

TERMINOS DE REFERENCIA

Medida H-04: Investigación sobre Nuevas Fuentes de Agua en Cuencas de Salares La Isla, Aguilar, Gorbea y Las Parinas

LICITACION N° {Código}

Contenidos

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Aspectos Generales.....	1
1.2	Alcances de la Consultoría.....	1
2	ZONA DE ESTUDIO Y CONTEXTO GENERAL.....	2
2.1	Zona de Estudio.....	2
2.2	Contexto General de los Recursos Hídricos en las Cuencas	2
3	ACTIVIDADES A DESARROLLAR.....	4
3.1	Actividad 1: Recopilación de Antecedentes y Visita a Terreno	4
3.2	Actividad 2. Instalación de Estación Meteorológica.....	4
3.3	Actividad 3. Campañas de implementación de medición de evaporación.....	5
3.4	Actividad 4. Campaña de geofísica y geología	5
3.5	Actividad 5. Estimación Preliminar de la Geometría del Acuífero	7
3.6	Actividad 6. Construcción y Puesta en Marcha de Pozos de Monitoreo	7
3.7	Actividad 7. Campaña de muestreo de Niveles, Evapotranspiración, Calidad del Agua, Isotopía y Meteorológica	8
3.7.1	Campaña de Niveles.....	8
3.7.2	Campaña de Isótopos	9
3.7.3	Campaña de Calidad de Aguas.....	9
3.7.4	Campaña de Evapotranspiración.....	9
3.7.5	Campaña Meteorológica	9
3.8	Actividad 8. Análisis Integrado de la Información.....	10
3.9	Actividad 9: Informes.....	10
3.9.1	Informes Mensuales de Gestión	10
3.9.2	Informe Anuales.....	11
3.9.3	Informe Final.....	11
3.10	Actividad 10: Desarrollo de información publicable	12
3.11	Actividad 11: Reuniones.....	12

4	EQUIPO DE TRABAJO SOLICITADO PARA EL DESARROLLO DE LA CONSULTORÍA	12
5	PLAZOS Y ENTREGABLES	14
6	CONTENIDO DE PROPUESTA TÉCNICA.....	15
7	REFERENCIAS	15

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Aspectos Generales

Con motivo de los compromisos que Codelco División Salvador adquirió a raíz del proceso de conciliación con el Consejo de Defensa del Estado (CDE) ante el Primer Tribunal Ambiental, se requiere el desarrollo de una investigación conducente a generar información de carácter pública sobre nuevas fuentes de agua en las cuencas de i) Salar de la Isla; ii) Salar Aguilar; iii) Salar Gorbea; y iv) Salar Las Parinas, todas ubicadas en la denominada cuenca endorreica entre Frontera y Vertiente del Pacífico de la región de Atacama.

En el entendido que los esfuerzos se deben centrar en determinar y/o medir las variables relevantes para el balance hídrico de cada uno de los Salares mencionados, así como para la caracterización hidrogeológica de cada uno de ellos, las presentes Bases Técnicas contemplan la realización de actividades consideradas como mínimas para el logro de aquello.

Dicho lo anterior, el consultor debe tener a la vista la medida identificada como **H-04: Investigación sobre nuevas fuentes de agua en cuencas de salares La Isla, Aguilar, Gorbea y Las Parinas**, la que se encuentra desarrollada en los documentos que conforman el Avenimiento y Transacción en la causa Rol: D-7-2020 seguida ante el Primer Tribunal Ambiental, lo que se incluyen en el Anexo 1: Antecedentes de Avenimiento

Es importante indicar que esta y otras medidas del acuerdo de conciliación contribuyen a los Objetivos de Desarrollo Sostenibles ODS 2030 de Naciones Unidas, así como a las orientaciones del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), referidas al territorio de la Cuenca alto andina del Salar de Pedernales, sus ecosistemas y habitantes como actores relevantes.

1.2 Alcances de la Consultoría

El objetivo del servicio considera la realización de un estudio que permita generar información básica para lograr un entendimiento hidrogeológico de los sistemas de las cuencas de salares La Isla, Aguilar, Gorbea y Las Parinas, todos ubicados en la región de Atacama.

Para dar cumplimiento a la medida H-04: “Investigación sobre nuevas fuentes de agua en cuencas de salares La Isla, Aguilar, Gorbea y Las Parinas” se han identificado las siguientes actividades a realizar, las que son descritas en los acápite posteriores. La realización de esta medida, permitirá disponer de una base analítica consistente, a través del desarrollo de un modelo hidrológico conceptual superficial-subterráneo, que apoyará el desarrollo de un Plan Estratégico de Cuencas en el área Pertinente, con el fin de tomar decisiones sustentadas con más y mejor información y los escenarios que los usuarios e instituciones prioricen para su evaluación.

Este Servicio considera el desarrollo de actividades tanto de gabinete como de terreno. En caso que alguna de las acciones necesarias para la investigación requiera permiso, la empresa adjudicada deberá elaborar la información necesaria para su tramitación ante la autoridad correspondiente.

2 ZONA DE ESTUDIO Y CONTEXTO GENERAL

2.1 Zona de Estudio

La zona de estudio considera las cuencas de los salares La Isla, Aguilar, Gorbea y Las Parinas, que se encuentra al norte del Salar de Pedernales, en la Región de Atacama, ubicado en medio de las cordilleras Domeyko y Claudio Gay, con elevaciones de 3.350 m s.n.m. y a aproximadamente 240 km de la ciudad de Copiapó.

La Dirección General de Aguas (DGA) ha definido Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (SHAC) para cada uno de los cuatro sistemas acuíferos, parte de este estudio, cuya ubicación espacial se presenta en la Figura 2-1.

A partir de una estimación preliminar se determinó que las superficies de los salares motivo de estudio, varían entre 350 a 737 km², las áreas de cada uno se presentan en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1: Extensión Superficial de los SHAC de cada Salar

Salar	Área (km ²)
La Isla	737
Aguilar	593
Gorbea	350
Las Parinas	602

Fuente: Elaboración Propia

2.2 Contexto General de los Recursos Hídricos en las Cuencas

La Dirección General de Aguas (DGA) cuenta con un estudio correspondiente al informe técnico SDT N°276 “Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos en Cuencas de la Región de Atacama Ubicadas entre el Río Copiapó y la Región de Antofagasta” (DGA, 2009).

El documento mencionado se realizó en base a información oficial de la DGA. La caracterización hidrogeológica se realizó en base a la información del mapa geológico de Chile, escala 1:1.000.000 (SERNAGEOMIN, 2012). De esta forma, se debe considerar que este estudio corresponde a una primera aproximación del sistema, analizando en términos generales y regionales el recurso hídrico.

La recarga del sistema subterráneo se estimó principalmente mediante los aportes de precipitación, la cual varía en su magnitud dependiendo de las características de la cuenca. La recarga por precipitación se estimó por medio de coeficientes de infiltración y escorrentía que ponderan las características hidrogeológicas de las unidades geológicas presentes en las cuencas analizadas.

Según DGA (2009), para las cuencas de los salares La Isla, Aguilar, Gorbea y Las Parinas, las cuales se encuentran insertas en el altiplano y la cordillera de Los Andes, la principal fuente de recarga corresponde a las precipitaciones que se producen en los conos volcánicos que las rodean y que están formados por rocas del Mioceno con una permeabilidad y almacenamiento asociados a su fracturamiento, por lo que se estima que poseen un potencial hidrogeológico bajo a nulo. La principal descarga de estas cuencas es la evaporación.

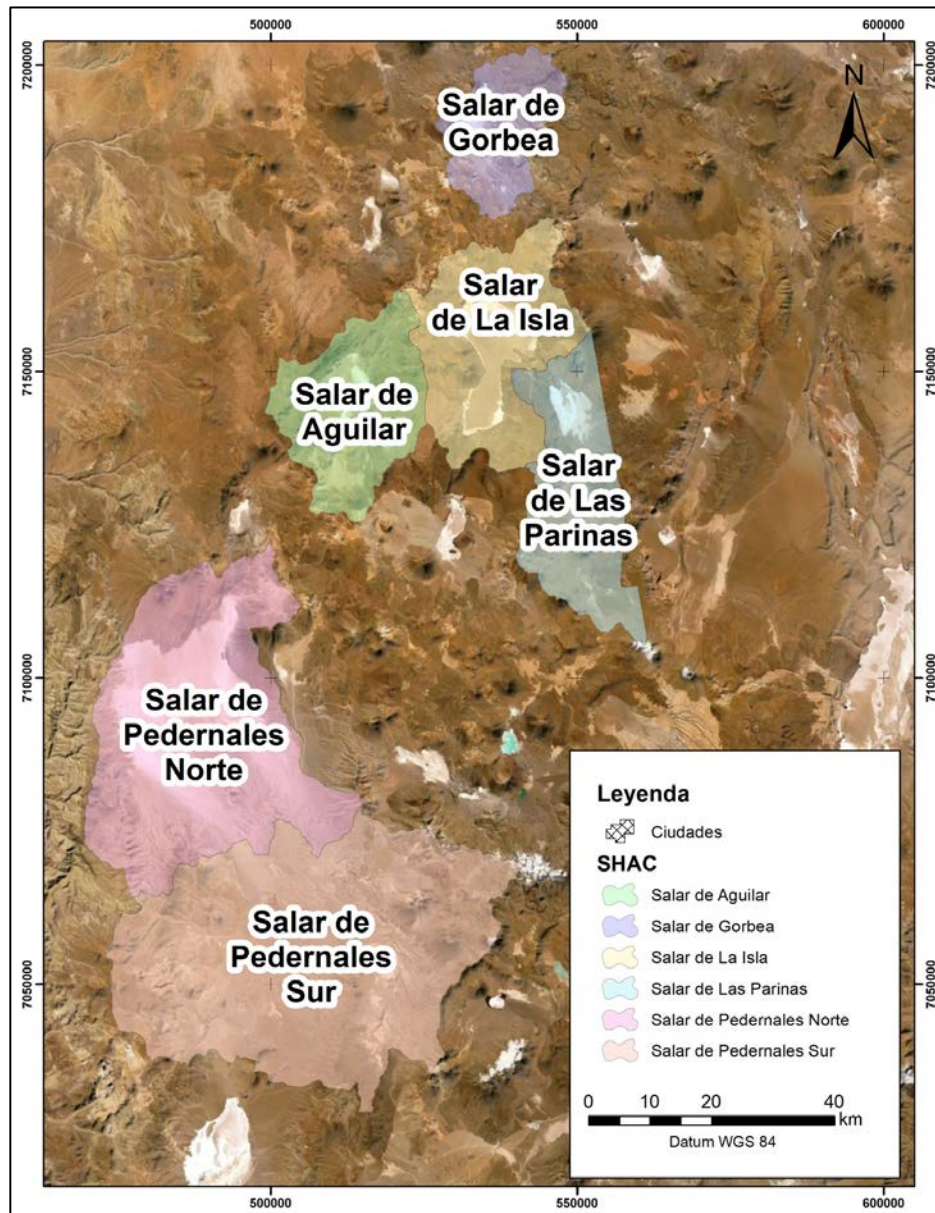
El resumen de los resultados del estudio de la recarga obtenidos por DGA (2009), se presentan en la Tabla 2-2, donde se muestran las componentes estimadas y calculadas mediante la metodología utilizada.

Tabla 2-2: Recarga Estimada por Cuenca

Salar	Área total (km ²)	Precipitación (mm)	Coef. Escorrentía	Coef. Infiltración	Recarga Total (l/s)
de Gorbea	363.8	135	0.13	0.3	116
de La Isla	736.4	125	0.13	0.3	279
Aguilar	590.2	125	0.13	0.3	203
Las Parinas	829.7	130	0.13	0.3	241

Fuente: Elaboración Propia a partir de DGA (2009)

Figura 2-1 : Ubicación General del Área de Estudio



Fuente: Elaboración Propia a partir de información de DGA

3 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Para el desarrollo de este servicio, y en el contexto del requerimiento del CDE para dar cumplimiento a la medida H-04, se debe tener presente que los estudios de investigación en las cuatro cuencas se deben realizar de manera conjunta, de tal manera de optimizar los recursos para lograr contar con la mayor cantidad de información asociado a las campañas de monitoreo y el desarrollo, al menos, de las actividades que se indican en las secciones siguientes.

3.1 Actividad 1: Recopilación de Antecedentes y Visita a Terreno

El consultor deberá realizar una búsqueda exhaustiva de los antecedentes disponibles de carácter público, en los sectores aledaños al área de estudio, identificando componentes relevantes que sirvan como base para el presente servicio. El consultor deberá recopilar y revisar al menos lo siguiente:

- Información de variables meteorológicas medidas por la red hidrométrica de la DGA, que permitan caracterizar el sistema en un contexto regional.
- Imágenes satelitales de la zona, de manera de reconstruir la variabilidad de la cobertura nival presente en cada una de las cuencas de los salares.
- Estudio público de la DGA SDT N°276 (2009) (a modo referencial) en el que se realiza una estimación preliminar de la recarga en cada uno de los sistemas de salares.
- Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Salares Norte Goldfields (2018), en el cual se caracteriza en términos de Línea de Base el Salar Grande ubicado al sur del Salar La Isla.

Con respecto a la recopilación preliminar de información geológica, se debe tener en cuenta a modo de referencia las cartas geológicas de detalle desarrolladas por Naranjo S., José Antonio y otros de las áreas Salar de Aguilar y Portezuelo de León Muerto (Naranjo y otros, 2013a), y Salar de Pajonales y Cerro Moño (Naranjo y otros, 2013b), regiones de Antofagasta y Atacama (2013) de escala 1:100.000. Además de la caracterización geológica del estudio de Goldfields (2018).

Una de las primeras actividades debe ser la realización de una visita de terreno para identificar las principales características del área de estudio, asociado a cada salar. En esta visita a terreno se deben identificar preliminarmente zonas adecuadas para la realización de las actividades 2, 3 y 4 descritas a continuación.

La finalización de esta actividad debe ser acompañada de un reporte interno a Codelco, señalando las principales fuentes de información recopiladas, como también el reporte de la visita a terreno. Se debe incluir el análisis preliminar de las zonas potenciales para la construcción de pozos e instalación de estaciones meteorológicas y de evaporación, propuestas de cronograma de actividades.

3.2 Actividad 2. Instalación de Estación Meteorológica

A partir del reconocimiento en terreno realizado en la actividad 1 y de la información meteorológica disponible en la red hidrométrica de la DGA y los reportes de Goldfields (2018) y DGA (2009), se deben ubicar las zonas idóneas para la instalación de estaciones meteorológicas.

La ubicación de cada estación meteorológica debe asegurar un fácil acceso para la recolección de datos o posible reparación de la misma. Sin embargo, es importante considerar que existe la posibilidad que, producto de las condiciones climáticas, u otros factores externos, se dificulte la recolección de datos. La

instalación de cada estación meteorológica debe incluir un área de protección, de manera de que quede resguardada ante posibles daños de terceros, por ejemplo, incluir un enrejado en el perímetro de la estación. Además, la ubicación de éstas debe ser tal que no se encuentre bloqueada de manera que pueda perjudicar una correcta medición de las variables.

Se deberá realizar la instalación de dos estaciones meteorológicas en las cuencas La Isla, Las Parinas y Aguilar y una estación meteorológica en la cuenca Gorbea, totalizando 7 estaciones meteorológicas. El instrumental y las variables deberán ser acordados en conjunto con Codelco en base a la información que se recopile en la actividad 1. Es importante tener presente que la componente nival podría ser una fuente relevante de recarga en el área.

Las estaciones deberán estar equipadas con dataloggers de capacidad de memoria suficiente para almacenar datos entre campañas. Asimismo, deberán considerar el suministro de energía eléctrica suficiente para mantenerse operativas de forma permanente.

La finalización de esta actividad debe ser acompañada con un reporte interno a Codelco que indique la información posicional de cada una de las estaciones meteorológicas instaladas, señalando sus coordenadas, datum de referencia y elevación de instalación. Además, se debe agregar un registro fotográfico de la configuración final de cada estación instalada. Se deben incluir las especificaciones de los equipos que se instalen tales como marca, modelos manuales (de ser pertinente) etc.

3.3 Actividad 3. Campañas de implementación de medición de evaporación

El objetivo de esta actividad es instrumentar cada cuenca, para poder estimar la descarga por evapotranspiración de cada sistema. La medición de la variable evapotranspiración se realizará mediante la “Metodología del Domo” (Stannard, 1988), que consiste en la captura y registro del incremento del vapor de agua, proveniente del acuífero, mediante una cámara semiesférica de acrílico que cumple la función de volumen de control con dimensiones conocidas. La forma de la cúpula y su material permiten el paso de la radiación solar y evita la producción de perturbaciones en las ondas incidentes.

Esta metodología ha sido utilizada por la Dirección General de Aguas en el estudio SIT N° 195 (DGA-PUC, 2009) “Levantamiento Hidrogeológico Para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II y III”, por lo que se mantiene para este trabajo.

Para cada uno de los salares se deben definir al menos 5 estaciones de medición mediante el método del Domo, ubicados de manera de caracterizar la evaporación en el sector del núcleo del salar o zona de vegetación. Cada estación debe ser acompañada con la construcción de calicatas que permitan describir la estratigrafía del núcleo además de la medición de la profundidad del nivel freático.

Esta actividad debe ser acompañada con un reporte en el cual se señale adecuadamente la ubicación de cada estación de medición realizada, indicando sus coordenadas, con su datum de referencia y la elevación a la cual se instalan. Del mismo modo, la información recolectada de cada calicata debe ser entregada en formato de base de datos trazable, de manera de relacionarla con la estación de medición.

3.4 Actividad 4. Campaña de geofísica y geología

A partir de la información de referencia, obtenida de las cartas geológicas (escala 1:100.000) de las áreas Salar de Aguilar y Portezuelo de León Muerto (Naranjo y otros, 2013a), y del Salar de Pajonales y Cerro Moño (Naranjo y otros, 2013b) que se ilustran en la Figura 3-1, se deberá realizar una campaña geofísica, en las que mediante perfiles TEM se logre caracterizar los sectores con mayor potencial hidrogeológico,

definidos por los materiales más permeables asociados a depósitos sedimentarios y también a depósitos ignimbríticos de baja consolidación con desarrollo de permeabilidad secundaria.

De esta forma, para el salar de Gorbea, se recomienda como mínimo realizar tres (3) perfiles TEM, mientras que en los salares de La Isla, Aguilar y Las Parinas, se recomiendan cuatro (perfiles TEM), alternando entre perfiles longitudinales y transversales. Se recomienda priorizar las zonas afluentes hacia los salares mencionados más que los centro del salar

El objetivo de estos perfiles es poder identificar y caracterizar los materiales no consolidados con potencial acuífero, de aquellos asociados a roca que corresponderían a sistemas de menor permeabilidad.

Adicionalmente a las campañas de geofísica, se debe incluir una caracterización geológica del sistema, mediante una visita a terreno, apoyada por el análisis de imágenes satelitales y que sea contrastado con lo presentado en las cartas geológicas de las áreas Salar de Aguilar y Portezuelo de León Muerto (Naranjo y otros, 2013a), y del Salar de Pajonales y Cerro Moño (Naranjo y otros, 2013b).

La visita a terreno debe ser acompañada de un registro fotográfico de elementos de importancia geológica que permitan dar sustento a la caracterización de cada salar.

La finalización de esta actividad debe considerar la elaboración de un reporte de la campaña geofísica, indicando adecuadamente la ubicación de los perfiles realizados, presentación de resultados obtenidos del TEM e interpretación de estos, identificando el contraste entre permeabilidades entre los distintos materiales.

Adicionalmente, se debe entregar un reporte del estudio geológico realizado, que incluya tanto la labor de gabinete como lo obtenido de la visita a terreno. Cabe indicar que cuando se realice el análisis integrado de la información (numeral 3.8 de este documento) la geofísica deberá ser contrastada con la información estratigráfica de los pozos que se construyan.

Figura 3-1 : Mapa Geológico del Sector



Fuente: Catálogos de cartas geológicas del portal web del Sernageomin

3.5 Actividad 5. Estimación Preliminar de la Geometría del Acuífero

Sobre la base de la información recolectada y sistematizada en la actividad 4, se deberá realizar una estimación preliminar de la geometría del acuífero. Específicamente, basado en la geología y geofísica, se espera el desarrollo de una propuesta de mapas y perfiles hidrogeológicos.

Esta actividad debe ser finalizada con un reporte, que será utilizado para las actividades siguientes.

3.6 Actividad 6. Construcción y Puesta en Marcha de Pozos de Monitoreo

De manera de contar con mediciones de nivel de aguas subterráneas en los cuatro salares en estudio, se deberán identificar, diseñar y construir pozos de monitoreo en los sistemas en función de su extensión superficial.

Para el salar Gorbea, se deben construir dos pozos de monitoreo, asegurando un metraje total de 200 m de perforación. En principio se recomienda la construcción de 2 pozos de 100 m, sin embargo, según se verifique en los trabajos previos (Geología y Geofísica), se podría adecuar cumpliendo con el metraje total. La profundidad de los pozos debe ser tal que se alcance 10 metros de columna de agua en el pozo

Para las cuencas de los salares de mayor extensión superficial correspondientes a La Isla, Las Parinas y Aguilar, se deben construir 3 pozos de monitoreo, asegurando un metraje total de 300 m de perforación,

entre todos los pozos construidos. En principio se recomienda la construcción de 3 pozos de 100 m cada uno, sin embargo, según se verifique en los trabajos previos (Geología y Geofísica) se podría adecuar cumpliendo con el metraje total. La profundidad de los pozos debe ser tal que se alcance 10 metros de columna de agua en el pozo

Cada pozo debe incluir un transductor de presión con medición a escala diaria, de manera de asegurar una serie de niveles continua en el tiempo como complemento a la medición manual mediante pozómetro, la que debe realizar cada 3 meses.

Las dimensiones de los pozos deben permitir la realización de pruebas hidráulicas para estimar parámetros hidráulicos, por ejemplo, del tipo Lefranc (en suelo) o Lugeon (en roca) y una vez finalizada la habilitación de éstos, el desarrollo de pruebas tipo Slug Test. El diámetro de los pozos debe ser tal que permita la toma de muestras mediante Bailer.

La ubicación de los pozos en cada sistema acuífero debe ser tal que permita que a futuro se pueda caracterizar en función de los datos que en éstos se midan (campañas de monitoreo de la Actividad 7 descrita más adelante). Se debe considerar que en cada pozo interesará verificar la evolución histórica de niveles, calidad de aguas, así como el gradiente hidráulico. Para determinar la ubicación se debe considerar la geología del medio, y la geofísica desarrollada, de manera tal que los pozos de monitoreo se construyan en aquellos sectores de mayor interés hidrogeológico, asociados a materiales más permeables y de potencial acuífero; y que permitan la validación o reinterpretación de la geofísica indicada en el punto 3.4. De acuerdo a lo señalado los pozos que se construyan deben ser considerados como pozo multipropósito.

Para una mejor precisión de los datos, en cada pozo se deberá medir la coordenada altimétrica de la boca del pozo a partir de equipos GPS de alta precisión o similar.

Esta actividad debe ser finalizada mediante un reporte final a Codelco, que presente la información constructiva de cada pozo, señalando coordenadas finales, datum de referencia, elevación de terreno, altura del collar, información geotécnica obtenida durante la excavación, estratigrafía y habilitación del mismo. Adicionalmente, se deben incorporar los resultados de las pruebas hidráulicas realizadas en cada uno de los pozos.

La construcción de los pozos definidos en esta actividad, deben quedar terminada y éstos completamente habilitados, al final del año dos (2) de este estudio.

3.7 Actividad 7. Campaña de muestreo de Niveles, Evapotranspiración, Calidad del Agua, Isotopía y Meteorológica

El consultor deberá analizar la información que se genere en cada una de las campañas que se describen en este punto, con el objetivo de ir verificando la consistencia de ella y detectando anomalías en la instrumentación o cualquier aspecto que sea mejorable para obtener la información de las variables.

3.7.1 Campaña de Niveles

Una vez construida la red de pozos, estos deben quedar habilitados para su correcta medición de niveles (con pozómetro), la cual se debe realizar en campañas cada 3 meses durante el resto de la duración total del estudio (es decir, a partir del año 3 del estudio). Cada campaña de medición de niveles debe indicar claramente desde donde se registra la profundidad del nivel de aguas.

Cada pozo debe incluir un transductor de presión con medición a escala diaria, de manera de asegurar una serie de niveles continua en el tiempo como complemento a la medición manual mediante pozómetro, la que debe realizar cada 3 meses.

3.7.2 Campaña de Isótopos

Se debe considerar muestreo isotópico el que contemple Oxígeno 18 y Deuterio. Este muestreo se realizará con una campaña anual para cada Salar, por un total de 4 años, en cada oportunidad se debe abarcar todos los pozos que se encuentren habilitados y las escurrientías que se identifiquen. En el caso de las escurrientías, la ubicación de los puntos de muestreo debe ser registrada con coordenadas y la información in-situ. Cada muestreo isotópico debe contemplar el análisis hidroquímico de las muestras.

3.7.3 Campaña de Calidad de Aguas

Se deben considerar campañas de monitoreo hidroquímico trimestrales (4 por año) en un periodo de 2 años, desde que los pozos se encuentren habilitados. En cada campaña de muestreo hidroquímico, se debe tomar una muestra en cada uno de los pozos habilitados. Se deberá considerar el levantamiento de al menos los parámetros generales in-situ como pH, Conductividad Eléctrica, Temperatura.

Asimismo, en las campañas de isotopía se realizará análisis hidroquímico de las aguas, tanto de los pozos como de los escurrimientos superficiales que se identifiquen. Los parámetros a medir serán los macroelementos que permitan determinar el balance iónico junto con STD, así como los parámetros de terreno (pH, OD, Temperatura y CE)

El volumen de muestras debe ser tal que se pueda realizar los análisis de macroelementos para el cálculo del balance iónico. Asimismo, los analitos específicos que se analicen en el laboratorio se determinarán según lo indique la revisión de la información bibliográfica y será acordado entre el consultor y Codelco.

Cada muestra tomada debe ser analizada con control de calidad de los datos, analizando duplicados e identificando datos anómalos.

3.7.4 Campaña de Evapotranspiración

Para la medición de la evapotranspiración, se debe realizar campañas trimestrales en cada uno de los sistemas, mediante la utilización del “Método del Domo”, la que debe ser acompañada de una medición del nivel de agua en la calicata respectiva. Estas campañas de evapotranspiración se desarrollarán a partir del año 3 hasta el final del estudio.

3.7.5 Campaña Meteorológica

Se deberá programar dos campañas meteorológicas por año en cada uno de los salares, la primera de ellas antes de iniciar la temporada invernal y la segunda después de la temporada invernal.

En la primera de las campañas (previo al inicio de la temporada invernal), se deberá recopilar la información a la fecha y verificar que los equipos se encuentran plenamente operativos para enfrentar la temporada invernal. En la segunda, se deberá recopilar la información de la temporada invernal que está terminando, por lo que cada campaña tiene por objetivo la recolección de datos registros en el datalogger.

Estas campañas se realizarán a partir del año 3. En caso que las estaciones se encuentren habilitadas antes, se comenzará con la medición de forma anticipada.

3.8 Actividad 8. Análisis Integrado de la Información

El proponente deberá desarrollar un análisis integrado de la información levantada en las actividades 1 a 7, de manera de generar estudios básicos de hidrometeorología, hidrogeología, hidroquímica y geología, los cuales permitirán estudiar adecuadamente los recursos hídricos de cada sistema, caracterizando el balance hídrico de cada salar.

Cada estudio a desarrollar se describe brevemente a continuación:

- Estudio hidrometeorológico: Este debe incluir el análisis de variables meteorológicas en una escala regional a partir de las mediciones de la red DGA, y complementar con un análisis local a partir de las mediciones obtenidas en las estaciones meteorológicas instaladas. Se debe caracterizar la precipitación, temperatura, evaporación y cobertura nival. Es de interés, el uso de imágenes satelitales para determinar la cobertura nival de la zona de estudio y complementar espacial y temporalmente la información obtenida desde las estaciones meteorológicas.
- Geología: Se debe realizar una caracterización de las unidades geológicas presentes en cada sistema, como también darle una interpretación a la información geofísica en términos de identificación de contraste de materiales. Además la geofísica que se desarrolle se validará y contrastará con la información de la estratigrafía de los pozos que se construyan.
- Hidrogeología: Se debe generar un estudio que permita estimar la geometría del acuífero, en función de los estudios geofísicos y geológicos, además de definir unidades hidrogeológicas del sector y el análisis piezométrico, estimar direcciones de flujo subterráneo y gradientes hidráulicos. Asimismo, se deberá determinar las zonas de recarga y descarga .
- Hidroquímica: El estudio debe incluir una caracterización de la química de las aguas presentes en cada uno de los salares, relacionando con otras componentes que expliquen el balance hídrico del sistema.
- Isotopía: Se debe generar un estudio que mediante las técnicas isotópicas permita caracterizar el origen de las aguas que recargan cada sistema hidrogeológico en estudio.
- Modelo Conceptual: Considera la integración de la información de todos los estudios específicos, de forma de describir el funcionamiento del sistema, junto con la determinación del balance hídrico actualizado de cada cuenca.

3.9 Actividad 9: Informes

Todos los informes a que se refiere este acápite deben ser entregados a Codelco en formato editable, junto con todos los anexos, datos, figuras, planos, imágenes, informes de laboratorio, hojas de terreno, etc.

Los informes serán revisados por Codelco y el consultor deberá atender las observaciones que surjan de la revisión de ellos. A continuación se describe los siguientes informes que deben ser considerados:

3.9.1 Informes Mensuales de Gestión

El consultor que se adjudique este servicio, deberá generar informes de Gestión para Codelco, con frecuencia mensual, en la cual se dará cuenta de las actividades realizadas y el porcentaje de avance de ellas. Este informe además deberá incluir un análisis del cumplimiento de la carta Gantt e identificar las

desviaciones que pueden existir respecto de la misma entregada al comienzo del servicio. Asociado a aquello, se debe indicar las acciones tendientes a disminuir las desviaciones identificadas.

El informe mensual debe contener los siguientes ítems:

- a) Nómina y cargo del personal que participó en el mes.
- b) Actividades realizadas en el mes.
- c) Porcentaje de avance por actividad.
- d) Hallazgos relevantes.
- e) Proyección de trabajos próximos meses.

3.9.2 Informe Anuales

Codelco debe entregar un Informe Anual al CDE el mes de junio de cada año, el que debe incluir de manera acumulativa la descripción de las acciones desarrolladas en todas las áreas comprometidas. En atención a esta obligación el consultor deberá hacer entrega de un informe anual, que permita a Codelco dar cumplimiento, en lo que respecta a la medida H-04.

El informe Anual, debe ser entregado a fines del mes de abril de cada año, en formato editable.

Este informe debe dar cuenta del estado de avance para cada una de las actividades descritas anteriormente. Así como, la información de las campañas que se haya generado en el año, con el análisis respectivo según la variable.

Los Informes anuales contendrán los contenidos base de un Informe de Seguimiento Ambiental. Los informes de seguimiento de cada una de las variables ambientales, debe considerar la siguiente estructura, según corresponda:

- a) Resumen
- b) Introducción
- c) Objetivos
- d) Materiales y métodos
- e) Resultados
- f) Discusiones
- g) Conclusiones
- h) Referencias
- i) Anexos

3.9.3 Informe Final

Se debe considerar la elaboración de un informe final.

- El informe final entregará el resultado del total de las actividades, incluyendo todos los reportes previos entregados, incorporando como anexos toda la información que sustenta dicho informe.

- La estructura del informe final será consensuada entre Codelco y el consultor, sin embargo cabe señalar que corresponderá a un único informe, con secciones para cada una de los salares estudiados.
- Modelo conceptual de cada cuenca, junto con la información generada durante la investigación.

Toda la información utilizada para el desarrollo de este trabajo deberá ser entregada como parte de una Base de Datos ordenada y trazable.

Cabe señalar que el informe final Rev 0 será enviado por Codelco al CDE, quien lo remitirá a las instituciones que estime pertinente en concordancia con el avenimiento entre CDE y Codelco.

3.10 Actividad 10: Desarrollo de información publicable

Teniendo en consideración que toda la información que se genere en la investigación que se desarrolle, y que esta concluye en un informe, es pública, se debe incorporar dentro de las actividades la preparación de la información a ser difundida de manera didáctica y apta para público en general.

Esta información será la que se incorpore a la una pagina web ad-hoc que Codelco habilitará para efectos de la difusión.

3.11 Actividad 11: Reuniones

Al inicio del Servicio se acordará entre el consultor y Codelco la frecuencia de reuniones, las que pueden ser tanto de trabajo, como expositivas. En todo caso se considera como mínimo 1 reunión mensual con Codelco programada.

Para el adecuado desarrollo de las actividades del presente Servicio, el consultor deberá atender a las reuniones que Codelco cite. De la misma manera, el Consultor podrá solicitar las reuniones que estime necesarias para el correcto desarrollo del Servicio.

La entrega de cada reporte asociado a cada actividad en particular e informes anuales, deberá estar acompañada de reuniones de revisión a la cual deberá asistir, por parte del consultor, al menos quienes cumplan los roles de jefe de proyecto y administrador de contrato. Asimismo, Codelco podrá solicitar la participación del consultor en reuniones con autoridades.

4 EQUIPO DE TRABAJO SOLICITADO PARA EL DESARROLLO DE LA CONSULTORÍA

El equipo de trabajo debe contar al menos con el siguiente equipo profesional, el que podrá ser complementado con los profesionales requeridos para las actividades de terreno:

- **Administrador de Contrato:** Profesional de carrera de educación superior universitaria de 5 o más años del área de la ingeniería en cualquier especialidad, con al menos 5 años de experiencia en administración de contratos.
- **Jefe de Proyecto:** Ingeniero Civil o Geólogo con al menos 15 años de experiencia en proyectos relacionados con materias de recursos hídricos, hidrogeología y calidad de aguas en la zona norte de Chile. Es deseable, que este profesional cuente con estudios de Postgrado, que validen sus conocimientos también desde el punto de vista académico.

Se valorará positivamente la experiencia en trabajos técnicos desarrollados específicamente en la región de Atacama, ya sea de carácter público o privado, en específico en sistemas de salares.

- **Especialista Senior en Recursos Hídricos y Calidad del Agua:** Ingeniero Civil o equivalente con 10 años de experiencia en proyectos relacionados con materias de recursos hídricos y calidad del agua en la zona norte de Chile. Es deseable, que este profesional cuente con estudios de Postgrado, que validen sus conocimientos también desde el punto de vista académico.

Quien desempeñe este cargo debe tener amplia experiencia en: estudios de modelación de recursos hídricos a nivel de cuenca y el desarrollo de trabajos técnicos en hidrogeología y calidad del agua.

Se valorará positivamente la experiencia en trabajos técnicos desarrollados específicamente en la región de Atacama, ya sea de carácter público o privado, en específico en sistema de salares.

- **Ingeniero de Proyectos:** Ingeniero Civil o equivalente con al menos 5 años de experiencia en proyectos relacionados con recursos hídricos, calidad del agua, manejo de bases de datos y conocimiento de herramientas SIG.

Quien desempeñe este cargo debe tener experiencia en estudios técnicos relativos al procesamiento e interpretación de variables hidrometeorológicas, desarrollo de estudios hidrológicos y de calidad de aguas.

Se valorará positivamente la experiencia de trabajos técnicos desarrollados en sistemas de salares.

- **Geólogo o hidrogeólogo:** Profesional con al menos 5 años de experiencias en proyectos relacionados con materias de recursos hídricos, interpretación de geofísica y caracterización geológica en terreno.

Quien desempeñe este cargo debe tener experiencia en estudios técnicos relativos a la interpretación de ensayos de geofísica, desarrollo de mapas y perfiles geológicos e hidrogeológicos, interpretación de pruebas hidráulicas relacionadas con el desarrollo de modelos conceptuales.

Se valorará positivamente la experiencia de trabajos técnicos desarrollados en sistemas de salares.

- **Especialista y ayudante de terreno:** Profesional o técnico de terreno con experiencia en realización de campañas de muestreo de pozos en sistemas de alta montaña.

Deberá ser parte de la propuesta técnica un organigrama que muestre los roles y cargos del equipo de trabajo propuesto.

En caso que el Consultor desee reemplazar a un profesional declarado, deberá someter a aprobación por parte de CODELCO dicho cambio, teniendo en cuenta que debe cumplir con el perfil requerido en las presentes Términos de Referencia, los cuales deberán ser aprobados por el Administrador de Contrato Codelco.

Considerando que existen actividades que pudieran ser subcontratadas, el consultor en su propuesta deberá señalar cuales son ellas, así como las empresas a las cuales subcontratará.

En el caso de ser pertinente, en la propuesta se deberá entregar los antecedentes de las empresas que subcontratará demostrando la experiencia en las labores y el equipo profesional que sea comprometido.

5 PLAZOS Y ENTREGABLES

Para el desarrollo del presente estudio se considera un plazo de 6 años.

Se debe considerar la elaboración de reportes de cada actividad y un informe final.

- Reporte que detalle las actividades en terreno, construcción de pozos e instalación de estaciones, correspondientes a las Actividades 1 a 6, las que se proyectan que se realicen durante los dos primeros años del estudio.
- Informe Mensuales de Gestión: Informes que contienen el porcentaje de avance de acuerdo a la carta Gantt que se acuerde con el consultor
- Informe Anual: Informe que reportará las actividades y el nivel de avance de ellas, para que sea incorporado en los informes que Codelco debe entregar al CDE. Debe contener los análisis que se realicen en relación a la Actividad 7, donde se debe recopilar todos los datos medidos en las campañas del año respectivo. Asimismo, deberá contener el análisis integrado de la información disponible a la fecha como se describe en la Actividad 8.
- Informe Final: Este reporte debe incluir todos los informes previamente entregados, con el análisis final del estudio realizado.

Toda la información que se recolecte en las campañas descritas en la Actividad 7, debe ser sistematizada en una base de datos, que debe ser entregada a Codelco. Asimismo, la información de respaldo, como hojas de terreno e informes de laboratorio deben ser entregados de manera ordenada y acorde con la base de datos que se estructure.

El Proponente deberá desarrollar información gráfica, didáctica y de fácil entendimiento respecto al presente Estudio, con el objetivo de difundirla en la página web que será creada para tales efectos por Codelco.

Las fechas de entrega de cada informe se acordarán con el consultor adjudicado, sin embargo en las propuestas debe incorporar fechas tentativas de entrega de ellos. Lo importante es que el Informe Anual se entregue durante el primer trimestre de cada año.

En la Tabla 5-1 se presenta un cronograma preliminar de actividades y entregables asociados a cada actividad. El consultor deberá presentar en su propuesta un cronograma detallado considerando sub-actividades que sean pertinentes para el logro de los objetivos. El consultor adjudicado, deberá establecer los plazos definitivos de cada actividad y sub-actividad, considerando las variables técnicas, logísticas y administrativas, sin perder los objetivos técnicos especificados en estas bases.

Tabla 5-1: Cronograma Tentativo y Preliminar de Entregables

Actividad	Año													
	0				1				2				3	4
	t1	t2	t3	t4	t1	t2	t3	t4	t1	t2	t3	t4		
Resolución firme y Ejecutoriada del Avenimiento														
Elaboración de Términos de Referencia y envío a CDE														

[illegible]

(*)Se considera como criterio que esta actividad se implementará 8 meses luego de aprobados los TDR por el CDE, por lo que su inicio podrá variar dependiendo de dicho hito.

Nota: Los dos primeros años se han detallado por trimestre. El resto de los años a escala anual.

6 CONTENIDO DE PROPUESTA TÉCNICA

La propuesta técnica a ser presentada debe incorporar lo siguiente:

- Metodología para abordar las actividades indicadas previamente. Considerando que éstas corresponden a lo mínimo a realizar, el consultor podrá proponer justificadamente actividades adicionales que estime pertinente de ser desarrolladas para lograr el objetivo planteado.
- Cronograma de actividades, señalando los ITOS que estime adecuados para cada una de las actividades.
- Equipo de trabajo propuesto, señalando el rol que cumplirá cada persona en el desarrollo de la investigación, incluyendo los CV de cada persona. Los y las profesionales que formen parte del equipo no se considerarán trabajadores dependientes de CODELCO, siendo responsabilidad del Consultor el resguardo y cumplimiento de la legislación laboral.

El Consultor o empresa consultora debe considerar que la asignación para la realización de este Servicio será a través de licitación en la cual se deberán observar todos los documentos de contratación propios de Codelco. Para ello deberá ver las Bases Específicas de Contratación (Anexo 2).

7 REFERENCIAS

DGA, 2009. Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos en Cuencas de la Región de Atacama Ubicadas entre el Río Copiapó y la Región de Antofagasta.

DGA-PUC, 2009. Levantamiento Hidrogeológico Para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II y III. SIT N° 195

Goldfields, 2018. Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Salares Norte.

Naranjo S. J.A; Villa, V; Venegas, C. 2013a. Geología de las áreas Salar de Aguilar y Portezuelo de León Muerto, región de Atacama, Escala 1:100.000

Naranjo S. J.A; Villa, V; Venegas, C. 2013b. Geología de las áreas Salar de Pajonales y Cerro Moño, regiones de Antofagasta y Atacama, Escala 1:100.000.