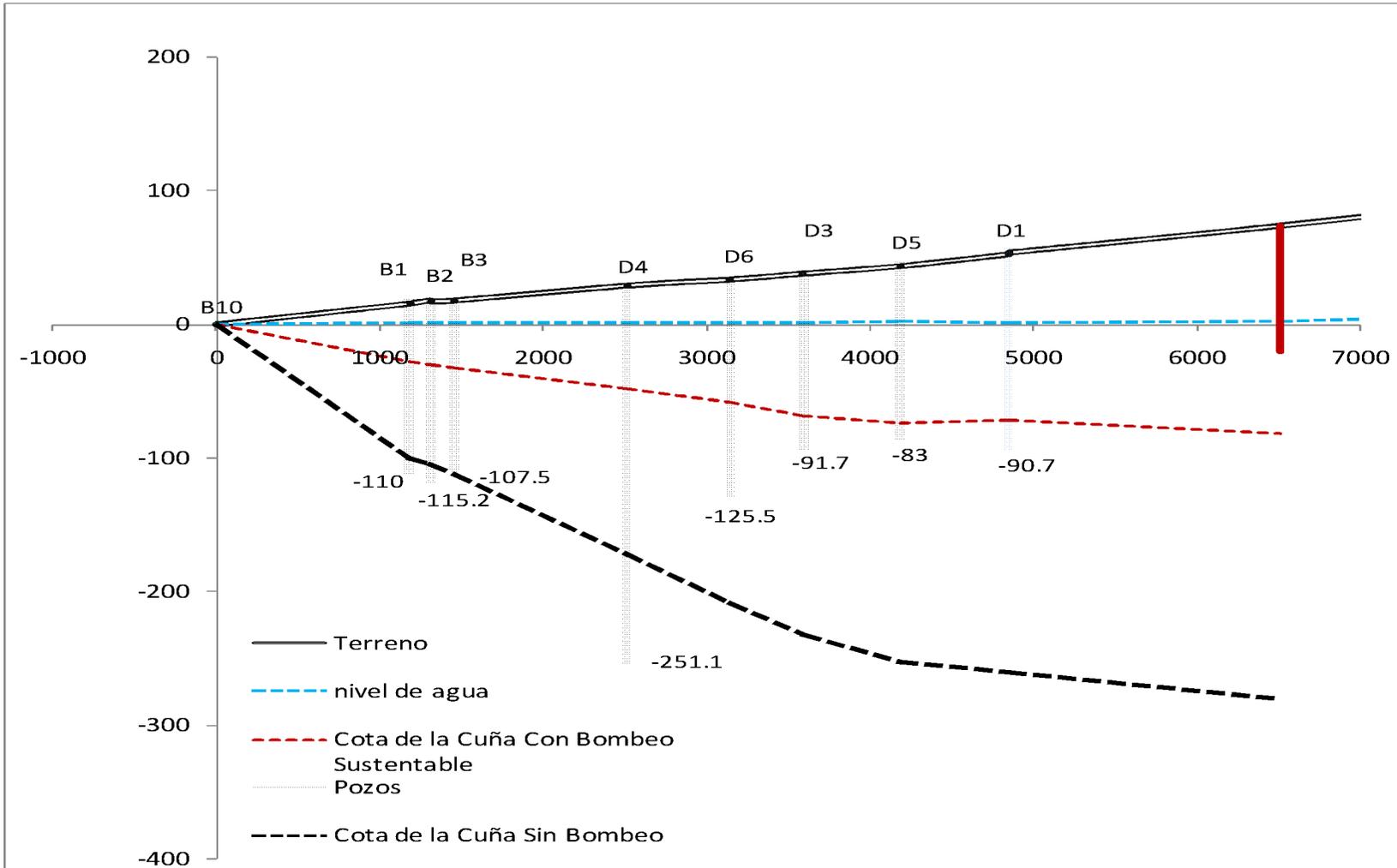


Figura N° 8 Ploteo de la relación $z = 40hd$ en condición estacionaria bajo explotación ideal del 100% de la demanda de agua solicitada.

V.5 Conclusiones

La modelación hidrogeológica desarrollada representa razonablemente la piezometría y flujo pasante para las condiciones actuales, que en la práctica casi corresponden a una condición sin explotación.

Esto último se corrobora al comparar la ubicación de las isolíneas del nivel de aguas subterráneas con las de los estudios de Ayala y Cabrera y de Vargas.

Para los usos solicitados, por la configuración espacial de los pozos, cabe esperar la generación de descensos significativos en relación a la situación actual; que aunque no son de gran magnitud, pueden tener incidencia en la situación de equilibrio entre agua dulce y agua salada.

La evaluación de la localización de la cuña salina muestra un importante ascenso en un perfil oeste-este en la línea de ubicación de los pozos para los usos solicitados.

Una explotación de la demanda desde una distribución ideal de pozos evitaría la inversión de flujos desde el mar y la contaminación de estas captaciones por el efecto de domo. Para estos efectos se entiende una distribución ideal a aquella configuración que reduce la superposición entre ellos y busca captar de una manera distribuida el flujo pasante.

Dada la localización de las captaciones que determinan la explotación previsible sobre el acuífero de la Concordia, se presenta un grave riesgo de contaminación del acuífero por el desplazamiento de la interfase agua dulce-salada.

La recarga que sustenta el flujo del acuífero en el dominio modelado resulta del orden de 100 l/s; sin embargo dada la condición morfológica del acuífero la respuesta del sistema para sustentar en el largo plazo su aprovechamiento dependerá de la localización de los pozos.

Por lo anterior la localización de pozos de una manera distribuida y perpendicular a la orientación del flujo puede permitir mayor extracción que una distribución que concentre los puntos de extracción en el mismo sentido

Por su parte la explotación es sensible a la intrusión salina, por lo que es esperable que el efecto sea menor en la medida que los pozos se alejen de la línea de costa.

Sobre la base de lo anterior, para una condición de pozos alineados en forma relativamente equidistante y paralela a la línea de costa, el caudal sustentable

en el dominio del modelo puede alcanzar a 105 l/s como explotación permanente

Lo anterior tiene incluida la consideración de intrusión salina, que puede ser más limitante en la medida que los pozos se acerquen mas a la costa.

Se puede concluir que el sistema en análisis tiene la capacidad para sustentar una explotación de 105 l/s.

Finalmente, atendidas las consideraciones establecidas para el desarrollo de la modelación; resulta recomendable establecer condiciones específicas a potenciales extracciones por el efecto de la afección que puede generarse por intrusión salina. Estas condicionantes dependerán de la ubicación de la captación; su caudal y la situación de otras captaciones.

VI. Recomendaciones

Sobre la base de lo anterior se efectúan las siguientes recomendaciones:

- Es necesario mejorar el conocimiento del sistema a partir de prospecciones y mediciones para la caracterización de los parámetros elásticos.
- Es necesario maximizar el control de niveles y de calidad de aguas a objeto de disponer de la mayor información posible
- Se debe procurar que las futuras extracciones tengan un seguimiento de los caudales extraídos, del nivel dinámico y de la conductividad hidráulica.
- Es necesario establecer modalidades de operación que permitan que la operación de cada pozo o del sistema en su conjunto, se ajuste según variables de control (niveles y/o calidad de agua); para mantener condiciones aceptables para el sistema.

VII. Referencias

1. "Potencial Hídrico de la Quebrada de Escritos
M. Vargas. B. Universidad de Tarapacá, 2005
2. Hidrología Subterránea.
E. Custodio. 1996.
3. Antecedentes técnicos solicitudes de derechos de agua en el acuífero de La Concordia
DGA. S/fecha
4. "Estudio Hidrogeológico Quebrada de Escritos".
Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. Ingenieros Consultores. 1998

ANEXOS

Tabla N°1 Catastro de sondajes en el Acuífero de la Concordia

| Nº | POZO | COORD. UTM(1) | | UBICACIÓN | PROPIETARIO | CONSTRUCTOR | COTA | PROF. (m) | | PRUEBA DE BOMBEO | | | FECHA TERM. CONST RUC. |
|----|---------------|---------------|--------|-------------------|------------------|-------------|------|-----------|---------|------------------|---------|----------|------------------------|
| | | NORTE | ESTE | | | | | PERF. | HABIL | Q (L/s) | N.E.(m) | N.D. (m) | |
| 1 | 1810-7020 D1 | 7973367 | 358490 | CONCORDIA | DIR. AERONAUTICA | CORFO 377 | 53,9 | 155,5 | 144,6 | 35 | 45,90 | 56,0 | Ene-61 |
| 2 | 1810-7020 D2 | 7973375 | 358505 | CONCORDIA | CORFO | CORFO 436 | 53 | 128,7 | 124,6 | | 45,70 | | Dic-62 |
| 3 | 1810-7020 D3 | 7973052 | 356878 | CONCORDIA | CORFO | CORFO 502 | 38 | 143,0 | 129,7 | 32 | 32,10 | 57,0 | Dic-66 |
| 4 | 1810-7020 D4 | 7972036 | 356283 | CONCORDIA | CORFO | CORFO 503 | 29 | 300,4 | 280,1 | 57 | 23,6 | 35,0 | Dic-65 |
| 5 | 1810-7020 D5 | 7972931 | 357704 | CONCORDIA | | | | | | | | | |
| 6 | 1810-7020 D6 | 7972399 | 356805 | | CORFO | | | | | | | | |
| 7 | 1810-7020 D7 | 7975013 | 361340 | EX-COMP.FRONT | CORFO | CORFO 450 | 96 | 115,0 | 115,0 | 4 | 83,6 | | |
| 8 | 1810-7020 D8 | 7973597 | 360354 | CONCORDIA | ZOFRI 2 | CAPTAGUA | | 100,0 | 100,0 | | | | Feb-94 |
| 9 | 1810-7020 B1 | 7970860 | 355616 | CONCORDIA | CORFO | CORFO 303 | 16 | 200,0 | 126,0 | 32 | 13,0 | 30,4 | Sep-59 |
| 10 | 1810-7020 B2 | 7971387 | 355293 | CONCORDIA | CORFO | CORFO 344 | 17,5 | 140,0 | 132,7 | 50 | 14,9 | 18,0 | Ene-60 |
| 11 | 1810-7020 B3 | 7971125 | 355700 | CONCORDIA | CORFO | CORFO 352 | 18 | 136,0 | 125,5 | 25 | 14,5 | 20,4 | May-60 |
| 12 | 1810-7020 B4 | 7971355 | 355282 | CONCORDIA | CORFO | CORFO 435 | 16,5 | 150,0 | 132,4 | | 14,0 | | Dic-62 |
| 13 | 1810-7020 B5 | 7970489 | 359005 | AEROP. CHACALLUTA | DIR. AERONAUTICA | CORFO 336 | 48 | 59,0 | 55,3 | 10 | 42,50 | 47,0 | Dic-59 |
| 14 | 1810-7020 B6 | 7970050 | 356500 | | CORFO | CORFO 466 | 20,5 | 144,0 | 139,5 | | 16,60 | | Oct-63 |
| 15 | 1810-7020 B7 | 7971900 | 368150 | | CORFO | CORFO 467 | 39 | 432,0 | NO HAB. | | 34,80 | | |
| 16 | 1810-7020 B8 | 7969281 | 362318 | CARAB. CHACALLUTA | | | | 100,0 | | | | | |
| 17 | 1810-7020 B9 | 7970555 | 358899 | AEROP. CHACALLUTA | DIR. AERONAUTICA | CELZAC 465 | 48 | 81,0 | 60 | 8 | 40,9 | 50 | Oct-63 |
| 18 | 1810-7020 B10 | 7970050 | 360175 | ZOFRI | ZOFRI 1 | HIDROSAN | | 100,0 | 100 | | | | Jul-92 |

Tabla N°2 Detalle resultados modelación hidrogeológica y aplicación de la relación z = 40hd

Caso a)

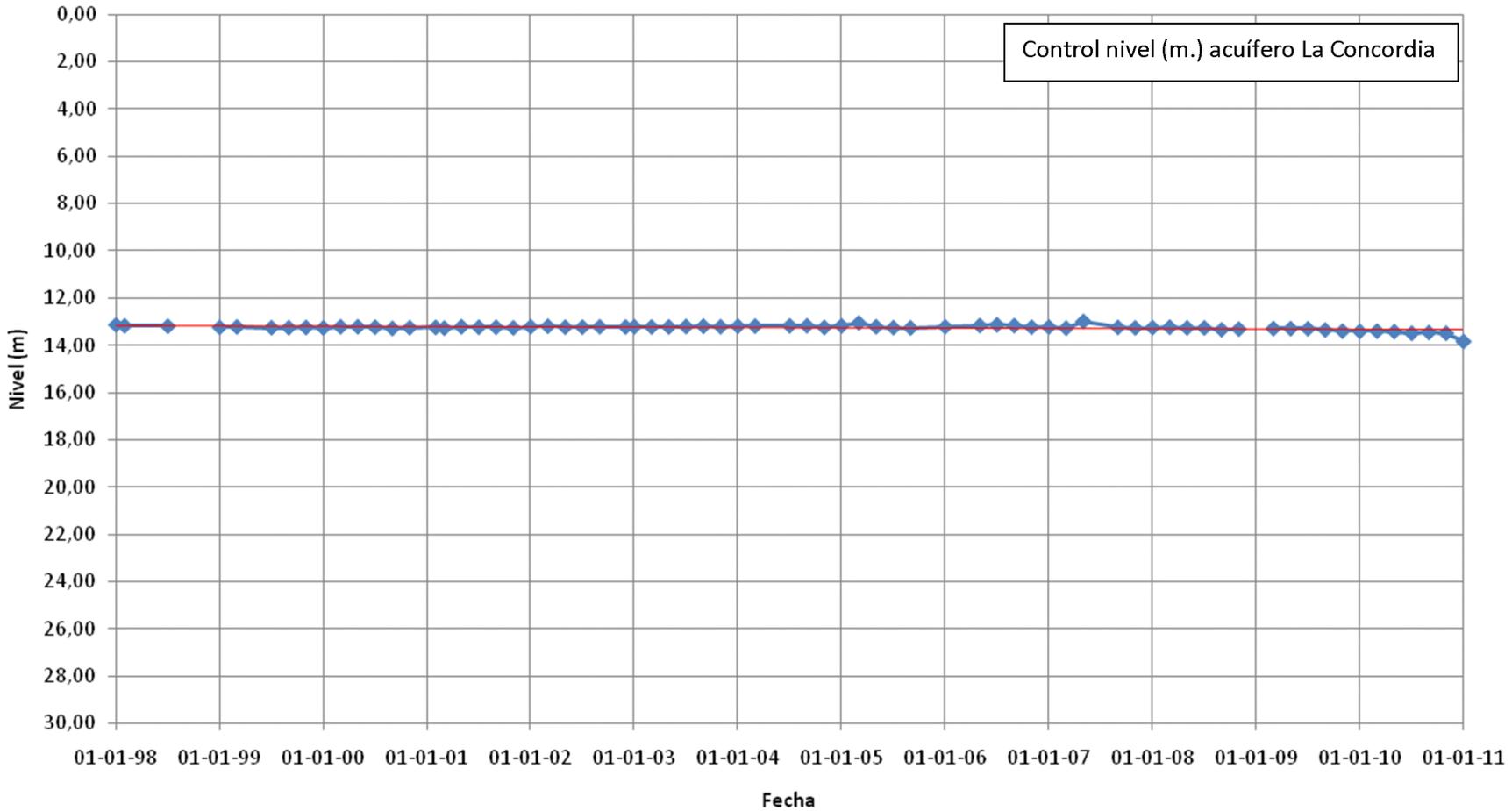
| PUNTO | Orilla Mar | B1 | B2 | B3 | D4 | D6 | D3 | B10 | D5 | D1 | EX CHACALLUTA (D7) | COMPLEJO |
|--|------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------------------|----------|
| DISTANCIA AL MAR | 0 | 1178 | 1306 | 1454 | 2505 | 3139 | 3589 | 4020 | 4177 | 4845 | | 8125 |
| Z= 40 hd (m) | 0 | -98.8 | -103.2 | -120 | -172 | -183.2 | -237.2 | | -258.8 | -265.6 | | -520 |
| Cota de la Cuña Sin Bombeo (msnm) | 0 | -100 | -104 | -112 | -172 | -208 | -232 | -248 | -252 | -260 | | -520 |
| Cota de la Cuña Con Bombeo (msnm) | 0 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -16 | -32 | -80 | -120 | -116 | -120 | | -384 |
| Cota Profundidad habilitada (msnm) | | -110 | -115.2 | -107.5 | -251.1 | -125.5 | -91.7 | -58 | -83 | -144.6 | | -4 |
| Cota NE calibración (*) | 0 | 2.47 | 2.58 | 3 | 4.3 | 4.58 | 5.93 | | 6.47 | 6.64 | | 13 |
| Cota NE estacionario Sin Bombeo | 0 | 2.5 | 2.6 | 2.8 | 4.3 | 5.2 | 5.8 | 6.2 | 6.3 | 6.5 | | 13 |
| Cota NE estacionario Con Bombeo | 0 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.4 | 0.8 | 2 | 3 | 2.9 | 3 | | 9.6 |
| Cota Terreno | 0 | 16 | 17.5 | 18 | 29 | 33.5 | 38 | 42 | 44 | 53.9 | | 96 |
| Prof. Hb (PH) | | 126 | 132.7 | 125.5 | 280.1 | 159 | 129.7 | 100 | 127 | 144.6 | | 100 |

(*) Valores obtenidos de Vargas 2005

Caso b)

| PUNTO | DESIMBOCADURA QUEB. ESCRITOS | B1 | B2 | B3 | D4 | D6 | D3 | D5 | D2 | D1 |
|---|------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| DIST. | 0 | 1178 | 1306 | 1454 | 2505 | 3139 | 3589 | 4177 | 4845 | 4845 |
| Z= 40 hd (m) | 0,0 | -98.8 | -103.2 | -120 | -172 | -183.2 | -237.2 | -258.8 | -265.6 | -265.6 |
| Cota de la Cuña Sin Bombeo | 0 | -100 | -104 | -112 | -172 | -208 | -232 | -252 | -260 | -260 |
| Cota de la Cuña Con Bombeo Sustentable | 0 | -28 | -30 | -32 | -48 | -58 | -68 | -73.2 | -72 | -72 |
| Cota PH | | -110 | -115.2 | -107.5 | -251.1 | -125.5 | -91.7 | -83 | -71.6 | -90.7 |
| Cota NE calibración | 0 | 2.47 | 2.58 | 3 | 4.3 | 4.58 | 5.93 | 6.47 | 6.64 | 6.64 |
| Cota NE estacionario Sin Bombeo | 0 | 2.5 | 2.6 | 2.8 | 4.3 | 5.2 | 5.8 | 6.3 | 6.5 | 6.5 |
| Cota ND estacionario SUSTENTABLE | 0 | 0.7 | 0.75 | 0.8 | 1.2 | 1.45 | 1.7 | 1.83 | 1.8 | 1.8 |
| Cota Terreno | 0 | 16 | 17.5 | 18 | 29 | 33.5 | 38 | 44 | 53 | 53.9 |
| Prof. Hb (PH) | | 126 | 132.7 | 125.5 | 280.1 | 159 | 129.7 | 127 | 124.6 | 144.6 |
| Q específico | | 1.75 | 0.35 | 0.13 | 0.7 | 4.47 | 0.22 | 0.29 | | |

POZO B1



POZO D3

