

APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS DEL RÍO SANTA CRUZ

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

CAPÍTULO 4 – LINEA DE BASE AMBIENTAL

4.2 MEDIO NATURAL

4.2.5 – HIDROGEOLOGÍA

ÍNDICE

4.2.5.1	INTRODUCCIÓN	1
4.2.5.2	ÁREA DE ESTUDIO	1
4.2.5.3	HIDROGEOLOGÍA	3
4.2.5.3.1	Acuíferos Existentes Generalidades	3
4.2.5.3.1.1	Acuífero de Subálveo.....	3
4.2.5.3.1.2	Acuífero de Meseta.....	4
4.2.5.3.2	Unidades Hidrolíticas	7
4.2.5.3.3	Parámetros Hidrogeológicos	9
4.2.5.3.3.1	Área NK.....	10
4.2.5.3.3.2	Área JC.....	12
4.2.5.3.4	Hidrodinámica Subterránea	14
4.2.5.3.5	Hidroquímica.....	16
4.2.5.3.5.1	Pozos existentes (geotécnicos - abastecimiento de agua y/o perforaciones de estudio).....	16
4.2.5.3.5.2	Mallines/vertientes	18
4.2.5.3.5.3	Cursos de Agua Superficial (río, lagos)	22
4.2.5.4	USO DEL AGUA EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	24
4.2.5.4.1	Usos Actuales del Agua.....	24
4.2.5.5	BALANCE HIDROLÓGICO.....	24
4.2.5.5.1	Procesos de Recarga de Acuíferos en Regiones Áridas	25
4.2.5.5.2	Balace Hídrico en el Proyecto.....	27
4.2.5.6	MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL PRELIMINAR (MHCP).....	29
4.2.5.7	CONCLUSIONES GENERALES	30
4.2.5.7.1	Síntesis de los Principales Contenidos y Resultados del Estudio.....	30
4.2.5.8	METODOLOGÍA EMPLEADA PARA RELEVAMIENTO DE CAMPO.....	36
4.2.5.8.1	Relevamiento Geológico y Geomorfológico.....	36
4.2.5.8.2	Caracterización Hidrogeológica e Hidrológica.....	37
4.2.5.8.3	Caracterización Hidráulica	38
4.2.5.8.4	Parámetros Hidrogeológicos	38

4.2.5.8.5	Hidroquímica.....	41
4.2.5.9	BIBLIOGRAFÍA.....	43

ANEXO I - MAPAS

4.2.5.1 INTRODUCCIÓN

Se realiza a continuación una síntesis del estudio complementario sobre Hidrogeología realizado por Hidroar S.A. El informe completo se incluye como anexo del presente Estudio de Impacto Ambiental.

El presente Estudio Hidrogeológico tiene por objetivo principal elaborar el modelo hidrogeológico conceptual como Línea de Base hidrogeológica, de las áreas donde se construirán las presas NK y JC, a fin de poder predecir posibles modificaciones en el régimen hídrico de los manantiales, acuíferos y su calidad química una vez ejecutadas las mismas.

El estudio se sustenta en la recopilación y análisis de información antecedente y en las dos campañas realizadas en la zona de la presas NK y JC, que incluyeron: reconocimiento de afloramientos geológicos y unidades geomorfológicas, relevamientos y determinación de parámetros físico-químicos in-situ (conductividad eléctrica, temperatura y pH) de mallines y vertientes, pozos de abastecimiento de agua de estancias, perforaciones de estudio geotécnico, arroyos y el río Santa Cruz. Asimismo en la revisión y análisis de toda la información antecedente existente que se detalla en la bibliografía incorporada.

4.2.5.2 ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto se ubica en la Cuenca del río Santa Cruz, la cual atraviesa la provincia homónima en sentido Oeste-Este hasta desembocar en el océano Atlántico a la altura de la localidad de Puerto Santa Cruz. Esta cuenca constituye un sistema glaciolacustre-fluvial con nacientes en el hielo cordillerano, que abastece de agua a los lagos principales: Viedma y Argentino, (ver Figura 1).

El área particular de estudio comprendió las inmediaciones de los dos cierres donde se construirán las represas NK y JC, cubriendo un área de 25 km² por cada zona (ver Figuras 1 y 2 – áreas marcadas en cuadrados color rojo), sin embargo, con la finalidad de obtener una mayor comprensión del entorno geológico e hidrogeológico se relevaron las áreas que comprenderán las zonas de inundación de ambas presas (perilago), ampliándose la superficie de relevamiento.

De la gran extensión del valle fluvial del río Santa Cruz, dos sitios presentan características topográficas aptas para el emplazamiento de las obras de aprovechamiento hidroeléctrico. En estos dos lugares se delinearón las obras de las presas NK y JC. Ambos sitios fueron

seleccionados para constituir estrechamientos naturales de los tramos del valle, que ofrecen la posibilidad de materializar presas, resultando éstas de dimensiones reducidas (del orden de 3 km) frente a la magnitud que presenta el amplio valle del río Santa Cruz en la zona (hasta 10 km), ver Figura 1.

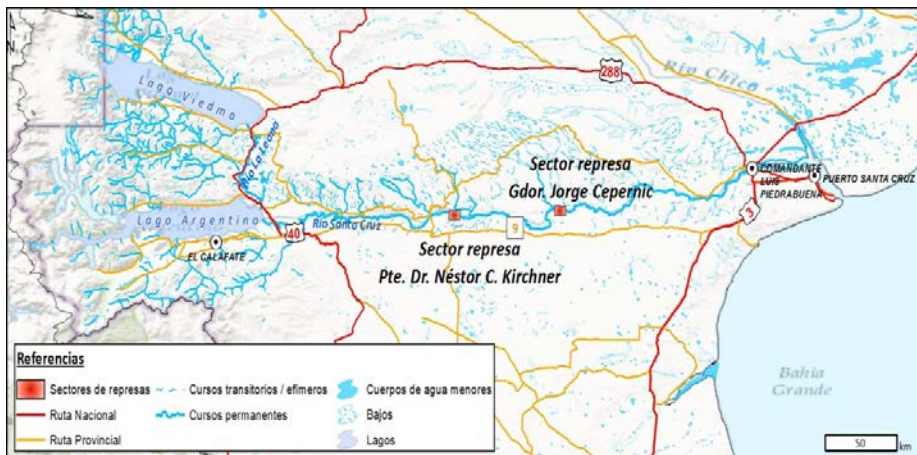


Figura 1: Ubicación general del área de estudio

El acceso a la zona de proyecto se puede realizar desde la ciudad de Calafate por medio de la RP N° 9 (de ripio), que se extiende al sur del río Santa Cruz y vincula la RN N° 3 con la RN N° 40.

Al sur del proyecto, la RP N°9 se conecta con la RP N° 2 (también de ripio), que se extiende hacia el sur hasta la localidad de Esperanza. Al norte del río Santa Cruz, se identifica la RP N° 17, la cual conecta la RN N° 288 con la RN N° 40 (ver Figura 2 y Mapa 1 – Ubicación general del área de estudio-Anexo I).

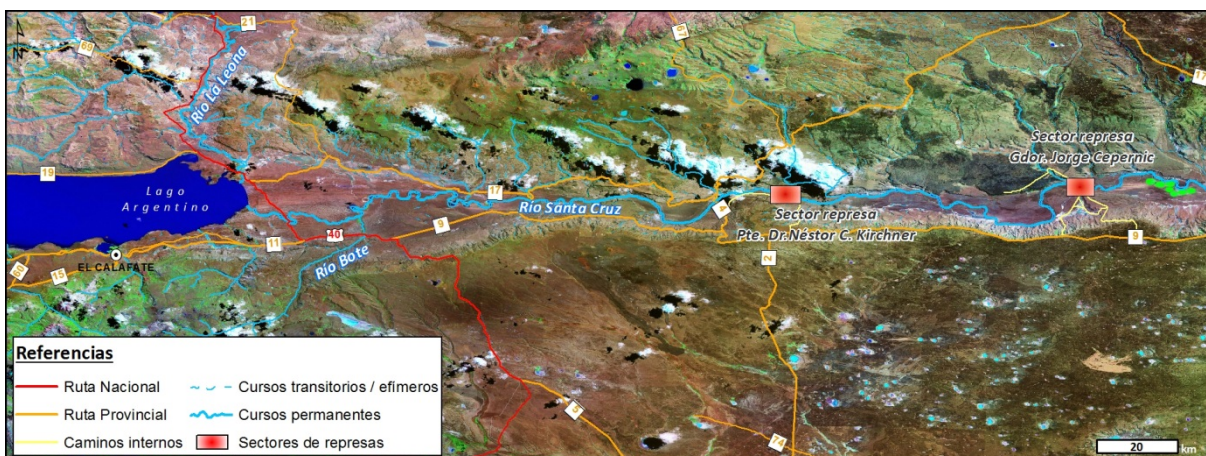


Figura 2: Accesos al área de estudio.

4.2.5.3 HIDROGEOLOGÍA

Se describe a continuación el comportamiento hidrológico subterráneo en base a la información antecedente y a la propia generada durante el relevamiento de campo y del análisis e interpretaciones llevadas a cabo (ver Anexo Fotográfico del Informe completo de Hidroar (Hidroar S.A., 2016) que se anexa al presente Estudio de Impacto Ambiental).

El análisis del comportamiento hidrogeológico, tomará particular atención tanto en la cota de 176,5 m IGN definida como Nivel de Agua Máximo de Operación Normal (NAON) para el embalse NK, el cual ocupará una superficie aproximada de 243 km², como para el embalse JC, cuyo nivel NAON será de 114 m IGN que comprenderá un área de aproximadamente 199 km² de extensión.

4.2.5.3.1 Acuíferos Existentes Generalidades

En base a la información extraída del informe denominado "*Estudio de Impacto Ambiental Aprovechamientos Hidroeléctricos del río Santa Cruz (Presidente Dr. Néstor C. Kirchner y Gobernador Jorge Cepernic), Provincia de Santa Cruz*" (Serman, 2015), se identificaron tanto para el área de cierre NK como JC dos sistemas hidrogeológicos principales los cuales se detallarán a continuación:

- 1) *Acuífero de Subálveo*
- 2) *Acuífero de Meseta*

4.2.5.3.1.1 Acuífero de Subálveo

Estos se desarrollan entre los niveles de terrazas (sector basal) y el lecho del valle activo. Para el caso del río Santa Cruz el acuífero es abastecido por el cauce, presentando un comportamiento influente (río perdedor), ver Figura 3– gráfico D.

La recarga del acuífero se realiza a través de las precipitaciones, pero el mayor aporte es cedido por el río Santa Cruz, que presenta un régimen permanente, el cual es sustentado mayoritariamente por la fusión de los glaciares que configuran el Campo de Hielo Patagónico Sur.

Vistos en planta, estos acuíferos poseen forma de faja, en general coincidente con el ancho del piso del valle, más específicamente con su planicie de inundación. Esta faja puede llegar

a presentar a su vez un hábito suavemente sinuoso pero con un radio de curvatura mayor que el que está presente en el curso fluvial activo, tal como se observa para el río Santa Cruz.

Los parámetros hidráulicos generales antecedentes para este tipo de acuífero se hallan dentro de los siguientes valores:

- *Transmisividad (T)*: 50 a 350 m²/día
- *Permeabilidad (K)*: 5 a 30 m/día
- *Coefficiente de almacenamiento (S)*: 4 a $1 \cdot 10^{-2}$

Este tipo de acuífero también se dispone en el piso de los cañadones y cauces menores que descienden por ambos laterales del valle hasta el río Santa Cruz, aunque de magnitud más reducida.

El basamento hidrogeológico lo constituyen los estratos arcillosos de muy baja permeabilidad de la Formación Santa Cruz. Este contacto, en cortes transversales al rumbo del valle, presenta una sección con forma de catenaria, para el caso del río Santa Cruz, o en "V" para el caso de los tributarios.

Por su parte, los niveles del acuífero se sitúan en el cuerpo de los depósitos que rellenan el valle, conformado por granulometrías variables, que van desde arenas medianas y finas hasta limos y arcillas, para los cañadones, y gravas gruesas hasta bloques con arenas gruesas, limos y arcillas, para los que se sitúan en el piso del valle del río Santa Cruz.

Para estos acuíferos la cuenca hidrogeológica explotable tiene una directa concordancia con la hídrica (superficial), relación que da lugar a una dependencia morfológica que limita la extensión e importancia del recurso hidrogeológico, ya que el mismo queda condicionado por la morfometría del piso del cañadón o valle y por la potencia del depósito que lo rellena y sus parámetros hidrogeológicos (T, K, S). Para el río Santa Cruz, el relleno clástico en contacto con el Terciario subyacente varía desde los 6 m a aproximadamente los 40 m según el estudio antecedente citado al inicio de este apartado.

4.2.5.3.1.2 Acuífero de Meseta

Estos acuíferos se desarrollan en las zonas llanas y de suave pendiente que coronan las mesetas que se localizan en el ámbito del área de estudio. Conforman superficies escalonadas a diversas alturas y que están cubiertas por gravas glaciales y coladas lávicas.

En la zona del cierre proyectado para ambas presas, su existencia está directamente vinculada con la estratigrafía de la zona, que se compone mayormente de una secuencia volcánico-clástica de disposición general subhorizontal, la que desde la base al techo exhibe a las sedimentitas de la Formación Santa Cruz, que subyacen a una acumulación de gravas/arenas de probable origen glacifluvial, cubiertas por los basaltos fracturados (ver Figura 3– gráfico A y B).

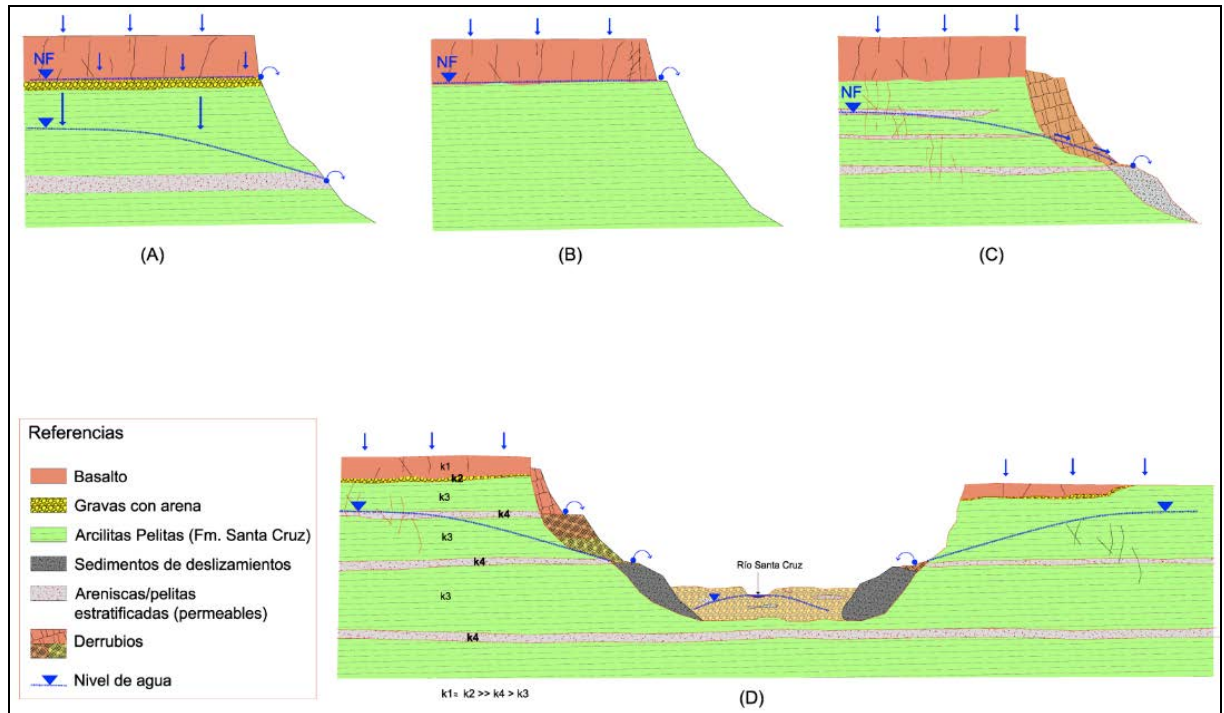


Figura 1: Esquema de sistema típico de acuíferos en el área de estudio. Fuente: Hidroar, 2016

Estos acuíferos se caracterizan por ser un recurso de carácter irregular de distribución anisótropa (areal y en profundidad) ante la variabilidad en sus propiedades hidrogeológicas consecuencia de su litología (alternancia de areniscas y pelitas), grado de consolidación, fracturación y/o lajosidad (ambas propiedades confiriéndole una permeabilidad secundaria). Sumado a ello su recarga se halla muchas veces limitada a la permeabilidad de los sedimentos sobrepuestos (basaltos y/u sedimentos cuaternarios).

La existencia en el área relevada de bloques de grandes dimensiones desplazados a favor de movimientos de remoción en masa del tipo deslizamiento rotacional, y en menor medida expansiones laterales, han dado lugar a una mayor complejidad de este tipo de acuífero, como se detallará a continuación.

La génesis del acuífero de Meseta, se produce a partir de la infiltración del agua proveniente de las precipitaciones que caen sobre la superficie de los basaltos fracturados; estos presentan sistemas de fracturas subverticales generalmente abiertas, que permite el ingreso del agua desde la superficie de las coladas hasta la base de las mismas, donde existe en algunos casos un horizonte de gravas y arenas gruesas. De esta forma el agua se desplaza verticalmente desde la superficie a través del basalto hasta llegar a estratos de granulometría muy permeable (gravas y arenas), generándose un acuífero subsuperficial o colgado local, ver Figura 3A y Anexo Fotográfico del informe de Hydroar (2016).

Estas gravas no siempre presentes (Figura 3 B y C), están apoyadas sobre las sedimentitas de la Formación Santa Cruz, mediando entre ambas unidades una discordancia erosiva. En función de ello la mayor parte del agua se desplaza lateralmente dentro de las gravas permeables hasta aflorar sobre la superficie de la pendiente en el pedimento de flanco labrado sobre la secuencia clástica de la Formación Santa Cruz o, directamente sobre una escarpa de falla generada por un deslizamiento rotacional, produciéndose manantiales limitados de escasa a relevada importancia y en general de carácter estacional (Figura 3D, y ver Figura 4).



Figura 2: Manantial que aflorara sobre la superficie de la pendiente.

Si bien la presencia de manantiales se observa a lo largo del recorrido de ambas márgenes del río Santa Cruz, este escenario presenta modificaciones debido a que gran parte de las pendientes presentes en la zona está afectada por movimientos de remoción en masa, los que han dado lugar a alteraciones en el comportamiento esperable.

Por ejemplo, debajo del contacto entre la base de las gravas/arenas y el techo de la Formación Santa Cruz (mayormente de textura arcillosa), se verifica la presencia de varios manantiales que indican la presencia de otros tantos niveles colgados muy locales y más

profundos que la posición de la base de las gravas, los que están relacionados a la existencia de bloques que se han desplazado a favor de movimientos del tipo deslizamiento rotacional, creándose una segunda generación de niveles de agua colgados, (ver Figura 3C).

4.2.5.3.2 Unidades Hidrolitológicas

Sobre la base de la caracterización geológica presentada en la Sección 6 – Geología del informe completo de Hidroar (Hidroar S.A., 2016) que se anexa al presente Estudio de Impacto Ambiental; se definieron y clasificaron las unidades hidrogeológicas presentes en cada una de las áreas de estudio (NK y JC). Para proceder al ordenamiento de las unidades mencionadas, fueron especialmente consideradas las propiedades litológicas de cada una de las formaciones geológicas presentes.

Una de las propiedades de mayor importancia al considerar el comportamiento hidráulico y por consiguiente las características hidrogeológicas, es la relacionada al parámetro de la permeabilidad, expresada por el grado de facilidad que tiene el medio analizado para ser atravesado y transmitir el agua. Por hallarse constituido por rocas y sedimentos de diversas características, cabe aclarar que la permeabilidad aludida puede ser adquirida de dos formas, en primer término, durante la etapa de génesis y en los primeros estadios de formación litológica, el pasaje de fluido se produce a través de los canaliculos originados entre las partículas o sedimentos, comportándose el medio como un sistema poroso en el que el fluido transcurre entre los clastos y por ende, a esta permeabilidad se la denomina primaria.

Ya en la etapa de consolidación, una vez formadas las rocas, debido a posteriores fenómenos epigénicos tales como diaclasas, fallas, grietas o canales de disolución, se genera la denominada permeabilidad secundaria, en virtud que se crea sobre un medio existente ya consolidado, de modo secundario.

Por lo expuesto, se resume que en el primer caso (Permeabilidad primaria) la circulación se realiza en un medio poroso y en el segundo (Permeabilidad secundaria) en un medio de fisuras.

Para establecer un único vocabulario sobre la terminología utilizada para describir el comportamiento hidrogeológico (hidráulico) de las unidades mencionadas, se agruparán a las rocas y materiales del área en: *acuíferas*, aquellas capaces de recibir, alojar y transmitir agua con facilidad; *acuicludas*, los medios que reciben, alojan pero prácticamente no transmiten agua; *acuitardas*, en sedimentos que transmiten agua bajo determinadas condiciones y *acuifugas*, medios que no alojan ni transmiten agua.

Otro aspecto a considerar es la distribución espacial de las propiedades hidráulicas antes mencionadas, entendiendo como medio isótropo aquel en el que las propiedades físicas no varían según la dirección y anisótropo los medios en los que presentan una dirección preferencial. Si la característica analizada se repite regionalmente se considera al medio homogéneo, en cambio si se presenta una alternancia en las condiciones se lo considera heterogéneo.

A partir de la metodología planteada se efectuó la clasificación de las unidades geológicas en hidrogeológicas (hidroestratigráfica) que fueron definidas para el área de estudio en general.

En la Tabla 1 se sintetiza el comportamiento de las unidades geológicas e hidrogeológicas.

PERÍODO	ÉPOCA	LITOLOGÍA	COMPRTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	TIPO DE ACUÍFERO
CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos coluviales	Acuífero	Primario
		Depósitos de llanura aluvial		
		Depósitos de terraza aluvial		
		Depósitos de remoción en masa		
		Depósitos eólicos		
		Depósitos lacustres		
	PLEISTOCENO	Morenas El Tranquilo (ET) y sus depósitos de gravas, arenas y limo/arcillas glaciafluviales y glacialacustres	Acuitardo/Acuífero pobre	Primario
		Morenas Arroyo Verde (AV) y sus depósitos de gravas, arenas y limo/arcillas glaciafluviales y glacialacustres		
		Morenas Chuñi Aike (ChA) y sus depósitos de gravas y arenas glaciafluviales		
		Morenas Estancia La Frutuosa (ELF) y sus depósitos de gravas y arenas glaciafluviales		
		Coladas de Basaltos pleistocenas		
	PLIOCENO - MIOCENO sup.	Coladas de Basaltos pliocenas	Acuífero/Acuífugo	Secundario
		Terraza San Fernando y sus gravas y arenas glaciafluviales	Acuífero / Acuitardo	Primario
Terraza La Australasia y sus gravas y arenas glaciafluviales				
Morenas Pampa Alta y sus depósitos de gravas y arenas glaciafluviales				
Terraza Cerro Cuadrado y sus gravas y arenas glaciafluviales				
TERCIARIO	MIOCENO	Fm Santa Cruz	Acuitardo/Acuicludo/Acuífero pobre	Primario/Secundario
	MIOCENO-EOCENO	Fm 25 de Mayo	Acuitardo/Acuicludo/Acuífero pobre	Primario/Secundario

Tabla 1: Litologías y comportamiento hidrogeológicos en el área de estudio.

Particularmente, los depósitos Holocenos formarían un acuífero primario, conformado predominantemente por litologías compuesta por gravas y arenas de porosidad elevada. En cuanto a las litologías Pleistocenas, compuestas mayormente por morenas de origen glacial, serían formadores de acuitardos y acuíferos pobres debido a la presencia de granulometría fina que presentan en la matriz (arcillas y limos).

Las coladas de basaltos (Pleistocena y Pliocena-Miocena) serían formadores de acuíferos de origen secundario, debido a la presencia de diaclasas y fracturas que permitirían el ingreso y circulación del agua. En caso de no presentar fisuras o las mismas encontrarse rellenas, se comportarían como acuífugos.

Los depósitos correspondientes a la época Pliocena-Miocena superior, formarían acuíferos primarios y en el caso de las morenas Pampa Alta posibles acuitardos.

La Fm. Santa Cruz y 25 de Mayo correspondiente al período Terciario, se comportarían como acuitardos debido a que cederían agua con cierta dificultad o Acuicludos en caso de encontrarse la fracción arcillosa compactada por acción glaciaria. De todos modos, si las pelitas presentaran planos de debilidad que permitan la interconexión entre fracturas y circulación del agua (permeabilidad secundaria), no debe descartarse un comportamiento como acuífero pobre.

En general, los depósitos correspondientes al Holoceno y Pleistoceno conformarían la mayor parte del *acuífero de subálveo*, mientras que las litologías Pliocenas – Miocenas formarían el sistema hidrogeológico denominado *acuíferos de meseta*, y la litología del período Terciario (Fm. Santa Cruz y 25 de Mayo) se comportarían como hidroapoyo, debido a su baja permeabilidad.

4.2.5.3.3 Parámetros Hidrogeológicos

Sobre la base de las características hidrogeológicas del subsuelo, se analizaron los estudios y ensayos hidráulicos antecedentes ejecutados particularmente en las áreas NK y JC para el estudio geotécnico, los cuales se efectuaron en diferentes litologías, y permiten alcanzar un mayor conocimiento de los sectores de estudio.

Dichos parámetros, se corresponden con valores de permeabilidad (K) obtenida a partir de ensayos Lugeon, los cuales resultan importantes en la estimación de los fenómenos hidrodinámicos como así también para la fundación de las presas.

Conforme los ensayos Lugeon llevados a cabo, se pudo calcular semicuantitativamente la permeabilidad de los macizos rocosos, cuya unidad de medida Lugeon "UL" se muestra en el resultado de la prueba que se presenta en función de la profundidad en la siguiente tabla.

Tipo de roca	Valor en U.L
Impermeable	0-1
Poco permeable	1-3
Permeable	>3
	1.5 a 6
Muy Permeable	>3
	>6

Tabla 2: Relación de la permeabilidad de un macizo a diversas presiones de inyección, con el valor obtenido del ensayo Lugeon (Olalla y Sopena, 1991, en González de Vallejo et al., 2002).

A su vez, se realizaron pruebas hidráulicas de tipo Lugeon en pozos de exploración geotécnica, ubicados a lo largo del cierre de la presa NK. Seguidamente se presenta una gráfica con los resultados de la interpretación.

4.2.5.3.3.1 Área NK

Se realizaron pruebas hidráulicas de tipo Lugeon en pozos de exploración geotécnica, ubicados a lo largo del cierre de la presa NK. Seguidamente se presenta una gráfica con los resultados de la interpretación.

A partir del informe denominado "*Recopilación ensayos Lugeon Presa N. Kirchner*" realizado con fecha 24/09/2015, se analizó un croquis existente de la ubicación de los tramos ensayados con su respectiva profundidad expresada en cota IGN, considerando un sistema de progresivas desde margen izquierda a margen derecha, e indicando en cada punto el valor de la UL (ver Figura 5). En la misma se muestra el perfil de terreno natural, presentándose en círculos color azul los valores de ensayos antecedentes y como círculos amarillos los más actuales.

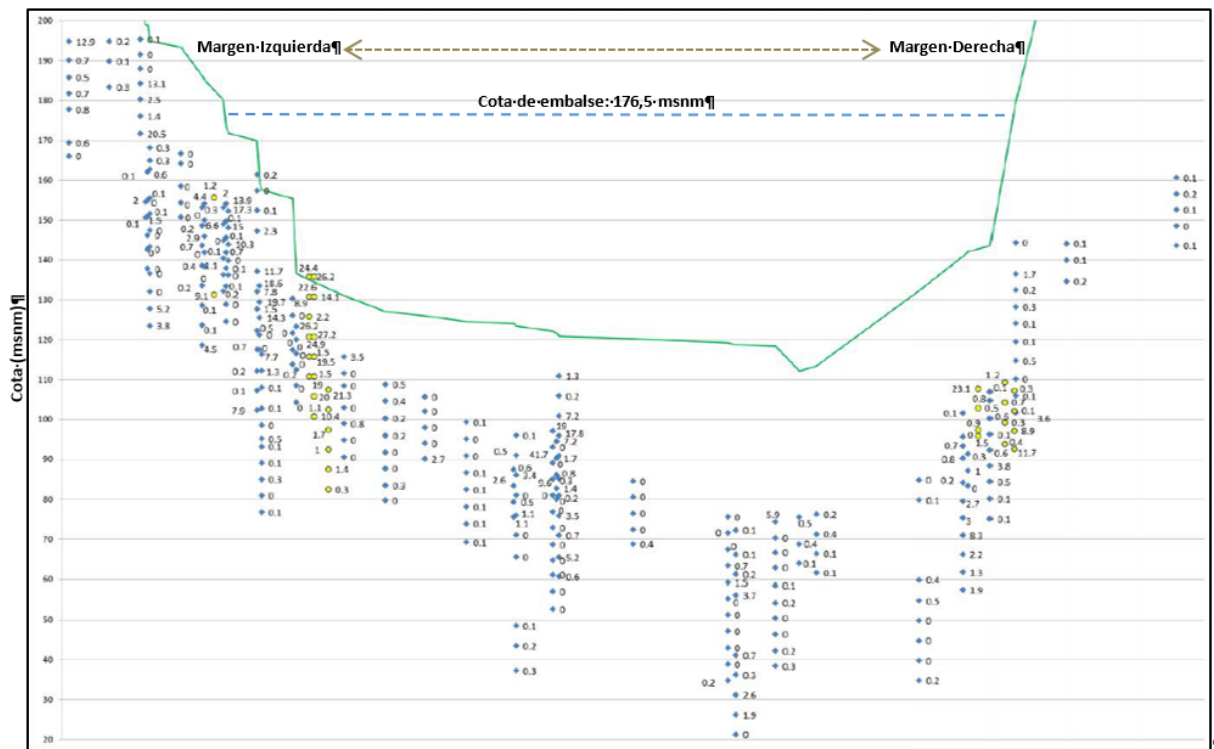


Figura 3: Croquis de ubicación de ensayos Lugeon ejecutados en el sector de cierre de la futura presa NK. Fuente: Hidroar, 2016

En la Figura 6 se muestra el mismo croquis pero se representan únicamente los ensayos que arrojaron valores mayores a 5 UL ($K \approx 0,04$ m/d), con la finalidad de evidenciar las zonas permeables y que podrían ser más desfavorables.

Asimismo, sobre el mismo gráfico se presentan en círculos punteados color rojo, las zonas donde los ensayos Lugeon arrojaron valores iguales o mayores a 20 UL ($K \approx 0,01$ m/d), la cual según la clasificación de Custodio y Llamas (1983), se correspondería con litologías permeables atribuibles a arenas finas o mezcla de arenas y limos.

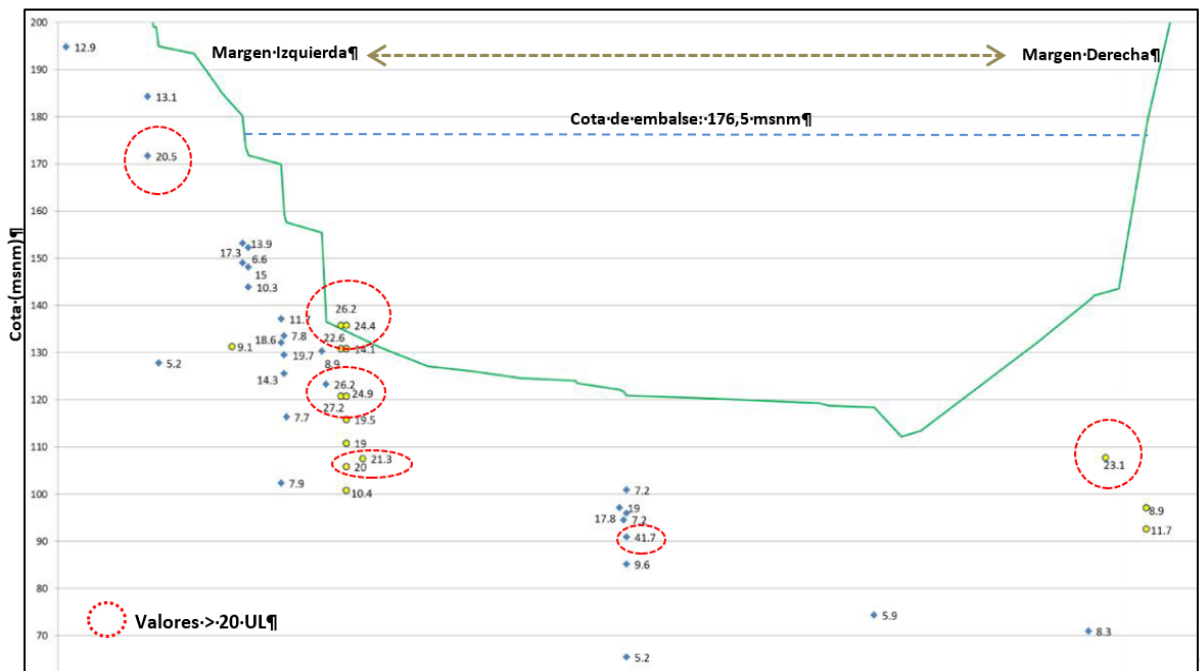


Figura 4: Croquis de ubicación de ensayos Lugeon en eje NK, cuyos valores son mayores a 5 UL.
Fuente: Hidroar, 2016

Como se puede apreciar en la figura anterior, las mayores permeabilidades se observan en el margen izquierdo, más precisamente entre las cotas 175 y 100 msnm, y en casos puntuales distribuidos en el sector central y margen derecho del valle donde se realizará el cierre.

4.2.5.3.3.2 Área JC

Se realizaron pruebas hidráulicas de tipo Lefranc y Lugeon en pozos de exploración geotécnica, ubicados a lo largo del cierre de la presa JC. Seguidamente se presenta una descripción de los ensayos realizados y los resultados de la interpretación.

Al igual que para el área NK, para el área de JC se analizó un croquis antecedente correspondiente al informe denominado "*Recopilación ensayos Lugeon Presa J. Cepernic*" realizado con fecha 24/09/2015, donde se muestra la ubicación de los tramos ensayados con su respectiva profundidad expresada en cota IGN, considerando un sistema de progresivas desde margen izquierda a margen derecha, e indicando en cada punto el valor de la UL (ver **Figura 7**). En esta gráfica se muestra el perfil de terreno natural, presentándose en círculos color azul los valores de ensayos antecedentes y en círculos amarillos los más actuales.

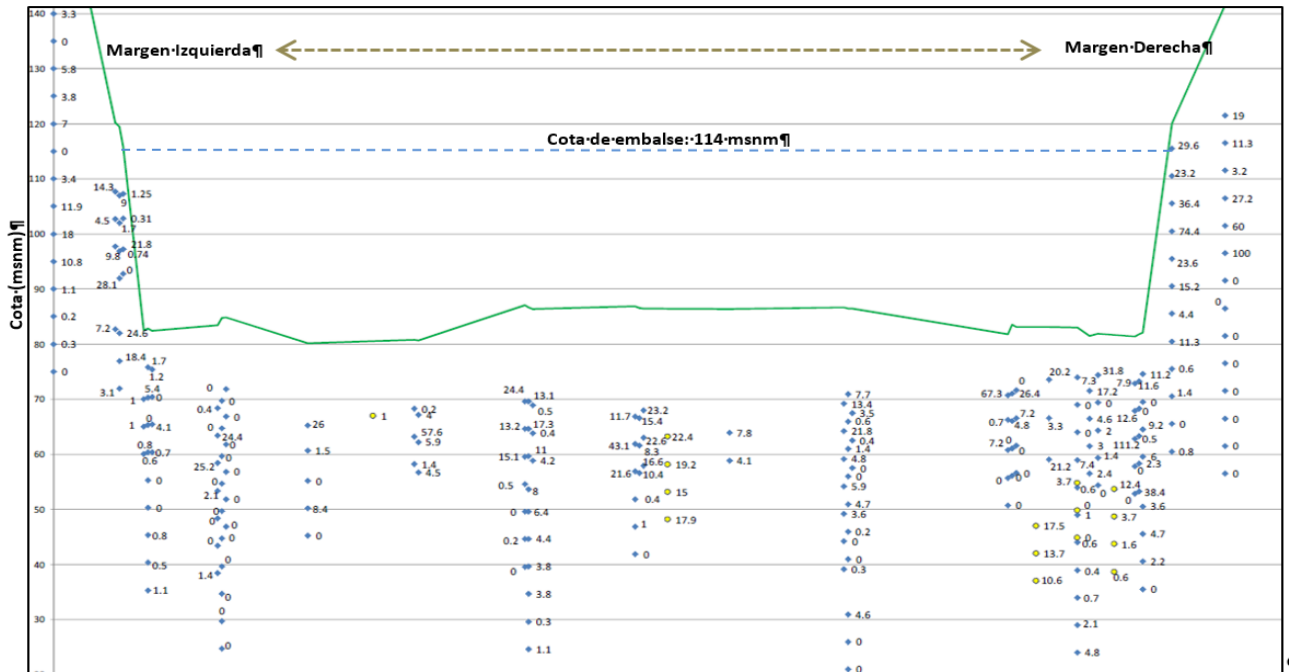


Figura 5: Croquis de ubicación de ensayos Lugeon ejecutados en el sector de cierre de la futura presa JC. Fuente: Hidroar, 2016

En la Figura 8 se muestra el croquis idéntico, con el mismo análisis realizado para el área NK, con la finalidad de evidenciar las zonas permeables y que podrían ser más desfavorables hidráulicamente.

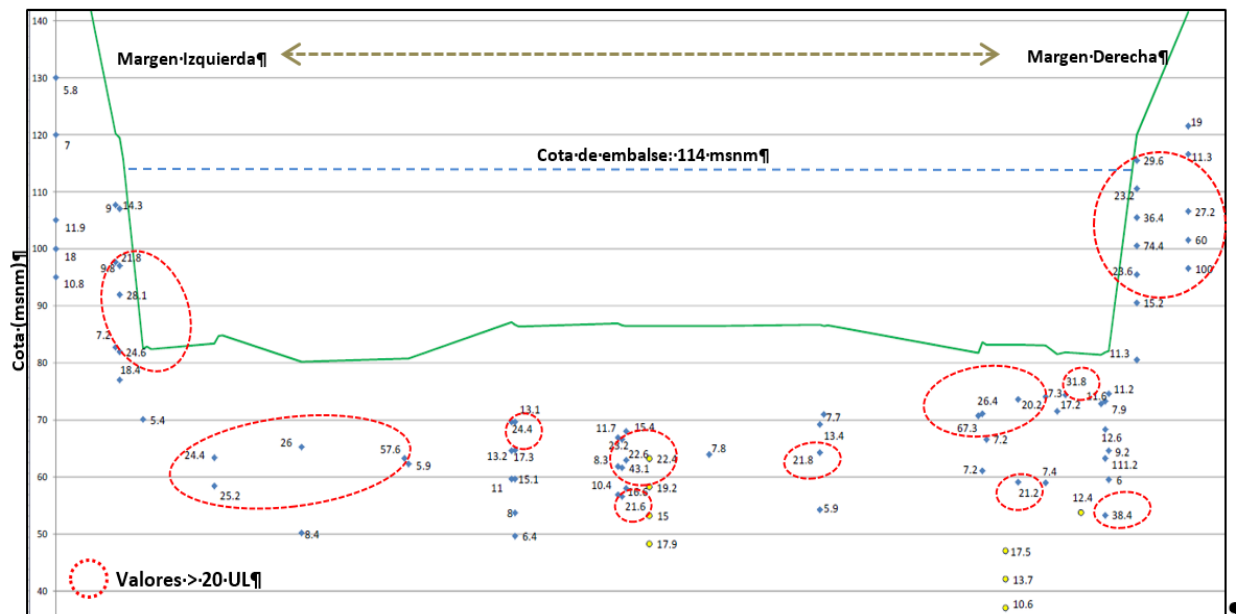


Figura 6: Croquis de ubicación de ensayos Lugeon en eje JC, cuyos valores son mayores a 5 UL. Fuente: Hidroar, 2016

Se puede valorar que las mayores permeabilidades se observan a lo largo de todo el perfil, entre las cotas 115 y 50 msnm, evidenciándose las de mayor magnitud preferentemente en el sector de la margen derecha del valle donde se realizará el cierre.

A modo de síntesis, tanto para el sector NK como para JC, no se puede establecer una relación directa entre las UL y la litología ensayada, ni establecer una correlación en los perfiles, debido a la discontinuidad de los valores analizados a lo largo de los cierres.

4.2.5.3.4 Hidrodinámica Subterránea

Según se presenta en el punto 4.2.5.3, se distinguen dentro del área de estudio dos tipos de flujos subterráneos: el que transcurre en el medio poroso y el que corresponde al medio de fisuras. Por lo anteriormente expresado, el análisis de la hidrodinámica subterránea se centra en el medio poroso (preferentemente en limos, arenas y gravas) y fisurado (basaltos, pelitas o areniscas con planos de estratificación y/o fracturadas), en este último, a diferencia de los acuíferos en medios porosos, el movimiento del agua se conduce según planos de fisuras preferenciales que normalmente se encuentran formando juegos de fracturas a escala local.

En base a lo apreciado en campo, tanto el grado de interconexión como la densidad en la fracturación poseen importantes variaciones en sentido vertical y horizontal, hecho reflejado por la disparidad entre los caudales y las diferencias en los niveles hidráulicos observados de los diferentes cursos y manantiales relevados (vertientes y mallines).

En particular para el Proyecto, se han considerado en conjunto las áreas NK y JC, debido a la similitud que presentan en cuanto a las Fm. geológicas y unidades geomorfológicas, y se realizó una interpretación de información antecedente, relevamientos de pozos (molinos, geotécnicos), y manantiales en ambas márgenes del río Santa Cruz, (ver Figura 9 a Figura 12 y Registro Fotográfico del informe de Hidroar (2016)). Con tal fin se llevó a cabo un relevamiento de campo detallado de las manifestaciones de agua del área que permitieron organizar una base de datos que se adjunta en las tablas más abajo descriptas y se muestran en el Mapa 2a y b correspondiente al Anexo I (Mapas).

La información antecedente disponible a escala regional proveniente de estudios específicos y relevamientos de campo realizados, no permiten establecer las características detalladas del flujo subterráneo, recurriéndose en esta oportunidad a la comparación con otras áreas cercanas de similares características geológicas e hidrogeológicas, debido a la insuficiente información hidrogeológica de los acuíferos existentes (falta de pozos hidrogeológicos, exiguos pozos representativos, pozos de estudio derrumbados o cegados, escasos molinos en la zona, etc.).

En este sentido, se destaca la información obtenida de otras áreas evaluadas (proyectos mineros y/o petroleros próximos al área de estudio, en los que se reconocen acuíferos porosos y fisurados de características confinadas y/o semiconfinadas que se comportan como una unidad de extensión regional con zona de recarga alóctona al oeste y zona de descarga regional en el Océano Atlántico.

En función de lo descrito en el punto 4.2.5.3 para el caso de los **Acuífero de subálveo** se asume que el sentido de flujo es regionalmente al este, coincidiendo con la topografía general de la planicie aluvial siendo el mismo subparalelo al escurrimiento superficial del río Santa Cruz. Sin embargo debería llevarse a cabo un estudio más detallado con perforaciones que intercepten el acuífero libre para establecer la dinámica del agua subterránea, obtención de gradientes, velocidad efectiva, etc., que permitan inferir posibles alteraciones locales consecuencia de aportes laterales (desde los acuíferos de meseta y/o arroyos o vertientes) o variaciones de los parámetros hidrogeológicos (K, T, S) consecuencia de diferentes en la litologías del subálveo.

Respecto a los **Acuífero de Meseta** (*basaltos, gravas y arenas y/o sedimentos-rocas Tc*), se infiere un flujo subterráneo desde las divisorias de cuencas hacia el valle del río Santa Cruz (para la margen izquierda de NNO a SSE y para la margen derecha de SSO al NNE) con descargas locales en los pedimentos al pie de los barrancos (base de basaltos y/o contacto con gravas y/o areniscas/pelitas Tc.), o bien directamente en el acuífero de subálveo. Sin embargo no debe descartarse para el acuífero Terciario profundo, un sentido de flujo con una componente regional oeste - este según la topografía del área bajo análisis.



Figura 7: Medición de profundidad del nivel de agua en Molinos de Estancias.



Figura 8: Medición de profundidad del nivel de agua en pozos geotécnicos existentes.



Figura 9: Relevamiento de pozos geotécnicos con agua en margen izquierda de JC.



Figura 10: Ingreso al interior del pique existente en NK, con agua en su interior.

4.2.5.3.5 Hidroquímica

Conforme a los datos fisicoquímicos de aguas subterráneas y superficiales obtenidos por mediciones in situ llevados a cabo por Hidroar S.A., se presenta a continuación los resultados.

4.2.5.3.5.1 Pozos existentes (geotécnicos - abastecimiento de agua y/o perforaciones de estudio)

- *Área NK*

En la Tabla 3 se presentan los resultados de los parámetros in situ correspondientes al pH, CE y T° de agua de pozos relevados por Hidroar S.A., donde se aprecia que casi la totalidad de los mismos se hallaban derrumbados o cegados y únicamente se pudieron obtener tres valores representativos, entre los cuales se halla el pique NK ubicado sobre la margen izquierda en el sector del cierre.

Tipo	Nº Identificación en mapa	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	CE (mS/cm)	pH	T (°C)	NE (mbbp)	Fondo de pozo (mbbp)	Observaciones	Sector-Margen	Fecha relevamiento
Pozo geotécnico	44	50,2145	70,7859	134	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo seco/derrumbado.	NK-D	25/10/2016
Pozo geotécnico	43	50,2151	70,7862	144	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo cegado	NK-D	25/10/2016
Pozo geotécnico	46	50,2153	70,7857	141	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo seco/derrumbado.	NK-D	25/10/2016
Pozo geotécnico	40	50,2172	70,7869	233	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo cegado	NK-D	25/10/2016
Pozo geotécnico	37	50,2165	70,7883	233	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo seco/derrumbado.	NK-D	25/10/2016
Pozo geotécnico	41	50,2167	70,7867	216	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo seco/derrumbado.	NK-D	25/10/2016
Pozo geotécnico	47	50,2166	70,7851	134	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo seco/derrumbado.	NK-D	25/10/2016
Pozo geotécnico	38	50,2155	70,788	167	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo seco/derrumbado.	NK-D	25/10/2016
Pozo geotécnico	42	50,2157	70,7864	157	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo seco/derrumbado.	NK-D	25/10/2016
Pozo geotécnico	39	50,215	70,7875	151	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo seco/derrumbado.	NK-D	25/10/2016
Pozo geotécnico	51	50,2174	70,7515	117	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo seco/derrumbado.	NK-D	25/10/2016
Pozo con agua	18	50,2947	70,9187	382	0,89	8,2	12,8	s/d	s/d	Se traba la sonda al bajarla, no se pudo medir nivel.	NK-D	25/10/2016
Pozo con agua	3	50,1922	71,3407	212	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Afloramiento de Fm. 25 de Mayo en Cañadón El Mosquito.	NK-I	26/10/2016
Pozo con agua	51	50,2025	70,7764	186	0,564	8,4	11,4	52,0	53,7	En el tercer descanso de arriba para abajo hay filtraciones de agua. El principal aporte de agua viene de arenas del fondo del pozo.	NK-I	26/10/2016
Pozo geotécnico	49	50,2007	70,7801	207	s/d	s/d	s/d	s/d	60	Pozo seco/derrumbado.	NK-I	26/10/2016
Pozo geotécnico	50	50,2039	70,7787	126	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Sin observaciones	NK-I	26/10/2016
Molino	31	50,2628	70,797	342	0,296	8,3	9,5	6,82	e/ 50 y 60	BP: 0,20 msnt. Situado en la Ea.	NK-D	28/10/2016
Pozo geotécnico	53	50,2155	70,7508	122	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo seco/derrumbado.	NK-I	01/12/2016

Tabla 3: Pozos relevados por Hidroar S.A. sector NK. Fuente: Hidroar, 2016

El agua presenta CE media baja (0,58 mS/cm), pH alcalino (8,3) y T° media igual a 11,2 °C, ver Mapa 3 y 4 (Anexo I).

- **Área JC**

Los puntos identificados en el Tabla 4 como N° 94a, 104, 104bis, 105, 105bis presentan elevada CE y pH atribuible a restos de fluidos (aditivos) de perforación que elevan estos parámetros.

Tipo	Nº Identificación en mapa	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	CE (mS/cm)	pH	T (°C)	NE (mbbp)	Fondo de pozo (mbbp)	Observaciones	Sector-Margen	Fecha relevamiento
Pozo con agua	108	50,201	70,1128	86	1,39	8,2	11,6	4,08	4,65	BP: 0,52 msnt. Abundante sedimento fino en fondo, que podría causar aumento de la CE.	JC-D	27/10/2016
Pozo con agua	109	50,2018	70,1117	94	1,085	8,5	14,7	11,9	>40	BP a nivel del suelo. Antes de medir el nivel se sacó 1/4 de bailer.	JC-D	27/10/2016
Pozo con agua	110	50,2012	70,1121	82	s/d	s/d	s/d	3,08	3,5	BP: 1,02 msnt.	JC-D	27/10/2016
Pozo con agua	105a	50,1971	70,117	85	16,54	12	12	16,89	17,4	BP: 0,74 msnt. Agua turbia, CE y pH elevados, probablemente por fluido de perforación.	JC-D	27/10/2016
Pozo con agua	105b	50,1971	70,117	85	4,28	8,9	11	14,89	16,4	BP: 0,915 msnt.	JC-D	27/10/2016
Pozo geotécnico	97	50,1807	70,1272	117	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo seco/derrumbado.	JC-I	27/10/2016
Pozo geotécnico	104	50,1905	70,1221	81	40,2	12	16	19,12	19,5	BP: 0,93 msnt. CE y pH elevados, probablemente por fluido de perforación.	JC-D	27/10/2016
Pozo geotécnico	104 bis	50,1905	70,1221	81	10,98	12	12,9	15,54	19,48	BP: 0,93 msnt. CE y pH elevados, probablemente por fluido de perforación	JC-D	27/10/2016
Pozo hidrogeológico	70	50,2807	70,1591	156	1,62	8,7	12	7,53	>40	BP: 0,40 msnt. No se utiliza como pozo de abastecimiento porque se seca rápidamente al bombearlo.	JC-D	27/10/2016
Pozo geotécnico	86	50,1837	70,1284	83	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo seco/derrumbado.	JC-I	02/12/2016
Pozo geotécnico	98	50,1806	70,1272	119	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo seco/derrumbado, realizado por agua y energía.	JC-I	02/12/2016
Pozo geotécnico	96	50,1808	70,1275	115	0,912	9,2	10,9	28,78	s/d	BP: 0,42 msnt. El bailer salio con 60 cm de agua aproximadamente.	JC-I	02/12/2016
Pozo geotécnico	92	50,1812	70,1285	121	s/d	s/d	s/d	s/d	9,4	Pozo seco/derrumbado.	JC-I	02/12/2016
Pozo geotécnico	88	50,1814	70,1298	118	s/d	s/d	s/d	s/d	9,21	Pozo seco/derrumbado.	JC-I	02/12/2016
Pozo geotécnico	87	50,1824	70,1291	75	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo seco/derrumbado.	JC-I	02/12/2016
Pozo geotécnico	94a	50,183	70,127	80,2?	6,17	7,9	10,9	12,13	13,62	BP: 0,54 msnt. El agua presenta olor a podrido.	JC-I	02/12/2016
Pozo geotécnico	94b	50,183	70,1269	84,71?	0,198	8,6	15,7	1,27	13,2	BP: 0,51 msnt. Se ubica al lado del pozo BC-1, presenta muy poco olor a podrido.	JC-I	02/12/2016
Pozo geotécnico	93	50,182	70,1278	69	s/d	s/d	s/d	s/d	1,1	Pozo seco/derrumbado.	JC-I	02/12/2016
Pozo geotécnico	99	50,1818	70,1266	79	s/d	s/d	s/d	s/d	0,46	Pozo seco/derrumbado.	JC-I	02/12/2016
Pozo geotécnico	95	50,1818	70,125	84,4	s/d	s/d	s/d	s/d	1,76	Pozo seco/derrumbado.	JC-I	02/12/2016
Pozo geotécnico	100	50,1832	70,125	85	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo derrumbado. Construido por agua y energía.	JC-I	02/12/2016
Pozo geotécnico	101	50,1821	70,1238	88	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo seco/derrumbado.	JC-I	02/12/2016
Pozo geotécnico	102	50,1834	70,1232	85	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo seco/derrumbado.	JC-I	02/12/2016
Pozo geotécnico	103	50,1836	70,1214	87	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo seco/derrumbado.	JC-I	02/12/2016
Pozo geotécnico	89	50,1797	70,1297	170	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Pozo seco/derrumbado.	JC-I	02/12/2016
Pozo geotécnico	112	50,1978	70,0923	80	0,095	8	11,5	3,4	3,76	El pozo no presenta brocal, pero si agua en su interior.	JC-D	04/12/2016

Tabla 4: Pozos relevados por Hidroar S.A. sector JC. Fuente: Hidroar, 2016

El resto de puntos muestreados presenta CE media baja (0,88 mS/cm), pH alcalino (8,5) y T° media igual a 12,7 °C, ver Mapa 3 y 4 (Anexo I).

4.2.5.3.5.2 Mallines/vertientes

Se procedió al muestreo de mallines y vertientes, distribuidos espacialmente en ambas márgenes del río Santa Cruz.

Previo a la presentación se los resultados es válido mencionar la diferencia entre mallín y vertiente a fin de evitar confusiones.

El término *Mallín* hace referencia a humedales con densidad vegetal, cuya génesis está asociada a la presencia de agua cerca de la superficie del suelo. Se trata de ecosistemas patagónicos azonales, generalmente de escasas dimensiones, compuestos por especies vegetales específicas. Poseen una distribución espacial dispersa que responde a factores topográficos, geomorfológicos, hidrológicos e hidrogeológicos particulares, constituyendo un valioso recurso natural en el espacio patagónico.

En el presente informe, *Vertiente* hace referencia al escurrimiento de agua subterránea que intercepta la topografía y escurre por desnivel por la superficie del terreno. La misma es originada por un mallín de elevados caudales o nacientes al pie de los basaltos fracturados.

- *Área NK*

En la Tabla 5, se exponen los manantiales relevados, presentando valores medios del agua con CE baja (0,44 mS/cm), pH medio levemente alcalino (8,1) y T° media igual a 12,7 °C.

Tipo	Nº Identificación en mapa	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	CE (mS/cm)	pH	T (°C)	Observaciones	Sector-Margen	Fecha relevamiento
Mallín	14	50,2974	70,9234	360	0,327	8,5	10,2	Mallín con Tamar en campamento NK	NK-D	25/10/2016
Mallín	13	50,2977	70,9239	365	0,325	8,5	10	Naciente de mallín cerca a campamento NK	NK-D	25/10/2016
Mallín	15	50,2967	70,9227	357	0,328	8,5	10,4	Aforo de caudal Mallín situado aguas arriba del campamento NK, Q=0,85 m ³ /h.	NK-D	25/10/2016
Mallín	35	50,2638	70,7516	266	1,03	7,7	16,8	Mallín cercano a villa NK. El agua escurre a muy baja velocidad. En 2015 había mucha mas agua.	NK-D	25/10/2016
Mallín	34	50,2649	70,7518	284	0,395	8	13	Mallín cercano a villa NK. En 2015 había mas agua.	NK-D	25/10/2016
Mallín	33	50,2656	70,7531	288	0,948	7,6	16,1	Mallín cercano a villa NK.	NK-D	25/10/2016
Mallín	8	50,2829	71,1182	403	1,09	7,4	18,1	El agua medida tenía sedimento, por lo que la conductividad no es confiable.	NK-D	25/10/2016
Mallín	6	50,2831	71,1293	422	0,296	8,0	14	s/obs.	NK-D	25/10/2016
Mallín	7	50,2831	71,1197	424	0,296	8,0	13,9	Naciente de mallín.	NK-D	25/10/2016
Mallín	11	50,2986	71,0599	423	0,337	7,8	14,2	Las coordenadas corresponden a Ea. El Refugio, los parámetros corresponden a un mallín cercano.	NK-D	25/10/2016
Mallín	10	50,2999	71,0598	434	s/d	s/d	s/d	Vista de captación de agua en Ea. El Refugio.	NK-D	25/10/2016
Mallín	9	50,2998	71,0606	431	0,276	8,6	12,1	Captación agua Ea. El Refugio	NK-D	25/10/2016
Mallín	29	50,1833	70,82	302	0,428	7,9	9,9	Naciente de mallín al pie de los basaltos, genera un escurrimiento de agua.	NK-I	26/10/2016
Mallín	12	50,2943	71,0209	352	0,328	8,4	9,6	Mallín junto a Ea. La Leonor	NK-D	28/10/2016
Mallín	30	50,2756	70,8074	419	0,4	8,2	9,3	Mallín cercano a Ea. La Porfiada	NK-D	28/10/2016
Mallín	24	50,1873	70,878	252	s/d	s/d	s/d	Una vertiente pasa a ser subterránea y vuelve a aflorar en el punto georreferenciado.	NK-I	01/12/2016
Mallín	54	50,2071	70,688	121	1,403	8,7	17,1	Mallín encharcado, ubicado en un valle que presenta un cauce seco. Agua estancada, con presencia de animales muertos.	NK-I	01/12/2016
Mallín	17	50,2946	70,921	339	0,325	7,3	13,1	s/obs.	NK-D	04/12/2016
Mallín	16	50,2947	70,9223	341	0,318	8,0	13,6	s/obs.	NK-D	04/12/2016
Vertiente	4	50,1806	71,079	369	0,5	8,0	11	Agua con baja velocidad de circulación en Cañada El Mosquito	NK-I	26/10/2016
Vertiente	19	50,1986	70,9307	141	0,3	8,1	12,5	Curso de agua cercano a Ea. Condor Cliff.	NK-I	26/10/2016
Vertiente	20	50,2011	70,8996	136	0,45	8,3	12,5	Ea. Condor Cliff.	NK-I	26/10/2016
Vertiente	21	50,1945	70,8757	144	0,22	8,4	11,2	Brazo de vertiente con aforo de Q=7,5 m ³ /h, unos metros mas arriba existe una bifurcación del arroyo.	NK-I	26/10/2016
Vertiente	22	50,194	70,8756	144	0,225	8,4	11,4	Aforo de Q=30 m ³ /h aprox.	NK-I	26/10/2016
Vertiente	23	50,1897	70,8786	214	0,248	8,5	12,1	Fluye sobre un mallín.	NK-I	01/12/2016
Vertiente	25	50,1852	70,8787	272	s/d	s/d	s/d	Naciente de pequeño curso que luego se une a un brazo del curso principal. Al pie de los basaltos.	NK-I	01/12/2016
Vertiente	26	50,1846	70,8795	281	s/d	s/d	s/d	Naciente de curso pequeño que luego se une al curso principal. Al pie de los basaltos.	NK-I	01/12/2016
Vertiente	27	50,1832	70,8788	301	0,208	8,8	12,4	Curso principal del valle, asociado a un mallín. Nace al pie de los basaltos.	NK-I	01/12/2016
Vertiente	28	50,1806	70,8787	346	0,214	8,6	13,9	Curso pequeño, afluente del curso principal, nace al pie de los basaltos.	NK-I	01/12/2016

Tabla 5: Mallines/vertientes relevados por Hidroar S.A. sector NK. Fuente: Hidroar, 2016

Los valores de CE, presentan contrastes entre los valores mínimos y máximos para diferentes sitios, con valores máximos en el punto identificado en el Mapa como N° 54 (1,403 mS/cm) atribuible a la escasa circulación del agua y presencia de restos de materia orgánica de origen anómalo, mientras que los mínimos valores de CE (0,208 mS/cm), se hallaron en el sitio denominado en el Mapa como N° 27 correspondiente a una vertiente asociada a un mallín en la margen izquierda.

Respecto a los valores de pH, también presentan contrastes entre los valores mínimos y máximos para diferentes sitios, con valores máximos de pH en el punto identificado en el Mapa como N° 27 (8,8) atribuible al producto de mineralización alcalina, mientras que el valor mínimo pH (7,3), se muestreó en el punto N° 17, ver Mapa 3 y 4 (Anexo I).

- *Área JC*

En la Tabla 6, se exponen los mallines/vertientes relevados, donde el agua presenta CE media baja (0,69 mS/cm), pH medio levemente alcalino (8,4) y T° media igual a 16,0 °C.

Tipo	N° Identificación en mapa	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	CE (mS/cm)	pH	T (°C)	Observaciones	Sector-Margen	Fecha relevamiento
Mallín	67	50,29085	70,15919	246	0,778	8,1	14,6	Manguera en Ea. Rincón Grande que proviene de un mallín.	JC-D	27/10/2016
Mallín	68	50,28926	70,16143	227	0,792	8,7	16,6	s/obs.	JC-D	27/10/2016
Mallín	55	50,28818	70,64627	415	0,446	8,4	14,2	s/obs.	Embalse JC	27/10/2016
Mallín	84	50,17694	70,14989	74	0,857	8,7	24,5	Aguas arriba se observa un cauce con escorrentía superficial.	JC-I	02/12/2016
Mallín	82	50,1758	70,15141	75	0,841	8,9	22,8	Agua del mallín que cae a un cañadón.	JC-I	02/12/2016
Mallín	81	50,17554	70,15474	81	0,806	8,9	24	Mallín con poco flujo de agua.	JC-I	02/12/2016
Mallín	76	50,19918	70,214	99	0,530	8,4	16,1	Muestra tomada de cañería que desemboca en un tanque australiano, la cañería viene del pie de los basaltos.	JC-I	03/12/2016
Mallín	74	50,19619	70,21829	143	0,575	8,4	11,3	Naciente de mallín al pie de los basaltos. Ea la Barrancosa.	JC-I	03/12/2016
Mallín	73	50,19541	70,21817	156	0,492	8,4	12,7	Cañería que se mete hasta el pie de los basaltos y que lleva el agua hasta un tanque australiano en Ea. La Barrancosa.	JC-I	03/12/2016
Mallín	72	50,19688	70,22169	140	s/d	s/d	s/d	s/obs.	JC-I	03/12/2016
Mallín	79	50,19326	70,198	87	0,576	8,2	16,6	Cercano a Ea. La Barrancosa. Aguas arriba se ve otra naciente que pasa a ser subterránea y aflora en este punto nuevamente.	JC-I	03/12/2016
Mallín	78	50,1909	70,20001	127	0,521	8,1	12,9	Naciente de mallín.	JC-I	03/12/2016
Mallín	56	50,28097	70,45736	322	0,405	8,3	12,7	Pequeña pileta de agua que abastece de a la estancia.	JC-D	03/12/2016
Mallín	58	50,19856	70,45962	177	0,710	7,9	16,2	Reducido mallín situado al pie de los basaltos.	JC-I	03/12/2016
Mallín	62	50,2963	70,16331	350	0,623	8,2	13	Presente continuidad lateral (otros mallines en el mismo nivel).	JC-D	04/12/2016
Mallín	63	50,29432	70,1639	305	0,542	8,1	11,4	Naciente de mallín.	JC-D	04/12/2016
Mallín	65	50,28259	70,16623	161	0,832	8,4	12,8	s/obs.	JC-D	04/12/2016
Mallín	64	50,28784	70,16547	201	0,904	7,9	15,6	Naciente de mallín.	JC-D	04/12/2016
Mallín	69	50,28566	70,15739	200	0,637	8,0	17,3	Muestra tomada de una zanja realizada en el mallín.	JC-D	04/12/2016
Mallín	111	50,20575	70,11522	107	0,390	8,3	12,8	Naciente de mallín.	JC-D	04/12/2016
Mallín	71	50,28644	70,15053	246	0,610	7,9	20,8	Naciente de mallín	JC-D	04/12/2016
Cuerpo de agua	59	50,29043	70,32002	265	0,8	7,9	11,4	Cuerpo de agua situado en Ea. Cordón Alto.	Embalse JC	27/10/2016
Cuerpo de agua	106	50,20071	70,11461	81	0,601	8,9	15	Trincheras experimentales para ensayos, con agua en su interior.	JC-D	27/10/2016
Cuerpo de agua	107	50,20129	70,11381	80	s/d	s/d	s/d	Trincheras experimentales para ensayos, con agua en su interior.	JC-D	27/10/2016
Vertiente	83	50,17613	70,15012	75	0,786	9,2	20,5	Cauce con escaso flujo de agua.	JC-I	02/12/2016
Cuerpo de agua	75	50,19894	70,21686	99	0,96	9,3	19,2	Situada a unos metros del cementerio perteneciente a la Ea. La Barrancosa.	JC-I	03/12/2016
Cuerpo de agua	77	50,19998	70,21278	108	0,931	9,1	16,7	Alimentada por una vertiente que proviene de un mallín. Ea. La Barrancosa	JC-I	03/12/2016
Vertiente	66	50,28044	70,16508	153	1,042	8,8	14,5	Pequeño curso de agua que conecta dos mallines.	JC-D	04/12/2016

Tabla 6: Mallines/vertientes relevados por Hidroar S.A. sector JC. Fuente: Hidroar, 2016

Al igual que para el sector NK, en el área de JC tanto la CE y pH presentan contrastes entre los valores mínimos y máximos, exhibiendo los máximos de CE en el punto identificado en el Mapa como 66 (1,04 mS/cm) y los mayores valores de pH se registraron en el punto N° 75 aledaño a la Ea. La Barrancosa (ver Mapa 3 y 4 –Anexo I). En cuanto a los valores mínimos de CE (0,390 mS/cm), se hallaron en el sitio denominado en el Mapa como N° 111 en la naciente de un mallín situado en la margen derecha del río Santa Cruz. El pH más bajo de muestreó en los puntos N° 58, 59, 64 y 71, con valores igual a 7,9.

4.2.5.3.5.3 Cursos de Agua Superficial (río, lagos)

- *Área NK*

En el Tabla 7 se presentan los resultados de los parámetros in situ correspondientes a cursos de agua superficial, donde el agua presenta CE media baja (0,81 mS/cm), pH levemente alcalino (8,0) y T° media igual a 10,9 °C.

Tipo	Nº Identificación en mapa	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	CE (mS/cm)	pH	T (°C)	Observaciones	Sector-Margen	Fecha relevamiento
Río Santa Cruz	5	50,2332	71,0625	129	0,5	8,3	13,2	sin obs.	NK-D	25/10/2016
Cañadón	2	50,1922	71,3415	196	1,134	7,7	8,5	Curso de agua con muy poco escurrimiento en el cañadón El Mosquito.	NK-I	26/10/2016

Tabla 7: Cursos superficiales relevados por Hidroar S.A. sector NK. Fuente: Hidroar, 2016

En cuanto a las mediciones de CE, el valor máximo de CE se registró en el punto identificado en el Mapa como N° 2 (1,134 mS/cm) debido posiblemente a la escasa velocidad de circulación del agua en el cañadón El Mosquito y presencia de sedimentos en suspensión. En cuanto a los valores mínimos de CE (0,50 mS/cm), se hallaron en el sitio denominado en el Mapa como N° 5 correspondiente al río Santa Cruz, ver Mapa 4. Respecto al pH, también se aprecian diferencias entre los valores máximos y mínimos, ver Mapa 3.

- *Área JC*

En la Tabla 8 se exhiben los resultados de los parámetros in situ correspondientes a cursos de agua superficial, donde el agua muestreada, presenta valores medios de CE bajos (0,08 mS/cm), pH alcalino (8,4) y T° media igual a 13,7 °C.

Tipo	Nº Identificación en mapa	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	CE (mS/cm)	pH	T (°C)	Observaciones	Sector-Margen	Fecha relevamiento
Río Santa Cruz	61	50,2717	70,2954	84	0,045	8,2	11,6	s/obs.	JC-D	27/10/2016
Río Santa Cruz	85	50,1836	70,1363	77	0,048	8,3	13,6	s/obs.	JC-I	27/10/2016
Cuerpo de agua	1	50,3191	72,2631	172	0,1595	8,6	15,8	Muestra tomada en la costa Sur del Lago Argentino.	Lago Argentino	05/12/2016

Tabla 8: Cursos superficiales relevados por Hidroar S.A. en sector JC. Fuente: Hidroar, 2016

En cuanto a las medidas de CE, se aprecian muy bajos valores en todos los puntos muestreados, ver Mapa 4 (Anexo I). En relación al pH, no se aprecian diferencias significativas, pero si es de destacar que el punto N° 1 correspondiente al Lago Argentino presenta el valor más elevado (8,6), ver Mapa 3 (Anexo I).

A modo de síntesis, en la Tabla 9 se muestra un resumen de los valores medios de los parámetros in situ medidos (CE, pH y T°) correspondientes a 1) *pozos existentes*, 2) *mallines/vertientes* y 3) *cursos de agua superficiales (río, lagos)*.

Sitios Muestreados	Sector	CE (mS/cm)	pH	T (°C)
Pozos existentes	NK	0,58	8,3	11,2
Manllines/vertientes	NK	0,44	8,1	12,7
Cursos superficiales	NK	0,81	8,0	10,9
Pozos existentes	JC	0,88	8,5	12,7
Mallines/vertientes	JC	0,69	8,4	16,0
Cursos superficiales	JC	0,08	8,4	13,7

Tabla 9: Resumen de valores medios de parámetros in situ medidos (CE, pH y T°). Fuente: Hidroar, 2016

Como se aprecia en la Tabla 9, se puede establecer una relación en cuanto a la CE y pH entre el agua superficial y subterránea, debido a que ambas presentan bajos valores medios de CE (<1 mS/cm), y los valores medios de pH son levemente alcalinos. Se debe contemplar que para comparar la relación entre aguas superficiales y subterráneas se deberá abordar a un estudio hidroquímico de mayor envergadura, que contenga mínimamente el análisis de diferentes sitios de muestreo de los cationes y aniones mayoritarios.

4.2.5.4 USO DEL AGUA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

4.2.5.4.1 Usos Actuales del Agua

El área del proyecto donde se realizarán las presas NK y JC se corresponde con una zona rural donde predominan actividades ganaderas asociadas al desarrollo ovino, siendo el uso principal del agua para bebida de ganado, humano/doméstico (de población que reside en los escasos cascos y puestos de estancias), y regadío de zonas localizadas aguas abajo de JC.

No se dispone de información precisa respecto a la cantidad de animales en el área, si bien se evidencia una baja densidad ante las condiciones semi-abandonadas de las estancias, sumadas a las condiciones áridas del sitio, al espaciamiento entre estancias y a las situación económica adversa del precio de la lana y la carne (en comparación con el rendimiento de los campos).

Finalmente una última actividad a tener en cuenta, es la que surgirá del consumo humano y doméstico cuando la construcción de las presas se encuentre en etapa de proyecto, donde la cantidad de trabajadores aumentará sustancialmente y por ende el caudal de consumo.

4.2.5.5 BALANCE HIDROLÓGICO

Las precipitaciones son la cantidad de agua caída sobre un terreno en forma de lluvia y nieve. Parte de esa agua vuelve a la atmósfera mediante la evaporación directa y la transpiración de las plantas. Excepto en los ambientes más áridos, la precipitación normalmente supera a la evapotranspiración.

El excedente de agua, llamado escorrentía, fluye a través del sistema de drenaje, aunque puede almacenarse sobre la superficie del terreno, en áreas deprimidas o en el suelo, dando lugar a suelos húmedos y depósitos de agua subterránea por los procesos de infiltración y percolación. Sobre la tierra, el agua de las precipitaciones sobrante escurre rápidamente hacia los arroyos. Por el contrario, el agua infiltrada se desplaza a menor velocidad, como interflujo y flujo transversal en los suelos parcialmente saturados y como agua subterránea en suelos saturados.

El término balance hidrológico se refiere a las relaciones entre las ganancias y pérdidas de agua (en forma de evapotranspiración, precipitación, escorrentía o almacenamiento superficial y/o subterráneo), en una región o cuenca concreta, o en una estación o período determinados.

Las ganancias o ingresos de agua se producen a través de las precipitaciones y las pérdidas o egresos ocurren debido a los procesos de evapotranspiración, que involucran a la evaporación directa de las superficies de agua y de la humedad del suelo y al agua que transpiran los vegetales a través del follaje luego de extraerla del suelo.

Cuando la pérdida mensual o anual de humedad excede a la precipitación, resulta un balance deficitario, que genera falta de humedad en el suelo; cuando la precipitación es mayor a las pérdidas resulta un excedente que permite recuperar la humedad del suelo. Cada región o cuenca posee valores diferentes, tanto para la precipitación como para la evapotranspiración, ya que dependen de sus propias condiciones climáticas.

4.2.5.5.1 Procesos de Recarga de Acuíferos en Regiones Áridas

Los balances hídricos suelen tener limitaciones para representar la recarga en climas áridos como los existentes en Patagonia. Ante ello la recarga puede explicarse a partir de cinco mecanismos principales, los que habitualmente se producen sincrónicamente, siendo ellos los siguientes: a) reducción real de las pérdidas consuntivas, b) infiltración rápida, c) concentración rápida, d) recarga diferida, e) influencia de cursos perdedores, f) mecanismos concurrentes.

- a) Reducción real de las pérdidas consuntivas: El clima de la región es árido y consecuentemente la vegetación es de tipo xerófito. Estas especies están preparadas para obtener únicamente agua para subsistencia, sin generar evapotranspiración real, ya que su adaptación especializada hizo que carezcan de estomas y presenten adaptaciones especiales como lo son las espinas, cutículas, succulencias, flores efímeras, etc., minimizando toda posibilidad de evapotranspiración. El agua infiltrada de las precipitaciones es en parte absorbida por las plantas aunque en su mínima expresión, pasando el resto al dominio de las aguas subterráneas.

- b) Infiltración rápida: Este proceso es habitual ante la presencia de suelos generalmente de alta permeabilidad (Ej. rodados patagónicos o rocas con alta fracturación), la baja o nula retención de los suelos, y la superficie freática profunda (Hernández et al. 2002).

- c) Concentración rápida: Las zonas elevadas existentes en la zona del proyecto, permiten un rápido escurrimiento, favorecidos por el tipo de litología rocosa (acuífugos y aún rocas altamente fracturadas) y por las pendientes con drenaje encausado, conduciendo el flujo hacia sectores deprimidos (valles aluviales, lagunas, bajos endorreicos). Si bien las precipitaciones suelen ser escasas, la concentración localizada en áreas con permeabilidad, permiten un incremento en la infiltración hasta de un orden de magnitud respecto a la altura equivalente.
- d) Recarga diferida: Este proceso incluye los aportes de agua infiltrada por nieve, heladas y suelos congelados, durante la estación invernal y habitualmente hasta fines de primavera en coincidencia con las mayores temperaturas y los deshielos. Este atributo es muy significativo, ya que ocupa amplias extensiones y suele ocurrir en forma lenta pero constante, alejada de los efectos consuntivos (meses de baja EVT). En otros casos el volumen precipitado durante el invierno en forma de nieve o hielo se derrite, provocando una alta acumulación temporal de agua que favorece los efectos de infiltración.
- e) Influencia de cursos perdedores: Como sucede en la gran mayoría de los ríos y arroyos de Patagonia extra-andina, los cursos son perdedores (influentes), es decir que pierden agua hacia el acuífero. Suelen ser interesantes los acuíferos generados a partir de cursos perennes ante el constante aporte, y su buena calidad. Cercano y en el área del proyecto existen lagos y ríos permanentes (Santa Cruz), transitorios y efimeros (escurriendo agua únicamente durante o posterior a una tormenta durante cortos períodos). Considerando las características del substrato (litología de permeabilidad media a elevada) en que escurren los cursos y los caudales elevados comprometidos, es de esperarse un aporte significativo para los sectores de estudio.
- f) Superficies horizontales y/o subhorizontales: Amplias superficies del terreno con escasa pendiente, granulometría permeable (arenas, gravas) y condiciones atmosféricas favorables (meses de reducida EVTP) favorecen los mecanismos de infiltración al subsuelo. Ejemplo de estas áreas son Pampa Alta, Terraza La Australasia, Terraza San Fernando, entre otras.
- g) Mecanismos concurrentes: Como es de esperarse los mecanismos ya mencionados suelen ocurrir en forma coalescente y complementaria, potenciándose así la posibilidad de la recarga a tal punto que permite el desarrollo de áreas con diversos objetivos sean ellos ganaderos, mineros, agropecuarios, poblacionales u otros. Para el caso del proyecto de las presas NK y JC, a pesar de encontrarse en una región árida, la recarga se ve

favorecida por el hecho de existir cursos permanentes, transitorios, vegetación xerófito, un ambiente con sedimentos de alta permeabilidad como lo son las gravas y arenas o más localmente con roca de alta fracturación (basaltos). Geomorfológicamente las unidades presentes permiten la concentración rápida y acumulación localizada del agua. Finalmente ante un clima en que los mayores aportes pluviales y nivales ocurren en invierno, con mínimas temperaturas, máxima presión atmosférica, y humedad hacen que la posibilidad de ocurrencia de acuíferos sea un hecho.

4.2.5.5.2 Balance Hídrico en el Proyecto

Sobre la base de lo expuesto, y tomando las experiencias de estudios similares realizados en áreas cercanas de la Patagonia Argentina, donde la recarga de los acuíferos varían entre 25% (sedimentos granulares) hasta menos del 5%, se ha realizado un balance hídrico simplificado, atento a la disponibilidad de información.

Como se menciona en la Sección 5 - Clima del informe completo de Hidroar (Hidroar S.A., 2016) que se anexa al presente Estudio de Impacto Ambiental; para el cálculo de evapotranspiración real (ETR) se adoptó el valor obtenido por la formulación de Coutagne (141,7 mm/año).

En base a la escasa precipitación anual (P) y elevada ETR, se asume para el ambiente climático - hidrogeológico del Proyecto un valor conservador de infiltración al subsuelo (próximo al 5 % de la P = 7,7 mm/año) y el valor restante se asume como Escorrentía superficial (ES) que descarga en el principal curso de la cuenca (río Santa Cruz) y este a su vez en el océano Atlántico.

Partiendo de la explicación anterior, se tiene:

$$P = ETR + I + ES$$

Por lo tanto el ES sería igual a:

$$ES = P - ETR - I$$

$$ES = 154,8 \text{ mm/año} - 141,7 \text{ mm/año} - 7,7 \text{ mm/año}$$

$$ES = 5,4 \text{ mm/año}$$

Quedando planteado el balance hídrico preliminarmente igual a:

$$P = ETR + I + ES$$

$$154,8 \text{ mm} = 141,7 \text{ mm/año} + 7,7 \text{ mm/año} + 5,4 \text{ mm/año}$$

La infiltración adoptada es a modo referencial partiendo de la litología observada en campo y extrapolaciones con regiones áridas de similares características. Este valor, equivalente al 5 % de la P forma parte del proceso de recarga de acuíferos de la cuenca, pero es poco significativo comparado con el aporte por infiltración que aportan los diferentes cursos superficiales y en particular el río Santa Cruz a partir del deshielo cordillerano, el cual no fue tenido en cuenta en la formulación del balance por carencia de estudios particulares y falta de exactitud.

Si bien es complejo realizar un balance hídrico ante la ausencia de datos, tomando como referencia una franja de la cuenca hídrica sobre la margen izquierda del río Santa Cruz comprendida entre el futuro cierre de NK y la Ea. Bi Aike (situada al Oeste del cierre), ver Figura 13, se obtiene un área aproximada de 835.000.000 m².

Si se asume una infiltración del 5%, igual a 7,7 mm/año ($2,1 \times 10^{-5}$ m/día), el agua que aportaría la precipitación que cae sobre los basaltos fracturados hacia los mallines, vertientes y acuíferos terciarios sería \approx a 17.500 m³/día ó 730 m³/h.

Este caudal calculado solo es factible de constatarse a partir de aforos permanentes de manantiales y estudios específicos que estimen la evapotranspiración de los diversos mallines desarrollados a lo largo de las barrancas (descarga de acuíferos freáticos de meseta) y a partir de cálculos de transferencia de flujos verticales de los acuíferos contenidos en los basaltos y/o gravas hacia acuíferos inferiores terciarios. En este último caso es requisito la elaboración de mapas equipotenciales, análisis de variaciones de niveles freáticos vs potenciométricos, uso de trazadores, u otras técnicas para lo cual se requieren como punto de partida la construcción de pozos de observación e instrumental de medición para registrar diferentes variables (niveles e hidroquímica).

Si bien existen claras limitaciones para este tipo de evaluación, durante los relevamientos se apreciaron evidencias de estos mecanismos hidrológicos, en que la mayor cantidad de vertientes y mallines ocurren en las barrancas de las márgenes izquierda, en coincidencia con una franja que es receptora de una superficie de infiltración mucho mayor a la existente en las márgenes derecha de río.

Ejemplo de lo mencionado en el párrafo anterior, se evidenció durante el aforo del sitio denominado en el Mapa 2a como N° 22, correspondiente a una vertiente en la margen izquierda de NK, donde el caudal (Q) medido fue igual a 30 m³/h, sin considerar el Q que circulaba en forma subsuperficial.

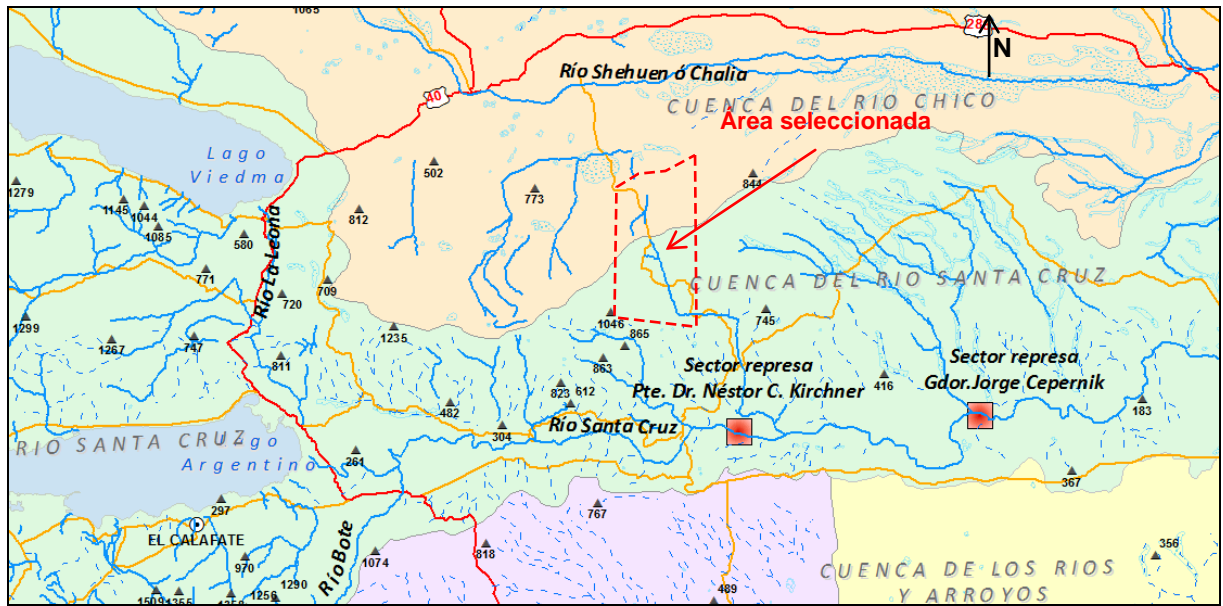


Figura 1: Área de la cuenca del río Santa Cruz comprendida entre el futuro cierre de NK y la Ea. Bi Aike.

El Balance Hídrico para el Proyecto fue realizado de modo preliminar y deberá ser ajustado a medida que se conozcan con mayor precisión datos de infiltración real, evapotranspiración real y comportamiento del deshielo (caudales de aporte) en diferentes estaciones y años de estudio.

4.2.5.6 MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL PRELIMINAR (MHCP)

La recarga de acuíferos se genera por procesos de infiltración a partir de agua de deshielo y precipitaciones, principalmente en zonas donde las rocas aflorantes se encuentran fracturadas (basaltos) y en zonas de sedimentos con textura gruesa (grava-arena), facilita la recarga del sistema subterráneo. Asimismo una vez que el agua ingresa al sistema de fracturas de basaltos, se halla resguardada de la evaporación, debido que no incide directamente el viento y la insolación dentro del macizo rocoso volcánico.

La zona de circulación estaría vinculada desde la zona de recarga al oeste del área de estudio hacia el este de la cuenca del río Santa Cruz, a través de las diferentes litologías (gravas, arenas y limos) que conforman geformas tales como pedimentos, bajadas, terrazas y valles fluviales. En la cuenca del río Santa Cruz el movimiento del agua superficial es en dirección oeste-este y se estima que la dirección de flujo del agua subterránea presente en el acuífero subálveo presentaría una correlación con el sentido de flujo superficial regional, sin embargo los acuíferos de meseta exhiben una dirección de escurrimiento predominantemente hacia el valle principal del río Santa Cruz (noroeste-sureste) y al llegar a dicho valle, continuarían con una circulación predominante oeste – este.

La zona de descarga de agua superficial se efectúa hacia el este de la cuenca, hasta desembocar en el océano atlántico en las cercanías de la localidad de Piedrabuena. Regionalmente el agua subterránea presenta la misma condición aunque en función de la conjunción de factores litológicos, topográficos, hidráulicos su descarga puede ser localmente en superficie (bajos, aguadas) o descargar desde el subálveo al mar.

En cuanto a la hidroquímica del agua subterránea en el sector de estudio, se desconoce la clasificación, debido a la falta de análisis físico-químicos y bacteriológicos de una red de monitoreo. Únicamente se cuenta con datos de pH, conductividad eléctrica (CE) y temperatura (T°), donde el agua muestreada en general presenta CE baja (<1,5 mS/cm), pH general comprendido entre 7,0 y 8,5 y temperaturas variables entre 24,5 y 8,5 °C debido a la incidencia de la radiación y estanqueidad de la misma.

4.2.5.7 CONCLUSIONES GENERALES

A continuación se expone una síntesis de los principales contenidos y resultados a los que ha abordado el responsable del estudio (Hidroar S.A.).

4.2.5.7.1 Síntesis de los Principales Contenidos y Resultados del Estudio

- El río Santa Cruz presenta comportamiento influente, abasteciendo al acuífero aluvial o de subálveo por infiltración directa.
- En las áreas de estudio de las presas NK y JC se identificaron dos sistemas
- El Acuífero de Subálveo se desarrolla entre el nivel basal de las terrazas y el lecho del valle activo, integrado por la saturación de los depósitos que rellenan el valle, de granulometrías variables, que van desde arenas medianas y finas hasta limos y arcillas

para los cañadones, y gravas gruesas hasta bloques con arenas gruesas y limos subordinados, para los que se sitúan en el piso del valle del río Santa Cruz.

- La importancia de los Acuíferos de Subálveo depende de la morfología y la potencia del depósito que rellena el valle, que junto con el tipo de sedimento condiciona los valores de los parámetros hidrogeológicos.
- La recarga de estos acuíferos se realiza a través de las precipitaciones, pero el mayor aporte es cedido por el río Santa Cruz, que presenta un régimen permanente, sustentado por la fusión de los glaciares que configuran el Campo de Hielo Patagónico Sur.
- Los Acuíferos de Meseta se desarrollan en las zonas llanas y de suave pendiente que coronan las mesetas en el ámbito del área de estudio. Su existencia está directamente vinculada con la estratigrafía de la zona, compuesta generalmente por una secuencia volcánico clástica de disposición general subhorizontal, integrada por basaltos fracturados que permiten la circulación e infiltración de agua de precipitaciones y deshielo; subyacen acumulaciones de algunos centímetros a pocos metros de gravas/arenas de probable origen glacifluvial, que apoyan sobre sedimentitas de la Formación Santa Cruz (de baja permeabilidad).
- Los Acuíferos de Meseta se caracterizan por su carácter anisótropo, condicionada su recarga a las precipitaciones (infiltración de agua desde los basaltos superiores con presencia de fracturas o sobre materiales permeables que favorecen la infiltración).
- Los depósitos Holocenos constituyen acuífero primario de carácter local, conformados predominantemente por gravas y arenas de porosidad elevada. En cuanto a las litologías Pleistocenas, compuestas mayormente por morenas de origen glaciar, serían formadores de acuitardos y acuíferos pobres debido a la presencia de granulometría fina que presentan en la matriz (arcillas y limos).
- Las coladas de basaltos (Pleistocena y Pliocena-Miocena) serían formadores de acuíferos de origen secundario, debido a la presencia de diaclasas y fracturas que permitirían el ingreso y circulación del agua. En caso de no presentar fisuras o las mismas encontrarse rellenas, se comportarían como acuífugos.
- Los depósitos correspondientes a la época Pliocena-Miocena superior, formarían acuíferos primarios y en el caso de las morenas Pampa Alta posibles acuitardos.

- La Fm. Santa Cruz y 25 de Mayo correspondiente al período Terciario, se comporta mayormente como acuitardos (cederían agua con cierta dificultad) o Acuicludos (en caso de encontrarse la fracción arcillosa compactada por acción glacial). Sin embargo, la existencia de niveles arenosos compactados "areniscas" o pelitas con planos de estratificación (permiten la interconexión entre fracturas y circulación del agua), confieren a esta unidades localmente propiedades Acuíferas de carácter pobre.
- Los depósitos correspondientes al Holoceno y Pleistoceno conformarían la mayor parte del acuífero de subálveo. Las litologías Pliocenas – Miocenas formarían el sistema hidrogeológico denominado acuíferos de meseta, y las litología del período terciario (Fm. Santa Cruz y 25 de Mayo) se comportarían generalmente como hidroapoyo, debido a su baja permeabilidad.
- En base a los ensayos Lugeon antecedentes, las mayores permeabilidades se observan en el margen izquierdo del cierre NK, más precisamente entre las cotas 175 y 100 msnm, y en casos puntuales distribuidos en el sector central y margen derecho del valle donde se realizará el cierre.
- En el cierre JC, las mayores permeabilidades se observan distribuidas a lo largo de todo el perfil, entre las cotas 115 y 50 msnm, evidenciándose las de mayor magnitud en el sector de la margen derecha, sobre el eje de la presa.
- Tanto para los sectores NK y JC, no se puede establecer una relación directa entre las Unidades Lugeon y la litología ensayada, ni se puede establecer una correlación de niveles sedimentarios. Esto obedece a la discontinuidad de los niveles litológicos y valores de K analizados a lo largo de la sección del valle.
- En el ámbito de estudio se distinguen dos tipos de flujos subterráneos, el que transcurre en el medio poroso (Ej: gravas, arenas) y el que corresponde al medio de fisuras (Ej: basaltos y menos significativo pero no menos importante en el caso de las Fm Terciarias).
- Según lo apreciado en campo, tanto el grado de interconexión como la densidad en la fracturación poseen importantes variaciones en sentido vertical y horizontal, hecho reflejado por la disparidad entre los caudales y niveles hidráulicos observados de vertientes y mallines.

- Las limitaciones ante la ausencia de pozos de monitoreo, no permiten establecer las características detalladas del movimiento del flujo subterráneo, recurriéndose en esta oportunidad a la extrapolación con otras áreas cercanas de similares características geológicas e hidrogeológicas.
- Para el acuífero de subálveo se asume un sentido de flujo Oeste – Este subparalelo al río Santa Cruz, coincidiendo con la topografía general de la zona de estudio. La descarga ocurre en sectores bajos dentro de la llanura aluvial (evaporación) o finalmente aguas abajo en el mar.
- Para el acuífero de terrazas la componente sería de Norte a Sur para la margen izquierda y Sur Norte para la margen derecha del río Santa Cruz. La descarga se produce en las bardas a partir de mallines o manantiales (utilizados en muchos casos como fuente de agua de estancias), o subterráneamente hacia acuíferos profundos (Terciarios).
- En general la calidad del agua subterránea dulce y alcalina. Para el sector NK, los parámetros in situ (pH, CE y T°) medidos en pozos relevados presentan CE media baja (0,58 mS/cm), pH alcalino (8,3) y T° media igual a 11,2 °C.
- Para el sector JC, en general, el agua muestreada de los pozos presenta CE media baja (0,88 mS/cm), pH alcalino (8,5) y T° media igual a 12,7 °C.
- Respecto a los manantiales/vertientes relevados en NK, los sitios muestreados presentan agua de CE media baja (0,44 mS/cm), pH medio levemente alcalino (8,1) y T° media igual a 12,7 °C.
- Respecto a los manantiales/vertientes relevados en JC, los sitios presentan agua de CE media-baja (0,69 mS/cm), pH medio levemente alcalino (8,4) y T° media igual a 16,0 °C.
- En el sector NK, los parámetros in situ correspondientes a cursos de agua superficial, presenta CE media-baja (0,81 mS/cm), pH alcalino (8,0) y T° media igual a 10,9 °C.
- En el sector JC, los parámetros in situ correspondientes a cursos de agua superficiales, presenta CE baja (0,08 mS/cm), pH alcalino (8,4) y T° media igual a 13,7 °C.
- En cuanto a la hidroquímica del agua subterránea en el sector de estudio, se desconoce la clasificación, debido a la falta de análisis físico-químicos y bacteriológicos de una red de monitoreo.

- El área del proyecto donde se realizarán las presas NK y JC se corresponde con una zona rural donde predominan actividades ganaderas asociadas al desarrollo ovino, siendo el uso principal del agua para bebida de ganado, humano/doméstico (de población que reside en los casco y puestos de estancias), y regadío de zonas localizadas aguas abajo de JC.
- Los balances hídricos suelen tener limitaciones para representar la recarga en climas áridos como los existentes en la zona de estudio, pero deben tenerse en cuenta que en la recarga de acuíferos se puede explicar a partir de mecanismos principales sincrónicos: 1) reducción real de las pérdidas consuntivas, 2) infiltración rápida, 3) concentración rápida, 4) recarga diferida, 5) influencia de cursos perdedores, 6) mecanismos concurrentes.
- El balance hidrológico preliminar evidencia los siguientes datos: del 100% de la Precipitación (P), 91,5% corresponderían a la Evapotranspiración (ETR), 5 % a la Infiltración (I) y 3,5 % al Escurrimiento Superficial (ES).
- La infiltración adoptada es a modo referencial partiendo de la litología observada en campo y extrapolaciones con regiones áridas de similares características. Este valor, equivalente al 5 % de la P forma parte del proceso de recarga de acuíferos de la cuenca, pero debería ser comparado con el aporte por infiltración de los diferentes cursos superficiales y en particular el río Santa Cruz a partir del deshielo cordillerano, el cual no fue tenido en cuenta en la formulación del balance por carencia de datos.
- El mayor aporte de agua que ingresa al sistema subterráneo (acuífero de subálveo), es aportado por el comportamiento influente del río Santa Cruz y demás cursos menores, los cuales son principalmente abastecidos del agua que proviene de los hielos patagónicos y en menor medida de las precipitaciones.
- La recarga en los acuíferos de terraza se genera por procesos de infiltración a partir de agua de deshielo y precipitaciones, principalmente en zonas donde las rocas aflorantes se encuentran fracturadas (basaltos) y en zonas de sedimentos con textura gruesa (grava-arena).
- La zona de descarga de agua superficial se efectúa hacia el este de la cuenca, hasta desembocar en el océano atlántico y se estima que regionalmente el agua subterránea presenta el mismo comportamiento.

- Existen a lo largo del perfil longitudinal del río Santa Cruz intercalaciones de sedimentos con grava-arena-limo-arcilla, donde las arcillitas/pelitas y/o areniscas de la Fm Santa Cruz y/o 25 de Mayo actuarían como acuitardos o hidroapoyo de los sistemas más superficiales.
- En profundidad esta unidad terciaria genera niveles inferiores de acuíferos semiconfinados / confinados, tanto en el subálveo del río, como en sectores de terrazas. Este comportamiento es de tipo preliminar y se deberán realizar mayores estudios específicos para comprender la dinámica del modelo hidrogeológico conceptual.
- El ascenso de los niveles de agua en el área de ambos embalse “perilago” inundará la mayoría de los de subálveo, quedando estos por debajo del propio espejo de agua, o bien acotados a sectores muy reducidos.
- Para los acuíferos de meseta y los manantiales asociados a ellos, no es de esperarse que sufran modificaciones. Esta conclusión surge ante la diferencias de cotas que existen entre la cota de inundación prevista para la presa NK (176,5 msnm), y los afloramiento de agua al pie de los basaltos con una cota del orden de 300 msnm. En la presa JC, con una cota de inundación de 114 msnm, se observaron manantiales significativos en la estancia La Barrancosa y el Cañadón situado 5 km al noreste de dicha estancia (al pie de los Basaltos), en ambos casos por encima de la cota de inundación. No es esperable que estos se vean influenciados por la presa.
- El llenado de los embalses NK y JC ocasionará aguas arriba de cada presa, una nueva situación hidrodinámica. Ante ello es posible que se originen afloramientos de agua (manantiales/vertientes o mallines) en las bardas aguas abajo de los muros (filtraciones laterales y/o modificación en la actual descarga de agua subterránea) y en las adyacencias del perilago, en coincidencia con la cota de inundación (cambio de nivel de base del acuífero).
- Los dos embalses con una superficie total del orden de 440 km², estarán sometidos a altas pérdidas por evaporación (equivalentes a 14 m³/seg), e infiltración al subsuelo (difícil de cuantificar), las que deberán contemplarse en los balances y la operación de las presas. Para ello, estas variables deberán ser estudiadas y analizadas en forma periódica mediante el seguimiento de las variables atmosféricas, ensayos de campo y una red adecuada de monitoreo de los acuíferos.

- Durante el llenado del embalse, la cota de elevación del nivel de agua estará cada vez más cercana a la zona de coronación del talud, previéndose procesos de remoción en masa que requieren ser evaluados.
- En la margen izquierda del cierre de JC se ha observado en imágenes satelitales y durante los relevamientos la existencia de lineamientos y/o geoformas que podrían estar asociados a estructuras u otros rasgos de debilidad. Ante ello deberá estudiarse con mayor detalle la estabilidad de los basaltos y sedimentitas subyacentes, ya que podrían ser zonas preferenciales para la circulación de agua y/o la estabilidad de los taludes.
- Los manantiales/vertientes relevados en la zona de las presas y alrededores, se encuentran desvinculados del actual río Santa Cruz y/o futuros embalses. Estos manantiales constituyen la descarga de acuíferos colgados que interceptan la pendiente del terreno a una cota sustancialmente mayor que la del futuro embalse. Cuando se construyan las presas y alcance la cota máxima de inundación del embalse, los manantiales que queden por encima de la cota del embalse, seguirán con el mismo caudal o régimen actual. Para el caso de los manantiales situados por debajo de la futura cota de inundación, en los casos que se trate de descargas de acuíferos semi-confinados/confinados, seguirán aportando el mismo caudal aunque en forma subácuea. Las descargas de acuíferos libres, alcanzarán una nueva condición de equilibrio, en coincidencia con el nivel del embalse.
- No es de esperarse modificaciones en la calidad química de las aguas subterráneas de los actuales manantiales, vertientes o mallines asociados a los acuíferos de terraza, ya que los mismos no están influenciados por las presas. La calidad del agua de estas manifestaciones estará asociada directamente a su recarga cuyo aporte proviene de la precipitación (lluvia y nieve) acaecida principalmente en los meses de invierno.

4.2.5.8 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA RELEVAMIENTO DE CAMPO

4.2.5.8.1 Relevamiento Geológico y Geomorfológico

Sobre la base de interpretación de imágenes en gabinete se verificaron en campo las características geológicas/geomorfológicas superficiales tanto para el sector NK como JC, en ambos márgenes del río Santa Cruz. El objetivo de este relevamiento fue verificar las litologías con el objeto de advertir su comportamiento respecto a las aguas subterráneas (acuíferos, acuitardos, acuícludos, acuífugos) que permitan la transformación de las unidades geológicas en hidrogeológicas.

Asimismo, durante la campaña se inspeccionaron testigos de perforaciones geotécnicas, y propiedades texturales y mineralógicas de las muestras.

4.2.5.8.2 Caracterización Hidrogeológica e Hidrológica

Con el propósito de comprender el funcionamiento hidrogeológico de manantiales y niveles de agua someros, en las zonas donde se emplazarán las futuras presas y llenado de lagos, se realizó el reconocimiento de mallines, cursos de agua (cañadones), pozos geotécnicos antecedentes, molinos de estancias y todo cuerpo de agua relevante a ambos márgenes del río Santa Cruz.

En los mismos se registró “in situ” el pH, temperatura y conductividad eléctrica del agua y para el caso de los pozos se llevó a cabo la medición de profundidad del nivel de agua. La conductividad eléctrica se midió con un equipo marca Lutron, modelo CD-4301, mientras que el pH y temperatura se midieron con un equipo marca Hanna (ver imágenes a continuación).



Figura 1: Medición de parámetros “in situ” en campo.



Figura 2: Conductímetro para medición de campo.



Figura 3: Medidor de pH y T° para utilizar en campo.

Cada punto muestreado y censado, fue georreferenciado con un GPS marca Garmin para su posterior localización en un SIG, volcándose en la figura de ubicación general (ver Figura 17).



Figura 4: Georreferenciación de puntos relevados.

4.2.5.8.3 Caracterización Hidráulica

A partir de resultados de ensayos antecedentes, se analizaron las permeabilidades (K) de diferentes litologías de interés, que permitirán alcanzar un mayor conocimiento hidráulico de los sectores de estudio (zonas de cierre). Los valores K obtenidos a partir de ensayos Lugeon, resultan importantes en la estimación de los fenómenos hidrodinámicos como así también para la fundación de las presas. La unidad de medida del ensayo es la Unidad Lugeon (UL), que corresponde a la absorción de 1litro de agua por metro de sondeo y por minuto. Una UL equivale a un Coeficiente de Permeabilidad de 10^{-5} cm/s para un sondeo de diámetro medio ($U.L.=1 \text{ L/m}\cdot\text{min} = 10^{-5} \text{ cm/s}$).

4.2.5.8.4 Parámetros Hidrogeológicos

Sobre la base de las características hidrogeológicas del subsuelo definidas en el punto 4.2.5.3.2, se analizaron los estudios y ensayos hidráulicos antecedentes ejecutados particularmente en las áreas NK y JC para el estudio geotécnico, los cuales se efectuaron en diferentes litologías, y permiten alcanzar un mayor conocimiento de los sectores de estudio.

Dichos parámetros, se corresponden con valores de permeabilidad (K) obtenida a partir de ensayos Lugeon, los cuales resultan importantes en la estimación de los fenómenos hidrodinámicos como así también para la fundación de las presas.

Los ensayos Lugeon se realizan en el interior de los sondeos y permiten calcular semi-cuantitativamente la permeabilidad de los macizos rocosos, de cualquier tipo de litología y estado de fracturación (ver Figura 18).

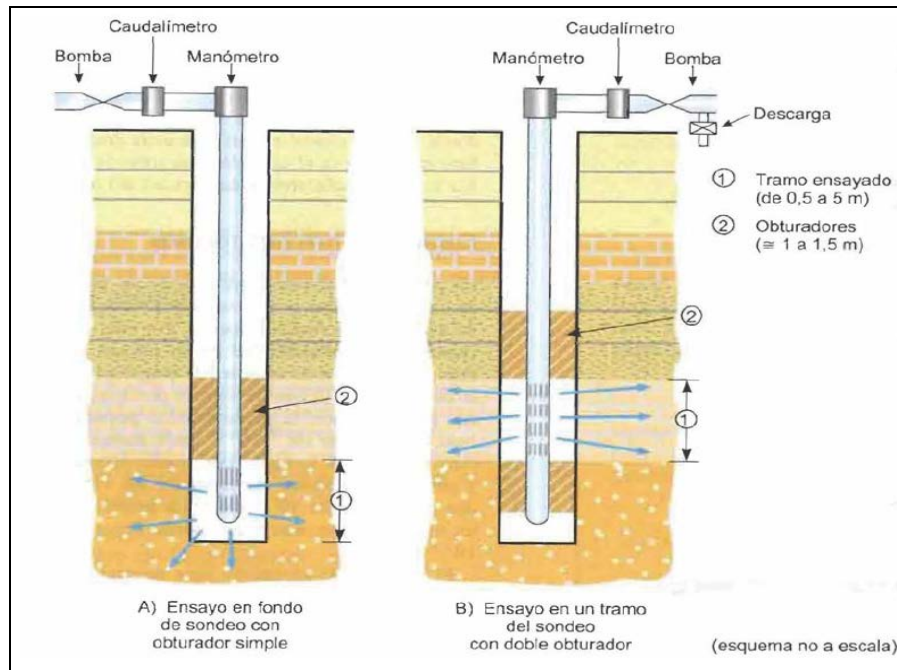


Figura 5: Esquema de ensayo de tipo Lugeon en un sondeo con uno o dos obturadores (González de Vallejo, et al., 2002, modif.).

El proceso de ensayo consiste en inyectar agua en el sondeo a presión constante (normalmente a 10 kp/cm^2), midiendo las admisiones durante un período de 10 minutos. Normalmente se ensayan tramos de 5 m de sondeo, aislando el tramo del ensayo del resto del sondeo mediante obturadores.

La presión se aplica en escalones sucesivos de carga y descarga, manteniendo la presión en cada escalón durante 10 minutos. Siempre se tiene que llegar a $1 \text{ Kpa} = 10 \text{ kp/cm}^2$ excepto en las rocas más blandas, donde se puede producir fisuración hidráulica antes de alcanzar esta presión.

La unidad de medida del ensayo es el Lugeon "UL", que corresponde a la absorción de 1 litro de agua por metro de sondeo y por minuto, realizando el ensayo a 10 atmósferas de presión durante 10 minutos. Una unidad Lugeon equivale a un Coeficiente de Permeabilidad de 10^{-5} cm/s para un sondeo de diámetro medio ($\text{U.L.} = 1 \text{ L/m} \cdot \text{min} = 10^{-5} \text{ cm/s}$). El resultado de la prueba se presenta en la Figura 2 en función de la profundidad, en unidades Lugeon o admisión en $\text{L/m} \cdot \text{min}$ en función de la presión ensayada.

Riesgo de la realización de ensayos de inyección de agua en la zona no saturada.

En los casos en que se tenga que determinar la permeabilidad in situ de la zona no saturada (como es el caso de muchos ensayos realizados en el presente área de trabajo), se tendrá que saturar previamente la formación a ensayar con agua (inyectando agua hasta llegar un estado semi estacionario donde se pueda realizar el ensayo), ya que todas las interpretaciones de ensayos hidráulicos en sondeos parten de la hipótesis de que el medio está saturado.

Si no se realiza de este modo, gran parte del agua inyectada servirá sólo para saturar el medio y podría inducir a interpretaciones erróneas de los resultados, ya que se podría considerar como curva de ascensos/descensos una simple variación de niveles en el sondeo como respuesta a la saturación.

Por otro lado, las técnicas convencionales de ensayo y análisis de curvas parten de la base de que la formación está saturada. Los ensayos que se podrán hacer en estas condiciones son del tipo pulso e inyección a nivel constante. Para la caracterización se pueden utilizar sondeos cortos que no lleguen al nivel freático para no mezclar tramos saturados con tramos que se quieran saturar y para que los resultados sean lo más representativos posibles.

Si sólo se dispone de un sondeo largo sin entubar, se pueden individualizar tramos con obturadores. El procedimiento a seguir se resume en:

- Seleccionar los intervalos de sondeo que se quieran ensayar.
- Aislar el tramo que se quiera ensayar con 2 obturadores, si es en un sondeo largo, y con 1 obturador si es en el final de un sondeo corto.
- Empezar a inyectar agua con la precaución de no crear burbujas de aire que queden atrapadas dentro de la formación.
- Mantener constante el caudal de inyección de agua hasta que el nivel se mantenga más o menos estable.
- Detener la inyección de agua y medir la recuperación de los niveles respecto al tiempo.

La interpretación se realiza con los medios convencionales ya que, conceptualmente, se trata de un ensayo de inyección (bombeo con el signo cambiado) y recuperación.

4.2.5.8.5 Hidroquímica

Los datos fisicoquímicos de aguas subterráneas y superficiales medidos in situ se corresponden a los parámetros: pH, Conductividad Eléctrica (CE) y Temperatura (T°) ver Figura 19 a Figura 21. En el Mapa 2a y b del Anexo I, se expone la ubicación general de todos los puntos muestreados y las condiciones de los parámetros medidos según la siguiente clasificación.

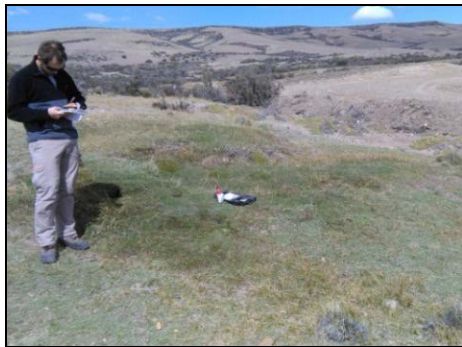


Figura 6: Medición de parámetros in situ: pH, CE y T° en mallín.



Figura 7: Medición de parámetros in situ: pH, CE y T° en curso del cañadón El Mosquito.



Figura 8: Toma de muestras de pozos mediante bailer, para medición de parámetros in situ.

Para el pH se identificaron con colores los siguientes rangos:

- Celeste, entre 6,5 y 8,5.
- Rojo, menor a 6,5 o mayor a 8,5.

El límite fijado entre 6,5 y 8,5 se definió a partir de los niveles establecidos por el Código Alimentario Nacional - Artículo 982 Resolución Conjunta y a partir de la Ley 24.585 de Impacto ambiental de la actividad minera, definida para Fuentes de Agua para Bebida Humana, Bebida de Ganado e Irrigación, ver Anexo I – Mapa 3.

Para la CE se identificaron con colores los siguientes rangos:

- Celeste, hasta 1,5 mS/cm
- Rojo, más de 1,5 mS/cm

El límite fijado equivale aproximadamente a la concentración salina máxima (1.000 mg/l en TDS) definida por la Ley 24.585 en su Anexo IV - Niveles Guía de Calidad de Agua–para: Fuentes de Agua para Bebida Humana, Bebida de Ganado e Irrigación, ver Anexo I – Mapa 4.

Para la Temperatura no se fijó ninguna coloración en especial, ni se llevó a cabo la elaboración de un mapa específico, debido a la falta de regulación, ya que se trata de un parámetro que para los objetivos planteados no permite un análisis cuantificable.

En los sub-ítems 4.2.5.3.5.1, 4.2.5.3.5.2 y 4.2.5.3.5.3 fueron discriminados los muestreos, según se correspondan con aguas tomadas de:

- Pozos existentes,
- Mallines/vertientes
- Cursos de agua superficiales (río, lagos).

4.2.5.9 BIBLIOGRAFÍA

- CHOW, V.T., D. R. MAIDMENT Y L.W. MAYS 1994. "Hidrología Aplicada". McGraw Hill Ed. Bogotá.
- CICTERRA-CONICET, 2015 PARA REPRESAS PATAGONIA. "Investigación geológica, sedimentológica, estratigráfica y geomorfológica. Valle del Río Santa Cruz - Provincia Santa Cruz – Argentina. Tercer Informe – Agosto 2015". Universidad Nacional de Córdoba (UNC), provincia de Córdoba, Argentina. (CICTERRA 2015a)
- CICTERRA-CONICET, 2015 PARA REPRESAS PATAGONIA. "Investigación geológica, sedimentológica, estratigráfica y geomorfológica. Valle del Río Santa Cruz - Provincia Santa Cruz – Argentina. Cuarto Informe – Octubre 2015". Universidad Nacional de Córdoba (UNC), provincia de Córdoba, Argentina. (CICTERRA 2015b)
- CUITIÑO J.I. y SCASSO R.A., 2010. "Sedimentología y paleoambientes del Patagoniano y su transición a la Formación Santa Cruz al sur del Lago Argentino, Patagonia Austral". Revista de la Asociación Geológica Argentina 66(3): 406-417.
- CUITIÑO J.I. *et al.*, 2012. "High resolution isotopic ages for the early Miocene "Patagoniense" Transgression in Southwest Patagonia: Stratigraphic implications". Journal of South American Earth Sciences, 38: 110-122.
- CUSTODIO, E. & M. R. LLAMAS 1983. "Tratado de Hidrología Subterránea". Ed. Omega, T. I y II. (2a Ed.) Barcelona.
- ELIZABETH MAZZONI y MIRIAN VÁZQUEZ 2004. "Ecosistemas de mallines y paisajes de la Patagonia Austral (Provincia de Santa Cruz)", Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Unidad Académica Río Gallegos, Convenio E.E.A. Santa Cruz. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- ELIZABETH MAZZONI y JORGE RABASSA 2011. "Types and internal hydro-geomorphologic variability of mallines (wet-meadows) of Patagonia: Emphasis on volcanic plateaus".
- FUNDACIÓN CENTRO INTERNACIONAL DE HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA, 2011 "Aspectos Hidrogeológicos de la Minería"- Catalunya, España.

- GEOSANTACRUZ 2015. "Informe hidrogeológico pozo CRNK-1, Campamento represa Néstor Kirchner".
- GHIGLIONE M. C. *et al*, 2009. "Structure and evolution of the austral basin fold-thrust belt, Southern Patagonian Andes". Revista de la Asociación Geológica Argentina, volumen 65 n° 1. ISSN 1851-8249. Buenos Aires, Argentina.
- GONZÁLEZ N., HERNÁNDEZ L., HERNÁNDEZ M. 2008. "Condicionantes climáticos y físicos de las regiones áridas en Argentina. Implicancias en el régimen hídrico superficial y subterráneo". Revista de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos, Recarga de Acuíferos, Aspectos generales y particulares en regiones áridas.
- GONZÁLEZ DE VALLEJO *et al.*, 2002. Ingeniería Geológica. Edt. Pearson Education. Madrid
- HERNÁNDEZ, M.A., N. GONZÁLEZ Y R. A. SÁNCHEZ. 2002. "Mecanismos de recarga de acuíferos en regiones áridas. Cuenca del Río Seco, provincia de Santa Cruz. Argentina". XXXII IAH Congreso - VI Congreso ALHSUD. Mar del Plata. Ed. CD ROM y Libro de Resúmenes. (Hernández et al, 2002)
- HERNÁNDEZ, M. A. 2005 "Mecanismos de recarga de acuíferos en regiones áridas (Síntesis)". Actas II Seminario Hispano Latinoamericano sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea, pp.:249-254. ISBN950-665-349-6. Río Cuarto. 2005.
- HERNÁNDEZ M., GONZÁLEZ N, HERNÁNDEZ L. 2010. "Procesos de recarga de acuíferos en regiones áridas". Revista Latinoamericana de Hidrogeología -Vol. 7.
- Hidroar S.A. 2016. Estudio hidrogeológico proyecto represas Néstor Kirchner y Jorge Cepernic – Provincia de Santa Cruz, para Serman. Diciembre 2016. 65 pp.
- ÍTURRASPE, R.J. Y SOTFÍNÍ R.R. 2005. "Hidrología y Clima. En: Estudio de Prefactibilidad Ambiental de la construcción de las Represas La Barrancosa y Cóndor Cliff". I Parte. Pág. 218-295. Ministerio de Economía y Obras Públicas, gobierno de la provincia de Santa Cruz- Universidad de la Patagonia Austral. Unidad Académica Río Gallegos.
- MERCER J.H., 1976."Glacial history of southernmost South America". Quaternary Research. Volume 6, Issue 2, Pages 125-166. ISSN: 0033-5894. Editorial Elsevier

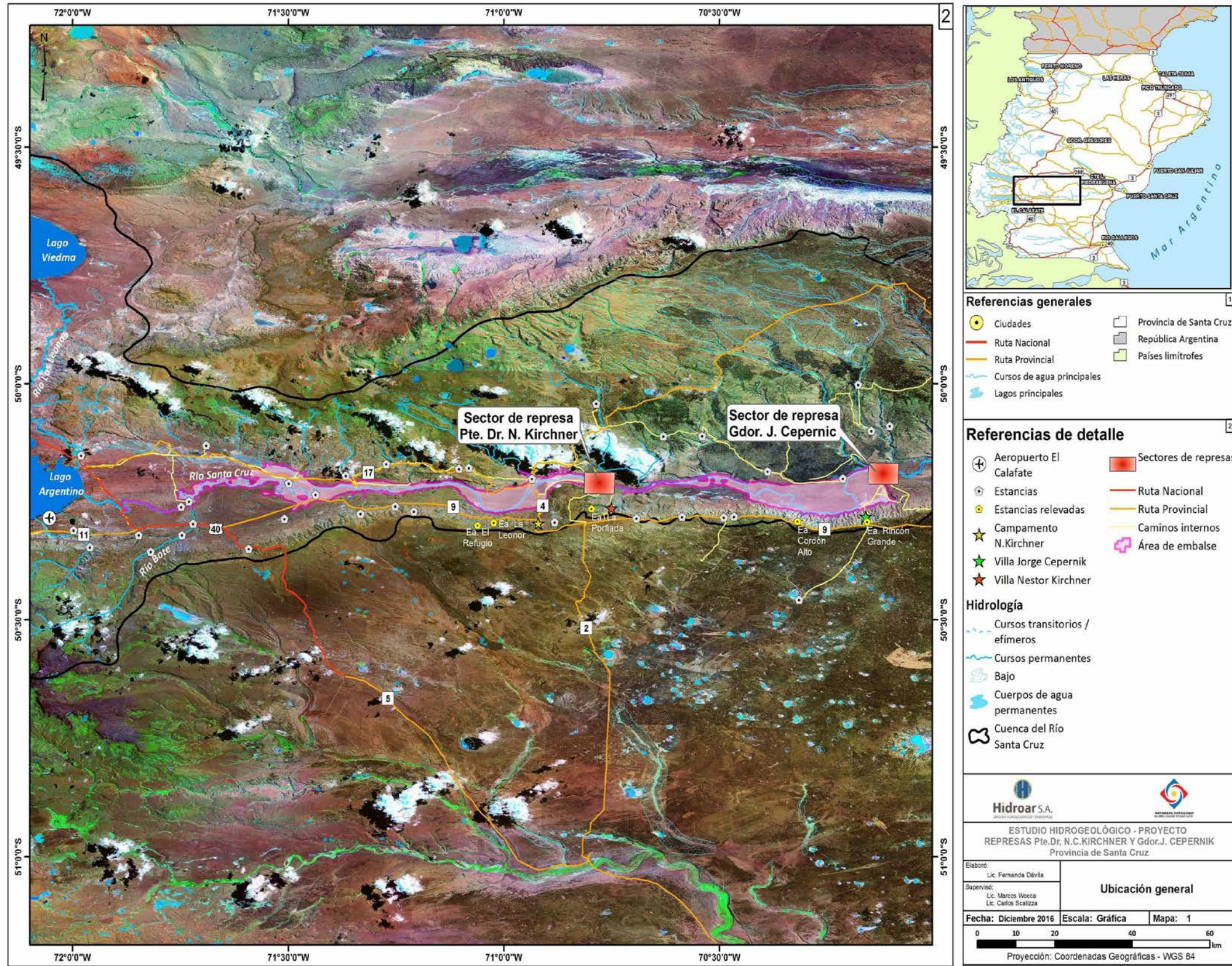
- QUIRÓS R. *et al.* (1988). "Evaluación del rendimiento pesquero potencial de la República Argentina: I: datos. 1. Informe técnico nro. 7 del Dpto. de Aguas Continentales". Inst. Nac. de Invest. y Des. Pesquero (INIDEP): 1-55.
- RABASSA J., 2008. "Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego". Development in Quaternary Sciences, vol 11,3. Elsevier, Amsterdam, pp: 13-56.
- REPRESAS PATAGONIA ELING-CGGC-HCSA-UTE, febrero 2016. Informe "Presa Presidente Néstor Kirchner. Campaña de investigaciones geológico-geotécnicas complementarias, año 2015" - Provincia de Santa Cruz. Aprovechamientos Hidroeléctricos del Río Santa Cruz - Documento Nro. NK-A.CV-ES.GT-(OG-00-00)-P001. (UTE 2016a)
- REPRESAS PATAGONIA ELING-CGGC-HCSA-UTE, setiembre 2016. Informe "Presa Pdte. Néstor Kirchner. Obras Civiles. Obras Generales. Informe Geológico – Geotécnico. Memoria Técnica. Geotecnia". Aprovechamientos Hidroeléctricos del Río Santa Cruz - Documento Nro. NK-A.CV-MT.GT-(OG-00-00)-P902. Provincia de Santa Cruz (UTE 2016c)
- REPRESAS PATAGONIA ELING-CGGC-HCSA-UTE, agosto 2016. Informe "Presa Jorge Cepernic. Obras Civiles. Obras Generales. Informe Geológico – Geotécnico. Memoria Técnica. Geotecnia". Aprovechamientos Hidroeléctricos del Río Santa Cruz - Documento Nro. JC-A.CV-MT.GT-(OG-00-00)-P900. Provincia de Santa Cruz (UTE 2016b)
- SERMAN & ASOCIADOS S.A. 2015. Estudio de Impacto Ambiental Aprovechamiento Hidroeléctricos del Río Santa Cruz (Presidente Dr. Néstor C. Kirchner y Gobernador Jorge Cepernic), Provincia de Santa Cruz. Represas Patagonia. ELING CGGC HCSA UTE.
- SERMAN & ASOCIADOS S.A. 2017. Actualización del Estudio de Impacto Ambiental Aprovechamiento Hidroeléctricos del Río Santa Cruz (Presidente Dr. Néstor C. Kirchner y Gobernador Jorge Cepernic), Provincia de Santa Cruz. Represas Patagonia. ELING CGGC HCSA UTE.

- SINGER B.S. *et al.*, 2004. "40Ar/39Ar Chronology of Late Pliocene and Early Pleistocene Geomagnetic and Glacial Events in Southern Argentina. Timescales of the Paleomagnetic Field, Geophys. Mon. Series 145, pp. 175-190.
- SSRH, 2014. Red Hidrológica Nacional. Edición 2013.
- STRELIN, J.A. 1995. "New evidences on the relationships between the oldest extra-andean glaciations in the Río Santa Cruz area". Quat. of South Am. and Ant. Peninsul. A.A. Balkema, 9 (1991): 105-116, Rotterdam.
- STRELIN J.A. y MALAGNINO, E.C. 1996. "Glaciaciones Pleistocenas del Lago Argentino y Alto Valle del Río Santa Cruz". XIII Congreso Geológico Argentino, Vol IV: 311-326.
- STRELIN J.A. *et al.*, 1999. "New evidence concerning the Plio-Pleistocene landscape evolution of Southern Santa Cruz region". Journal of South American Earth Sciences, 12. Pp. 333-342.
- STRELIN J.A. y MALAGNINO E.C., 2009. "Charles Darwin and the oldest glacial events in Patagonia: the erratic blocks of the Río Santa Cruz Valley". Revista de la Asociación Geológica Argentina 64 (1): 101 – 108.
- SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS - Base de Datos Hidrológica Integrada - BDHI <http://www.mininterior.gov.ar/obras-publicas/rh-base.php>.
- VALLADARES, A. 2004. "Cuenca del rio Santa Cruz. Cuenca N° 70". Subsecretaría de Recursos Hídricos.
- ZAMBRANO J. y URIEN C.M., 1970. "Geological outlines of the basins in Southern Argentina and their continuation off the Atlantic shore". J. Geophys. Res., v. 75, n. 8, p: 1363-1396.

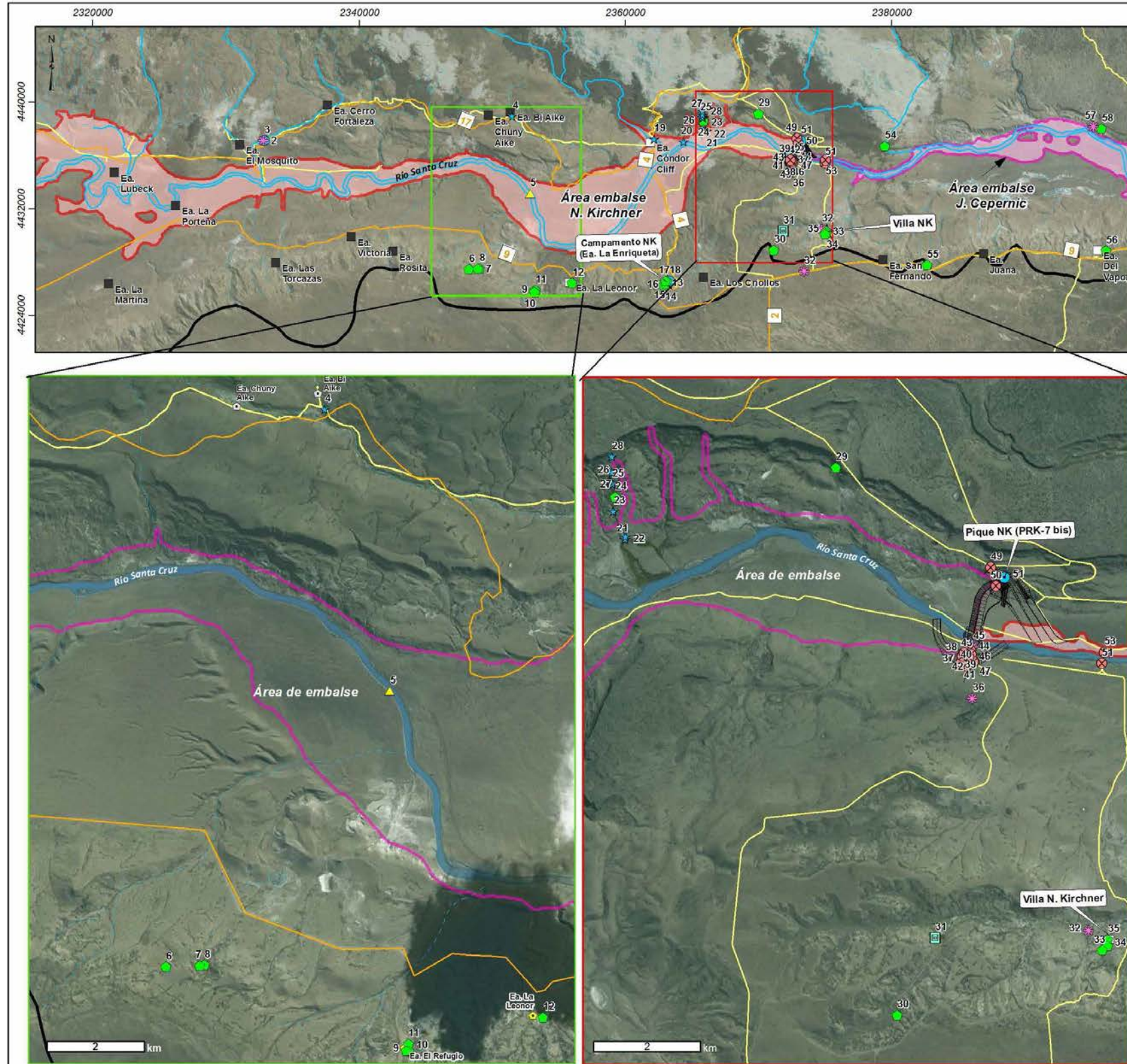


ANEXO I - MAPAS

Mapa 1: Ubicación General



Mapa 2: Ubicación de sitios relevados NK (oct-dic 2016)



- Referencias generales**
- Ciudades
 - Ruta Nacional
 - Ruta Provincial
 - Cursos de agua principales
 - Lagos principales
 - Provincia de Santa Cruz
 - República Argentina
 - Países limítrofes

- Referencias**
- ▲ Río Santa Cruz
 - ★ Vertiente o arroyo
 - Mallín
 - Molino
 - Pozo con agua
 - ⊗ Pozo seco/derrumbado
 - ★ Sitio de interés
 - ★ Campamento NK
 - ★ Villa NK
 - Estancias
 - Estancias relevadas
 - Infraestructura
 - Caminos internos
- Hidrología**
- Cursos transitorios / efimeros
 - Cursos permanentes
 - Bajo
 - Área de embalse J. C.
 - Área de embalse N. K.
 - Cuenca del Río Santa Cruz

Hidroar S.A.

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO - PROYECTO REPRESAS Pte. Dr. N. KIRCHNER Y Gdor. J. CEPERNIK Provincia de Santa Cruz

Elaboró: Lic. Fernanda Dávila

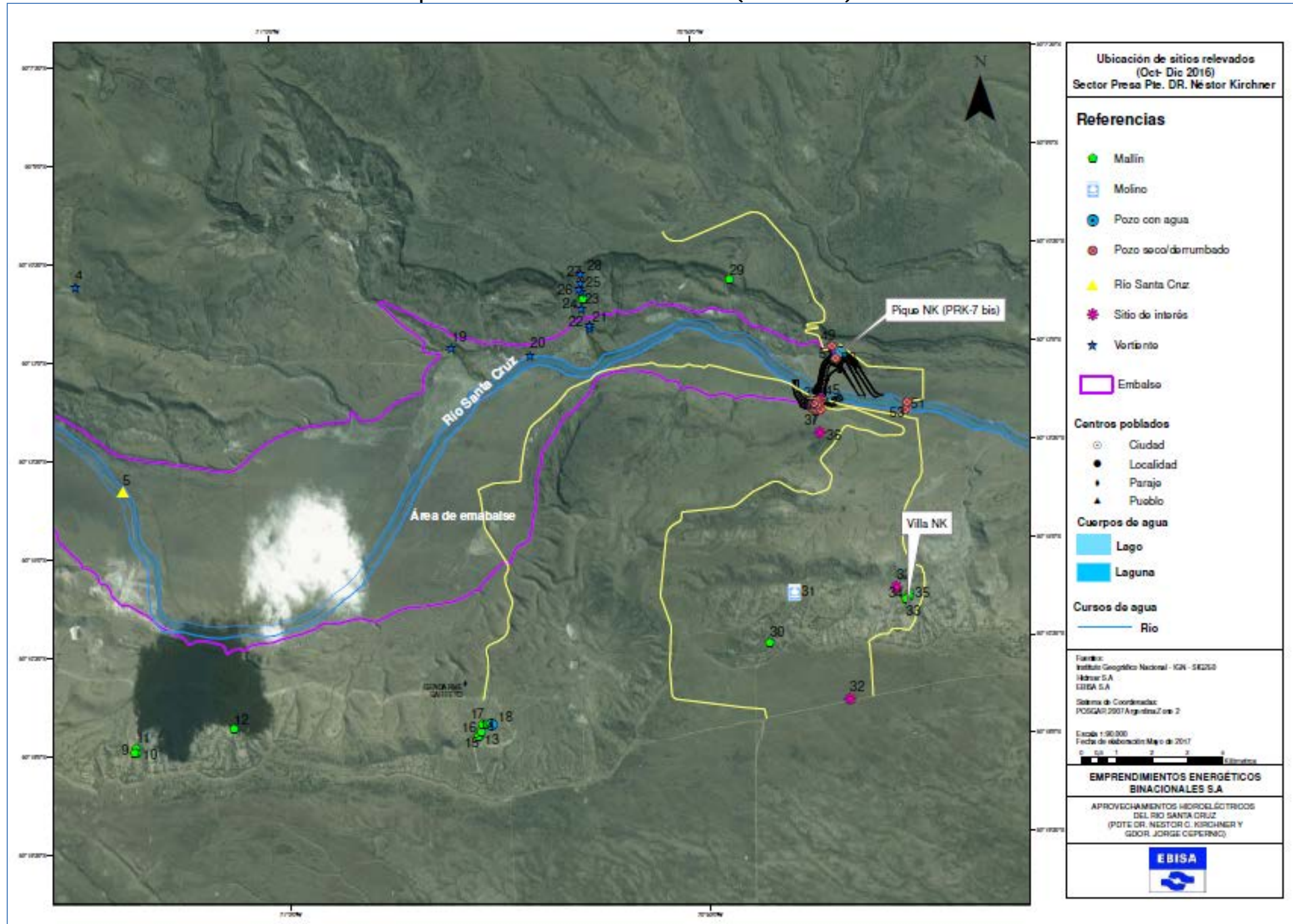
Supervisó: Lic. Marcos Wocca, Lic. Carlos Scattizza

Ubicación de sitios relevados (Oct.-Dic. 2016)
Sector represa Pte. Dr. N. Kirchner

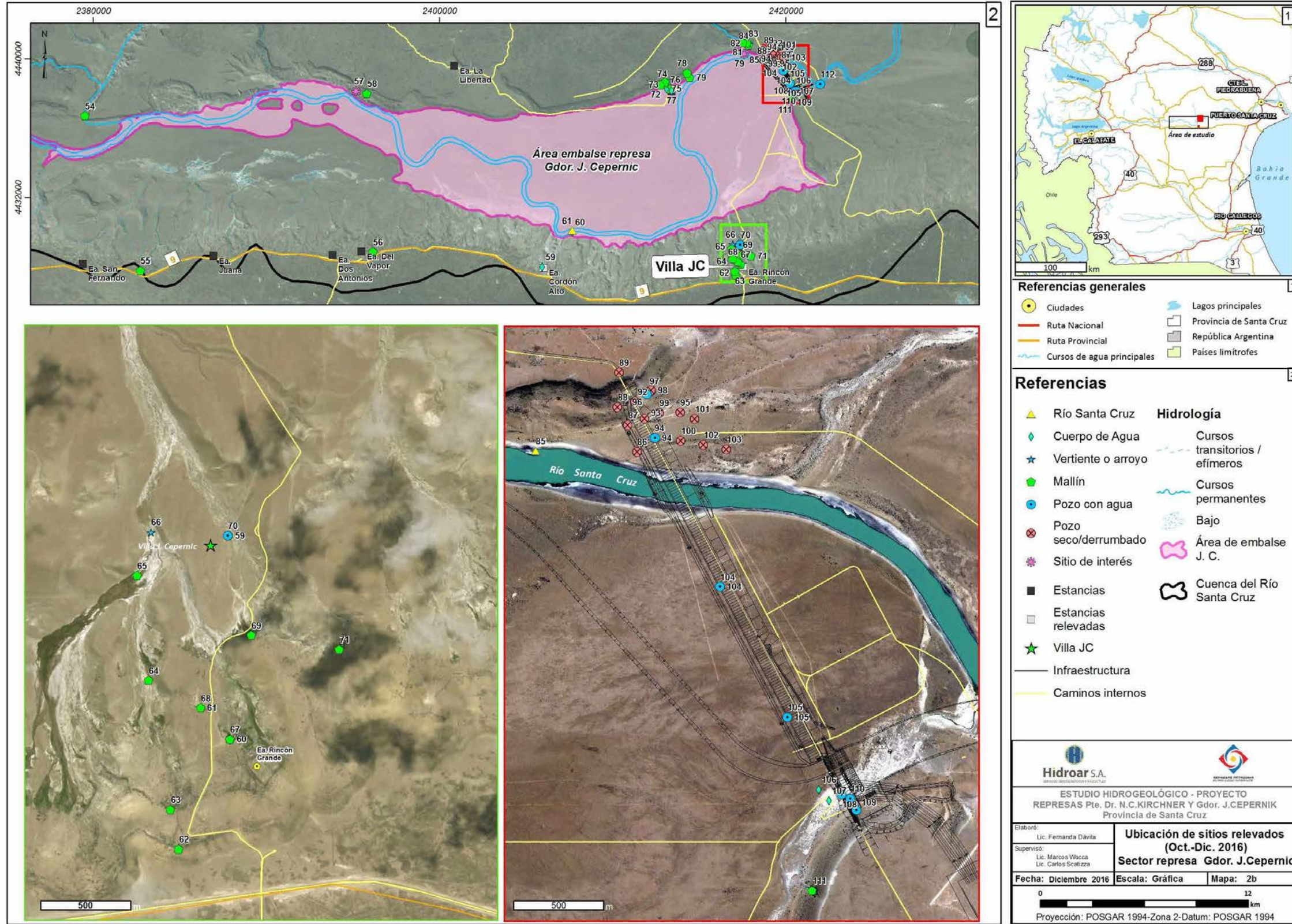
Fecha: Diciembre 2016 Escala: Gráfica Mapa: 2a

Proyección: POSGAR 1994-Zona 2-Datum: POSGAR 1994

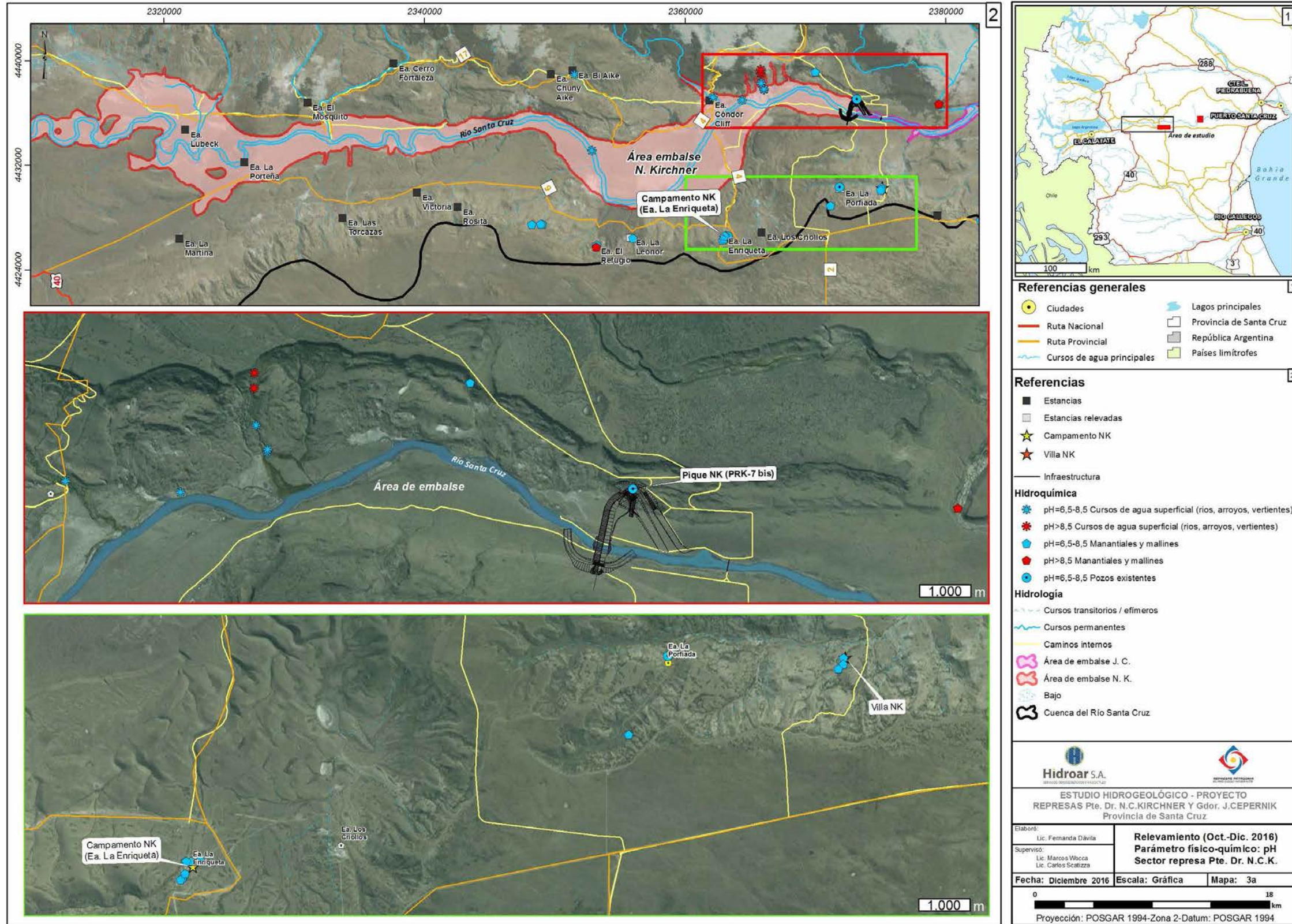
Mapa 3: Ubicación de sitios relevados NK (oct-dic 2016). Detalle



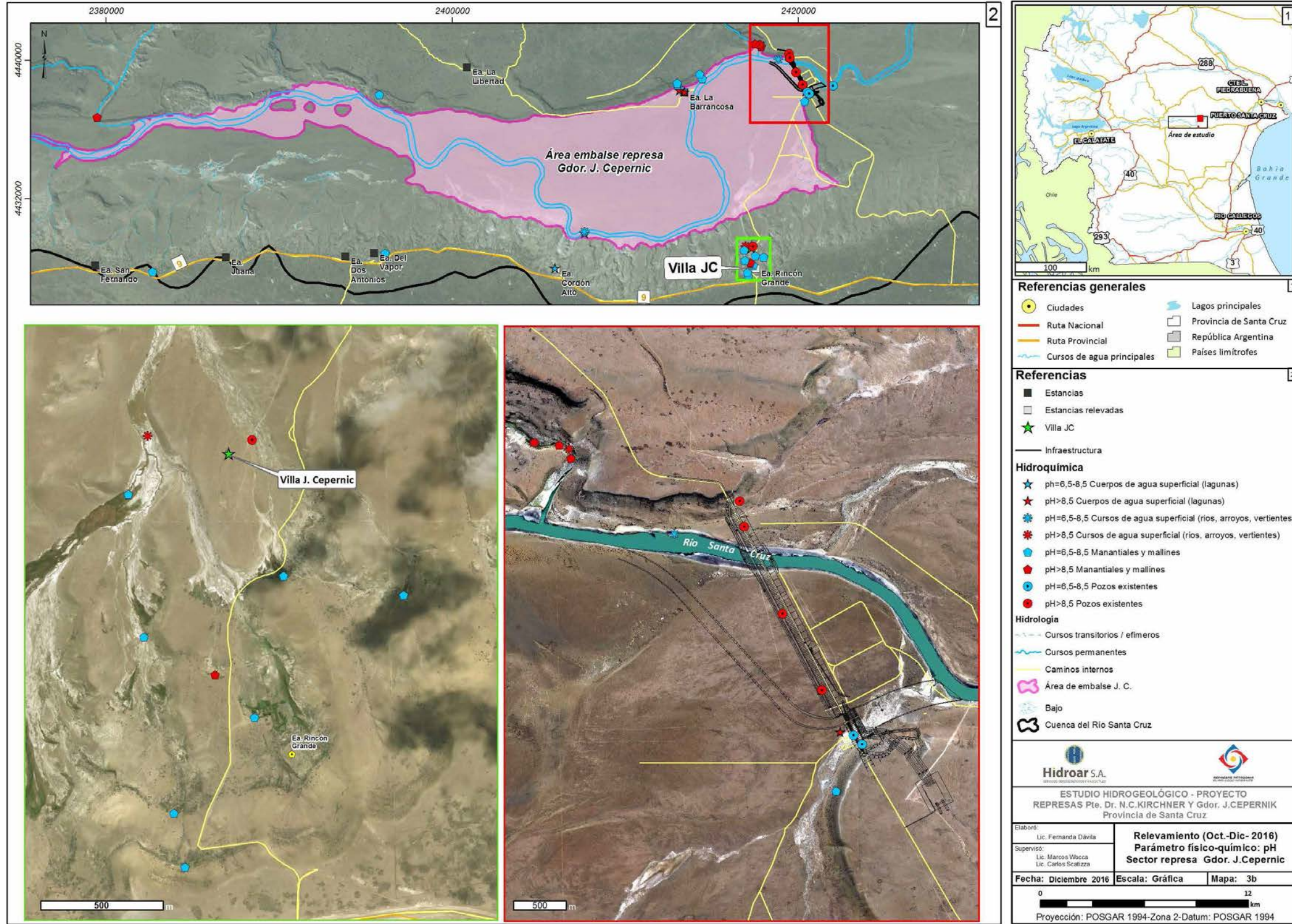
Mapa 4: Ubicación de sitios relevados JC (oct-dic 2016)



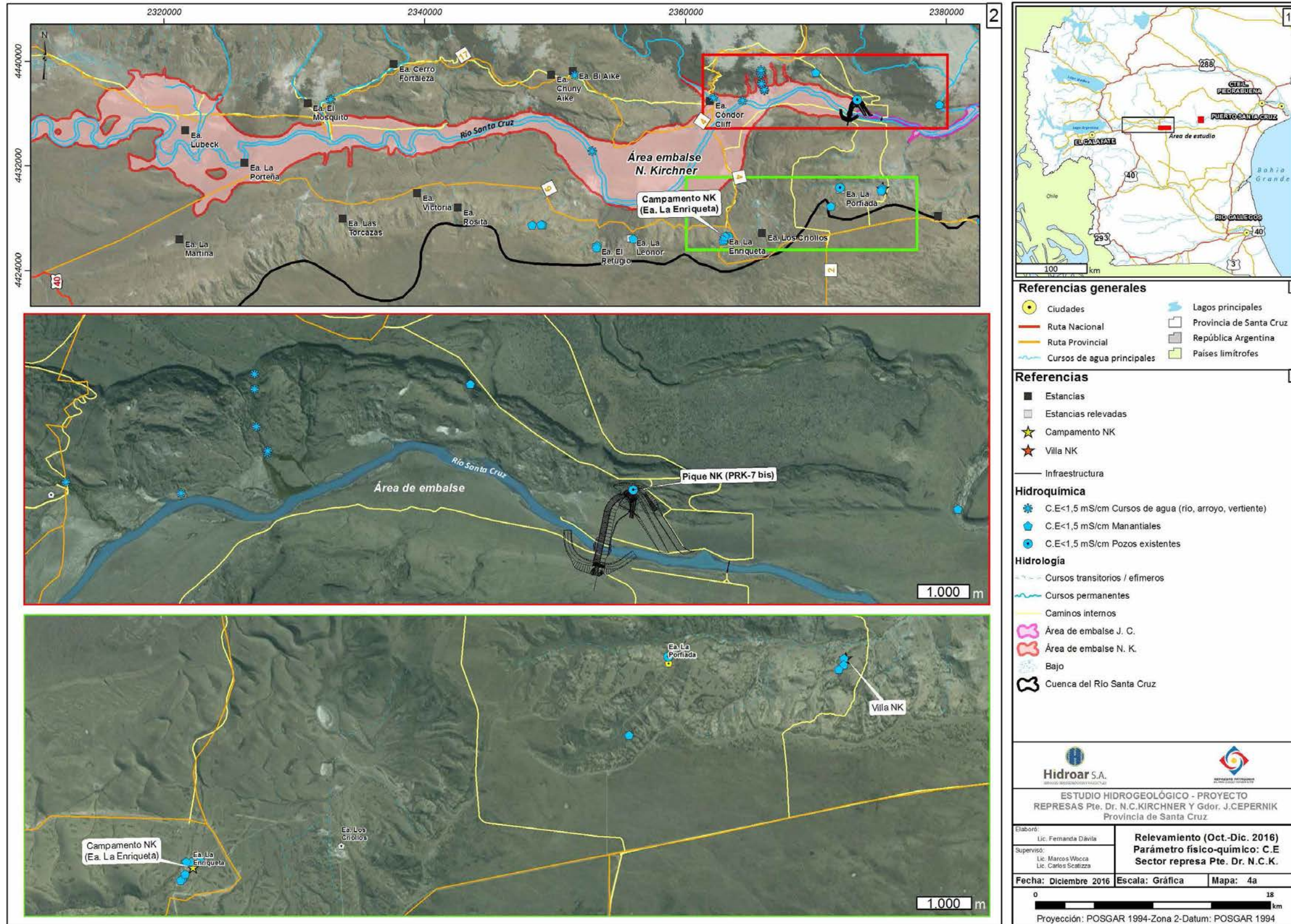
Mapa 5: Relevamiento NK Parámetros físico químicos pH (oct-dic 2016)



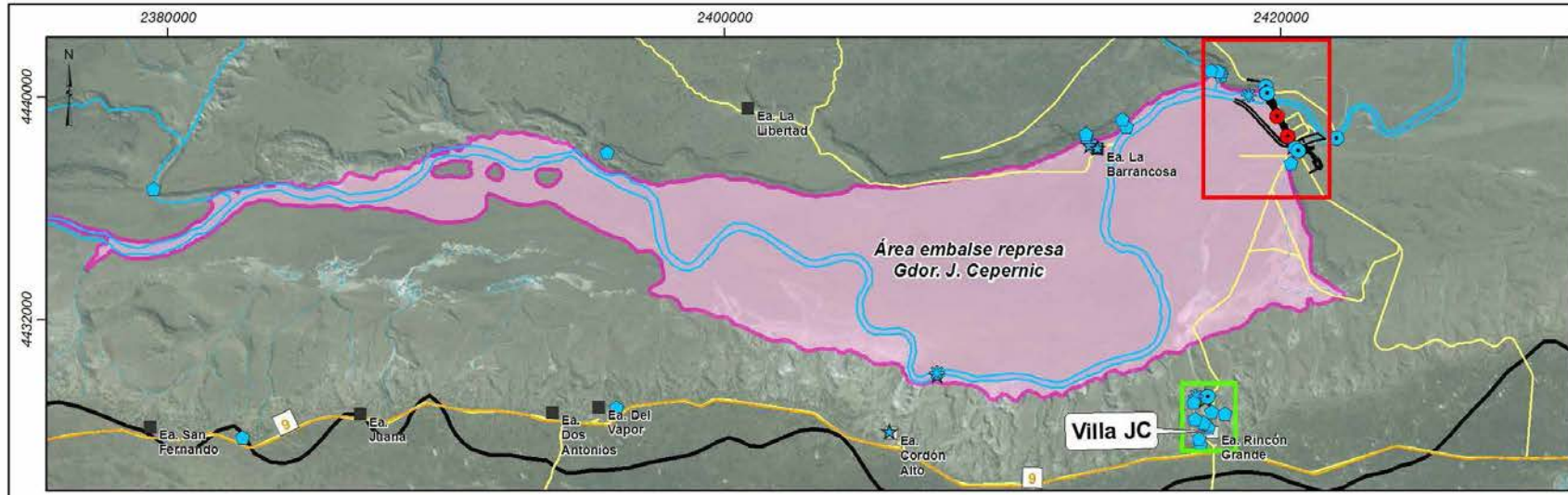
Mapa 6: Relevamiento JC Parámetros físico químicos: pH (oct-dic 2016)



Mapa 7: Relevamiento NK Parámetros físico químicos: CE (oct-dic 2016)



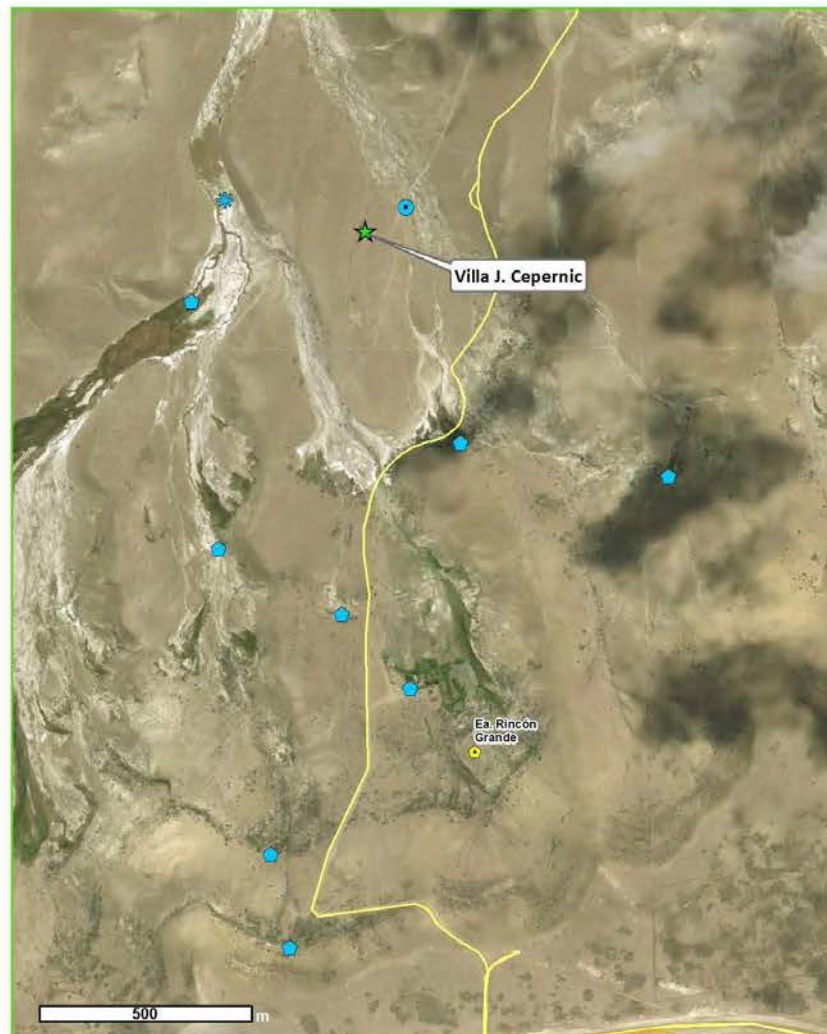
Mapa 8: Relevamiento JC Parámetros físico químicos: CE (oct-dic 2016)



2



1



Referencias generales

- Ciudades
- Ruta Nacional
- Ruta Provincial
- Cursos de agua principales
- Lagos principales
- Provincia de Santa Cruz
- República Argentina
- Paisés limitrofes

1

Referencias

- Estancias
- Estancias relevadas
- ★ Villa JC
- Infraestructura

2

Hidroquímica

- ★ C.E < 1,5 mS/cm Cuerpos de agua (laguna)
- ★ C.E < 1,5 mS/cm Cursos de agua (rio, arroyo, vertiente)
- C.E < 1,5 mS/cm Manantiales
- C.E < 1,5 mS/cm Pozos existentes
- C.E > 1,5 mS/cm Pozos existentes

Hidrología

- Cursos transitorios / efimeros
- Cursos permanentes
- Caminos internos
- Área de embalse J. C.
- Bajo
- Cuenca del Rio Santa Cruz




ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO - PROYECTO
REPRESAS Pte. Dr. N.C.KIRCHNER Y Gdor. J.CEPERNIC
Provincia de Santa Cruz

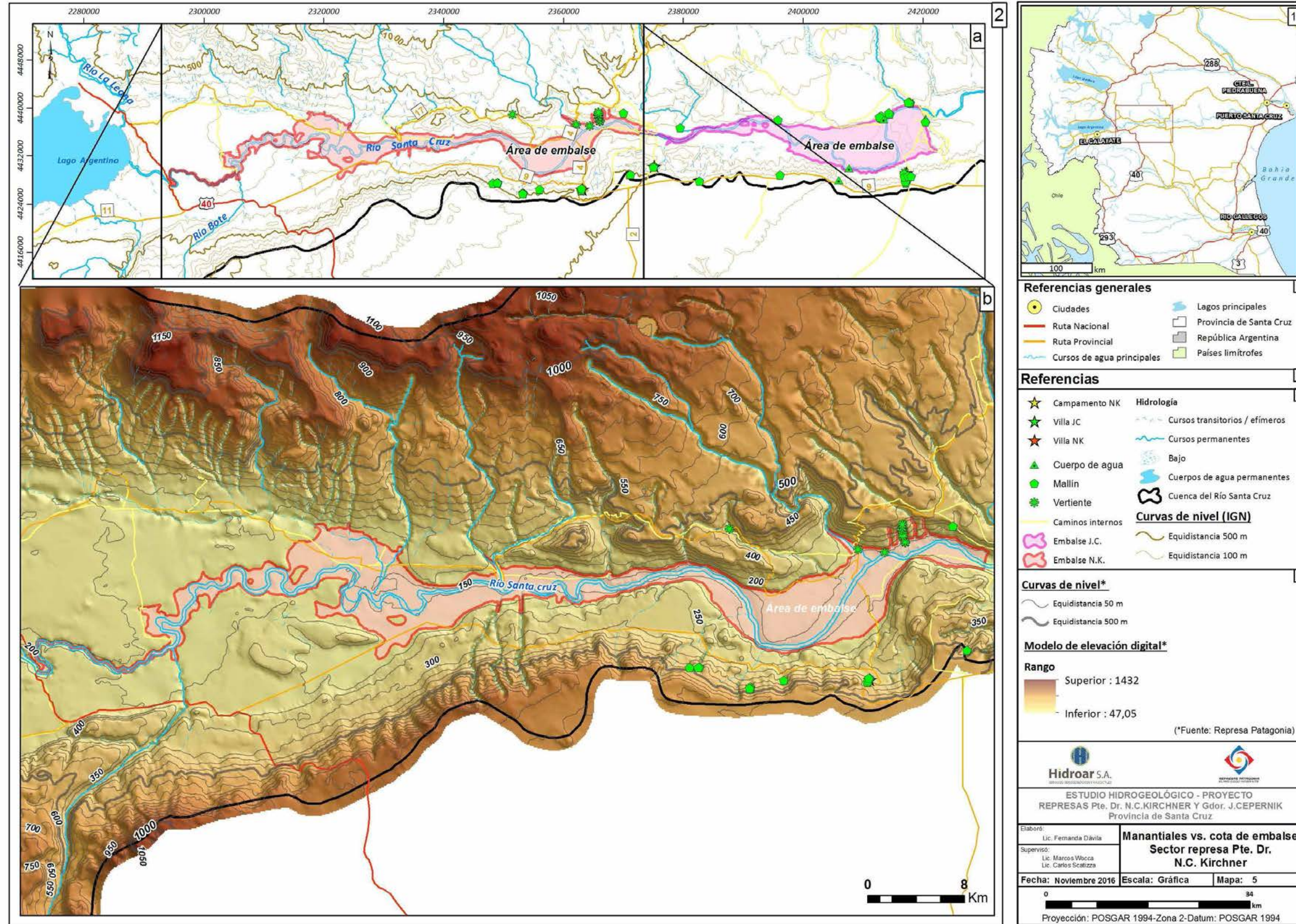
Elaboró: Lic. Fernanda Dávila	Relevamiento (Oct.-Dic. 2016)
Supervisó: Lic. Marcos Wooca Lic. Carlos Scattizza	Parámetro físico-químico: C.E Sector represa Gdor. J.Cepernic

Fecha: Diciembre 2016 Escala: Gráfica Mapa: 4b

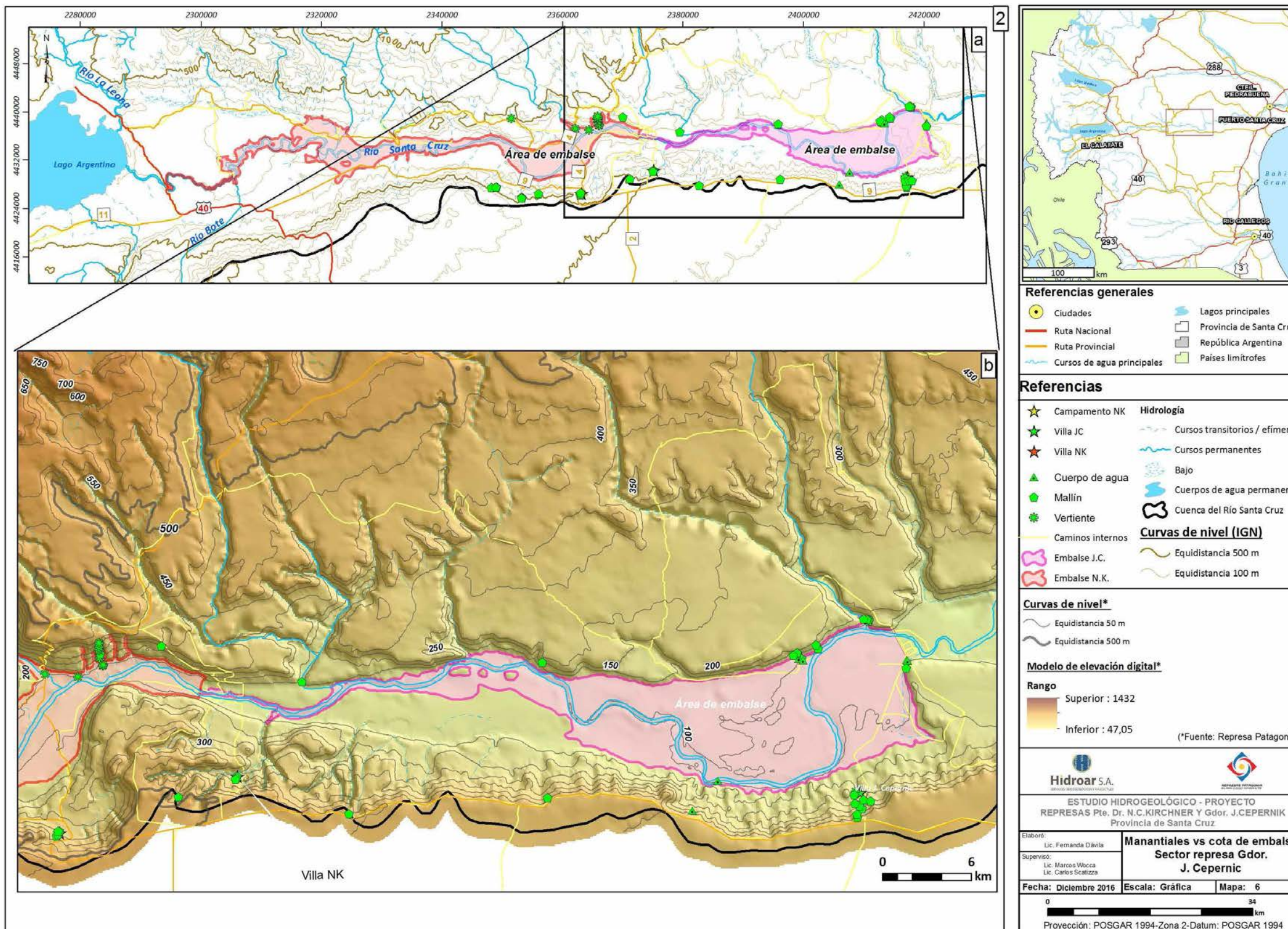


Proyección: POSGAR 1994-Zona 2-Datum: POSGAR 1994

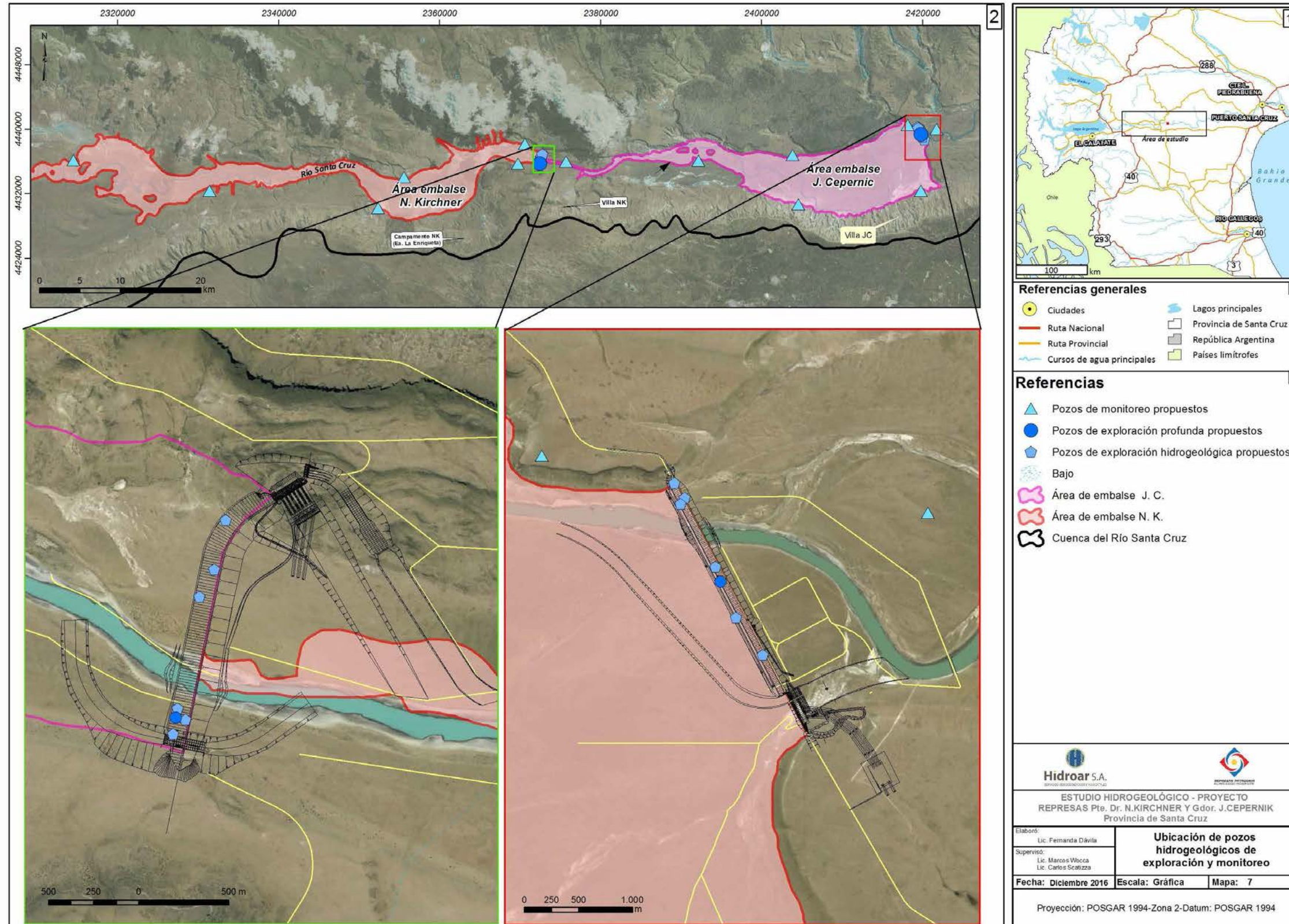
Mapa 9: Manantiales vs Cola de Embalse NK



Mapa 10: Manantiales vs Cola de Embalse JC



Mapa 11: Ubicación de pozos Hidrogeológicos de Exploración y Monitoreo





República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
2017 - Año de las Energías Renovables

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico

Número:

Referencia: LBA-Hidrogeología

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 61 pagina/s.