

Secretaría
de Obras Públicas



Ministerio
de Economía
República Argentina



ACTA COMPLEMENTARIA N° 8

Convenio INA - Ministerio de Infraestructura, Agua y Energía de la
Provincia de San Juan

INFORME FINAL

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO ACTUALIZADO Y DETALLADO DE LA CUENCA SUBTERRÁNEA DE PAMPA DEL CHAÑAR”

Departamento: JÁCHAL
PROVINCIA DE SAN JUAN

Autores: Lic. Gerardo Cabrera
Lic. Patricia Luna
Lic. Leandro Salvioli
Lic. Fernanda Carelli

Colaboradores: Ing. José Urnicia
Téc. Rolando Linares
Téc. Ismael Echaniz
Téc. Bibliotec. Rocío Hidalgo
Sr. Renzo Merenda

ÍNDICE

1	INTRODUCCION.....	1
2	OBJETIVO	1
3	UBICACIÓN Y ACCESOS.....	1
4	GEOLOGÍA.....	2
5	CARÁCTERÍSTICAS DE LA CUENCA DE PAMPA DEL CHAÑAR	6
6	INFLUENCIA DEL RÍO JÁCHAL	6
7	RELEVAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DE JÁCHAL NORTE Y PAMPA DEL CHAÑAR.....	9
8	PROSPECCIÓN GEOFÍSICA	10
8.1	Unidades Hidrogeológicas del subsuelo	12
8.1	Unidades Hidrogeológicas del subsuelo	13
9	CÁLCULO DE RECARGA.....	14
9.1	Delimitación de subcuencas superficiales	14
9.2	Registros de precipitación	16
9.3	Cálculo del volumen de agua precipitado	19
9.4	Cálculo del coeficiente de escorrentía	20
9.5	Cálculo del valor de la recarga.....	20
9.6	Cálculo de caudal de paso	21
10	SUSTENTABILIDAD DE LA EXTRACCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA.....	21
11	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	22

FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de interés

Figura 2 Mapa geológico de la zona norte del Valle de Jáchal

Figura 3 Flujo natural de los Ríos Jáchal y Las Carretas, en su condición natural, sin trasvase de agua

Figura 4 Modelo de sistema de perforación, con alternancia de bombeo

Figura 5 Ubicación de SEV y Traza de cortes hidrogeológicos

Figura 6 Red de drenaje y subcuencas superficiales de Pampa del Chañar

Figura 7 Curvas de igual precipitación. Período de menor precipitación en Pampa del Chañar.

Figura 8 Curvas de igual precipitación. Período de mayor precipitación en Pampa del Chañar.

TABLAS

Tabla1 Área de las subcuencas superficiales de Pampa del Chañar.

Tabla 2 Precipitación media anual por estaciones pluviométricas. Períodos de mayor y menor precipitación en Pampa del Chañar.

Tabla 3 Volumen precipitado medio anual. Períodos de mayor y menor precipitación en Pampa del Chañar.

Tabla 4 Volumen de recarga media anual. Períodos de mayor y menor precipitación en Pampa del Chañar.

LÁMINAS

Lámina 1 Cortes hidrogeológicos

1 INTRODUCCION

El presente informe responde a la nota N°08/24, presentada el día 24/01/24 al Instituto Nacional del Agua – Subgerencia Centro Regional de Agua Subterránea INA-SCRAS, por el Ing. José Luis Beltrán, Presidente de Obras Sanitarias Sociedad del Estado (OSSE), en la cual se solicita un “Estudio Hidrogeológico actualizado y detallado de la cuenca Subterránea de la zona de Pampa del Chañar, Departamento Jáchal, Provincia de San Juan; sitio donde se prevé ubicar una perforación de refuerzo para el sistema de captación existente, posibilitando la provisión de agua de consumo domiciliario a la zona norte de Jáchal.

2 OBJETIVO

Evaluar las condiciones hidrogeológicas de la cuenca subterránea de la zona de Pampa del Chañar y su suficiencia para la ubicación de una perforación de refuerzo del sistema de captación existente operado por OSSE, a fin de abastecer al sector norte del Valle de Jáchal.

3 UBICACIÓN Y ACCESOS

La zona de estudio se ubica en el extremo norte del valle de Jáchal - Niquivil, conocido como Pampa del Chañar. Aproximadamente 6 Km al sur de su límite meridional se sitúa la ciudad de San José de Jáchal, cabecera departamental.

Se accede desde la ciudad de San Juan, por Ruta Nacional N°40 en dirección norte aproximadamente 153 km hasta la localidad de San José de Jáchal y de ahí se toma en orientación Norte por la ruta provincial N° 456, que comunica la ciudad de Jáchal con la localidad de Villa Mercedes y continúa hacia el norte hasta el paraje de Huerta de Huachi. Ver Figura 1.

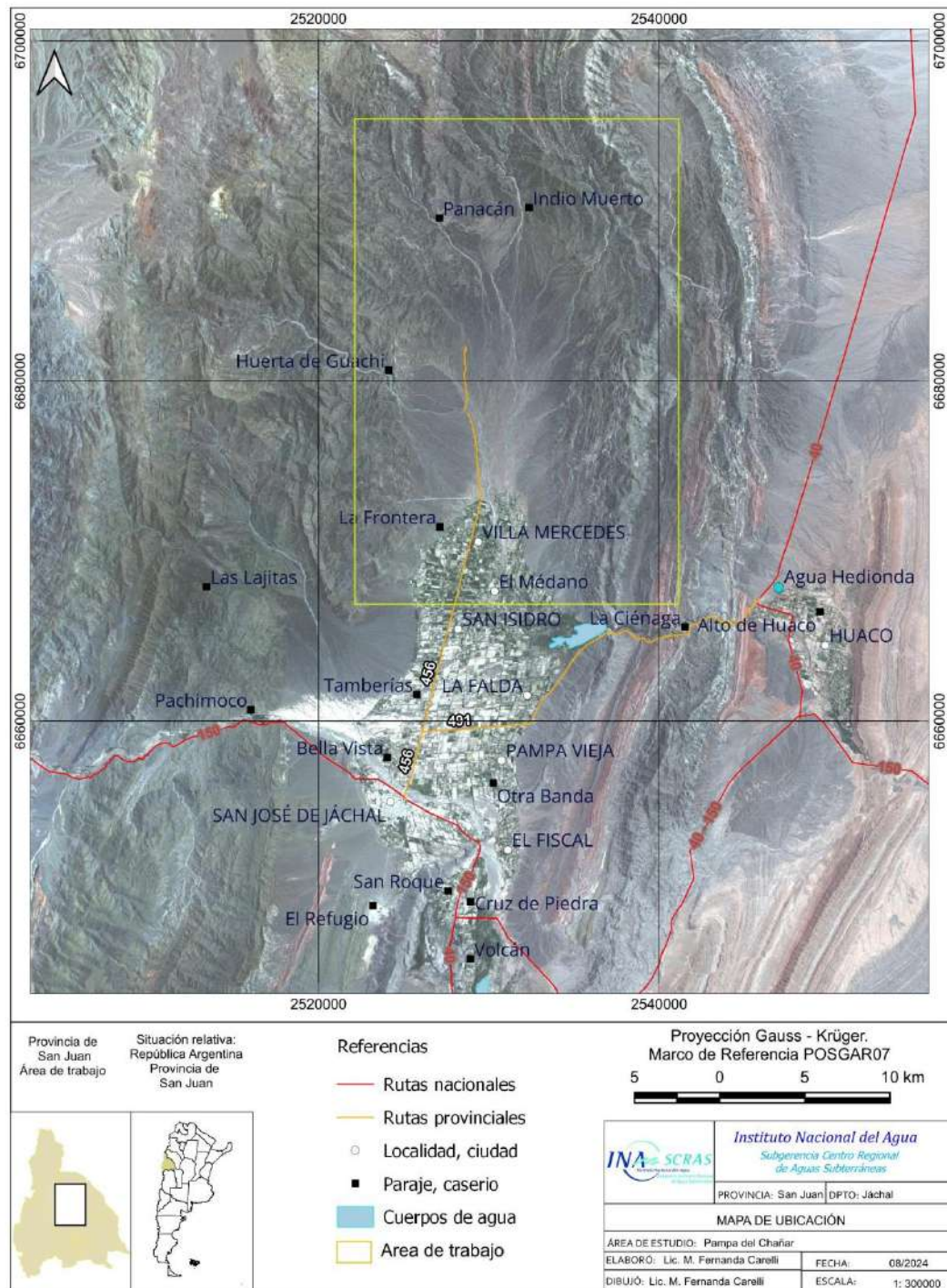


Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de interés

4 GEOLOGÍA

Geológicamente, la Pampa del Chañar, forma parte de una fosa tectónica o depresión intermontana enmarcada entre la Precordillera Central y Oriental, por bloques serranos con orientación

general norte – sur que integra la Provincia Geológica de Precordillera Oriental. (Furlotti, R. et al.; 2007). Las distintas Formaciones que afloran el área estudiada se agrupan en 6 Unidades Geológicas:

Unidad geológica 1: constituida por calizas grises y en menor proporción dolomías grises; generalmente estratificadas. Corresponde a la Formación San Juan de ambiente marino, de edad ordovícica, espesor que supera en sectores los 1000 m e importantes vertientes asociadas (debido a permeabilidad secundaria importante). Se presenta en el sector este (Sierra de La Batea).

Unidad geológica 2: constituida por sedimentitas de edad correspondiente al Silúrico, Devónico, Carbonífero, Pérmico y Triásico, en discordancia con unidad anterior. Su litología corresponde a areniscas grises y lutitas verdes, rojizas y violáceas (Formaciones La Chilca y Los Espejos) de ambiente marino.

Continúan terrenos del Devónico marino y continental (Formaciones Talacasto, El Fuerte y Punta Negra), constituidos por lutitas grises y verdes, limolitas y areniscas verdes, grisáceas y moradas; areniscas amarillentas y grauvacas verdes. Sedimentitas marinas del Carbonífero (Formación Volcán) se disponen sobre las anteriores. Están constituidas por lutitas y limolitas verdes, areniscas amarillentas y grisáceas intercaladas con arcilitas negras, lutitas oscuras, areniscas arcósicas blanquecinas y lutitas rojas. Continúan hacia arriba sedimentitas continentales (Formación Panacán) del Carbonífero, compuestas por arcosas blancas, arcilitas carbonosas, areniscas verdes y rojizas. Continúan en forma concordante sedimentitas continentales del Pérmico (Formación Ojo del Agua) compuesta por un conglomerado basal rojizo, areniscas rojizas y lutitas rosadas y verdosas. En concordancia sobre el Pérmico se disponen terrenos triásicos (Grupo del Aspero, que comprende las Formaciones Vallecito, Cerro Morado y Cauquenes). Presenta areniscas pardas (eólicas), aglomerados andesíticos, arcilitas y lutitas rojizas, areniscas violáceas y limolitas y areniscas pardas. Esta unidad ocupa una superficie extensa, constituyendo todo el borde montañoso occidental, norte y sector oriental. Se caracteriza por agrupar rocas de muy baja permeabilidad de origen secundario con circulación de escasa cantidad de agua como lo indican las vertientes de caudal generalmente pobre relacionadas con fracturas.

Unidad Geológica 3: constituida por conglomerados poco cementados, poligénicos; redondeados de tamaño fino a grueso. Litológicamente se trata de riolitas, grauvacas, granitos, andesitas, areniscas rojizas, moradas y verdes, riolitas, andesitas, brechas volcánicas, grauvacas y escasas calizas. Estos materiales se consideran acuífero probable, ya que resultan menos permeables que el relleno aluvial grueso de la depresión, pero podrían comportarse como tales en caso de estar poco cementados y ocupar una posición topográfica baja.

Unidad geológica 4: son remanentes de una antigua cubierta aluvial, constituida por faglomerados compuestos por gravas, con material intersticial areno – limoso. Su espesor no supera los 10 metros y ocupan una superficie reducida. Estos terrenos no contienen agua debido a su posición topográfica alta.

Unidad geológica 5: consiste en areniscas varicolores y rocas ígneas mesosilíceas y básicas. Incluye a los conos aluviales más modernos que los de la unidad 4, que alcanzan dimensiones importantes y se unen para constituir una única llanura aluvial pedemontana o bajada que se desarrolla al pie de los cordones montañosos. Esta unidad puede dar lugar a buenos acuíferos si los espesores son importantes y la recarga es suficiente.

Unidad geológica 6: corresponde al acarreo reciente del río Las Carretas y sus tributarios (Arroyos Huerta de Huachi, Panacán, Pescado y Durazno), constituido por arena gruesa con rodados de riolitas, dioritas, grauvacas y calizas. Se trata de terrenos permeables que permiten la recarga directa por precipitaciones, circulación subálvea y recarga de acuíferos por infiltración en caso de estar conectados con el relleno aluvial permeable. (Rocca, J. et al.; 1972).

La estructura actual del área, es consecuencia de distintos movimientos orogénicos, tanto antiguos como modernos, incluyendo algunos recientes. Entre los antiguos, los movimientos que afectaron intensamente a formaciones comprendidas entre el Ordovícico y el Triásico. Pero fue la orogenia Andina, especialmente con sus intensos movimientos de la segunda y tercera fase de fines del Terciario y principios del Cuaternario, que imprimieron a la Precordillera el aspecto que presenta actualmente. Las estructuras principales (fallas y plegamientos) tienen una marcada dirección nor-noreste a sur-suroeste y sólo algunas menores de ajuste son transversales a éstas. A lo largo de planos de falla de carácter regional, se ha producido el ascenso de bloques subparalelos (alineamiento estructural Mogote – Cerro Pajarito) y el descenso de otros, originándose en estos últimos los actuales valles intermontanos, como el valle de Jáchal– Niquivil que contienen el aluvión acuífero. Las calizas de la Unidad 1 están intensamente diaclasadas. Se observa un anticlinal en el área del Cerro Pajarito, pero estas estructuras de plegamientos no guardan mayor relación con la distribución y movimiento del agua subterránea. (Rocca, J. et al.; 1972), ver Figura 2.

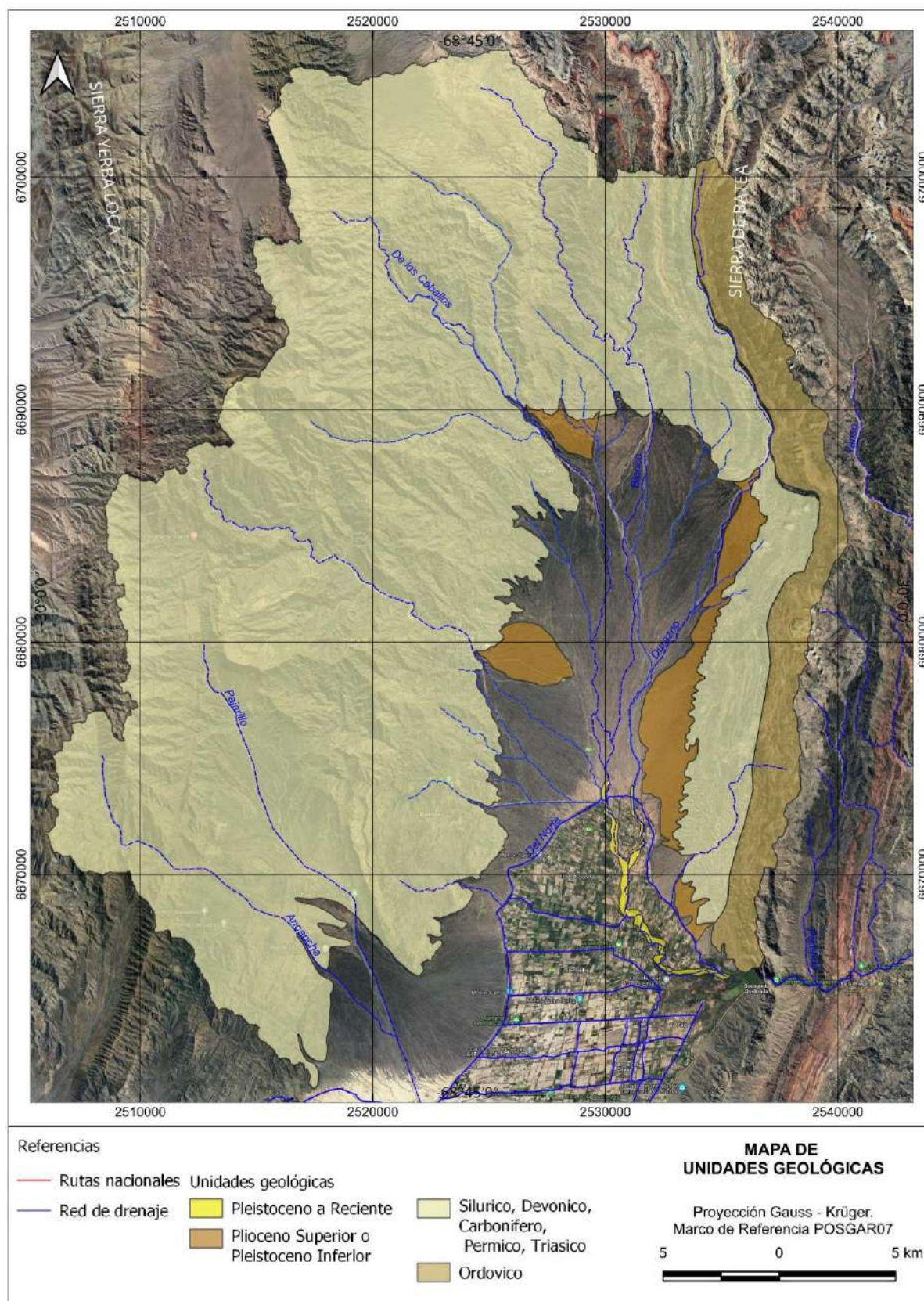


Figura 2: Mapa Geológico de la zona norte de Jáchal

5 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DE PAMPA DEL CHAÑAR

El depocentro de Pampa de Chañar está limitado al noroeste por los cordones elevados de la Sierra de la Tutora, al este por la Sierra de la Batea, al oeste por los Cerros Mogote, Alto y Pajarito. Su límite sur está enmarcado por el río de Las Carretas.

La fisiografía corresponde a una fosa tectónica compuesta por un área montañosa elevada que se comporta como zona de aporte que rellena la fosa con sedimentos principalmente de origen aluvial.

La cuenca de Pampa del Chañar presenta un comportamiento fluvial, de alimentación pluvial debida a las condiciones orográficas propias de la zona. En la región norte de la Sierra de Valle Fértil-Huerta se caracteriza por bajas elevaciones, esto permite que los vientos húmedos provenientes del Océano Atlántico la atraviesen y tengan como barrera topográfica a la Sierra de la Tutora, donde genera su descarga en forma de lluvia.

La sierra de la Tutora corresponde a la divisoria de agua superior de la cuenca de Pampa de Chañar, todas las aguas superficiales y subterráneas confluyen hacia el río de las Carretas, el cual desagua en el Valle de Huaco.

6 INFLUENCIA DEL RÍO JÁCHAL

Las cuencas hidrográficas del Río Jáchal y la de Pampa de Chañar son dos cuencas distintas, en cuanto al origen de sus aguas y en las características principales de cada una.

El Río Jáchal tiene una dirección de flujo casi O-E, una vez que cruza la estructura geológica de precordillera, y escurre en dirección hacia el sur siguiendo la pendiente natural de la zona, como puede verse en los abanicos aluviales antiguos. Ver Figura 3.

Esta dinámica también queda en evidencia en la impronta hidroquímica propia del Río Jáchal. Este curso tiene sus nacientes en la Provincia de Catamarca, en las cercanías del Monte Pissis. Esta zona está caracterizada por rocas de origen volcánico, donde el agua capta la química al circular por ellas. Esto genera que la hidroquímica presente en el Río Jáchal tenga entre otros elementos valores elevados de boro y arsénico, siendo **no apta** para consumo humano según las normas del Código Alimentario Argentino (CAA).

Las nacientes del Río Jáchal se ubican en la alta cordillera y su caudal depende mayoritariamente de la precipitación nival en la zona.

En cambio, la cuenca de Pampa de Chañar se ubica en la precordillera sanjuanina y sus aguas dependen de las precipitaciones pluviales ocurridas en las serranías que la circundan, que confluyen hacia el Río De Las Carretas el cual desagua hacia el Valle de Huaco. En esta condición natural, el área comprendida resultaba propicia para cultivo y reservorio de agua para consumo humano.

Ambas cuencas hidrográficas resultan separadas por la divisoria de agua superficial (Alto de los Pajaritos).

La influencia del Río Jáchal al norte de departamento se debe a un complemento antrópico. Si bien las dos cuencas estas separadas por divisorias de agua superficial (Alto de los Pajaritos) y subterráneamente en forma parcial por un alto estructural, hay un trasvase de agua de la cuenca del Jáchal a la cuenca de Pampa del Chañar a través del Canal del Norte, con el que se riega el norte del departamento y llega hasta las cercanías del área de bombeo de las perforaciones de O.S.S.E. en Pampa del Chañar. Esto provoca trasvase de aguas de una cuenca a otra y la consiguiente contaminación de la parte norte del Valle de Jáchal.

Esta complejidad se agrava por la interacción del Dique Los Cauquenes, ya que este retiene agua con tenores elevados de boro y arsénico provenientes del Río Jáchal y por evaporación del espejo de agua termina concentrado los mismos en la zona.

Esta dinámica antrópica a través de los años, ha perjudicado en términos hidroquímicos la parte norte del Valle de Jáchal y al Valle de Huaco.

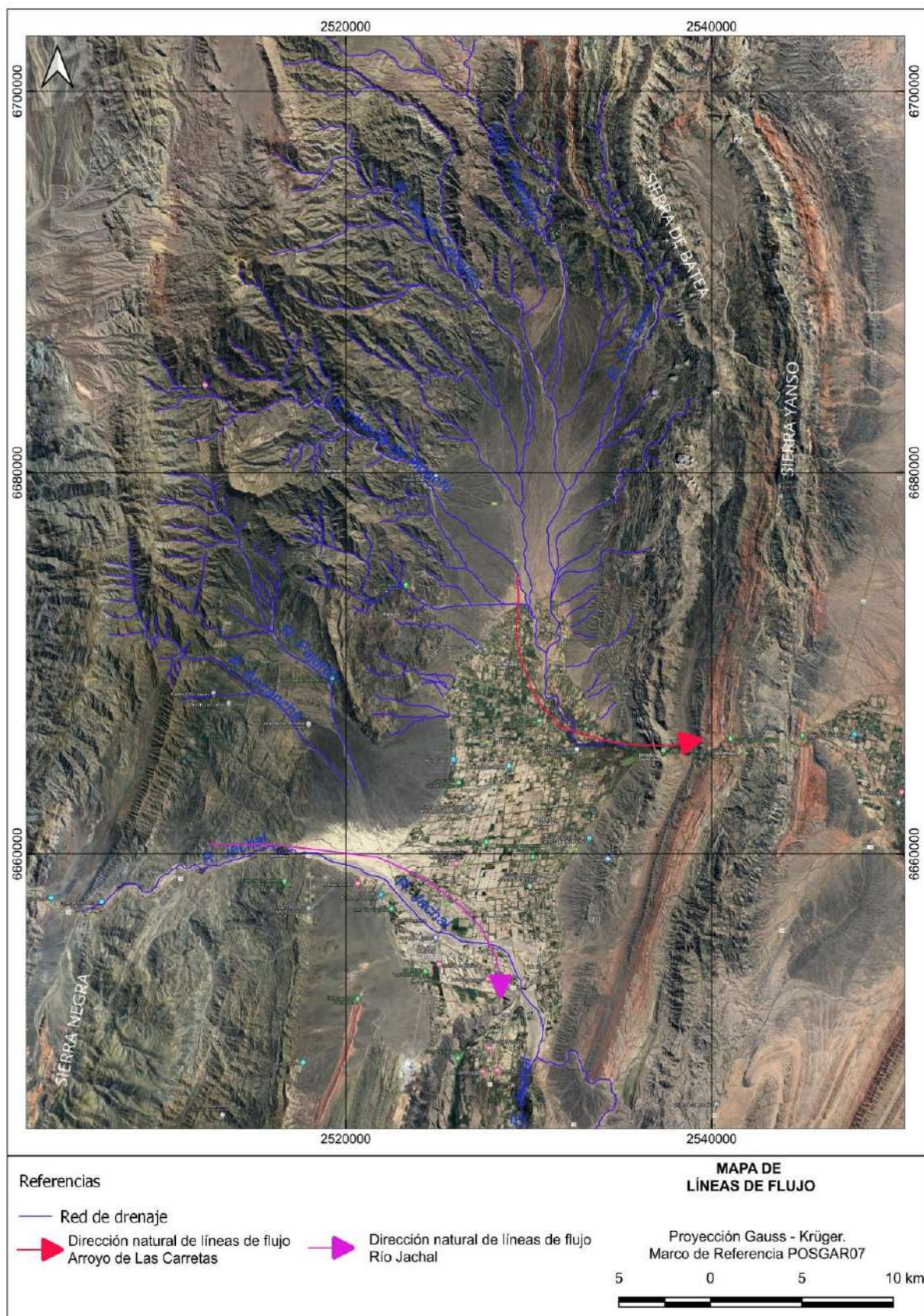


Figura 3: Representación del flujo natural de los Ríos Jáchal y Las Carretas, en su condición natural, sin trasvase de agua

7 RELEVAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DE JÁCHAL NORTE Y PAMPA DEL CHAÑAR

Para la realización de este trabajo se efectuó la recopilación de antecedentes del INA-SCRAS, en su aspecto hidrogeológico, hidrológico e hidroquímico; para el área de interés y zonas cercanas de influencia directa.

Particularmente, la localidad de Villa Mercedes, es una de las zonas de interés adicional a Pampa del Chañar, e igualmente consultada como ubicación para realizar una perforación. Sin embargo y a diferencia del área de Pampa del Chañar, esta localidad está dominada por la impronta hidroquímica del Río Jáchal.

El día 05/07/2024 se tomó una muestra de agua del pozo de la Unión Vecinal Arce de Mayorca, la misma fue analizada por el Laboratorio de hidroquímica del INA-SCRAS. Los parámetros de campo registrados fueron de 1680 $\mu\text{S/cm}$ de conductividad eléctrica, pH 7 y Sólidos Disueltos Totales de 820 mg/l. Por su parte la concentración de Boro alcanzó 1,85 mg/l, superando casi 4 (cuatro) veces el valor permitido por el Código Alimentario Argentino, (CAA) para el consumo humano; en coincidencia con los valores analizados en los antecedentes hidroquímicos de este sector.

Las condiciones referidas son determinantes para no recomendar la captación de agua subterránea para consumo humano en el sector.

La otra área de interés corresponde al acuífero de Pampa del Chañar, y como se ha mencionado, responde a otras variables y condiciones. El día 16/07/2024, se coordinó con Obras Sanitarias Sociedad del Estado (O.S.S.E.), tareas de medición de nivel estático de agua de las perforaciones y toma de muestras de agua.

Asimismo, se detuvo el bombeo en la perforación P3 con coordenadas S30°4'10.09"-O68°41'41.18", por un periodo de 24 horas. Esta actividad es fundamental para conocer el nivel estático aproximado a la situación de natural del acuífero, sin la interferencia de bombeos propio y cercanos. Si bien en la adyacencia a este pozo hay otras perforaciones bombeando, se pudo tomar el dato e idealizar el valor actual del nivel estático y compararlo con el registro histórico.

Antes de detener el pozo cuyo caudal promedio era 209 m³/h, se midió el nivel dinámico de bombeo a las 16:30 del día 15/07/2024, con un registro de -74,15m. Posteriormente el día 16/07/2024 después de 20 horas sin funcionar, se midió el nivel estático resultando -63,25m. este registro se considera correspondiente a un pseudo reposo, ya que O.S.S.E. tenía otras perforaciones bombeando en las cercanías.

Esta variación cercana a los 10 metros, indicaría una baja Transmisividad del acuífero. Al iniciarse el bombeo, el nivel estático desciende y al encontrarse los pozos bajo bombeo tan cerca uno de otros, los conos de descensos de los mismos se interfieren resultando una caída general del nivel dinámico.

Por este motivo, se considera urgente determinar los parámetros fundamentales del acuífero y de las perforaciones (mediante un ensayo de bombeo de larga duración), así como establecer caudales críticos de bombeo para evitar la interferencia de los mismos y generar una estrategia ordenada de bombeo donde se activen los pozos más lejanos entre sí en lugar de funcionar al mismo tiempo. Ver Figura 4.

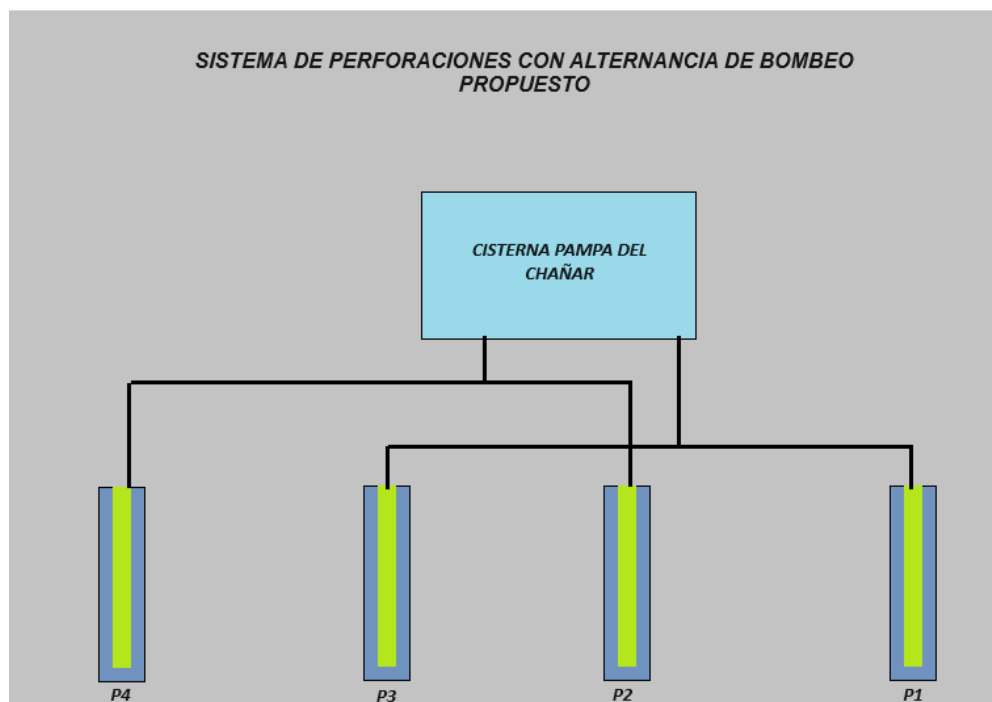


Figura 4 Modelo de sistema de perforación, con alternancia de bombeo

Por otra parte, debe tenerse en cuenta las variaciones del nivel freático registradas en los pozos ubicados en el área, con rangos cercanos a los 15 metros, que reflejan el impacto de cambios en la recarga de la cuenca. Tal variación deberá contemplarse para la ubicación del equipamiento de la perforación proyectada.

Por ello es importante, retomar el registro de precipitaciones en la zona de recarga de la cuenca, con la ubicación de estaciones meteorológicas. En este sentido se considera pertinente avanzar con el proyecto “Red Integral de Estaciones Meteorológicas” sumando a la “Red MAS” de mediciones de agua subterránea; ambos propuestos por el Secretario de Recursos Hídricos y Energías Renovables de San Juan, Ing. David Devia.

8 PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

La tarea de prospección geofísica consistió en la realización de una campaña de prospección geoelectrícamediante Sondeos Eléctricos Verticales (SEV). Conjuntamente se recopilaron y analizaron antecedentes de registros geoelectrícos.

Los sitios donde se ejecutaron los SEV, se definieron con criterio hidrogeológico y orientado a completar la información de antecedentes de la SCRAS e interpretar las condiciones actuales de la cuenca. Ver Figura 5.

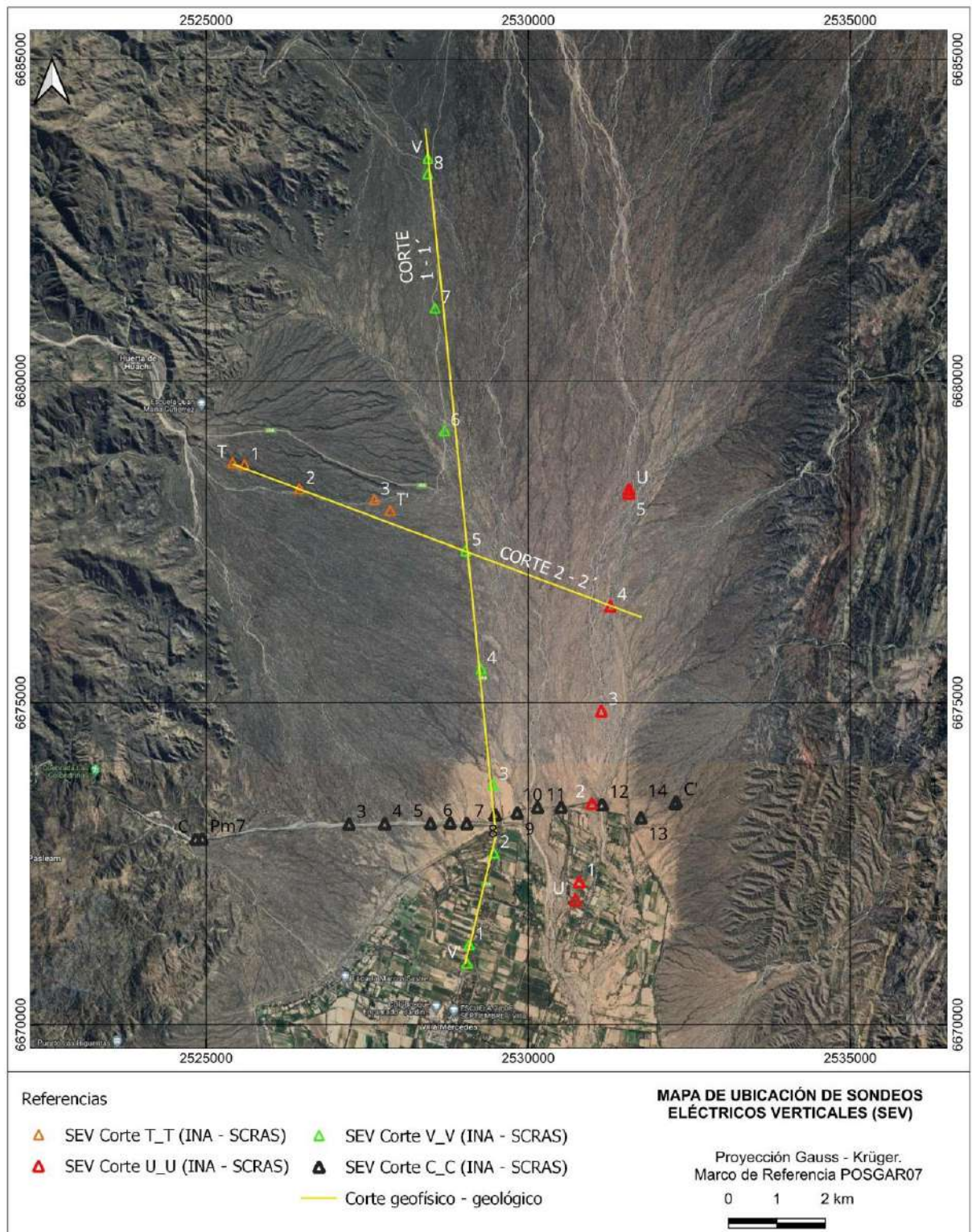


Figura 5 Ubicación de SEV y Traza de cortes hidrogeológicos

La prospección geoelectrica se llevó a cabo mediante la utilización de un resistivímetro digital, Marca ITSA DT 50 G de origen nacional, Seísmos de 800 Volts y 2 Amp de corriente de pico. Se utilizó la configuración tetraelectrónica simétrica Schlumberger.

El campo eléctrico en el subsuelo se establece mediante el hincado de electrodos de acero y las lecturas de diferencia de potencial se hacen mediante electrodos de bronce, clavados a distancias variables. Los cables de emisión y recepción de corriente son multifilar de cobre y acero revestidos con vaina de PVC lo que les proporciona buenas propiedades conductoras y a su vez elevada resistencia a la tracción.

Con el propósito de disminuir la resistencia de contacto generada entre los electrodos (tanto los de emisión de corriente como los de lectura) y el suelo, a fin de atenuar la fuerte caída de potencial que allí se genera, se riega profusamente la zona de clavado con una solución saturada de cloruro de sodio.

Simultáneamente al registro de resistividades, se grafica el SEV en papel semi - logarítmico con el objeto de verificar la curva característica resultante.

La profundidad de investigación del subsuelo depende de la extensión de las alas de emisión; en este sentido, la apertura de alas $AB/2$ máxima utilizada fue de 500 m.

En gabinete los SEV fueron procesados y graficados mediante el programa Resix - plus V 5.0 del año 2.002 que cuantifica las diferentes capas eléctricas del subsuelo mediante la determinación de su espesor (en metros) y su resistividad (en ohm.m).

8.1 Unidades Hidrogeológicas del subsuelo

Con el objeto de facilitar la lectura de los cortes de subsuelo se apela a la utilización del concepto de Unidades Hidrogeológicas (UH), entendiéndose por tal a una unidad de subsuelo identificada por una electro facies con rango característico de resistividades eléctricas, y presencia de características hidrogeológicas consistentes, asociada a una o más formaciones geológicas de espesor variable y posible correlación estratigráfica.

En base a la información geofísica; geológica de superficie e hidrogeológica de subsuelo, se pueden reconocer en el área de interés 3 (tres) Unidades Hidrogeológicas (UH) de comportamiento diferente en relación al agua subterránea.

La **UH1** se correlaciona con las sedimentitas del paleozoico superior, constituida por sedimentitas de edad correspondiente al Silúrico, Devónico, Carbonífero, Pérmico y Triásico. Esta unidad está caracterizada por rocas areniscas consolidadas, escasos niveles de conglomerados y rocas pelíticas (limonitas y arcilitas).

En términos estratigráficos las rocas se pueden correlacionar según sus edades con las siguientes formaciones. Las de edad Silúricas – Devónicas con las Formaciones La Chilca y Los

Espejos. Las del Devónico con las Formaciones Talacasto, El Fuerte y Punta Negra. Las del Carbonífero con las Formaciones Volcán y Panacán. Las del Pérmico con Formación Ojo del Agua. Las rocas triásicas con el Grupo del Áspero, que comprende las Formaciones Vallecito, Cerro Morado y Cauquenes.

En términos hidrogeológicos prácticos esta unidad hidrogeológica tiene un comportamiento **No Acuífero** y constituye el **basamento hidrogeológico** conductor de la cuenca de agua subterránea. La respuesta eléctrica de estos materiales se caracteriza por valores de resistividad, en general comprendidos entre 250 y 106 ohm.m.

La **UH2**, se encuentra por encima de la **UH1**, y esta se interpreta como conglomerados de granulometría gruesa a fina, rodados y arenas con proporción de sedimentos finos. Estratigráficamente se correlaciona con sedimentos de edad Cuaternaria, (Unidades Geológicas 4, 5 y 6, descritas en el capítulo de Geología).

En referencia a la hidrogeología, esta unidad corresponde al medio poroso saturado y representa el **acuífero libre**. Los valores de resistividad están condicionados por la hidroquímica e influencia del río Huerta de Huachi. En la Corte 1-1' (con orientación N-S), se observa que esta unidad presenta resistividades comprendidas entre 70 y 277 ohm.m. Los mismo se observa con la Corte 2-2', de orientación NW-SE, donde la salinidad va aumentando hacia la dirección SE, en el SEV U4, siendo la resistividad es de 70 ohm.m..

Esta unidad **Acuífera**, en la zona de estudio presenta un espesor saturado de 120 metros en el SEV V4, y 340 en el V2.

La última unidad es la **UH3**, esta se encuentra por encima de la anterior y está comprendida entre el nivel freático y la superficie topográfica. Esta se caracteriza por unidades de edad cuaternaria y granulometría variable desde bloques, gravas, rodados y finos. Hidrogeológicamente corresponde a la **Zona Vadosa** o medio poroso insaturado. La resistividad que caracteriza a esta unidad presenta un rango extremadamente variable comprendido entre 1950 y 16,2 ohm.m. con espesores comprendidos entre 52 y 90 metros de espesor.

8.2 Cortes hidrogeológicos

Para mostrar las características hidrogeológicas del subsuelo se elaboraron dos cortes de subsuelo. Para la elaboración de los mismos, se analizaron los catorce Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) registrados entre antecedentes y SEV generados en esta campaña. Ver Lámina 1.

El **CORTE 1 – 1'** con orientación N-S tiene una extensión de 12 km y fue confeccionado con la interpretación de los SEV V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7 y V8.

El **CORTE 2 – 2'** con orientación NW– SE y longitud de 6 km, y fue interpretado considerando los SEV T1, T2, T3, V5 y U4.

A continuación, se mencionan las características más importantes en cada corte:

En el **CORTE 1 - 1'**, hasta el SEV V3 se ha indicado el sector superior de la UH2, registrándose 220 m para el SEV V4. Hacia el este, en el SEV V2 se ha interpretado un espesor de 340 m hasta el techo de la UH1 o basamento hidrogeológico. En este sector la profundidad del nivel de agua subterránea interpretado (nivel estático) se encuentra a los 60 metros. Por lo tanto el espesor sedimentario saturado se interpreta entre los 160 m en el SEV V4 y 280 m en el SEV V2.

En el **CORTE 2 - 2'** los resultados de la geofísica indican que bajo los SEV T1 y T2 no se observa espesor saturado y el basamento Hidrogeológico en este sector está entre 50 y 60 metros de profundidad. Esto se debe a una falla geológica que levanta el bloque NW del corte. Los medios saturados se encuentran entre los SEV V5 y U4 del corte, donde en el primero, el sector superior de la UH2 se ubica a 180 metros de profundidad y el espesor saturado es de 120 metros. Bajo el SEV U4, el basamento Hidrogeológico se encuentra los 380 metros y el espesor saturado es de 300 metros.

9 CÁLCULO DE RECARGA

9.1 Delimitación de subcuencas superficiales

Las subcuencas superficiales que conforman la cuenca del río Las Carretas se delimitaron a partir del procesamiento de un Modelo Digital de Elevación (MDE) Aster V2, empleando el programa SAGA V 2.0.4.

Con respecto a los cursos fluviales de la cuenca del río Las Carretas, es posible identificar distintos diseños de drenaje, entre los de mayor importancia se cuentan en paralelo, semiparalelo, enrejado y dendrítico que indican el control litológico y estructural que ejerce la variada litología aflorante y las estructuras geológicas (fallas locales y regionales, pliegues) existentes. El drenaje converge en pocos colectores principales que se caracterizan por sus cauces amplios y rectilíneos ya que siguen fallas, diaclasas, ejes y / o estratos de pliegues como sucede con algunos tramos de los ríos Huerta de Huachi, Quebrada Honda, del Pescado y del Durazno; mientras que otros cursos de menor jerarquía drenan a estratos homoclinales o se ubican a los largo de los flancos de sinclinales y anticlinales como ocurre con el río Panacán. El transporte hídrico es permanente en los tramos superiores y medio de los ríos principales (Huerta de Huachi, Paslean y Panacán) y a partir de sus desembocaduras al sector de Pampa del Chañar, el agua se infiltra totalmente en los depósitos aluvionales; mientras que en los restantes cursos de menor jerarquía sólo se verifica transporte de agua en época de lluvias. La red fluvial mencionada confluye en el Río Las Carretas, colector principal del área que a su vez desemboca en el actual embalse Los Cauquenes desde el cual nace el Río Huaco. De esta forma el río Las Carretas colecta todo el caudal hídrico que se derrama desde las vertientes montañosas, su cauce se ubica en el sector más bajo de la Pampa del Chañar, y ha formado una canal amplio con bordes escarpados en cuyo interior se observan meandros libres y depósitos de terrazas. (Furlotti, R. et al.; 2007). La red de

drenaje y subcuencas superficiales se observan en la Figura 6. En la Tabla 1 se indica el área de cada una de las subcuencas superficiales.

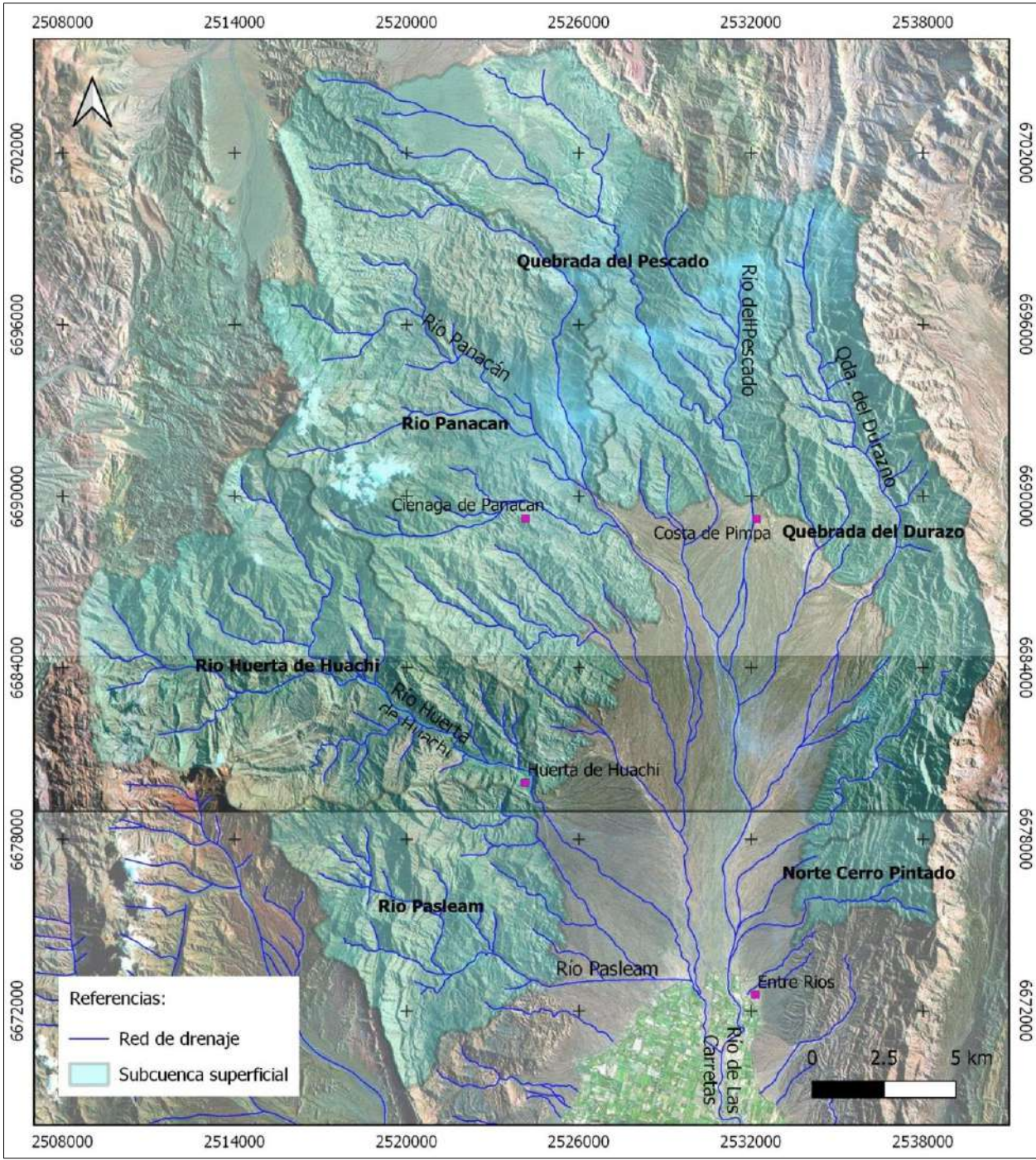


Figura 6 Red de drenaje y subcuencas superficiales de Pampa del Chañar

Tabla 1 Área de las subcuencas superficiales de Pampa del Chañar.

Subcuenca	Área (km ²)
Rio Pasleam	67.23
Rio Huerta de Huachi	119.00
Rio Panacán	178.66
Quebrada del Pescado	117.08
Quebrada del Durazo	88.84
Norte Cerro Pintado	14.47
TOTAL	585.28

9.2 Registros de precipitación

Los datos de precipitación corresponden a antecedentes del período 1968 a 1985 para las estaciones pluviométricas denominadas La Ciénaga, Huerta de Huachi, Entre Ríos, Pampa Vieja, Ciénaga de Panacán, Costa de Pimpa y Jáchal, ver Figura 7.

En el segundo semestre de 1967, personal del Departamento Hidráulica de la Provincia (D.H.P.) instaló las estaciones pluviométricas denominadas La Ciénaga, Huerta de Huachi, San Isidro, Entre Ríos y Pampa Vieja. Posteriormente en el año 1973, el Centro Regional de Agua Subterránea (C.R.A.S.) instaló pluviómetros en los puestos de Ciénaga de Panacán y Costa de Pimpa. La estación San José de Jáchal pertenece al Servicio Meteorológico Nacional y ha registrados datos desde el año 1911 hasta el presente.

Es necesario destacar que, en la actualidad a excepción de la estación San José de Jáchal; no se dispone de las estaciones meteorológicas antes referidas; lo cual ha imposibilitado una evaluación actualizada del aporte hídrico a la subcuenca hidrogeológica de Pampa del Chañar.

Del análisis de los registros disponibles se identificó un período de precipitaciones menores (Años 1968 a 1973) y otro período de precipitaciones mayores (Años 1975 a 1985), ver Tabla 2.

Tabla 2 Precipitación media anual por estaciones pluviométricas. Períodos de mayor y menor precipitación en Pampa del Chañar.

Estación	Latitud Sur	Longitud Oeste	Organismo	Precipitación Media Anual (mm/año)	
				Período de Precipitaciones Menores	Período de Precipitaciones Mayores
Entre Ríos	30º 05'	68º 40'	D.H.	172.53	322.74
La Ciénaga	30º 09'	68º 34'	D.H.	143.82	207.28
Ciénaga de Panacán	29º 56'	68º 45'	C.R.A.S.	327.82	411.82
Costa de Pimpa	29º 56'	68º 40'	C.R.A.S.	384.48	496.16
Pampa Vieja	30º 12'	68º 42'	D.H.P.	117.58	196.31
Huerta de Huachi	30º 01'	68º 45'	D.H.P.	215.38	340.20
San José de Jáchal	30º 15'	68º 45'	S.M.N.	110.60	177.57
TOTAL				1472.22	2152.08
PROMEDIO				210.32	307.44
S.M.N. (Servicio Meteorológico Nacional)					
D.H. (Departamento de Hidráulica de la Provincia de San Juan)					
C.R.A.S. (Centro Regional de Agua Subterránea)					

La condición hidrológica actual, de acuerdo a publicaciones del Servicio Meteorológico Nacional referidas a la estación San José de Jáchal, ha adoptado valores de precipitación menor a los antecedentes antes referidos.

A partir de los registros de precipitación mencionados se elaboraron curvas de igual precipitación (isoyetas) para los períodos de precipitación menor (condición seca) y de precipitación mayor (condición húmeda); bajo el software Surfer. Ver Figuras 7 y 7.8

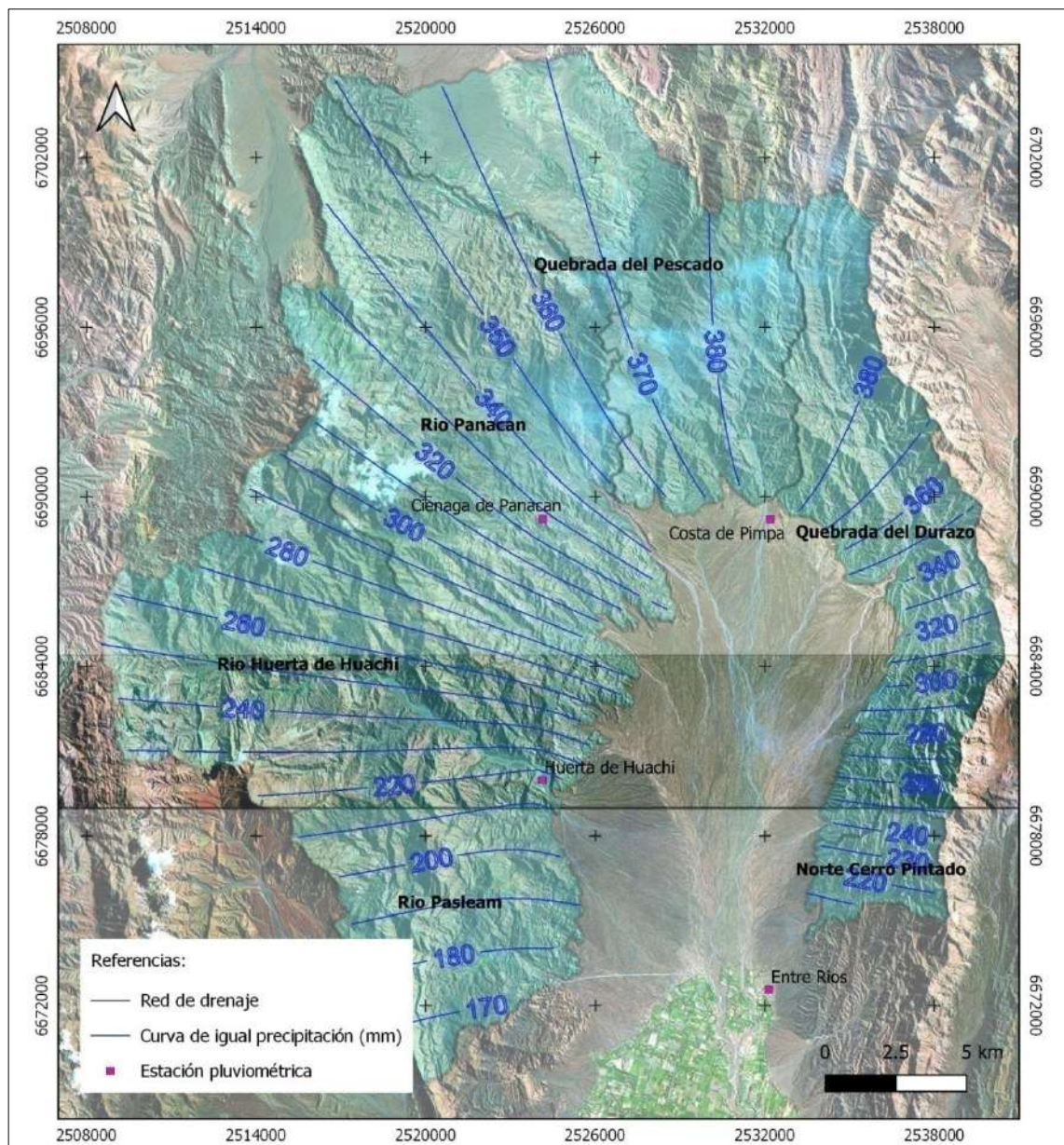


Figura 7 Curvas de igual precipitación. Período de menor precipitación en Pampa del Chañar.

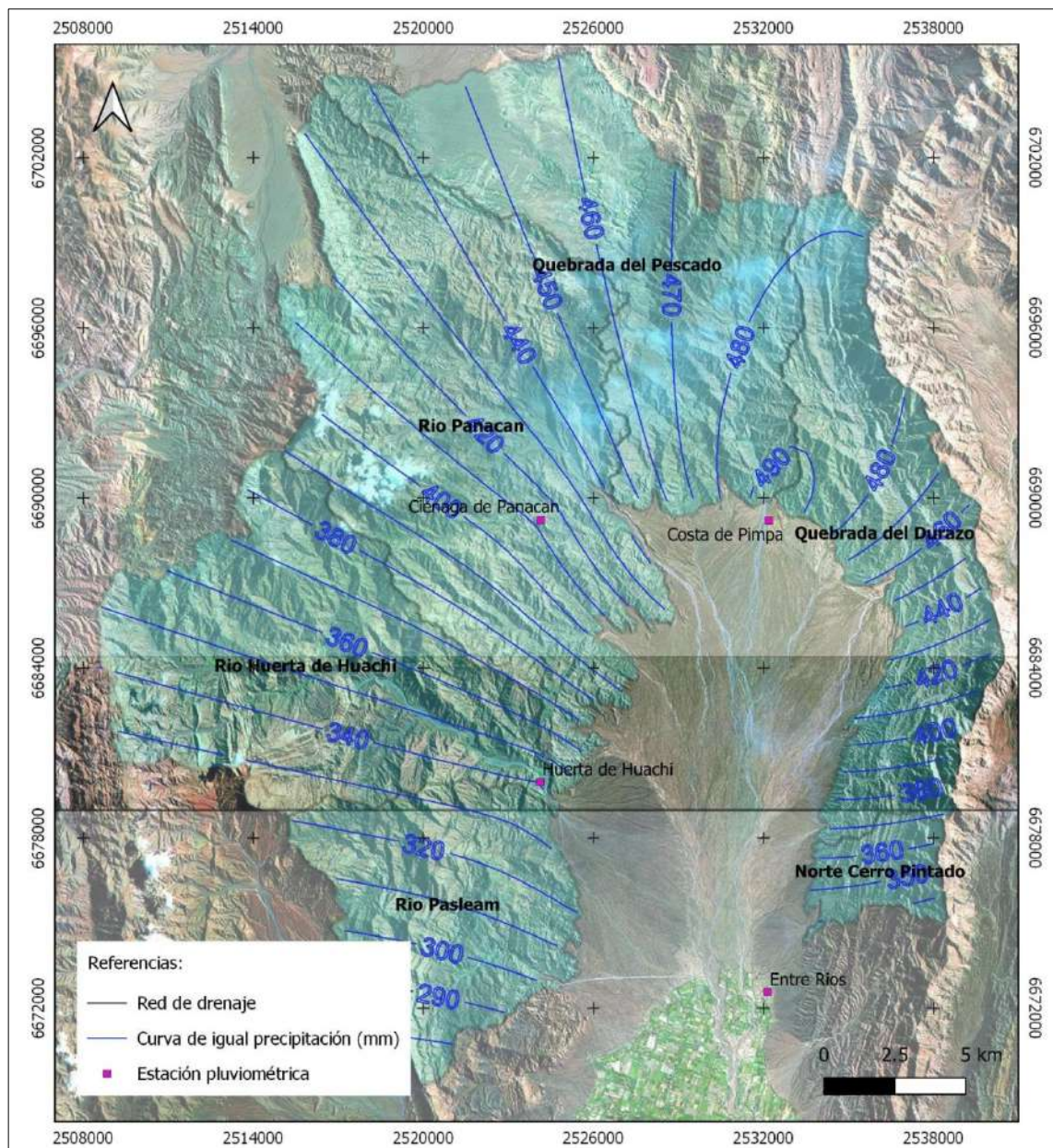


Figura 8 Curvas de igual precipitación. Período de mayor precipitación en Pampa del Chañar.

9.3 Cálculo del volumen de agua precipitado

El volumen precipitado en cada una de las subcuencas superficiales delimitadas, fue calculado en base a las curvas de igual precipitación (isoyetas) para los períodos de precipitación menor (condición seca) y de precipitación mayor (condición húmeda). Ver Tabla 3.

Tabla 3 Volumen precipitado medio anual. Períodos de mayor y menor precipitación en Pampa del Chañar.

Subcuenca	Volumen Precipitado Medio Anual (Hm ³)	
	Período de precipitación menor	Período de precipitación mayor
Río Pasleam	12.54	20.30
Río Huerta de Huachi	30.00	41.91
Río Panacán	58.26	74.55
Quebrada del Pescado	44.07	55.13
Quebrada del Durazo	29.99	39.74
Norte Cerro Pintado	3.20	5.03
TOTAL	178.06	236.66

Considerando las estaciones ubicadas sobre el sector montañoso, resulta que casi el 60% del volumen precipitado total, corresponden a las subcuencas del norte (Quebrada del Pescado) y noroeste (Río Panacán). Por su parte las subcuencas del oeste (Río Huerta de Huachi y Río Pasleam) aportan aproximadamente el 20% del volumen precipitado total, mientras que las subcuencas del este (Quebrada del Durazno y Norte Cerro Pintado) aportan el 20% restante. Igual distribución se observa en el período de precipitaciones mayores, resultando el volumen precipitado 25% mayor al correspondiente a la condición seca.

9.4 Cálculo del coeficiente de escorrentía

Para el cálculo del coeficiente de escorrentía se consideró la relación entre el escurrimiento medido según aforo en el río Pasleam de fecha febrero de 2006 de 31 l/s, y el volumen de agua caída en la subcuenca de este río para un año hidrológico. El coeficiente de escorrentía resultante es de 0,07 y fue aplicado para el conjunto de las subcuencas.

Coeficiente de Escorrentía = Volumen Erogado Anual (Hm³) / Volumen Precipitado Medio Anual (Hm³)

Coeficiente de Escorrentía = 0,98/14,83 = **0,07**

9.5 Cálculo del valor de la recarga

La principal fuente de recarga del acuífero de Pampa del Chañar proviene de los ríos principales (Huerta de Huachi, Pasleam y Panacán), sumándose los aportes de los arroyos de régimen temporario que descienden de las sierras; y la misma se produce donde éstos ingresan al relleno sedimentario.

Bajo estas consideraciones, se realizó el cálculo del volumen precipitado sobre el sector montañoso de las subcuencas superficiales que drenan hacia el área del mismo, para las condiciones de mayor y menor precipitación. A tales volúmenes precipitados se les aplicó el coeficiente de escorrentía antes mencionado, resultando el volumen de recarga anual al acuífero de Pampa del Chañar

En la Tabla 4 se indican los valores de recarga anual obtenidos.

Tabla 4 Volumen de recarga media anual. Períodos de mayor y menor precipitación en Pampa del Chañar.

Subcuenca	Volumen Recarga Media Anual (Hm ³)	
	Período de precipitación menor	Período de precipitación mayor
Rio Pasleam	0.98	1.58
Rio Huerta de Huachi	2.34	3.27
Rio Panacán	4.54	5.81
Quebrada del Pescado	3.44	4.30
Quebrada del Durazo	2.34	3.10
Norte Cerro Pintado	0.25	0.39
TOTAL	13.89	18.46

La estimación de recarga para los períodos de precipitación menor y mayor, evidencia una variación de recarga al acuífero cercana a los 5 Hm³/año.

9.6 Cálculo de caudal de paso

El caudal de paso, aplicando la Ley de Darcy, es igual al producto de la permeabilidad del terreno, el gradiente hidráulico y la sección saturada. Este flujo de Darcy se considera una componente renovable, que se recupera durante el ciclo hidrológico bajo condiciones naturales, (Ivkovic et al, 2000).

Considerando una sección de paso de 5000 m de ancho(sección del acuífero a la altura del Pozo OSSE N°2), con un espesor saturado medio de 70 m (atendiendo a las características constructivas y de los terrenos atravesados por las perforaciones presentes en el área), una permeabilidad de 50 m/d (deducida de fórmula experimental de Galofré aplicando caudales específicos medidos en perforaciones del área) y un gradiente hidráulico de 0.0025 (según niveles freáticos interpretado por geoelectrica); resulta un flujo subterráneo de 16 Hm³/año.

10 SUSTENTABILIDAD DE LA EXTRACCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

En consideración de la estimación de recarga del acuífero de Pampa del Chañar, se señala que la actual explotación de agua subterránea en esta área es de condición sustentable y admite una ampliación de la misma a partir de la adición de una nueva perforación.

La condición de sustentabilidad mencionada permite la continuidad del flujo subterráneo natural de sentido norte a sur, el cual constituye además una barrera hidroquímica que en caso de debilitarse podría ocasionar el avance del agua subterránea afectada por el uso en riego de aguas del río Jáchal, invirtiendo el flujo referido.

En este contexto se considera necesario la valoración de los aspectos mencionados para la ubicación de una futura perforación y elección de su caudal de bombeo.

11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

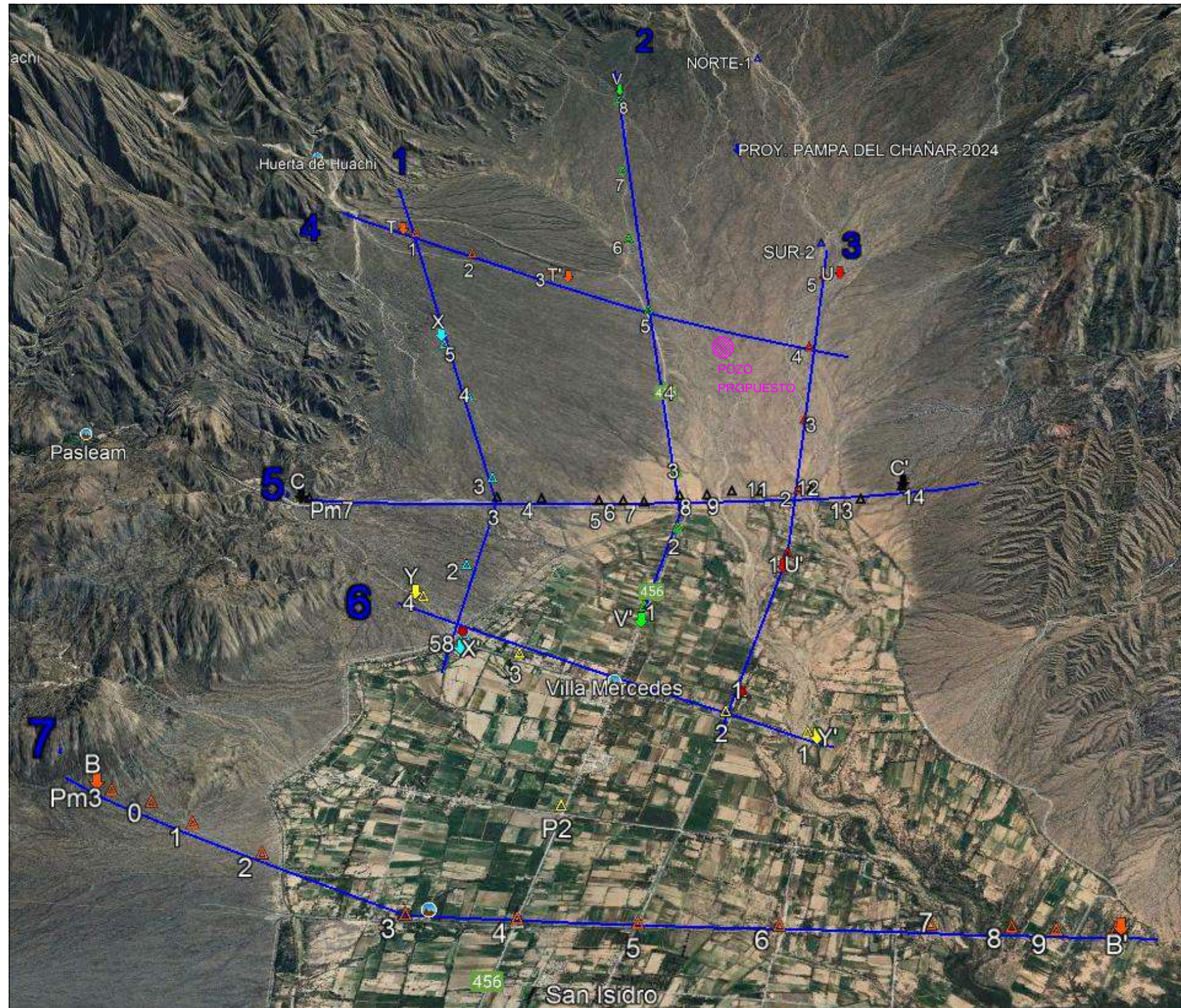
- La cuenca hidrográfica de Pampa del Chañar presenta un comportamiento fluvial, y de las precipitaciones líquidas que recepciona depende la recarga de la cuenca de agua subterránea.
- Las últimas mediciones de precipitación para el área de Pampa del Chañar se registraron en el año 1983, cuando la provincia contaba con las estaciones meteorológicas del SCRAS y del Departamento de Hidráulica de San Juan. Por ello se considera necesario avanzar con el proyecto “Red Integral de Estaciones Meteorológicas” sumado a la “Red MAS” de mediciones de agua subterráneas.
- El Río Jáchal es el principal agente contaminador de la cuenca, debido a mala gestión del recurso hídrico, por trasvase de agua de una cuenca a la otra; trasladando valores de arsénico y boro, perjudicando al norte de Jáchal, a Pampas de Chañar y al Valle de Huaco.
- La localidad de Villa Mercedes, esta denominada por la impronta hidroquímica del Río Jáchal. Estas condiciones son determinantes para no recomendar la captación de agua subterránea para consumo humano en el sector.
- En la Zona de Pampa del Chañar, es necesario determinar y respetar caudales críticos de bombeo, para evitar la interferencia de pozos próximos y generar una estrategia ordenada de bombeo donde se activen los pozos más lejanos entre si en lugar de funcionar al mismo tiempo.
- Un escenario de escasas precipitaciones en el área de aporte de la zona de Pampa del Chañar, sumado al volumen de agua de descarga del río Jáchal a través del Canal del Norte y el bombeo sobre el acuífero de este sector, provocaría la disminución del caudal de paso, debilitando la barrera hidroquímica que genera el flujo subterráneo de Pampa del Chañar, lo cual podría ocasionar el avance del agua subterránea afectada por el uso de aguas del río Jáchal invirtiendo el flujo natural de la cuenca.
- Desde el punto de vista hidrogeológico, podemos señalar que los terrenos de edad Cuaternaria de Pampa del Chañar constituyen los acuíferos más importantes, con elevada porosidad efectiva y altas permeabilidades.
- En el CORTE 1 - 1', hasta el SEV V3 se ha indicado el sector superior de la UH2, registrándose 220 m para el SEV V4. Hacia el este, en el SEV V2 se ha interpretado un espesor de 340 m hasta el techo de la UH1 o basamento hidrogeológico. En este sector la profundidad del nivel de agua subterránea interpretado (nivel estático) se encuentra a los 60 metros. Por lo tanto el espesor sedimentario saturado se interpreta entre los 160 m en el SEV V4 y 280 m en el SEV V2.
- En el CORTE 2 – 2' los resultados de la geofísica indican que bajo los SEV T1 y T2 no se observa espesor saturado y el basamento Hidrogeológico en este sector está entre 50 y 60

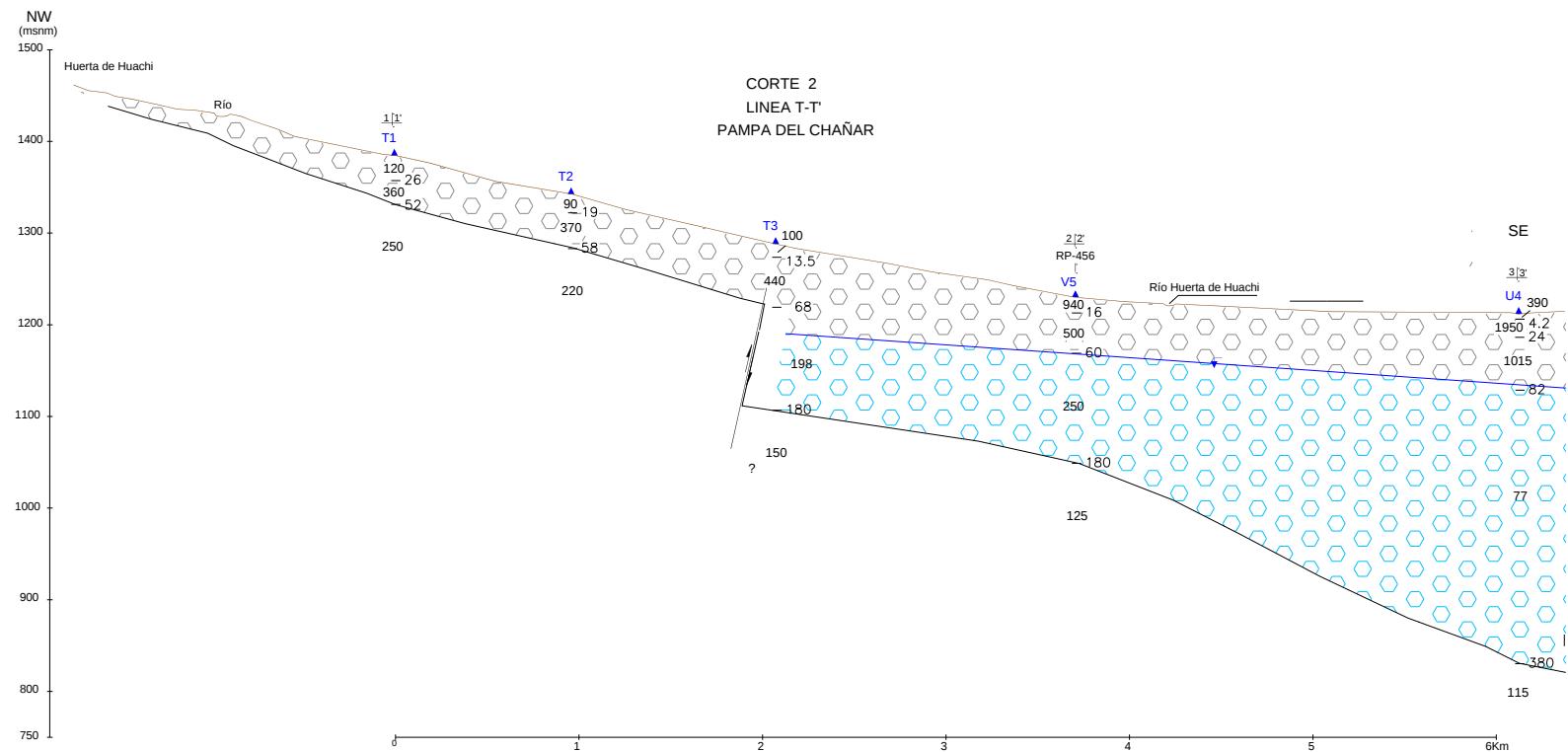
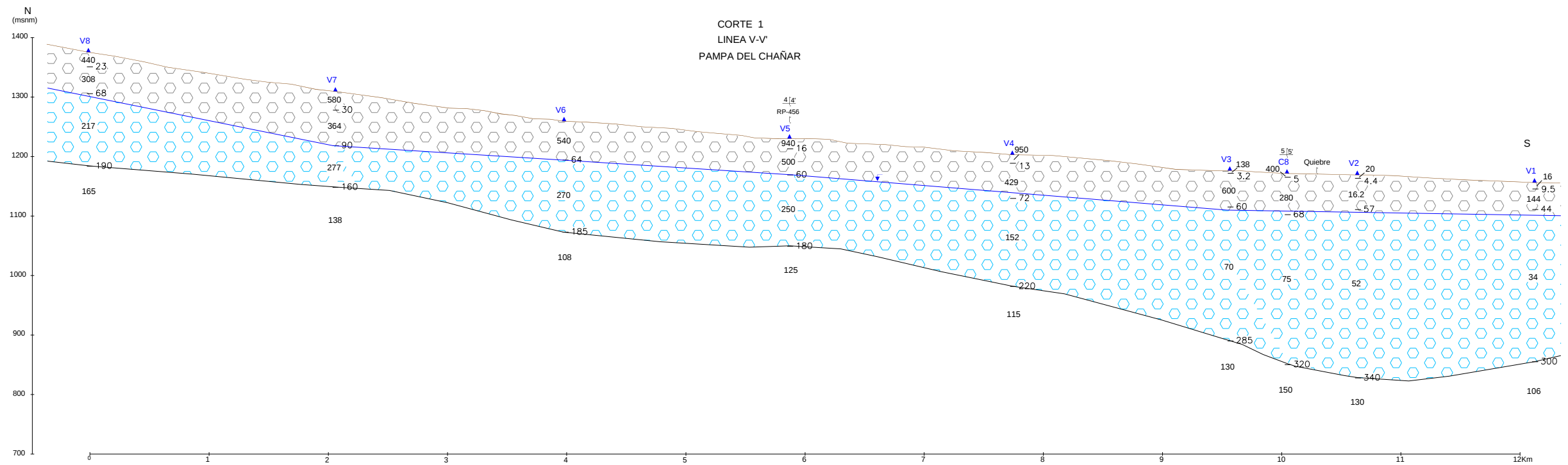
metros de profundidad. Esto se debe a una falla geológica que levanta el bloque NW del corte. Los medios saturados se encuentran entre los SEV V5 y U4 del corte, donde en el primero, el sector superior de la UH2 se ubica a 180 metros de profundidad y el espesor saturado es de 120 metros. Bajo el SEV U4, el basamento Hidrogeológico se encuentra los 380 metros y el espesor saturado es de 300 metros.

- Se recomienda como zona más apta para la ubicación de **una** perforación, para extraer agua subterránea, la comprendida entre los SEV V5 y U4, en la cuenca de Pampa del Chañar. La coordenada propuesta para la perforación referida es 30° 02' 51,11" de latitud sur y 68° 41'17,92" de longitud oeste. Ver Lámina 1.
- Se recomienda realizar la dirección técnica de la perforación por personal idóneo, para asegurar un correcto diseño de perforación, garantizando la protección de los acuíferos y permitiendo una máxima productividad del pozo.
- Una vez realizada la perforación, se recomienda realizar una prueba de ensayo de bombeo para determinar: parámetros fundamentales del acuífero libre (Transmisividad, Permeabilidad y Coeficiente de Almacenamiento), posibles interferencias del cono de descenso, rendimiento específico y estimación de un caudal crítico de producción.
- Se recomienda la consideración de la situación de escasez hídrica de la provincia de San Juan, con impactos registrados en los recursos superficiales y subterráneos. En este marco, y en referencia particular al uso del agua subterránea, es importante analizar el balance de la cuencas para evitar el consumo de las reservas de los acuíferos, tener buenas prácticas ambientales y reducir el uso y consumo del recurso hídrico.

LÁMINAS

UBICACIÓN DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV), TRAZAS DE PEFILES GEOFÍSICOS Y UBICACIÓN DE POZO PROPUESTO





- REFERENCIAS**
- ▲ U4 Sondaje eléctrico vertical (SEV) – Año 1984
 - Fallo
 - Cuaternario Seco
 - Cuaternario Saturado
 - Cuaternario + Mogno??
 - Basamento
 - ▲ T3 Sondaje Eléctrico Vertical (SEV) y su Identificación (T3)
 - ▲ Superficie del Terreno.
 - 440 Electrocapa con indicación de la profundidad de su base (68) en metros y su resistividad (440) en ohms.m.
 - 198
 - ▼ Ne Posición del Nivel estático interpretado por geoelectrónica.
 - 1 1' Intersección de cortes
 - Zona para potenciar perforación

Escala Gráfica

Escala Horizontal: 25.000 Escala Vertical: 5.000

0 500 1000m 0 100 200m

Exageración vertical 5

	Instituto Nacional del Agua <i>Centro Regional de Aguas Subterráneas</i>	
	SAN JUAN	JACHAL
CORTES GEOFÍSICO-GEOLÓGICOS		
ÁREA DE ESTUDIO: PAMPA DEL CHAÑAR		Lámina
ELABORO: Lic. Cabrera G.-Lic. Luna P.-Téc. Linares R.		1
UNIDAD: Geofísica	FECHA: Julio 2024	
DIBUJO: Téc. Linares R.	ESCALA: 1:25.000	
		ARCHIVO: