



Santiago, 05 de Mayo de 2016
VPAC-2016-017

Superintendencia de Medio Ambiente

Dominique Hervé Espejo
Fiscal
Teatinos N° 280, piso 8
Santiago
PRESENTE



**Ref.: Resolución Exenta N° 217, de fecha 10 de Marzo de 2016.
Carta VPAC-2016-11, del 28 de Marzo 2016.**

De mi consideración,

En relación a lo ordenado en el **Resuelvo Segundo** de la Resolución Exenta de la referencia, nos permitimos informar a Ud. lo siguiente:

- 1. A lo requerido en el Punto 3 letra b):** *“Ordenar al titular, realizar nuevo muestreo de isotopos estables de agua ($\delta^{18}O - \delta^{2}H$) con la misma metodología y parámetros del análisis mencionado en el informe 4468-1000-GH-INF-005_B que da cuenta del informe trimestral de monitoreo de agua subterránea octubre-diciembre 2015. Dicho monitoreo deberá tomar muestras en los Pozos CB-7, CB-8, CON-15 y en depósito de relaves, además deberá precisar 1) Fecha de toma de muestra; 2) Georreferenciación de puntos de toma de muestras; 3) Fecha de recepción de muestras por el laboratorio; 4) Fecha de análisis de muestras por el laboratorio; 5) Fecha de emisión de informe de resultados de laboratorio, según corresponda. El muestreo deberá realizarlo plazo de 15 días corridos e informar un plazo estimado para presentación de los resultados en los mismo 15 días corridos. Contados desde la notificación de la presente resolución”.*

En complemento a los antecedentes entregados en Carta VPAC-2016-11 de fecha 28 de Marzo de 2016, donde se indicó la fecha de toma de muestras e información que tendrá el nuevo reporte de análisis de Isótopos, junto a esta carta se entrega el reporte de la campaña de monitoreo de Isótopos de Marzo 2016, solicitado por la autoridad, cuyo informe se denomina 4677-0000-GH-INF-001_B, el cual se confeccionó con la misma metodología y parámetros de análisis mencionado en informe 4468-1000-GH-INF-005_B, incluyendo en este estudio además los Pozos CB-7, CB-8 y CON 15, tal como fue solicitado.



2. Copia del informe 4677-0000-GH-INF-001_B se entrega en formato físico y digital en CD-ROM.

Sin otro particular, y esperando una buena acogida de los antecedentes, saluda atentamente a Usted,



Ana Zúñiga Sanzana
Gerente de Asuntos Corporativos y Sostenibilidad
Sierra Gorda SCM

INFORME DE MONITOREO ISOTÓPICO MARZO 2016

CÓDIGO ARCADIS: N° 4677-0000-GH-INF-001_B

MAYO 2016

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	L. Achurra	A. Palacios	C. Ortiz	Coordinación Interna
	Fecha	02.05.16	04.05.16	04.05.16	
B	Nombre Firma	L. Achurra	A. Palacios	C. Ortiz	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	02.05.16	04.05.16	04.05.16	
C	Nombre Firma	A. Palacios	A. Palacios	C. Ortiz	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	05.05.16	05.05.16	05.05.16	

CONTACTOS

ALEJANDRA PALACIOS
Jefe de Proyecto

T +56223816229
e alejandra.palacios@arcadis.com

Arcadis.
Av. Antonio Varas 621
Providencia, CP 7500966
Santiago | Chile

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN	3
2 METODOLOGÍA	3
3 RESULTADOS	7
3.1 Calidad de los datos.....	7
3.2 Descripción de los datos	7
4 CONCLUSIONES	12
5 REFERENCIAS	13

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A	Informe de laboratorio IT2
Anexo B	Registro de Muestreo Isotópico

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1:Detalle de muestras isotópicas	4
Tabla 3-1: Comparación de composición isotópica en $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ de muestras y duplicados.	7
Tabla 3-2: Parámetros físico-químicos y razones isotópicas para muestras de marzo 2016.....	9

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2.1. Ubicación de muestras de la campaña de Marzo de 2016.	6
Figura 3.1. Relación isotópica $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ para muestras de pozos y agua de procesos de Marzo 2016	11
Figura 3.2. Comparación de la composición isotópica $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ de las muestras de Marzo 2016 con el muestras de 2015 (Arcadis, 2016).....	12

1 INTRODUCCIÓN

La Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), mediante Resolución exente N°217 del 10 de marzo de 2016, solicitó a SGSCM realizar un muestreo de isótopos estables del agua ($\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$) con la misma metodología y parámetros del análisis realizado por Arcadis con un set de muestras recogidas el año 2015. Los resultados del primer análisis isotópico se encuentran en el documento "Interpretación de análisis isotópico", entregado en marzo de 2016 a la SMA.

El presente documento reporta los resultados de la campaña de muestreo y análisis de isótopos estables realizado por Arcadis en pozos de Sierra Gorda y otros puntos de agua de procesos, entre el 22 y 24 de marzo de 2016.

2 METODOLOGÍA

Se efectuó una campaña a terreno entre el 22 y 24 de marzo de 2016, donde se obtuvieron 23 muestras de agua desde pozos (pozos habilitados y sondajes abiertos) a través de un *bailer*, 1 muestra de la laguna del depósito de relaves, 1 muestra de la piscina de agua de procesos (agua de mar) y 3 muestras duplicados, tal como se indica en la tabla Tabla 2-1 y Tabla 3-2. Las profundidades de muestreo se indican en la Tabla 2-1, donde además se identifican los pozos secos o con muy poca columna de agua que impidieron el muestreo.

Una vez sacada la muestra con el *bailer*, se midieron parámetros fisicoquímicos y se embotelló en envases de vidrio ámbar de 50 mL con contratapa para evitar el intercambio isotópico con la atmósfera. Las muestras fueron enviadas vía TNT al laboratorio Isotope Tracer Technologies (IT²) en Waterloo, Canadá, donde fueron analizadas.

Debido a la alta salinidad de algunas muestras el laboratorio tuvo dificultades con el análisis en su equipo de análisis isotópico simultáneo PICARRO, ya que se obstruían sus conductos. En estos casos se optó por el análisis a través de un espectrómetros de masa de razón isotópica (IRMS), tal como se indica en la Tabla 3-2.

Los resultados de los parámetros de terreno y de los análisis isotópicos se presentan en la Tabla 3-2 y Anexo A.

Tabla 2-1: Detalle de muestras isotópicas

Nombre	Origen de la muestra	Coords. WGS84		Fecha de muestreo **	Profundidad de toma muestra (m)	Análisis isotópico realizado	Análisis isotópico			
		Este	Norte				Recepción	Análisis	Informe	
CB-1	Pozo monitoreo	464.817	7.477.800	-	seco	no				-
CB-2	Pozo monitoreo	469.903	7.476.660	24-03-2016	40	si	04-04-2016		*	04-05-2016
CB-3	Pozo monitoreo	468.308	7.474.362	24-03-2016	40	si	04-04-2016		*	04-05-2016
CB-4	Pozo monitoreo	466.780	7.473.796	24-03-2016	50	si	04-04-2016		*	04-05-2016
CB-5	Pozo monitoreo	461.705	7.475.913	23-03-2016	70	si	04-04-2016		*	04-05-2016
CB-6	Pozo monitoreo	462.422	7.473.338	24-03-2016	200	si	04-04-2016		*	04-05-2016
CB-7	Pozo monitoreo	456.979	7.473.555	23-03-2016	65	si	04-04-2016		*	04-05-2016
CB-8	Pozo monitoreo	457.163	7.472.107	23-03-2016	20	si	04-04-2016		*	04-05-2016
CB-9	Pozo monitoreo	462.530	7.468.675	23-03-2016	100 y 160	si	04-04-2016		*	04-05-2016
CB-10	Pozo monitoreo	466.257	7.471.789	24-03-2016	150	si	04-04-2016		*	04-05-2016
CB-11	Pozo monitoreo	458.093	7.470.374	-	seco	no	-		-	-
CB-12	Pozo monitoreo	465.433	7.466.577	23-03-2016	48	si	04-04-2016		*	04-05-2016
CON-10	Sondaje monitoreo	455.373	7.468.302	22-03-2016	130	si	04-04-2016		*	04-05-2016
CON-15	Sondaje monitoreo	456.664	7.472.184	23-03-2016	185	si	04-04-2016		*	04-05-2016
CON-16	Sondaje monitoreo	456.224	7.471.085	23-03-2016	180	si	04-04-2016		*	04-05-2016
CON-21	Sondaje monitoreo	457.284	7.467.284	22-03-2016	145	si	04-04-2016		*	04-05-2016
KP-DH10-40	Sondaje monitoreo	456.897	7.473.752	23-03-2016	110	si	04-04-2016		*	04-05-2016
QSCSG6-237	Sondaje monitoreo	467.436	7.470.006	23-03-2016	40	si	04-04-2016		*	04-05-2016
QSG08-402	Sondaje monitoreo	465.639	7.474.968	24-03-2016	50	si	04-04-2016		*	04-05-2016
QSG08-431	Sondaje monitoreo	465.249	7.474.000	24-03-2016	80	si	04-04-2016		*	04-05-2016
QSG08-493	Sondaje monitoreo	466.438	7.473.599	24-03-2016	75	si	04-04-2016		*	04-05-2016
Pozo de monitoreo 1	Pozo monitoreo ZNS	456.772	7.473.464	22-03-2016	8	si	04-04-2016		*	04-05-2016
Pozo de monitoreo 2	Pozo monitoreo ZNS	456.778	7.473.464	22-03-2016	obstruido	no	-		-	-
Pozo de monitoreo 3	Pozo monitoreo ZNS	458.346	7.471.107	22-03-2016	seco	no	-		-	-

Informe de monitoreo isotópico marzo 2016

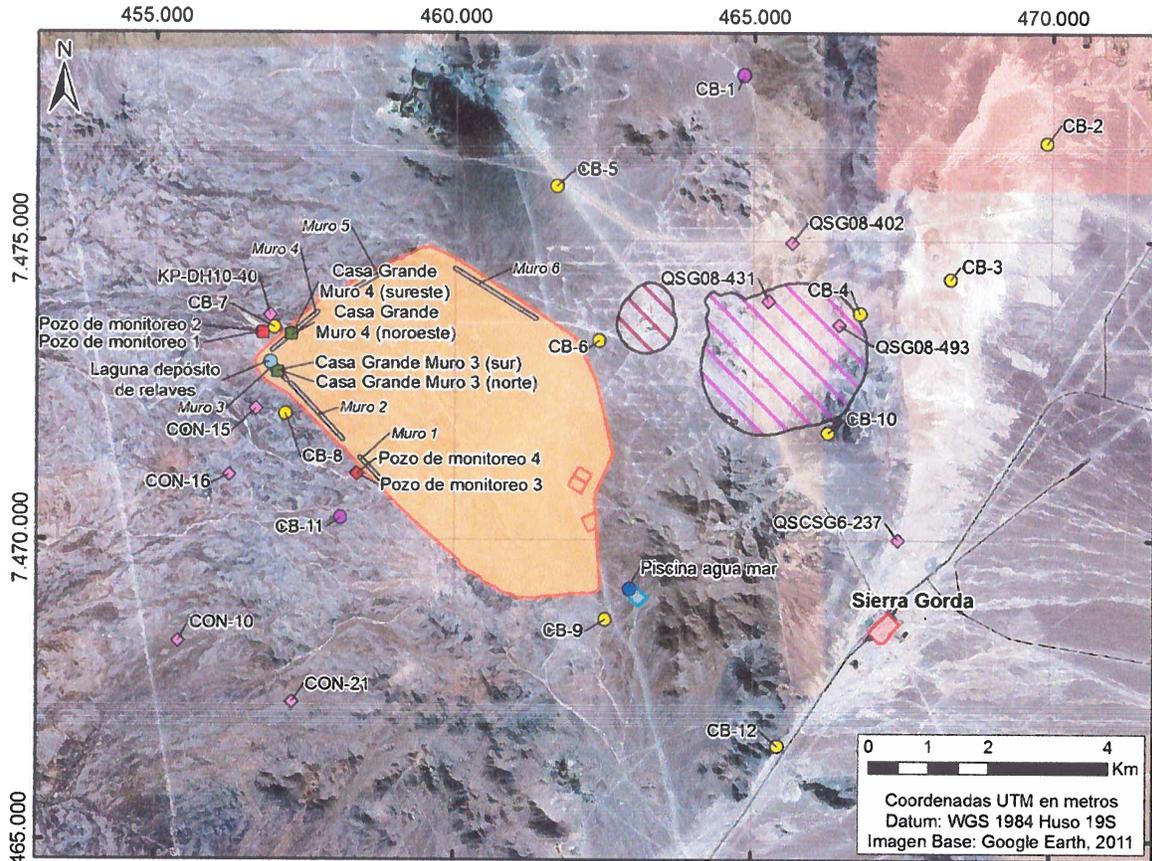
Nombre	Origen de la muestra	Coords. WGS84		Fecha de muestreo **	Profundidad de toma muestra (m)	Análisis isotópico realizado	Análisis isotópico		
		Este	Norte				Recepción	Análisis	Informe
Pozo de monitoreo 4	Pozo monitoreo ZNS	458.357	7.471.105	22-03-2016	seco	no	-	-	-
Casa grande Muro 3 (norte)	Pozo monitoreo infiltraciones muro	457.030	7.472.808	22-03-2016	seco	no	-	-	-
Casa grande Muro 3 (sur)	Pozo monitoreo infiltraciones muro	457.030	7.472.808	22-03-2016	18	si	04-04-2016	*	04-05-2016
Casa grande Muro 4 (noroeste)	Pozo monitoreo infiltraciones muro	457.261	7.473.435	22-03-2016	muy poca columna	no	-	-	-
Casa Grande Muro 4 (sureste)	Pozo monitoreo infiltraciones muro	457.261	7.473.435	22-03-2016	28	si	04-04-2016	*	04-05-2016
Laguna depósito de relaves	Laguna depósito relaves	456.906	7.472.969	22-03-2016	despiche	si	04-04-2016	*	04-05-2016
Piscina agua mar	Piscina agua procesos (agua de mar)	462.938	7.469.180	22-03-2016	despiche	si	04-04-2016	*	04-05-2016

* Fecha no especificada por laboratorio

**Anexo B presenta el registro de muestreo isotópico.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.1. Ubicación de muestras de la campaña de Marzo de 2016.



Leyenda		
	Laguna depósito relaves	
	Piscina agua procesos (agua de mar)	
	Pozo monitoreo	
	Pozo monitoreo ZNS	
	Pozo monitoreo ZNS obstruido (sin muestra)	
	Pozo monitoreo ZNS seco (sin muestra)	
	Pozo monitoreo infiltraciones muro	
	Pozo monitoreo infiltraciones muro (sin muestra)	
	Pozo monitoreo infiltraciones muro seco (sin muestra)	
	Pozo monitoreo seco (sin muestra)	
	Sondaje monitoreo	

Fuente: Elaboración Propia

3 RESULTADOS

3.1 Calidad de los datos

Se recogieron 3 duplicados de distintas muestras con el objeto de comparar los resultados y precisión en las metodologías de laboratorio. Es importante mencionar que el laboratorio tuvo dificultades con algunos de sus equipos, debido a la obstrucción de conductos por la alta cantidad de sales disueltas de algunas muestras, lo que en algunos casos se tradujo en la necesidad de diluirlas y en otros realizar los análisis más de una vez por la dispersión de los resultados obtenidos. Incluso algunos análisis se realizaron con dos metodologías distintas, la utilizada normalmente en el laboratorio a través de un equipo Picarro donde se obtienen de forma automática y simultáneamente las composiciones de todos los isótopos y a través de espectrometría de masa de razón isotópica (IRMS). Esto se refleja en los mayores errores de las muestras de mayor salinidad.

En general las 3 muestras duplicadas entregan valores cercanos a las originales considerando los errores asociados a cada análisis, tal como se muestra en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1: Comparación de composición isotópica en $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ de muestras y duplicados.

Muestra	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) VSMOW		$\delta^2\text{H}$ (‰) VSMOW	
	Prom.	Desv.St	Prom.	Desv.St
CB-5	4,08	0,09	-16,9	0,3
CBR-5 (dup CB-5)	4,59	0,09	-16,5	0,4
QSCSG 6-237	1,31	0,07	-24,3	0,4
QS-23 (dup QSCSG 6-237)	0,89	0,00	-29	0,9
Pozo de monitoreo 1	8,65	0,35	6,9	1,3
P1D (dup Pozo de monitoreo 1)	9,48	0,30	10,1	1,5

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Descripción de los datos

Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ varían entre -4,4 ‰ y 9,5 ‰ y los de $\delta^2\text{H}$ entre -39,9 ‰ y 14,7 ‰. La muestra del pozo KP10-DH40 tiene una composición evidentemente más empobrecida que el resto con $\delta^{18}\text{O}$ de -10,4 ‰ y $\delta^2\text{H}$ de -80,8 ‰, tal como se muestran en la Tabla 3-2 y Figura 3.1. En la Figura 3.1, donde se muestra la composición en $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ de todas las muestras en relación a la Línea de Aguas Meteoricas Mundial (LMM: $\delta^2\text{H}=8\delta^{18}\text{O}+10$), se aprecia que la mayor parte de las muestras de pozos se encuentran enriquecidas respecto a la LMM y se agrupan de buena manera en torno a una línea de pendiente cercana a 3. A todas estas muestras se les ha denominado Grupo 1. Las aguas del pozo CON-10 y CON-21, que no tenían antecedentes anteriormente, también están dentro de las aguas del Grupo 1 indicando una continuidad en el flujo desde el sector norte, de la mina y alrededores. Dentro del Grupo 1 es importante notar que las muestras del sector de Pampa Lina tienen una composición más ligera que las muestras ubicadas al poniente, en el sector mina y alrededores, donde se encuentra el acuífero en roca fracturada. Con una composición isotópica más ligera que el Grupo 1 se encuentran las aguas del pozo CON-15 y CON-16, que se escapan levemente a la tendencia general y se han denominado Grupo 3. La composición distinta de estas aguas indica posiblemente un origen distinto al resto de las aguas subterráneas.

La muestra de la laguna del depósito de relaves tiene una composición en $\delta^{18}\text{O}$ de -5,02 ‰ y $\delta^2\text{H}$ de 13,4 ‰, mientras que la muestra de la piscina de agua de proceso (agua de mar), consistente con su origen, tiene una composición tanto en $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ cercana a 0 ‰. Las muestras de los pozos de monitoreo de infiltraciones del depósito, ubicados en el muro y en la zona no saturada, tienen composiciones levemente enriquecidas respecto al agua de proceso (agua de mar), consecuentemente con la evaporación, y cercana al agua de la laguna del depósito, evidenciando que provienen de las infiltraciones del depósito de relaves. Dentro de estas se encuentra además el pozo CB-8, que no llega al nivel freático y por lo tanto evidencia infiltraciones desde la zona no saturada. Al conjunto de estas muestras se les ha denominado Grupo 2 y se diferencian de las muestras del Grupo 1, principalmente, por su composición más enriquecida en $\delta^2\text{H}$.

Al comparar las muestras obtenidas en el año 2015 (Arcadis, 2016) con las muestras actuales, en general se evidencian composiciones isotópicas muy similares, tal como se observa en la Figura 3.2. La excepción corresponde al pozo CB-7, el cual en la muestra de 2015 tenía una composición evidentemente más empobrecida que el resto y similar a la muestra actual del pozo KP-DH10-40 (ver Figura 3.1 y Figura 3.2). La composición de la muestra de marzo de 2016 para el pozo CB-7 es más enriquecida y cercana a las aguas de infiltración, evidenciando una mezcla de aguas. Para el pozo CB-9, en marzo de 2016 se recogieron dos muestras, una cercana a los 100 m de profundidad y otra a los 160 m. La primera tiene una composición enriquecida en $\delta^{18}\text{O}$ respecto al resto de las aguas subterráneas, pero en la misma línea de tendencia, por lo que se incluye en las muestras del Grupo 1. Por el contrario, la muestra de los 160 m tiene una composición algo más enriquecida en $\delta^2\text{H}$ respecto al resto de las aguas de pozos, acercándose levemente a la composición de las aguas de proceso e infiltración (Grupo 2) y algo más ligera que el agua del pozo CB-7, sugiriendo que su composición proviene de una mezcla del agua del acuífero con agua de proceso, posiblemente de la piscina de agua de mar.

La composición isotópica del Grupo 2, característica del agua de la laguna del depósito de relaves, de los pozos de infiltración de la zona no saturada y con influencia en la composición del pozo CB-7, ubicados aguas abajo del muro 4, es evidentemente más enriquecida con el agua del acuífero en el sector representada por el pozo KP-DH10-40, lo que indica que el agua de infiltración no ha alcanzado el nivel freático en este sector. Del mismo modo, la diferencia en la composición del agua de infiltración aguas abajo del muro 3 representada por la muestra del pozo CB-8, difiere de la composición del agua del acuífero representada por los pozos CON-15 y CON-16, indicando que en este sector el agua de infiltración tampoco ha alcanzado el nivel freático.

Tabla 3-2: Parámetros físico-químicos y razones isotópicas para muestras de marzo 2016.

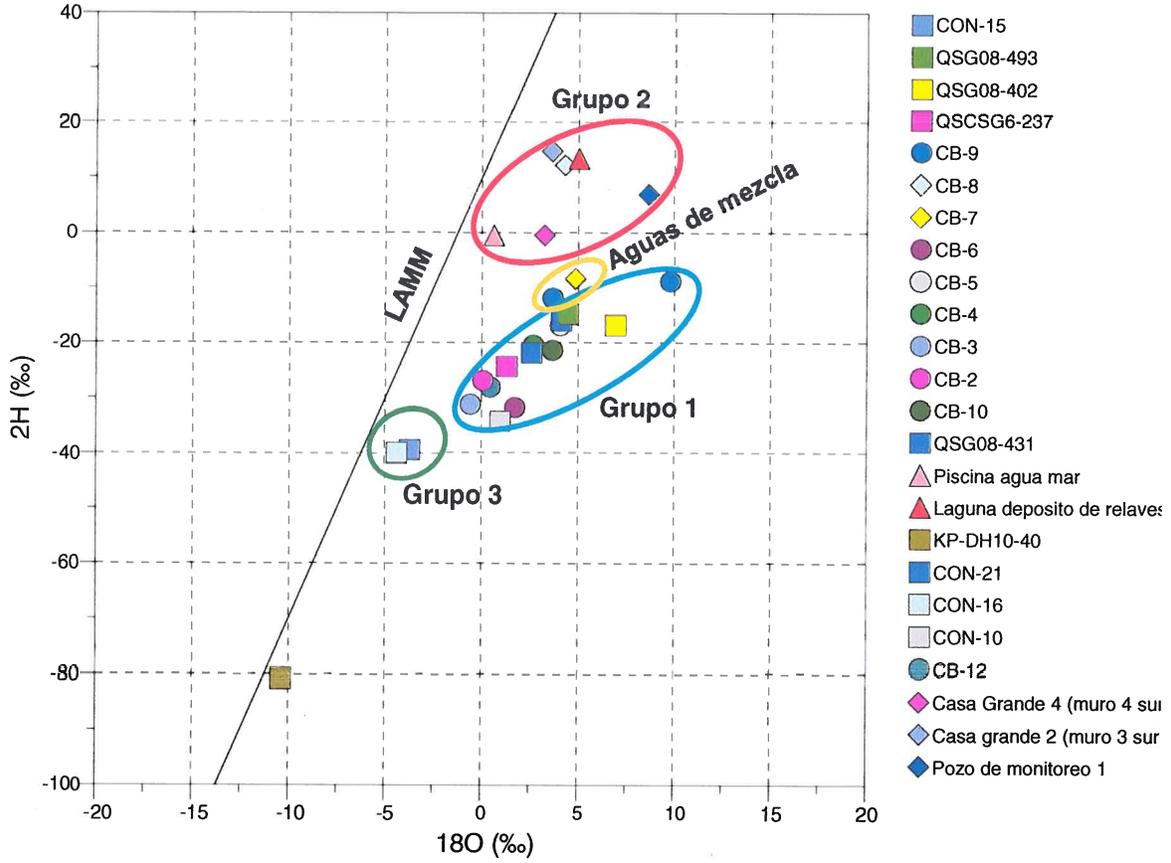
Muestra	Fecha Muestreo		Temp (°C)	pH	Cond. Eléctrica mS/cm	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) VSMOW		$\delta^2\text{H}$ (‰) VSMOW	
	Día	Hora				Prom.	Desv.St	Prom.	Desv.St
CB-2	24/03/2016	9:30	21,26	8,05	20,27	0,08	0,07	-26,9	0,7
CB-3	24/03/2016	10:50	19,94	7,87	47,48	-0,57	0,15	-31,2	0,3
CB-4	24/03/2016	12:55	23,53	7,39	67,31	2,69	0,09	-20,5	0,3
CB-5	23/03/2016	18:45	22,49	7,56	73,28	4,08	0,09	-16,9	0,3
CBR-5 (duplicado CB-5)	23/03/2016	13:05	-	-	-	4,59	0,09	-16,5	0,4
CB-6	24/03/2016	15:30	24,44	7,43	58,48	1,74	0,03	-31,8	0,5
CB-7	23/03/2016	11:45	24,63	6,57	177,2	4,87	0,03	-8,4	0,3
CB-8	23/03/2016	10:20	23,53	7,06	163,9	4,31	0,14	12,2	0,4
CB-9 (100 mts)*	23/03/2016	15:20	25,21	7,16	78,75	9,80	0,20	-8,90	0,90
CB-9 (160 mts)*	23/03/2016	15:30	24,92	7,43	87,34	3,70	0,3	-11,9	1,1
CB-10	24/03/2016	12:00	24,81	7,40	62,12	3,69	0,1	-21,4	0,5
CB-12	23/03/2016	17:30	24,16	7,54	41,73	0,46	0,16	-28,1	0,7
CON-10	22/03/2016	19:00	24,41	6,59	74,57	0,97	0,15	-34,2	0,7
CON-15	23/03/2016	11:05	25,03	6,82	61,97	-3,71	0,15	-39,4	0,5
CON-16	23/03/2016	13:10	25,28	6,83	66,44	-4,39	0,23	-39,9	0,5
CON-21*	22/03/2016	18:00	25,31	4,92	68,63	2,60	0,80	-21,8	1,2
KP-DH10-40*	23/03/2016	12:15	25,12	7,43	13,19	-10,39	0,14	-80,8	0,4
QSCSG6-237	23/03/2016	18:00	21,89	8,01	34,05	1,31	0,07	-24,3	0,4
QS-23 (duplicado QSCSG6-237)*	23/03/2016	18:05	-	-	-	0,89	0	-29	0,9
QSG08-402	24/03/2016	9:10	22,63	6,84	61,93	6,95	0,05	-16,8	0,2
QSG08-431	24/03/2016	13:50	24,36	6,29	72,17	4,13	0,2	-16	0,5
QSG08-493	24/03/2016	13:20	24,44	5,34	82,43	4,48	0,13	-14,8	0,2
Pozo de monitoreo 1*	22/03/2016	13:00	24,91	6,24	184,6	8,65	0,35	6,9	1,3
P1D (duplicado Pozo de monitoreo 1)*	22/03/2016	18:50	-	-	-	9,48	0,30	10,1	1,5
Casagrande muro 3-sur	22/03/2016	12:00	28,33	7,58	161,5	3,64	0,12	14,73	0,37

Informe de monitoreo isotópico marzo 2016

Muestra	Fecha Muestreo		Temp	pH	Cond. Eléctrica	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) VSMOW		$\delta^2\text{H}$ (‰) VSMOW	
Casagrande muro 4-sureste*	22/03/2016	13:40	25,35	7,30	172,4	3,26	0,14	-0,50	0,30
Laguna depósito de relaves*	22/03/2016	17:00	24,28	7,87	78,47	5,02	0,21	13,4	0,96
Piscina agua mar*	22/03/2016	16:30	27,11	7,54	49,50	0,62	0,19	-0,6	0,18

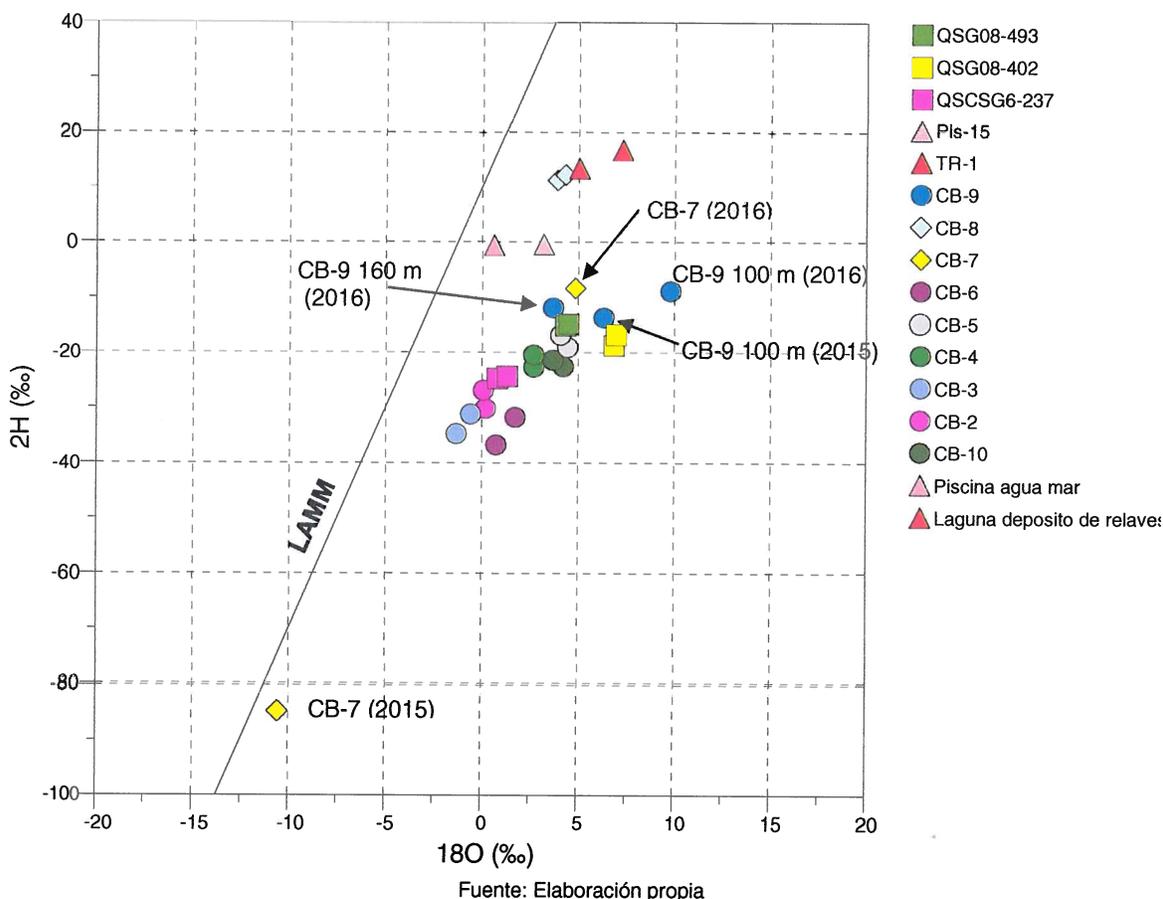
* Análisis con espectrómetro de masa de razón isotópica (IRMS) Fuente: Elaboración propia

Figura 3.1. Relación isotópica $\delta^{18}O$, δ^2H para muestras de pozos y agua de procesos de Marzo 2016



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.2. Comparación de la composición isotópica $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ de las muestras de Marzo 2016 con el muestras de 2015 (Arcadis, 2016).



4 CONCLUSIONES

Se realizó un muestreo para conocer la composición isotópica en $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ de aguas subterráneas y aguas de procesos en Marzo de 2016. Previamente, en el año 2015, se realizó un muestreo equivalente y en general los resultados muestran la misma composición, salvo excepciones que son mencionadas.

Basados en la composición isotópica del agua se reconocen dos grupos bien definidos, correspondientes a las aguas subterráneas naturales de la zona, denominadas Grupo 1, y al agua de procesos y del depósito de relaves en conjunto con las aguas de infiltración captadas por los pozos del muro del depósito y la zona no saturada, denominadas como Grupo 2.

En el informe de Arcadis (2016) se interpretó que el agua del pozo CB-7 tenía un origen distinto al resto de las aguas del acuífero, proponiendo que provenía de agua de perforación. Sin embargo, la composición isotópica en el pozo KP-DH10-40, muy cercano al CB-7, muestra la misma composición, de lo que se infiere que corresponde a la composición natural del agua del acuífero en el sector poniente del proyecto, aguas abajo del muro 4 del depósito de relaves. Por otra parte, el agua de los pozos

CON-15 y CON-16, aguas abajo del muro 3 del depósito, también muestran una composición más empobrecida en $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ que el resto de las aguas subterráneas ubicadas hacia el oriente, por lo

que se las ha clasificado en un tercer grupo. Estos nuevos antecedentes indicarían que en los sectores ubicados aguas abajo de los muros 3 y 4 del depósito de relaves el agua subterránea tiene un origen distinto a los sectores más orientales y cercanos a la mina, lo que tiene importantes implicancias en la comprensión de la dinámica de flujo y modelo hidrogeológico conceptual de la zona. Debido a la infiltración de aguas desde el depósito de relaves la composición isotópica en el pozo CB-7 cambió de ser empobrecida a una composición cercana a las aguas de infiltración.

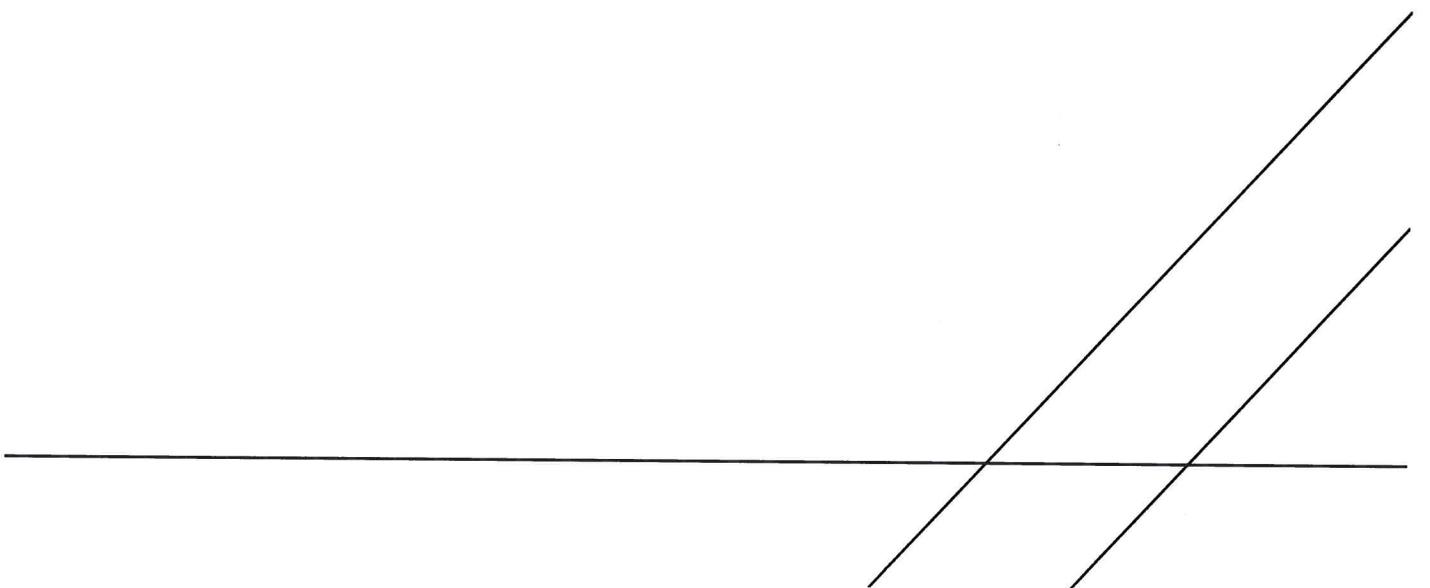
Existen notorias diferencias en la composición isotópica del agua del depósito de relaves y pozos de monitoreo de infiltraciones y de la zona no saturada, con muestras representativas del agua del acuífero aguas abajo del muro 3 y muro 4 del depósito de relaves, lo que indica que el agua infiltrada no ha llegado al acuífero.

Nuevos antecedentes isotópicos del pozo CB-9, mediante la obtención de muestras a distintas profundidades, evidencian una mezcla del agua natural del acuífero con agua de procesos. Con esto se propone que la causa del ascenso en el nivel del pozo CB-9 se debe a infiltraciones desde la piscina de agua de mar.

5 REFERENCIAS

Arcadis. 2016. Interpretación de análisis isotópico. Informe N°4468-0000-GH-MMT-003_D para Minera Sierra Gorda.

ANEXO A
INFORME DE LABORATORIO IT2





**ISOTOPE TRACER
TECHNOLOGIES INC**

Isotope Analyses for:
Arcadis-Chile

**IT2 FILE #
160097**

2016-05-04

Approved by:

Orfan SStash

**Orfan Shoukar-Stash, PhD
Director**

Isotope Tracer Technologies Inc.
695 Rupert St. Unit B, Waterloo, ON, N2V 1Z5
Tel: 519-886-5555 | Fax: 519-886-5575
Email: orfan@it2isotopes.com
Website: www.it2isotopes.com



Client: Arcadis Chile
 Antonio Varns 621
 Providencia, Santiago
 8320000
 Tel: 56 2 23816229
 Attn: Alejandro Palacios/ Pablo Ortega
 E-mail: fernando.varns@arcadis.com
 E-mail: pablo.ortega@arcadis.com
 E-mail: alejandra.palacios@arcadis.com

File Number: 160097
 Project Number: 4468

#	Sample ID	Collection		Sample #	$\delta^{18}\text{O}$			$\delta^2\text{H}$		
		Date	Time		H_2O	Aver	Stdv	H_2O	Aver	Stdv
1	CB-2	2016-03-24	9:30	37434	X	0.08	0.07	X	-26.90	0.70
2	CB-3	2016-03-24	10:50	37435	X	-0.57	0.15	X	-31.20	0.30
3	CB-4	2016-03-24	12:55	37436	X	2.69	0.09	X	-20.50	0.30
4	CB-5	2016-03-23	18:45	37437	X	4.08	0.09	X	-16.90	0.30
5	CB-6	2016-03-24	15:30	37438	X	1.74	0.03	X	-31.80	0.50
6	CB-7	2016-03-23	11:45	37439	X	4.87	0.03	X	-8.40	0.30
7	CB-8	2016-03-23	10:20	37440	X	4.31	0.14	X	12.2	0.4
8	CB-9	2016-03-23	15:20	37441	X	9.80	0.20	X	-8.90	0.90
9	CB-10	2016-03-24	12:00	37442	X	3.69	0.10	X	-21.40	0.50
10	CB-12	2016-03-23	17:30	37443	X	0.46	0.16	X	-28.1	0.7
11	CON-10	2016-03-22	19:00	37444	X	0.97	0.15	X	-34.2	0.7
12	CON-15	2016-03-23	11:05	37445	X	-3.71	0.15	X	-39.4	0.5
13	CON-16	2016-03-23	13:10	37446	X	-4.39	0.23	X	-39.9	0.5
14	CON-21	2016-03-22	18:00	37447	X	2.60	0.80	X	-21.83	1.16
15	KP DH 10-40	2014-03-23	12:15	37448	X	-10.39	0.14	X	-80.79	0.35
16	QSCSG 6-237	2016-03-23	18:00	37449	X	1.31	0.07	X	-24.30	0.40
17	QSG 08-402	2016-03-24	9:10	37450	X	6.95	0.05	X	-16.80	0.20
18	QSG 08-431	2016-03-24	13:50	37451	X	4.13	0.20	X	-16.00	0.50
19	QSG 08-493	2016-03-24	13:20	37452	X	4.48	0.13	X	-14.80	0.20
20	Pozo de monitoreo 1	2016-03-22	13:00	37453	X	8.65	0.35	X	6.92	1.29
21	Casa grande 2 (muro 3 sur)	2016-03-22	12:00	37454	X	3.64	0.12	X	14.7	0.4
22	Casa Grande 4 (muro 4 sureste)	2016-03-22	13:40	37455	X	3.26	0.14	X	-0.50	0.30
23	Laguna deposito de relaves	2016-03-22	17:00	37456	X	5.02	0.21	X	13.39	0.96
24	Piscina agua mar	2016-03-22	16:30	37457	X	0.62	0.19	X	-0.59	0.18
25	CB-9	2016-03-23	15:30	37458	X	3.70	0.30	X	-11.92	1.07
26	CS-23	2016-03-23	18:05	37459	X	0.89	0.00	X	-28.96	0.91
27	P1D	2016-03-22	18:50	37460	X	9.48	0.30	X	10.10	1.50
28	CBR-5	2016-03-23	13:05	37461	X	4.59	0.09	X	-16.5	0.4

Run on IRMS

Problems faced when running file 160097 included the following:

- 1- Organic content of the samples had to be cleaned over 2 stages
- 2- Due to the high salinity many of the runs were interrupted by the syringe clogging or breaking
- 3- 4 samples had to be hand injected due to the consistent failure of the syringe

^{18}O & ^2H (CRDS)

Instrument Used: Cavity Ring Down Spectroscopy (CRDS)

CRDS (Model L2130-i) (Picarro, California, USA).

Standard Used:

IT2-11A / IT2-12A / IT2-13A / IT2-00 Calibrated with IAEA Standards (V-SMOW, SLAP, and GISP)

Typical Standard deviation: ^{18}O ($\pm 0.1\%$) / ^2H ($\pm 1\%$)

^{18}O (IRMS)

Instrument Used: Delta^{Plus} Isotope Ratio Mass Spectrometry (IRMS), FinniganMat, Germany.

Coupled with a TC/EA ThermoFinnigan, Germany.

Standard Used:

IT2-11A / IT2-12A / IT2-13A / IT2-00 / IT2-10 Calibrated with IAEA Standards (V-SMOW, SLAP, and GISP)

Typical Standard deviation: $\pm 0.3\%$

^2H (IRMS)

Instrument Used: Delta^{Plus} XL, Thermo Finnigan, Germany.

Coupled with a Chrom reduction System, Hemois, Germany

Standard Used:

IT2-11A / IT2-12A / IT2-13A / IT2-00 / IT2-10 Calibrated with IAEA Standards (V-SMOW, SLAP, and GISP)

Typical Standard deviation: $\pm 2\%$

Approved by:

Orfan Stash

Orfan Shoukar-Stash, PhD

Director

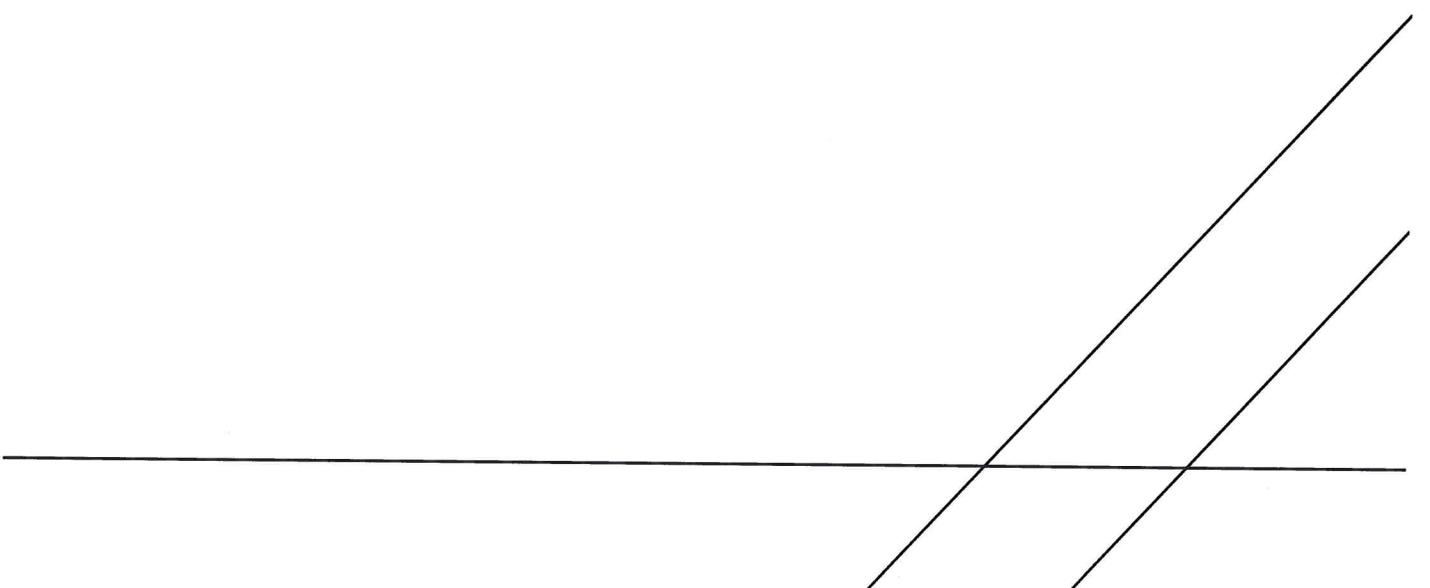
Isotope Tracer Technologies Inc.

695 Rupert St. Unit B, Waterloo, ON, N2V 1Z5

Tel: 519-886-5555 | Fax: 519-886-5575

Email: orfan@it2isotopes.com | Website: www.it2isotopes.com

ANEXO B
REGISTRO DE MUESTREO ISOTÓPICO



Registro de Muestreo Isotopos Sierra Gorda Marzo 2016

Metodo utilizado: Bailer manual				Operador	Firma
Pozo	Fecha	Hora			
1	CB-2	24-03-2016	9:30	Armyrn Ramirez M	
2	CB-3	24-03-2016	10:50	Armyrn Ramirez M	
3	CB-4	24-03-2016	12:55	Armyrn Ramirez M	
4	CB-5	23-03-2016	18:45	Armyrn Ramirez M	
5	CB-6	24-03-2016	15:30	Armyrn Ramirez M	
6	CB-7	23-03-2016	11:45	Armyrn Ramirez M	
7	CB-8	23-03-2016	10:20	Armyrn Ramirez M	
8	CB-9	23-03-2016	15:20	Armyrn Ramirez M	
9	CB-10	24-03-2016	12:00	Armyrn Ramirez M	
10	CB-12	23-03-2016	17:30	Armyrn Ramirez M	
11	CON-10	22-03-2016	19:00	Armyrn Ramirez M	
12	CON-15	23-03-2016	11:05	Armyrn Ramirez M	
13	CON-16	23-03-2016	13:10	Armyrn Ramirez M	
14	CON-21	22-03-2016	18:00	Armyrn Ramirez M	
15	KP DH 10-40	23-03-2014	12:15	Armyrn Ramirez M	
16	QSCSG 6-237	23-03-2016	18:00	Armyrn Ramirez M	
17	QSG 08-402	24-03-2016	9:10	Armyrn Ramirez M	
18	QSG 08-431	24-03-2016	13:50	Armyrn Ramirez M	
19	QSG 08-493	24-03-2016	13:20	Armyrn Ramirez M	
20	Pozo de monitoreo 1	22-03-2016	13:00	Armyrn Ramirez M	
21	Pozo de monitoreo 2	22-03-2016	13:20	Armyrn Ramirez M	
22	Pozo de monitoreo 3	22-03-2016	11:00	Armyrn Ramirez M	
23	Pozo de monitoreo 4	22-03-2016	11:20	Armyrn Ramirez M	
24	Casa grande 1 (muro 3 norte)	22-03-2016	11:40	Armyrn Ramirez M	
25	Casa grande 2 (muro 3 sur)	22-03-2016	12:00	Armyrn Ramirez M	
26	Casa grande 3 (muro 4 noroeste)	22-03-2016	13:30	Armyrn Ramirez M	
27	Casa Grande 4 (muro 4 sureste)	22-03-2016	13:40	Armyrn Ramirez M	
28	Laguna deposito de relaves	22-03-2016	17:00	Armyrn Ramirez M	
29	Piscina agua mar	22-03-2016	16:30	Armyrn Ramirez M	
30	CB-9	23-03-2016	15:30	Armyrn Ramirez M	

Arcadis

Av. Antonio Varas 621
Providencia, Santiago
T: +56 2 2381 6000

arcadis.com

