

## **ANEXO N° 11.1**

### **INFORME DE ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DE EFECTOS**

**CARGO N° 11 RES. EX. N°1 / ROL D-018-2019**

**SCM MINERA LUMINA COPPER CHILE**

**DOCUMENTO PREPARADO POR**

**GP** *Consultores Ltda.*<sup>®</sup>  
Recursos Hídricos y Medio Ambiente

**Versión 0**

**Marzo 2019**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. RESUMEN Y CONCLUSIONES .....	3
2. INTRODUCCIÓN.....	7
3. ANTECEDENTES .....	11
3.1 DEPÓSITO DE LAMAS .....	11
3.2 CONTROL DE LAS INFILTRACIONES DESDE EL DEPÓSITO .....	12
3.2.1 Sistema de Drenes Basales.....	13
3.2.2 Zanja Corta Fugas.....	13
3.2.3 Pozos de Bombeo .....	14
3.2.4 Funcionamiento del Sistema.....	16
3.3 SEGUIMIENTO DE LA EFECTIVIDAD DEL CONTROL DE INFILTRACIONES.	17
3.4 PLAN DE MONITOREO ROBUSTO .....	19
3.5 UMBRALES DE REFERENCIA MÁXIMOS .....	21
4. ANÁLISIS DE EFECTOS DEL HECHO INFRACCIONAL .....	23
4.1 Hecho Infraccional:.....	23
4.2 Efectos Identificados: .....	23
4.3 Análisis de los Efectos:.....	24
5. REFERENCIAS .....	36
6. APÉNDICES.....	36

## 1. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Mediante Res. Ex. N°1/Rol D-018-2019, la Superintendencia de Medio Ambiente ha formulado un cargo (Cargo 11) en contra de SCM Minera Lumina Copper Chile (SCM MLCC) por la Construcción de la zanja cortafuga, ubicada aguas abajo del Depósito de Lamas (Deposito La Brea), sin cumplir con las condiciones constructivas establecidas durante la evaluación ambiental. Señala que el incumplimiento referido ha tenido como consecuencia la alteración de la calidad del agua del medio acuífero, el que se ha visto afectado desde el momento de la entrada en operación del depósito de lamas, en junio 2014.

En el presente informe se evalúan los efectos en la calidad de las aguas, con el objetivo de analizar las consecuencias señaladas y que se originarían en el cargo formulado.

Teniendo en cuenta los considerandos citados en la Res.Ex. de la SMA, se identifican cuatro efectos posibles:

### **Efecto 1:**

Alteración hidroquímica en el sistema acuífero que subyace al depósito de Lamas, superando los umbrales máximos de referencia en los parámetros indicativos fijados en el Plan de Monitoreo Robusto - Calidad

### **Efecto 2:**

Avance de las aguas infiltradas a través de la zona acuífera hacia el medio acuífero del río Ramadillas generando, desde la entrada en operación de la Planta Concentradora, una alteración del medio acuífero de la cuenca del río Ramadillas, con ocasión de la operación del Depósito de Lamas. Este efecto se basaría en la evolución en el tiempo de los parámetros Conductividad Eléctrica (CE) y Concentración de Sulfatos ( $\text{SO}_4$ ) medidos en el pozo POB-06B.

### **Efecto 3:**

Alteración hidroquímica en las aguas superficiales del río Ramadillas. Este efecto se basaría en datos de Conductividad Eléctrica (CE) medidos en las estaciones LM-5 y LM-27, y al compararlos con los medidos en LM-10 y LM-25.

### **Efecto 4:**

Los efectos anteriores (alteración en la calidad de las aguas producido por las fugas de aguas del depósito La Brea) no estarían siendo remediados de la manera más eficiente por la batería de pozos dispuestos para ese fin.

A continuación se resume el análisis efectuado de los efectos identificados:

### **Efecto 1:**

Las mediciones hidroquímicas de seguimiento del proyecto muestran que las concentraciones en los parámetros indicadores superan los Umbrales de Referencia Máximos establecidos desde aproximadamente Noviembre/Diciembre 2014. En consecuencia, a partir de esa fecha (Nov/Dic 2014) se activan las medidas de Remediación, para extraer del sistema acuífero el caudal pasante de aguas de contacto.

En las figuras presentadas en el informe (**Figuras N°13 a 15**) se observa que aproximadamente desde Octubre 2017, las concentraciones de los parámetros indicadores comienzan a disminuir, en dirección a los umbrales de referencia. No obstante, a partir de septiembre 2018 se observa un cambio en la tendencia, incrementándose las concentraciones. Ese cambio se origina en la detención de 8 pozos de bombeo PRLB. Al reanudar su operación (bombeos), la tendencia se invierte y vuelven a disminuir las concentraciones. Con lo anterior se observa que las medidas de remediación y de recuperación de las aguas de contacto activadas, entregan resultados efectivos. A enero 2019 aún no alcanzan los umbrales de referencia, por lo que siguen activas las medidas de remediación.

### **Efecto 2:**

Con el objetivo de verificar si las fugas de aguas contactadas del depósito de lamas alcanzan el sistema acuífero en el sector del río Ramadillas, se grafican las mediciones históricas efectuadas en las aguas de los pozos próximos a la descarga del sistema acuífero de La Brea hacia el sistema Ramadillas (PBB-07, POB-07A y POB-06B).

Existe un período en el cual las fugas de agua desde el Depósito alcanzan el sector de descarga de las aguas de la subcuenca hacia el sistema Ramadillas. Los pozos que muestran un efecto más temprano y con mayor intensidad, son los pozos PBB-07 y POB-07A, ambos ubicados en el sector final de la subcuenca (**Figuras N°17, 18 y 19**). A partir del segundo semestre del año 2017, en los pozos POB-07A y PBB-07 comienzan a disminuir las concentraciones de los parámetros hidroquímicos de referencia (CE, SDT y  $SO_4$ ), logrando que a Junio 2018 las concentraciones de los parámetros indicadores alcancen valores próximos a sus líneas de base. La detención de 8 pozos PRLB (de Recuperación) afecta las concentraciones de los parámetros indicadores, incrementándolas, hasta comienzos de diciembre 2018. Al reanudarse el bombeo, comienzan nuevamente a descender. Este problema operativo, si bien no es deseado, permite demostrar que las medidas implementadas (remediación y recuperación de las aguas de contacto) logran interceptar prácticamente todas las fugas de aguas contactadas del Depósito.

Las aguas del pozo POB-06B se comportan en forma diferente a los 2 pozos descritos en el párrafo anterior. Este pozo (POB-06B) se ubica en el sistema del río Ramadillas y recibe aportes subterráneos desde La Brea y desde el Ramadillas mismo. En términos

generales, las aguas de POB-06B muestran un aumento en las concentraciones de los parámetros indicadores en el período que se observan incrementos en los 2 pozos ubicados en el sector terminal de La Brea (POB-07A y PBB-07), lo cual permitiría deducir que recibió aguas provenientes desde el Depósito. No obstante, el tiempo desde el cual comenzó a sentir ese efecto el POB-06B fue posterior al de los otros dos y la velocidad de incremento fue mucho más lenta. A partir del primer semestre del año 2018, las aguas en el pozo POB-06B muestran que su calidad se ha estabilizado y comienza lentamente a reducir sus concentraciones en dirección a las condiciones de línea de base (**Figuras N°17, 18 y 19**).

### **Efecto 3:**

El efecto de alteración hidroquímica en las aguas superficiales del río Ramadillas lo fundamenta la SMA basado en datos de Conductividad Eléctrica (CE) medidos en las estaciones LM-5 y LM-27, comparándolos con los medidos en LM-10 y LM-25. No obstante, en el análisis efectuado en el presente documento se estima que LM-25 y LM-05 no son los mejores puntos para basar el análisis.

Considerando en el análisis sólo las estaciones LM-10 (ubicada antes de la descarga de la subcuenca La Brea) y LM-27 (ubicada inmediatamente aguas abajo de La Brea), se obtienen las comparaciones que se presentan en **Figuras N°21(b) a N°23**. Se concluye que efectivamente hay un período en el cual las aguas en la estación LM-27 presentan mayores concentraciones que en LM-10, lo cual puede ser un efecto de las fugas de agua del Depósito La Brea en el río Ramadillas. Es un período acotado: Septiembre 2014 a Marzo 2015 (según mediciones del parámetro Concentración de Sulfatos). Después no se identifican efectos.

Cabe señalar que en todo el período incluido en el análisis, las concentraciones de Sulfatos (**Figura N°23**) son menores a la normativa de distribución de agua potable (NCh 409); es decir, en todo el período las aguas del río Ramadillas son aguas de buena calidad (considerando al Sulfato como parámetro indicador de ello).

### **Efecto 4:**

La SMA señala en su Resolución que los efectos de alteración en la calidad de las aguas producido por las fugas de aguas del depósito La Brea, no estarían siendo remediados de la manera más eficiente por la batería de pozos dispuestos para ese fin.

Al respecto, el análisis realizado muestra que las medidas implementadas por MLCC Caserones, cuando están operativas, logran capturar prácticamente la totalidad del flujo de aguas de contacto que escapan del depósito de lamas. Ello queda demostrado especialmente en **Figuras N°18 y N°19**, donde se observa que los Sólidos Totales Disueltos y la concentración de Sulfatos en las aguas de los pozos ubicados en el sector

de salida de la subcuenca La Brea, están disminuyendo y están alcanzando las concentraciones que presentaban en su condición de Línea de Base.

El sistema de bombeo implementado (pozos de Remediación más pozos de Recuperación) funciona y logra su objetivo. Basado en mediciones con isótopos del agua (Oxígeno-18 y Deuterio) se ha determinado preliminarmente que los actuales pozos de bombeo capturan mayoritariamente aguas de contacto provenientes del Depósito (**Tabla N°3**).

Como conclusión general, el análisis realizado indica que producto de la operación del Depósito de Lamas se ha generado un efecto de alteración hidroquímica de las aguas subterráneas en la quebrada La Brea y en la zona de confluencia con río Ramadillas, el que está controlado con las medidas implementadas por MLCC. Se desprende de lo anterior que la forma de mantener este control de las fugas de agua en el tiempo es mediante la operación de la batería completa de pozos de remediación y recuperación existentes. Por otra parte, en relación a aguas superficiales, se reconoce un efecto pero acotado al período Septiembre 2014 a Marzo 2015, siendo totalmente controlado con la operación de la barrera hidráulica establecida a la fecha.

**GP**

Marzo 2019

## 2. INTRODUCCIÓN

Con fecha 19 de febrero de 2019, la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) formula cargos en contra de SCM Minera Lumina Copper Chile (SCM MLCC), mediante la Res. Ex. N°1/Rol D-018-2019. En este contexto, SCM MLCC ha definido presentar un Programa de Cumplimiento (PDC), dentro del cual es requerido hacer entrega de informes de efectos asociados a los hechos, actos u omisiones que constituyen la infracción en que se ha incurrido.

En virtud de lo anterior, el presente informe técnico responde a la necesidad de evaluar los potenciales efectos asociados al cargo N° 11, el cual se refiere a: *“Construcción de la zanja cortafuga, ubicada aguas abajo del Depósito de Lamas, sin cumplir con las condiciones constructivas establecidas durante la evaluación ambiental, al haberla habilitado solo en el relleno aluvial y sin contar con las inyecciones de lechada de cemento que debían alcanzar la roca de baja permeabilidad”*.

En el considerando 166 de la Res. SMA Ex. N°1/ROL D-018-2019, pág 53, referido a la **Zanja Cortafugas Quebrada La Brea, aguas abajo del Depósito de Lamas** (pág. 52), señala:

*“... es posible sostener que el incumplimiento referido, ha tenido como consecuencia la alteración del medio acuífero, el que se ha visto afectado desde el momento de la entrada en operación del depósito de lamas, en junio 2014. En razón de lo anterior, los efectos referenciados en los considerandos 47, 73, 101, 102, 103, 105, 115 y 116 serán atribuidos a esta infracción, en lo que se menciona en dichos considerandos respecto a Quebrada La Brea.”*.

A continuación se presentan, en forma resumida, los considerandos citados en la Res.Ex. de la SMA:

### a) Alteración de la calidad del recurso hídrico.

Considerando 47 (extractos, no textual):

- Ord.N°593/2015, DGA-Atacama: Identifica *alteración hidroquímica* de las aguas subterráneas asociado al *permanente traspaso de aguas infiltradas provenientes de la acumulación de agua presente en la cubeta del depósito de lamas (...)* hacia *aguas debajo de la última barrera física de contención de flujos contactados con que cuenta el referido depósito*. Adicionalmente expone que existiría alteración en las aguas superficiales del río Ramadillas aguas abajo de la Quebrada La Brea.
- Ord.N°181/2016, DGA-Atacama: Concluye que *el sistema acuífero que subyace al depósito de lamas ha sufrido un proceso de alteración hidroquímica, superando los umbrales máximos de referencia...* Agrega, *la configuración del proceso de contaminación de sistema hídrico alojado en el medio acuífero de la denominada*

*Quebrada La Brea responde a la permanente infiltración de las aguas embalsadas y su posterior avance a través de dicha zona acuífera, situación que no estaría siendo remediada de la manera más eficiente por la batería de pozos dispuestos para ese fin en la denominada quebrada La Brea, situación que posibilitaría el ingreso de dichos flujos hacia el medio acuífero del río Ramadillas.*

Considerando 73 (extractos, no textual):

- *Ord.N°56/2017, DGA-Atacama: Informa de la mantención del proceso de alteración hidroquímica de los sistemas acuíferos que subyacen a los depósitos de Lamas y Arenas del proyecto minero, superando los umbrales máximos de referencia de aquellos parámetros indicativos fijados en el denominado Plan de Monitoreo Robusto-Calidad.*

Considerando 101 (extractos, no textual):

- *Ord.N°667/2017, DGA-Atacama: Señala que existe una "...permanente infiltración de aguas contactadas desde las obras mineras acumuladoras de relave del Proyecto Caserones hacia las denominadas Quebrada Caserones y Quebrada La Brea, cuestión que según los antecedentes señalados precedentemente, se ha mantenido hasta a lo menos Julio del año 2017".*

Considerando 102 (extractos, no textual):

- *Ord.N°667/2017, DGA-Atacama: En cuanto al **medio superficial**, señala que "... en las estaciones denominadas LM-5 y LM-27 (ambas ubicadas aguas debajo de la confluencia del río Ramadillas con Quebrada La Brea) se observan tendencias de ascenso significativo de la Conductividad Eléctrica, cuyos registros han variado desde 750  $\mu$ S/cm en Junio 2014 (fecha próxima al inicio de las operaciones de la planta concentradora del proyecto minero) hasta situarse en torno a 1000  $\mu$ S/cm en Julio 2017. En este sentido, al revisar las estaciones ubicadas aguas arriba de la confluencia de la Quebrada La Brea con el río Ramadillas, en particular las denominadas LM-10 y LM-25, la tendencia de ascenso señalada precedentemente no se replica, lo cual sugiere la hipótesis de una alteración hidroquímica del medio superficial con origen de carácter antrópico, principalmente debido a los procesos de infiltración provenientes desde la Quebrada La Brea, lugar en donde se emplaza el Depósito de Lamas del Proyecto Caserones".*
- *Adicionalmente la DGA-Atacama expone que al revisar los datos de la estación DGA Río Pulido en Vertedero, distante aproximadamente 35 kilómetros aguas abajo, pudieron observar que entre octubre de 2014 y Junio de 2015, se registraron alteraciones significativas de los registros de calidad de aguas, en los parámetros pH, Conductividad Eléctrica y Sulfatos (alcanzando su nivel más alto en 27 años).*



Considerando 103 (extractos, no textual):

- Ord.N°667/2017, DGA-Atacama: En cuanto al medio subterráneo, señala que ...en los puntos de monitoreo denominados PBC-06B (pozo de Eficiencia de Remediación en Depósito de Arenas) y POB-06B (pozo de Eficiencia de Remediación en Depósito de Lamas) se observan tendencias de ascenso significativo en la Conductividad Eléctrica (de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en Junio 2014 a en torno a los 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en Julio 2017, con máximos de hasta 2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  durante ese período). Lo establece como evidencia de una alteración hidroquímica del medio subterráneo con origen de carácter antrópico.  
Además, DGA-Atacama observa que la activación del plan de remediación no ha evitado de forma eficiente el alcance de aguas alteradas hasta el acuífero del río Ramadillas.

Considerando 105 (extractos, no textual):

- SMA señala que la información de los considerandos anteriores, será considerada en relación a los cargos sobre construcción de la zanja cortafuga ubicada aguas debajo de la quebrada La Brea y Quebrada Caserones –según corresponda-, sin cumplir con las condiciones establecidas en la evaluación ambiental del proyecto.

Considerando 115 (extractos, no textual):

- Señala que la División de Fiscalización de la SMA realizó un análisis para identificar la evolución en el tiempo de los parámetros Conductividad Eléctrica y Sulfatos, en los últimos pozos de eficiencia de remediación de cada quebrada (La Brea y Caserones) y, por tanto, que dan cuenta de la efectividad del sistema de remediación.
- Presenta gráficos de Conductividad Eléctrica y concentración de Sulfatos, con mediciones hasta Octubre 2018 (Gráficos N°13, 14, 15 y 16 de la Res.Ex., págs. 34 y 35) en las aguas de los pozos POB-06B y PBC-06B.
- Con base en dicha información señala que "... es posible sostener que se está produciendo una alteración del acuífero en el sector del río Ramadillas con ocasión de la operación del Depósito de Lamas y el Depósito de Arenas".

Considerando 116 (extractos, no textual):

- SMA señala en este considerando que ... "En consecuencia, desde la entrada en operación de la Planta Concentradora, es posible sostener una alteración del medio acuífero de la cuenca del río Ramadillas, asociado tanto a la operación del depósito de lamas, como al depósito de arenas".

**b) Alteración de la disponibilidad del recurso hídrico.**

Considerando 47 (extractos, no textual):

- Ord.N°593/**2015**, DGA-Atacama: Señala que existiría “... *condición de alteración hidroquímica y piezométrica del sistema acuífero*...”. No obstante, no identifica esa *alteración piezométrica* (solo se refiere a parámetros hidroquímicos).
- Ord.N°181/**2016**, DGA-Atacama: No hace referencia a eventuales alteraciones en la disponibilidad del recurso hídrico.

Considerandos 73, 101, 102, 103, 115:

- No hacen referencia a eventuales alteraciones en la disponibilidad del recurso hídrico.

Considerando 105 (extractos, no textual):

- SMA señala que la información de los considerandos anteriores, será considerada en relación a los cargos sobre construcción de la zanja cortafuga ubicada aguas debajo de la quebrada La Brea y Quebrada Caserones –según corresponda-, sin cumplir con las condiciones establecidas en la evaluación ambiental del proyecto.
- No obstante, en los considerandos anteriores no hace referencia a una eventual alteración en la disponibilidad del recurso hídrico.

Considerando 116 (extractos, no textual):

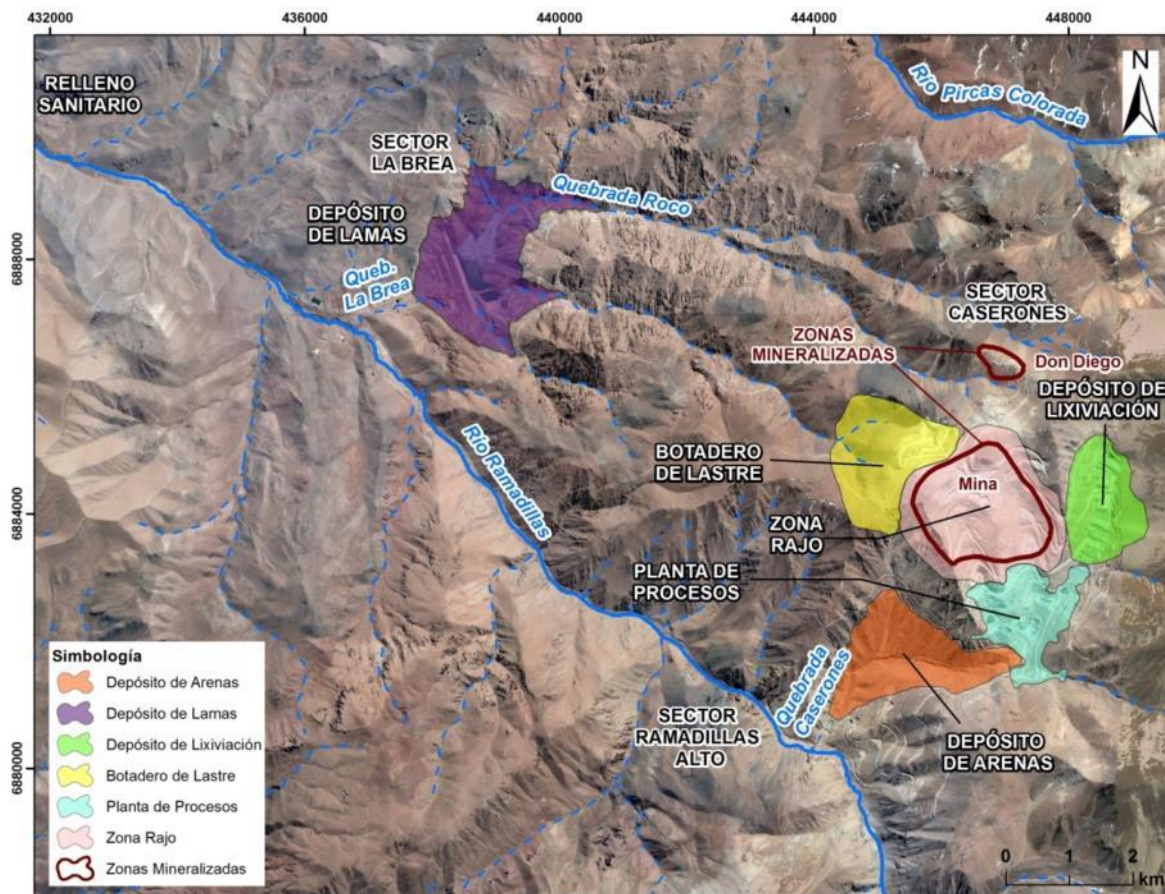
- SMA señala en este considerando que ... “En consecuencia, desde la entrada en operación de la Planta Concentradora, es posible sostener una alteración del medio acuífero de la cuenca del río Ramadillas, asociado tanto a la operación del depósito de lamas, como al depósito de arenas”.
- En los considerandos citados no hace referencia a eventuales alteraciones en la disponibilidad del recurso hídrico.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 DEPÓSITO DE LAMAS

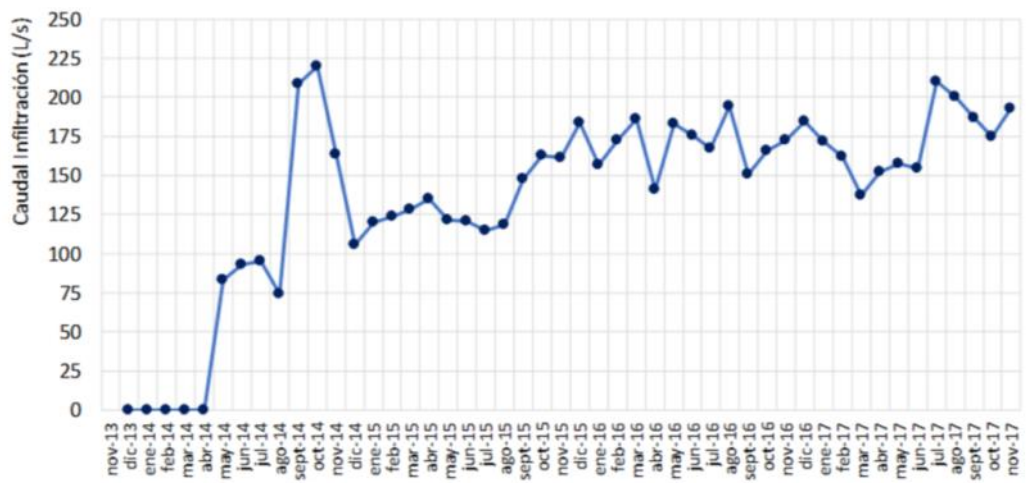
El manejo de los relaves consiste en un primer proceso de separación grueso/fino del relave proveniente desde la planta de procesos mediante una estación de ciclones fija y posteriormente un proceso de espesamiento de los finos, los cuales son depositados posteriormente al interior del depósito La Brea (Depósito de Lamas). Las arenas producidas son derivadas al Depósito de arenas en quebrada Caserones, ubicado a pocos kilómetros de la planta de proceso.

La operación de descarga de las lamas en el depósito, se realiza de forma controlada, con el objetivo de optimizar la capacidad volumétrica de la cubeta.



**Figura N°1:** Infraestructura Proyecto Caserones de MLCC.

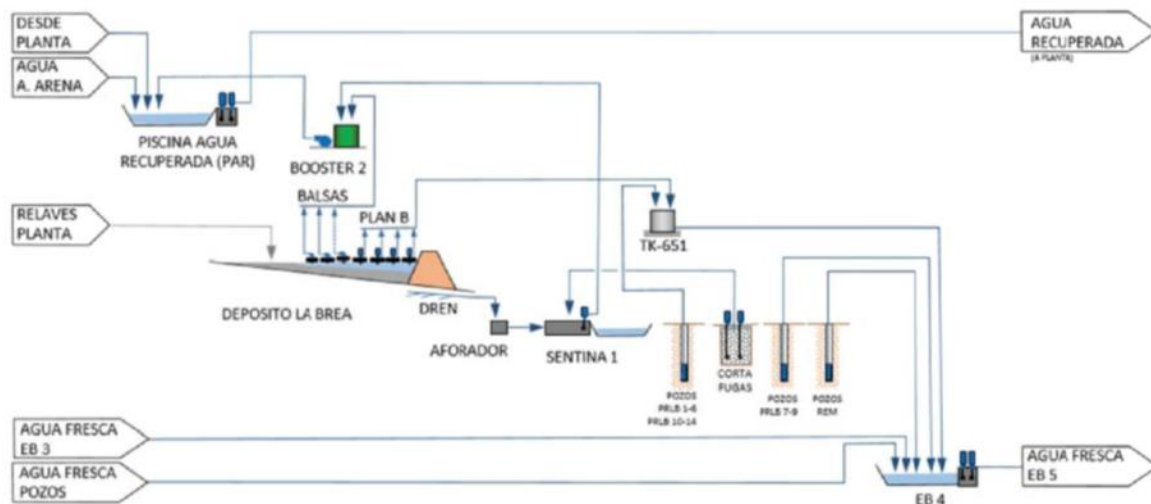
Los caudales de infiltración estimados mediante modelación numérica se presentan en la **Figura N°2**, los cuales comienzan al inicio de la operación con caudales de infiltración del orden de 131 L/s (promedio entre años 2014 y 2015), alcanzando del orden de 186 L/s a fines del año 2017 (promedio entre junio y noviembre 2017) (Arcadis, 2018).



**Figura N°2:** Estimación caudales de infiltraciones desde Depósito de Lamas, para período operacional 2014-2017. Fuente: Arcadis, 2018.

### 3.2 CONTROL DE LAS INFILTRACIONES DESDE EL DEPÓSITO

El manejo de las aguas infiltradas se realiza mediante un sistema de drenes basales en el depósito, pozos de bombeo a lo largo de la quebrada aguas abajo del depósito y una barrera de zanja de cortafugas (**Figura N°3**).

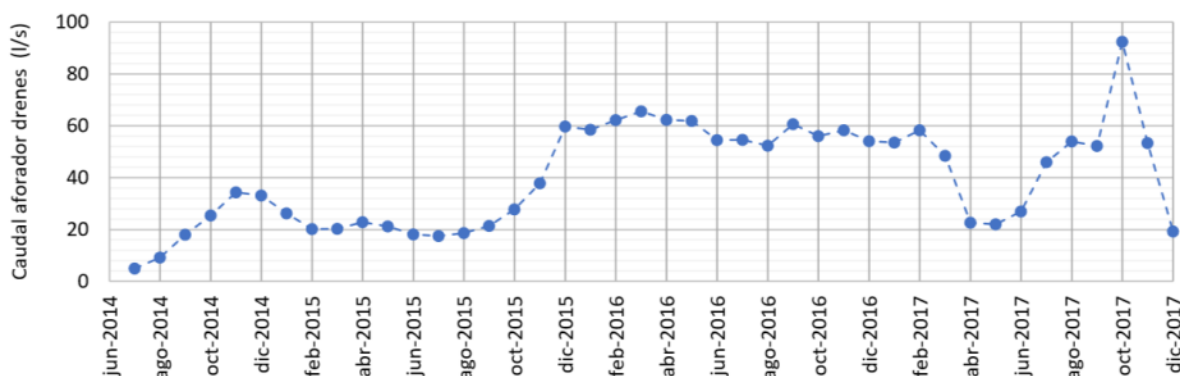


**Figura N°3:** Esquema sistemas de captación de aguas de contacto. Fuente: MLCC, Febrero 2018.

### 3.2.1 Sistema de Drenes Basales

Este sistema de control corresponde a los drenes basales del muro del Depósito de Lamas y tiene como finalidad captar y conducir las filtraciones de agua bajo la presa hacia la piscina de filtraciones ubicada al pie del muro. Inició su operación en Junio 2014, junto con el depósito de Lamas.

El flujo capturado por los sistemas de drenes se canaliza en un único dren (Dren Principal Final) donde es extraído y aforado el caudal con una frecuencia mensual. En la **Figura N°4** se presenta la serie histórica de caudales medios mensuales registrados en el aforador, los cuales fluctúan en promedio entre 20 l/s durante el año 2015 y 60 l/s durante el año 2016-2017.



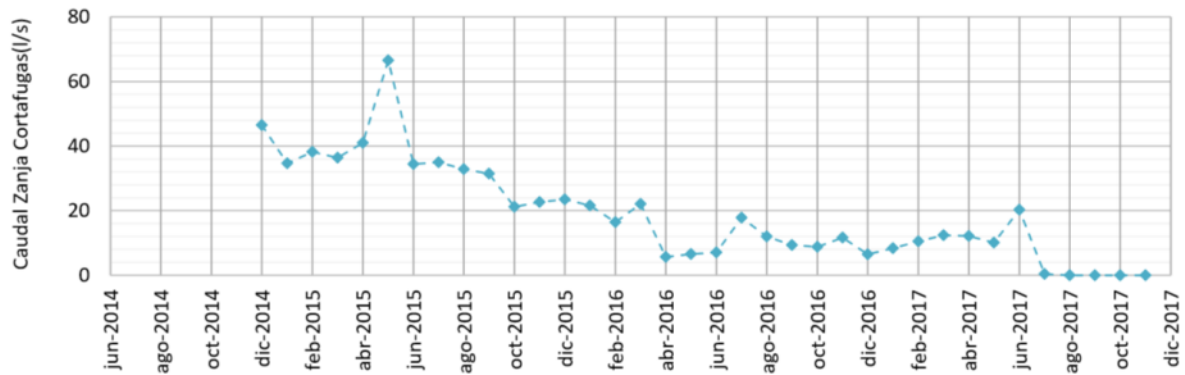
**Figura N°4:** Caudales promedio mensuales (L/s) medidos en el dren aforador del Deposito de Lamas. Fuente: Golder, 2018.

### 3.2.2 Zanja Corta Fugas

La zanja cortafugas (ZCF) se ubica en la parte baja de la quebrada La Brea. Comenzó sus operaciones en Diciembre del año 2014. El caudal de diseño original de la obra considera que toda el agua infiltrada será captada por esta estructura, que al momento del diseño correspondía a 90 l/s.

Respecto del caudal capturado en la ZCF, estos han variado gradualmente desde 40 l/s durante el año 2015, hasta 20 y 10 l/s en el año 2016 y mediados 2017. Desde el segundo semestre del 2017 la ZCF no registra caudales, debido al descenso de niveles en el sector. En la **Figura N°5** se presenta la serie histórica de caudales extraídos desde la zanja cortafugas



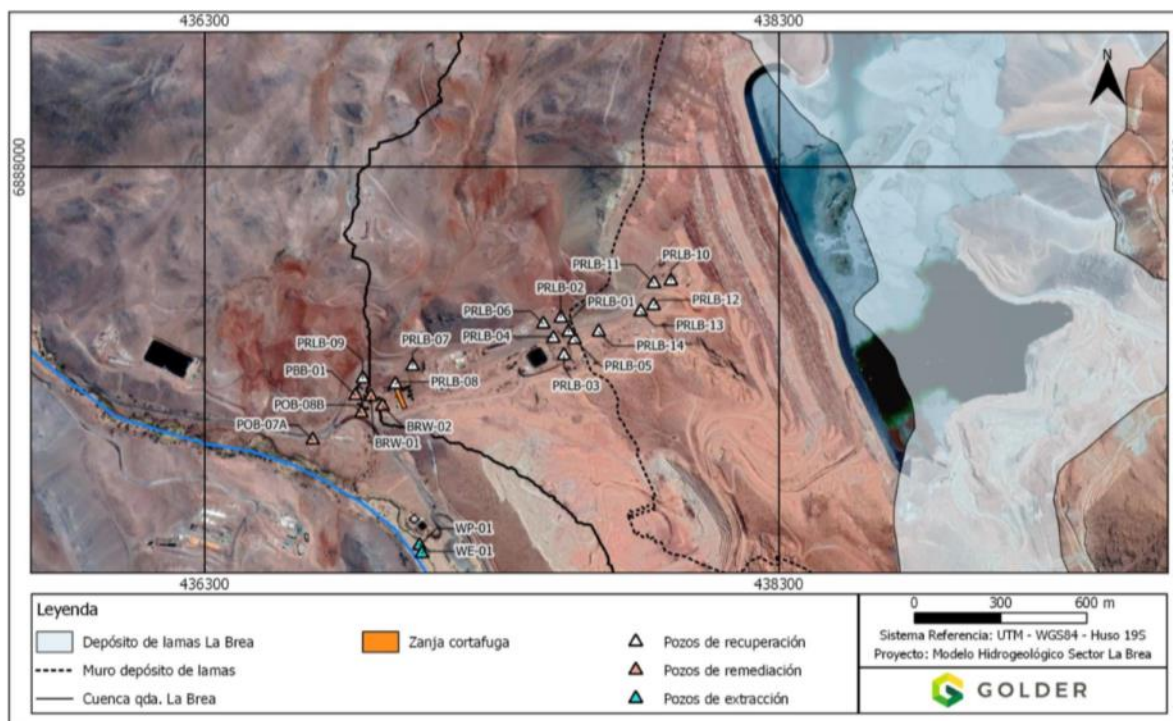


**Figura N°5:** Caudales promedio mensuales (L/s) extraídos desde Zanja Cortafugas del Depósito de Lamas. Fuente: Golder, 2018.

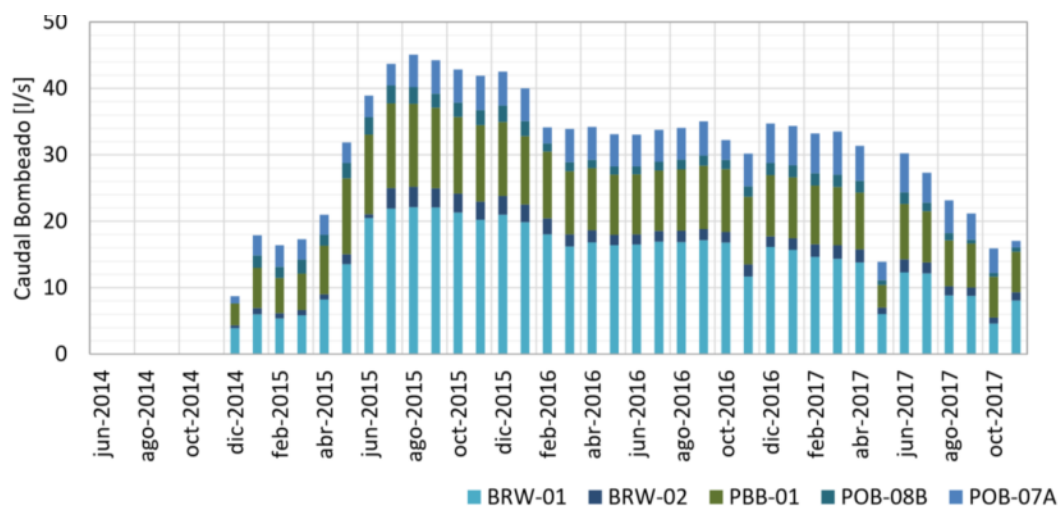
### 3.2.3 Pozos de Bombeo

Con el objetivo de captar parte de las aguas infiltradas desde el Depósito de lamas se implementó el control de infiltración con pozos de bombeo. Estos pozos fueron clasificados según dos sistemas: Pozos de remediación y Pozos de recuperación. En **Figura N°6** se muestra sus ubicaciones.

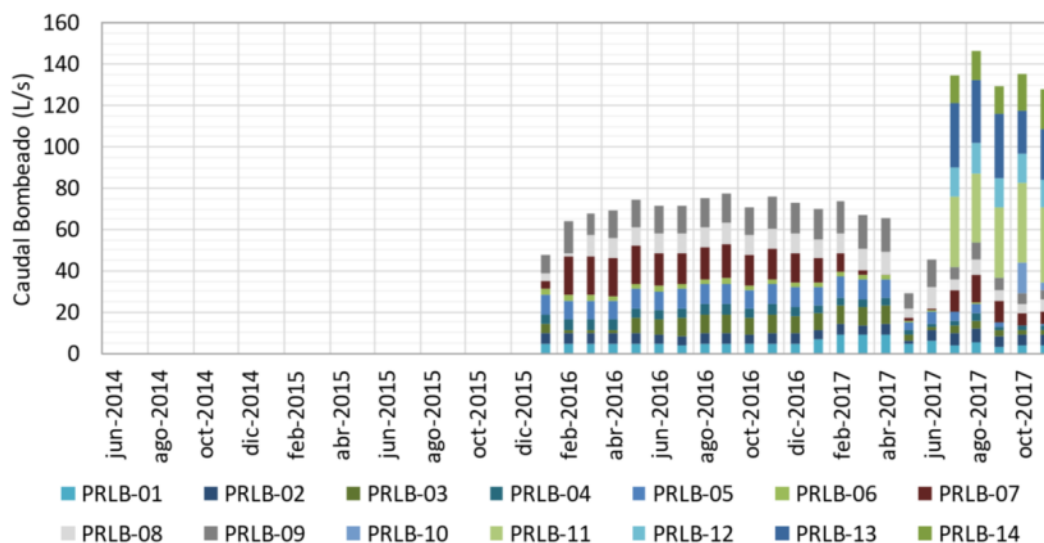
- **Pozos de remediación:** Este sistema iniciaron sus operaciones en diciembre 2014 y corresponde a cinco pozos (BRW-01, BRW-02, POB-08B, PBB-01 y POB-07A) ubicados en el sector bajo de la quebrada La Brea, aguas abajo de la Zanja cortafugas.
- **Pozos de recuperación:** Este sistema se compone de una serie de 14 pozos de bombeo (PRLB's) cuya función es interceptar las aguas infiltradas desde el Depósito de lamas aguas arriba de los pozos del sistema de remediación. Los pozos PRLB-01 a PRLB-09 comenzaron su operación en enero de 2016 y los pozos PRLB10 a PRLB-14 ubicados al pie del Muro del Depósito de lamas, comenzaron su operación a mediados del año 2017.



**Figura N°6:** Pozos de bombeo en sector del Depósito La Brea. Fuente: Golder, 2018.



**Figura N°7:** Caudales de bombeo por los pozos del Sistema de Remediación. Fuente: Golder, 2018.



**Figura N°8:** Caudales de bombeo por los pozos del Sistema de Recuperación. Fuente: Golder, 2018.

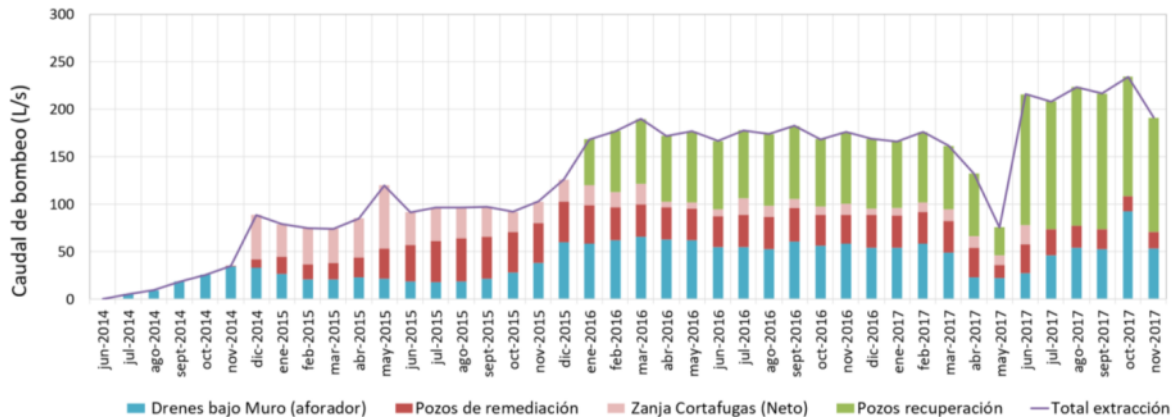
### 3.2.4 Funcionamiento del Sistema

En la **Figura N°9** se muestra un resumen de los caudales extraídos por cada uno de los sistemas (drenes, zanja cortafugas, remediación y de recuperación aguas arriba y aguas abajo de la zanja cortafugas), indicando la magnitud de la extracción total, correspondientes a la suma de estas componentes.

Las medidas de control se fueron activando paulatinamente, en primera instancia solo se encontraba activo el sistema de drenes, en diciembre 2014 se sumaron las operaciones de los pozos de remediación y la zanja de cortafugas, mientras que en enero 2016 se activaron los pozos de recuperación 1 al 9; finalmente se activaron los pozos de recuperación PRLB-10 al 14.

Respecto de los volúmenes extraídos, estos fueron aumentando paulatinamente en el tiempo, desde 85 l/s durante los dos primeros años de operación (2014-2015) hasta un valor de 205 l/s en el segundo semestre del año 2017 (promedio entre junio y noviembre 2017). En general, de todos los sistemas, el de los drenes en promedio captaba mayor caudal; sin embargo, desde agosto 2017 el sistema de los pozos PRLB10 al 14 capturan casi el 80% del total extraído en la subcuenca. La zanja de cortafugas dejó de capturar caudal en julio del 2017 y algunos pozos de remediación y recuperación redujeron de manera importante su extracción, dada la operación de nuevos pozos en la quebrada.



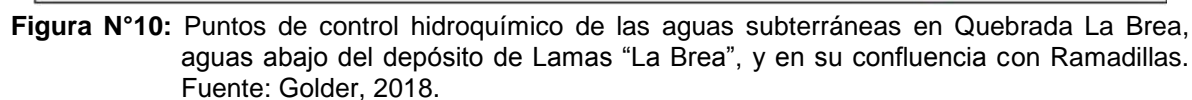


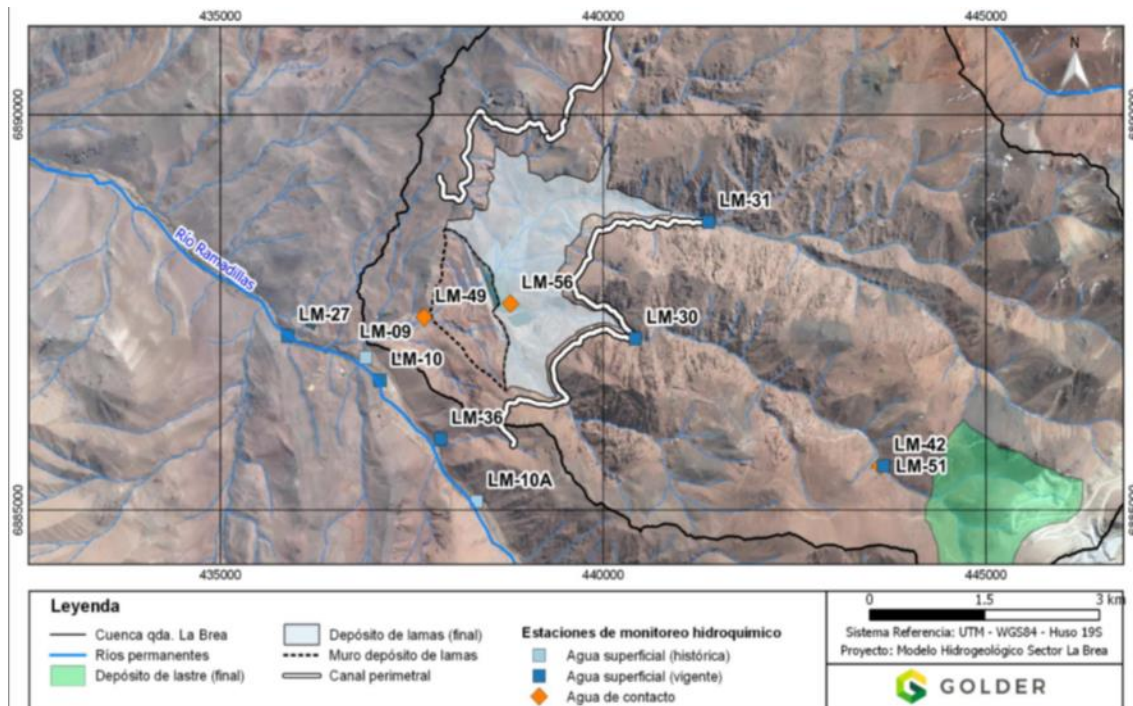
**Figura N°9:** Resumen del funcionamiento de captura de las aguas de contacto y de control de las infiltraciones desde el Depósito de Lamas “La Brea”. Fuente: Golder, 2018.

### 3.3 SEGUIMIENTO DE LA EFECTIVIDAD DEL CONTROL DE INFILTRACIONES

El objetivo del sistema implementado de control de infiltraciones es evitar que esas aguas se incorporen al sistema natural del río Ramadillas (tanto al sistema acuífero como a las aguas superficiales), capturando todas las aguas de contacto en el área intervenida por el depósito (Subcuenca de la Quebrada La Brea, inmediatamente aguas abajo del depósito).

Para el seguimiento de la efectividad del sistema se ha implementado una red de monitoreo de parámetros hidroquímico (ver **Figuras N°10 y N°11**). También se han efectuado mediciones de isótopos del agua, con el objetivo de evaluar en las aguas capturadas el porcentaje de aguas que son de contacto y las que son aguas naturales (sobre las cuales se tendría que poseer derechos de aprovechamiento).





**Figura N°11:** Puntos de control hidroquímico de las aguas superficiales en Quebrada La Brea, aguas abajo del depósito de Lamas y en la confluencia con el río Ramadillas.

### 3.4 PLAN DE MONITOREO ROBUSTO

En el Plan de Monitoreo Robusto del Recurso Hídrico (Abril 2015), en lo relacionado con la Calidad en el sector del Depósito de Lamas, contempla la infraestructura de monitoreo, Alerta Temprana, y Remediación que se presenta en **Tablas N°1 y N°2** siguientes:

**Tabla N°1:** Monitoreo Aguas Subterráneas, Depósito de Lamas

Punto Monitoreo			Objetivo de la Medición	Coordenadas UTM (PSAD 56)	
Código Original		Código Actual		Norte	Este
WE-RM-3 (3)	WE-01 (6)	PoOb WE-01	Observación Aguas arriba Qda. La Brea en Cuenca río Ramadillas	6.887.032	437.238
TRM-1 (1)	PMB-1	PoMN B-4	Observación línea base Multinivel	6.888.973	441.713
TRM-2 (1)	BRW-01 (4)	PoAT BRW-01	Alerta Temprana y Remediación	6.887.580	437.070
	BRW-02 (4)	PoAT BRW-02	Alerta Temprana y Remediación	6.887.550	437.110
Multinivel		PoMN B-5	Análisis desviaciones	6.887.556	437.120
PBB-01 (5)		PoRe PBB-01	Remediación	6.887.579	437.021
POB-08B (5)		PoRe POB-08B	Remediación	6.887.522	437.035
POB-07A (5)		PoRe POB-07A	Remediación	6.887.419	436.967
<b>PBB-07 (5)</b>		<b>PoEf PBB-07</b>	<b>Eficiencia Remediación</b>	<b>6.887.451</b>	<b>436.938</b>

Punto Monitoreo		Objetivo de la Medición	Coordenadas UTM (PSAD 56)	
Código Original	Código Actual		Norte	Este
POB-06B (5)	PoEf POB-06B	Eficiencia Remediación	6.887.479	436.550
Multinivel	PoMN B-6	Análisis Eficiencia Remediación	6.887.419	436.918
WE-RM-2 (3)	WE-02 (6)	PoEf WE-02	6.889.545	433.216
		Análisis Eficiencia Remediación Dep. Lamas en Cuenca río Ramadillas aguas abajo Qda. La Brea y aguas arriba Relleno Sanitario		

(1) EIA Adenda 3 Anexo 28 Plan de Monitoreo Asociado al Recurso Hídrico, Rev 0 Octubre 2009, Figura 2.1: Puntos de monitoreo en Línea.

(2) Estudios Hidrogeológicos Complementarios Control Infiltraciones Depósitos de Arenas Quebrada Caserones, SRK Enero 2011

(3) Compromisos, Acciones y Aclaraciones Complementarias EIA Proyecto Caserones, Anexo carta MLCC 01/2010 a COREMA III Región

(4) Solicitud Cambio punto de captación desde pozo WE-01 (05/07/2011)

(5) Estudios Hidrogeológicos Complementarios Control Infiltraciones Depósitos de Lamas Quebrada La Brea, SRK Enero 2011

(6) ANEXO VI-4 EIA MODELO HIDROGEOLOGICO, SITAC Octubre 2008

**Tabla N°2: Monitoreo Aguas Superficiales, Depósito de Lamas**

Punto de Monitoreo	Representatividad	Coordenadas UTM (*)	
		Norte	Este
IP-B	Quebrada B	6.890.553	440.119
IP-D1	Quebrada D1	6.889.813	439.485
IP-D2	Quebrada D2	6.890.069	438.412
Descarga Norte	Descarga desde quebradas B, D1 y D2	6.889.224	437.836
IP-C	Quebrada C	6.888.646	441.382
IP-A1	Quebrada A1	6.887.175	440.443
IP-A2	Quebrada A2	6.886.339	439.545
Descarga Sur	Descarga desde quebradas C, A1 y A2	6.885.849	438.828
LM-10	Río Ramadillas, antes confluencia Quebrada La Brea	6.886.630**	437.059**
LM-27	Río Ramadillas, después confluencia Quebrada La Brea	6.887.160**	435.876**

Los pozos BRW-01 y BRW-02 corresponden a los de Alerta Temprana.

Los pozos PBB-07, POB-06B y WE-02, están diseñados para verificar la efectividad de las medidas de remediación.



### 3.5 UMBRALES DE REFERENCIA MÁXIMOS

Si las desviaciones alcanzan umbrales predeterminados, denominados Umbrales de Referencia Máxima (URM), se gatillan medidas de remediación para el control y remediación de una eventual fuga de aguas desde el Depósito.

Activación de Plan de Remediación: corresponde a una situación en la que, se producen las cualquiera de las siguientes situaciones:

- pH sobrepasa el URM
- SDT sobrepasa el URM
- Conductividad eléctrica sobrepasa el URM
- Cu sobrepasa el URM
- Sulfato sobrepasa el URM
- Fe y SDT sobrepasan el URM
- 3 elementos de la norma NCh 1333 sobrepasan el URM, en los pozos de alerta temprana de una zona.

El Plan de Remediación se activará poniendo en marcha los pozos de remediación, asegurando la extracción del caudal pasante del acuífero.

La activación de esos pozos tiene por objetivo extraer el agua subterránea alterada proveniente desde las fugas de agua del depósito, por lo que la configuración de pozos será la que permita cumplir con este propósito (en enero 2016 se activaron los pozos de recuperación PRLB-1 al 9 y desde agosto 2017 se activaron los pozos de recuperación PRLB-10 al 14.).

Los pozos BRW-01 y BRW-02 corresponden a los pozos de Alerta Temprana. El pozo BRW-01 entró directamente a la etapa de Remediación en noviembre de 2014 (de acuerdo a mediciones de parámetros SDT, CE y SO<sub>4</sub>), etapa en la que se ha mantenido hasta la actualidad. El pozo BRW-02 se encuentra en etapa de Remediación desde noviembre de 2014 y hasta el presente (de acuerdo a mediciones de SDT, CE y SO<sub>4</sub>). Entonces, desde noviembre de 2014 y hasta la actualidad este sector se ha mantenido en etapa de Remediación (Etapa REM).

**Tabla N°2:** Umbrales de Referencia Máxima en Quebrada La Brea

Elemento	Unidad	BRW-01	BRW-02
aluminio	mg/l	0,20	0,49
arsénico	mg/l	0,006*	0,01
bario	mg/l	0,05	0,05
berilio	mg/l	0,01*	0,01*
boro	mg/l	0,12	0,10
cadmio	mg/l	0,002	0,002
cianuro	mg/l	0,05*	0,05*
cloruro	mg/l	38,74	33,93
cobalto	mg/l	0,01*	0,01*
cobre	mg/l	0,06	0,03
cromo	mg/l	0,04	0,05
fluoruro	mg/l	0,81	0,98
hierro	mg/l	18,97	34,58
litio	mg/l	0,07	0,04
manganeso	mg/l	0,82	0,40
mercurio	mg/l	0,001*	0,001*
molibdeno	mg/l	0,01*	0,01*
níquel	mg/l	0,01*	0,01*
plata	mg/l	0,01*	0,01*
plomo	mg/l	0,003*	0,003*
selenio	mg/l	0,004*	0,004*
sodio porcentual	%	30,15	23,88
sulfato	mg/l	412,21	450,11
vanadio	mg/l	0,04	0,04
zinc	mg/l	0,28	3,42
pH		7,20 - 8,21	7,20 - 8,00
alcalinidad total	mg/l	162,78	179,68
CE	umho/cm	948	952
SDT	mg/l	850	838

*\*Corresponde al límite de detección*

## **4. ANÁLISIS DE EFECTOS DEL HECHO INFRACCIONAL**

### **4.1 Hecho Infraccional:**

Construcción de la zanja cortafuga, ubicada aguas abajo del Depósito de Lamas, sin cumplir con las condiciones constructivas establecidas durante la evaluación ambiental, al haberla habilitado solo en el relleno aluvial y sin contar con las inyecciones de lechada de cemento que debían alcanzar la roca de baja permeabilidad.

### **4.2 Efectos Identificados:**

No haber construido la zanja cortafuga de acuerdo con las condiciones constructivas establecidas durante la evaluación ambiental, pudo haber producido un permanente traspaso de aguas infiltradas del Depósito de Lamas hacia aguas abajo.

Según la SMA, ese traspaso de aguas infiltradas (fugas de agua desde el depósito) ha producido los siguientes efectos:

#### **Efecto 1:**

Alteración hidroquímica en el sistema acuífero que subyace al depósito de Lamas, superando los umbrales máximos de referencia en los parámetros indicativos fijados en el Plan de Monitoreo Robusto - Calidad

#### **Efecto 2:**

Avance de las aguas infiltradas a través de la zona acuífera hacia el medio acuífero del río Ramadillas generando, desde la entrada en operación de la Planta Concentradora, una alteración del medio acuífero de la cuenca del río Ramadillas, con ocasión de la operación del Depósito de Lamas. Este efecto se basaría en la evolución en el tiempo de los parámetros Conductividad Eléctrica (CE) y Concentración de Sulfatos ( $\text{SO}_4$ ) medidos en el pozo POB-06B.

#### **Efecto 3:**

Alteración hidroquímica en las aguas superficiales del río Ramadillas. Este efecto se basaría en datos de Conductividad Eléctrica (CE) medidos en las estaciones LM-5 y LM-27, y al compararlos con los medidos en LM-10 y LM-25.

**Efecto 4:**

Los efectos anteriores (alteración en la calidad de las aguas producido por las fugas de aguas del depósito La Brea) no estarían siendo remediados de la manera más eficiente por la batería de pozos dispuestos para ese fin.

**4.3 Análisis de los Efectos:****Efecto 1:**

En **Figuras N°12 a N°15** se presentan mediciones de parámetros hidroquímicos de referencia, en las aguas de los pozos BRW-1 y BRW-2, y se comparan con los Umbrales de Referencia Máximos (URM). Se observa que las mediciones superan esos umbrales desde aproximadamente Noviembre/Diciembre 2014 y hasta el último mes con mediciones.

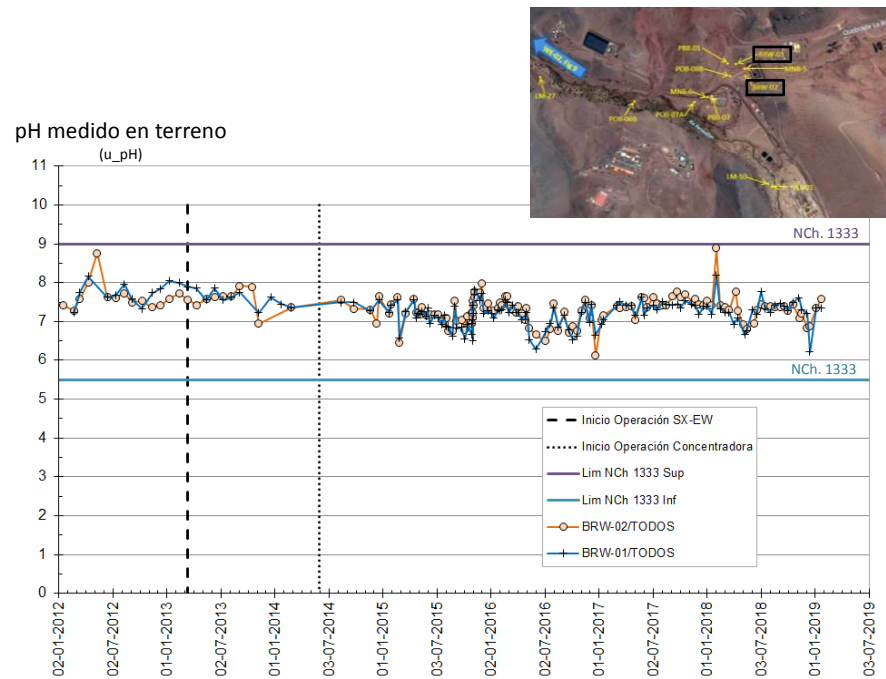
En consecuencia, a partir de esa fecha (Nov/Dic 2014) se activaron las medidas de Remediación, para extraer el caudal pasante de aguas de contacto.

Se observa además en las figuras que, aproximadamente desde Octubre 2017, las concentraciones de los parámetros indicadores comienzan a disminuir. En consecuencia, las medidas de remediación activadas comienzan a entregar resultados efectivos. Desde aproximadamente agosto 2017 el sistema de los pozos PRLB10 al 14 capturan más del 70% del total extraído en la subcuenca.

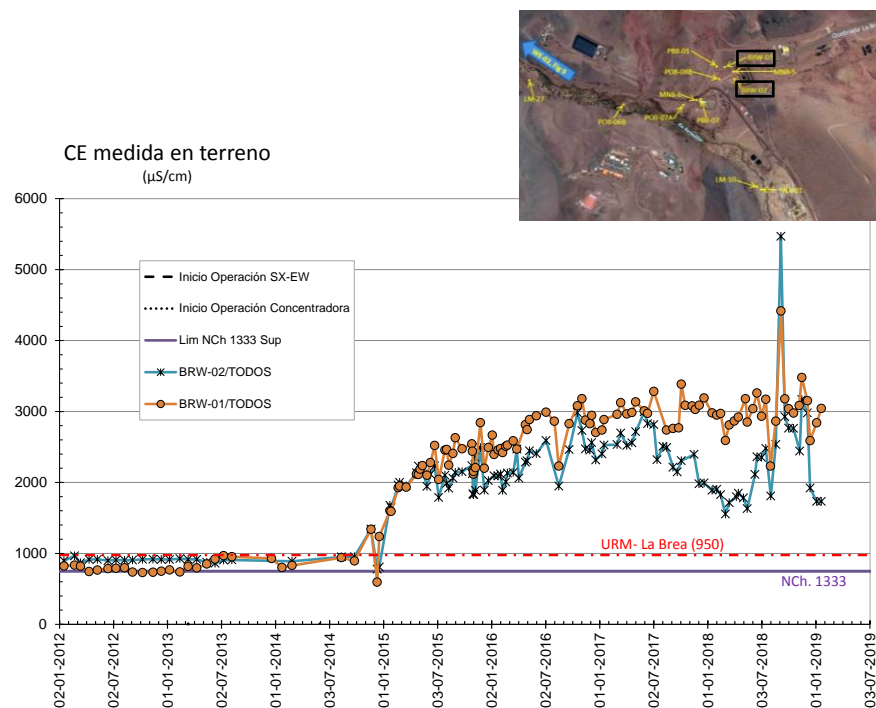
No obstante, a partir de septiembre 2018 se observa un cambio en la tendencia, incrementándose las concentraciones. Ese cambio se origina en la detención de 8 pozos de bombeo (según información entregada por MLCC, los pozos detenidos corresponden a PBB-01, PRLB-2, PRLB-7, PRLB-8, PRLB-9, PRLB-10, PRLB-11 y PRLB-12). Al reanudar su operación (bombeos), la tendencia se invierte y vuelven a disminuir las concentraciones.

Con lo anterior, si bien se origina en un hecho no deseado, se observa que las medidas de remediación y de recuperación de las aguas de contacto activadas, entregan resultados efectivos. A enero 2019 aún no alcanzan los umbrales de referencia, por lo que siguen activas las medidas de remediación.

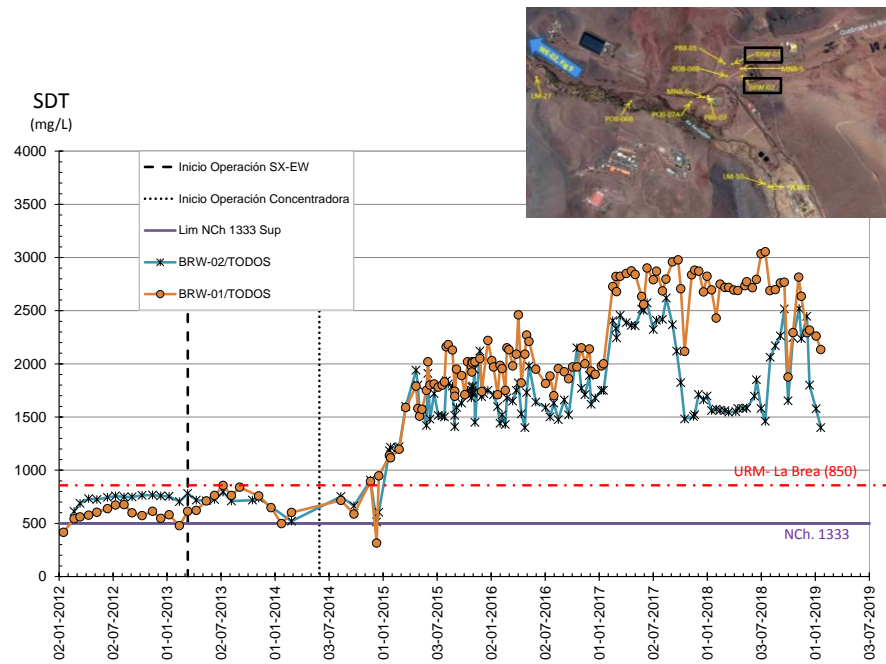




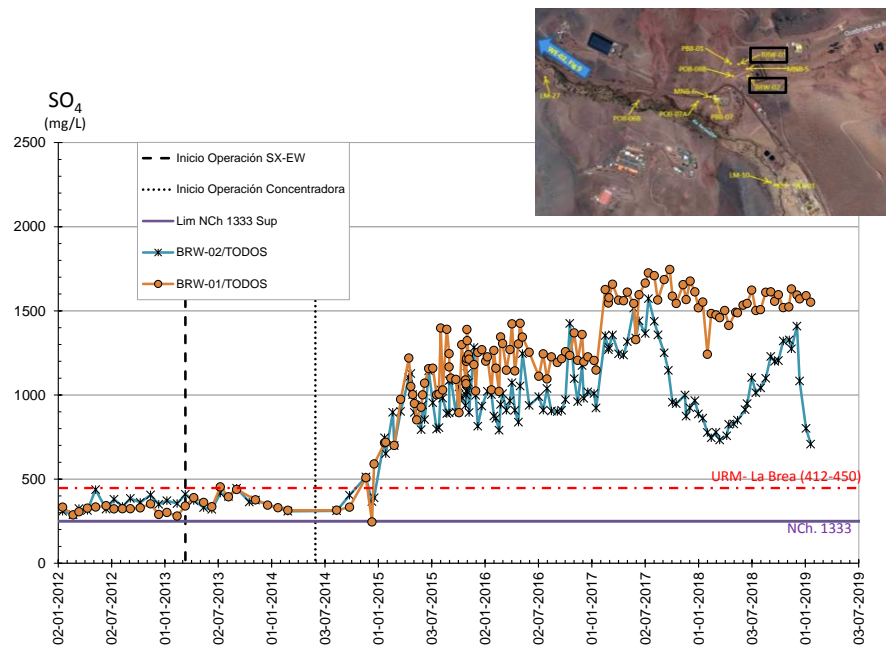
**Figura N°12:** pH medido en las aguas de los pozos BRW-1 y BRW-2. Fuente: Base de datos de MLCC Caserones



**Figura N°13:** Conductividad Eléctrica (CE) medida en terreno en las aguas de los pozos BRW-1 y BRW-2. Fuente: Base de datos de MLCC Caserones



**Figura N°14:** Concentración de Sólidos Totales Disueltos (SDT) medida en las aguas de los pozos BRW-1 y BRW-2. Fuente: Base de datos de MLCC Caserones



**Figura N°15:** Concentración de Sulfatos (SO<sub>4</sub>) medida en las aguas de los pozos BRW-1 y BRW-2. Fuente: Base de datos de MLCC Caserones

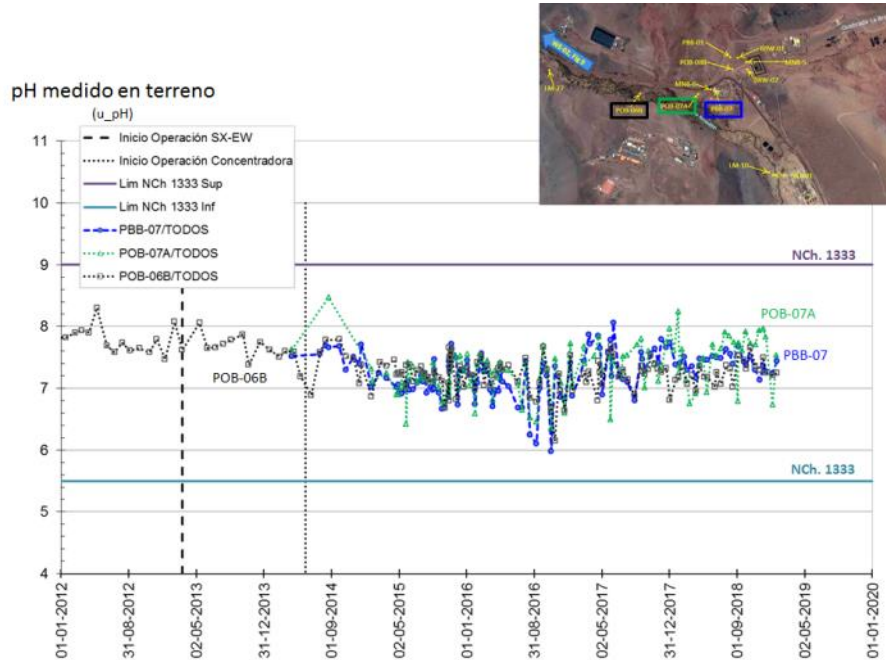
## Efecto 2:

Con el objetivo de verificar si las fugas de aguas contactadas del depósito de lamas alcanzan al el sistema acuífero en el sector del río Ramadillas, se grafican las mediciones históricas efectuadas en las aguas de los pozos próximos a la descarga del sistema acuífero de La Brea hacia el sistema Ramadillas.

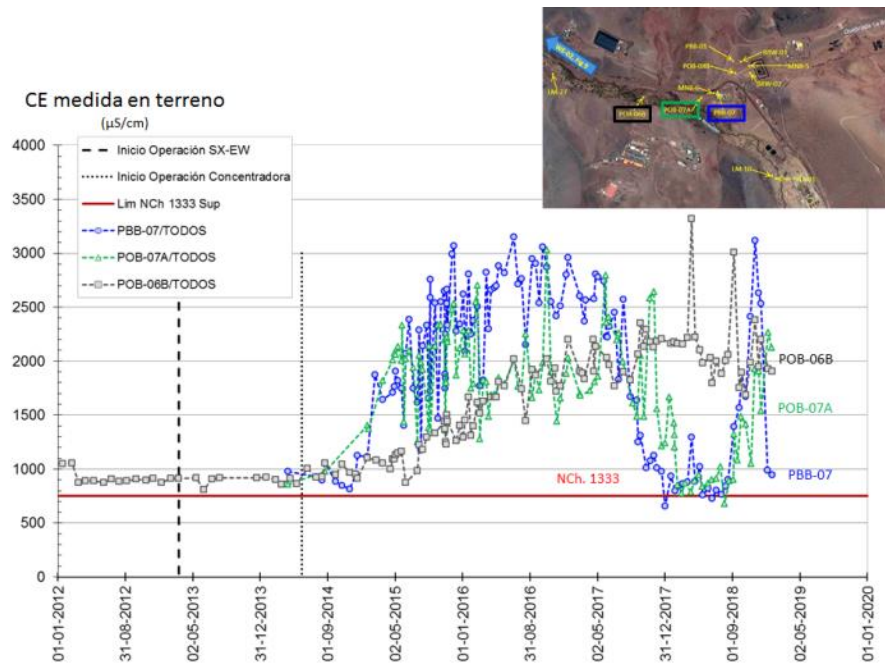
Los pozos existentes en el sector, con mediciones hidroquímicas y en la dirección del flujo subterráneo natural, son: PBB-07, POB-07A y POB-06B. Las mediciones de parámetros indicadores en las aguas de ellos, se presentan en las **Figura N°16 a N°19**. Se observa:

- Existe un período en el cual las fugas de agua desde el Depósito alcanzan el sector de descarga de las aguas de la subcuenca hacia el sistema Ramadillas. Los pozos que muestran un efecto más temprano y con mayor intensidad, son los pozos PBB-07 y POB-07A, ambos ubicados en el sector final de la subcuenca (**Figuras N°17, 18 y 19**).
- Las medidas de remediación implementadas por MLCC Caserones también tienen una mayor efectividad y rapidez en los pozos PBB-07 y POB-07A. Dichas medidas han logrado interceptar las fugas de agua desde el Depósito, logrando que, a Junio 2018, las concentraciones de los parámetros indicadores seleccionados alcancen valores próximos a sus líneas de base, mostrando que se han interceptado prácticamente todas las fugas de aguas contactadas desde el Depósito.
- La detención de 8 pozos PRLB (de Recuperación) afecta las concentraciones de los parámetros indicadores, incrementándolas, hasta comienzos de diciembre 2018. Al reanudarse el bombeo, comienzan nuevamente a descender. Este problema operativo, si bien no es deseado, permite demostrar que las medidas implementadas (remediación y recuperación de las aguas de contacto) logran interceptar prácticamente todas las fugas de aguas contactadas del Depósito.
- Las aguas del pozo POB-06B se comportan en forma diferente a los 2 descritos anteriores. Este pozo se ubica en el sistema del río Ramadillas y recibe aportes subterráneos desde La Brea y desde el Ramadillas mismo.
- En términos generales, las aguas de POB-06B muestran un aumento en las concentraciones de los parámetros indicadores en el período que se observan incrementos en los 2 pozos ubicados en el sector terminal de La Brea (POB-07A y PBB-07), lo cual permitiría deducir que recibió aguas provenientes desde el Depósito. No obstante, el tiempo desde el cual comenzó a sentir ese efecto el

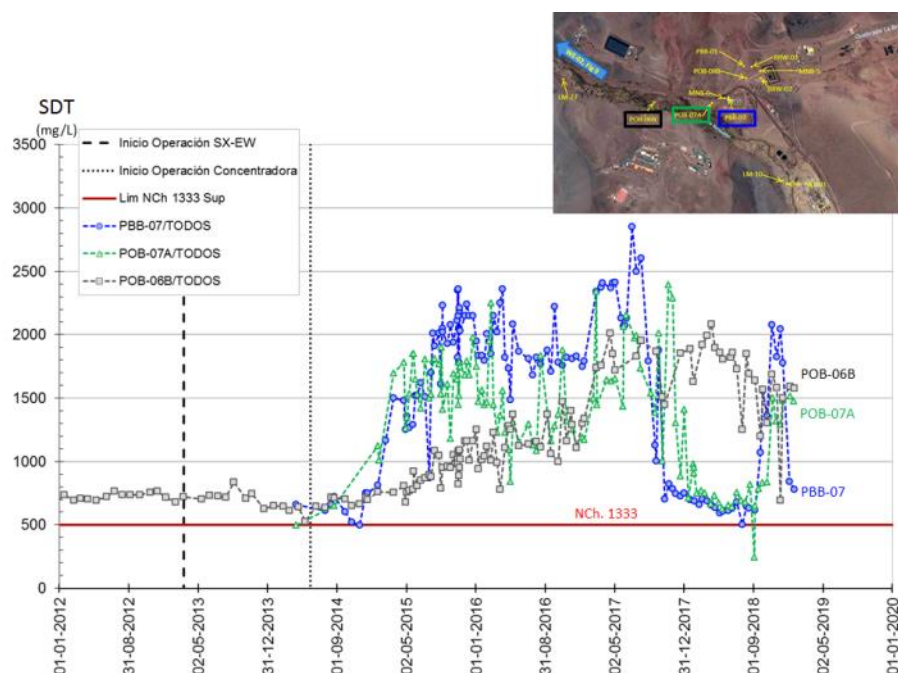
POB-06B fue posterior al de los otros dos (POB-07A y PBB-07) y su velocidad de incremento en las concentraciones fue mucho más lenta, al igual que su recuperación.



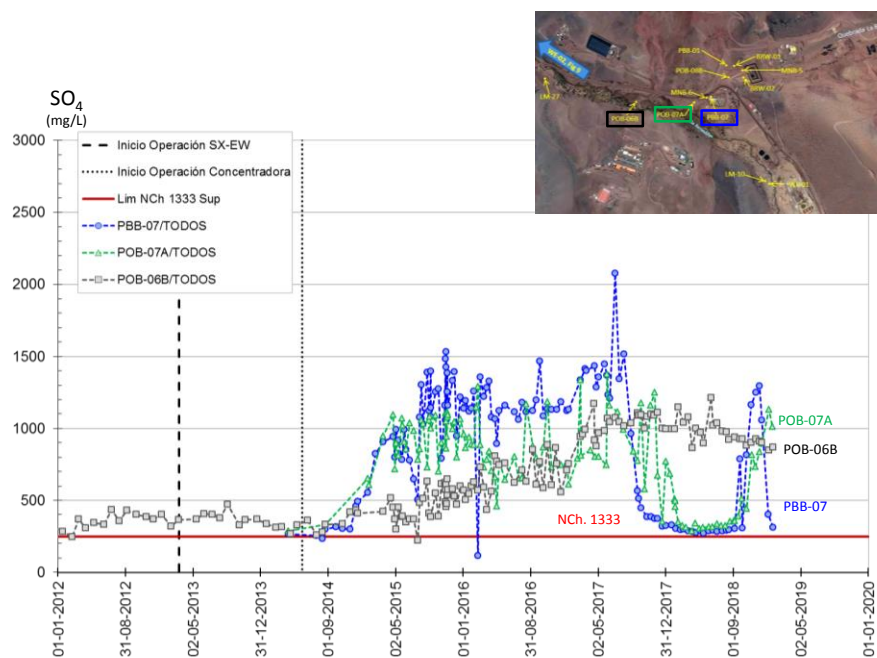
**Figura N°16:** pH medido en las aguas de los pozos PBB-07, POB-07A y POB-06B. Fuente: Base de datos de MLCC Caserones



**Figura N°17:** Conductividad Eléctrica (CE) medida en las aguas de los pozos PBB-07, POB-07A y POB-06B. Fuente: Base de datos de MLCC Caserones



**Figura N°18:** Concentración de Sólidos Totales Disueltos en las aguas de los pozos PBB-07, POB-07A y POB-06B. Fuente: Base de datos de MLCC Caserones



**Figura N°19:** Concentración de Sulfatos (SO<sub>4</sub>) medida en las aguas de los pozos PBB-07, POB-07A y POB-06B. Fuente: Base de datos de MLCC Caserones



### Efecto 3:

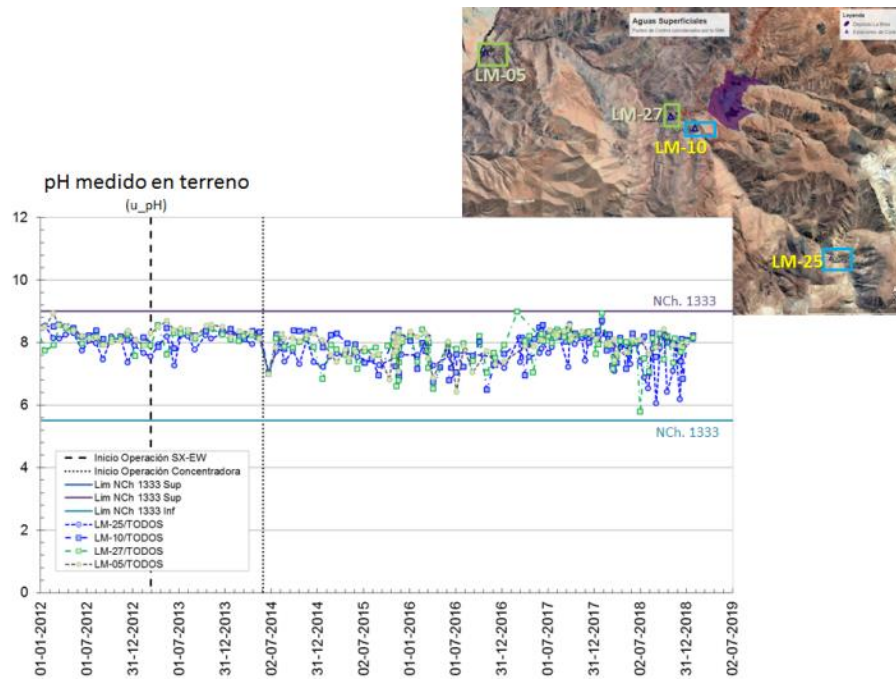
El efecto de alteración hidroquímica en las aguas superficiales del río Ramadillas se basa en datos de Conductividad Eléctrica (CE) medidos en las estaciones LM-5 y LM-27, comparándolos con los medidos en LM-10 y LM-25.

Con el objetivo de evaluar el efecto señalado, en **Figuras N°20 y N°21(a)** se comparan las mediciones de terreno efectuadas en esas estaciones (pH y CE, mediciones de terreno). Se observa que la CE en LM-25 es siempre menor al de las otras estaciones, incluso en Línea de Base, por lo cual no es el mejor punto para basar el análisis.

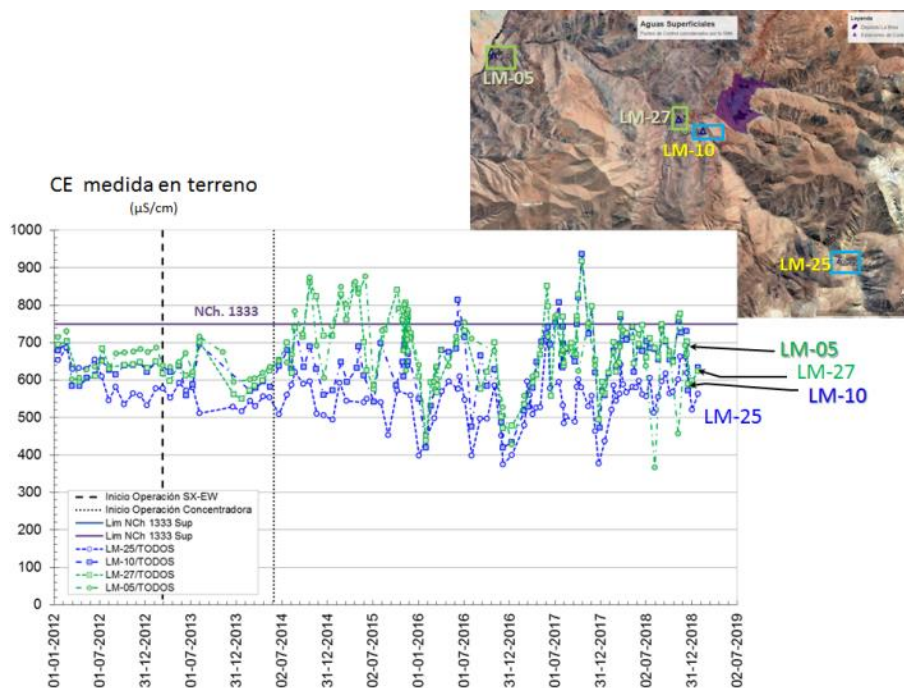
Adicionalmente, se observa que la estación LM-05 está muy distante, por lo que podrían existir otros efectos diferentes a los que se desea identificar. En consecuencia, se estima que esta estación tampoco es el mejor punto para basar el análisis.

Ahora bien, considerando en el análisis sólo las estaciones LM-10 (ubicada antes de la descarga de la subcuenca La Brea) y LM-27 (ubicada inmediatamente aguas abajo de La Brea), se obtienen las comparaciones que se presentan en **Figuras N°21(b) a N°23**. Se observa:

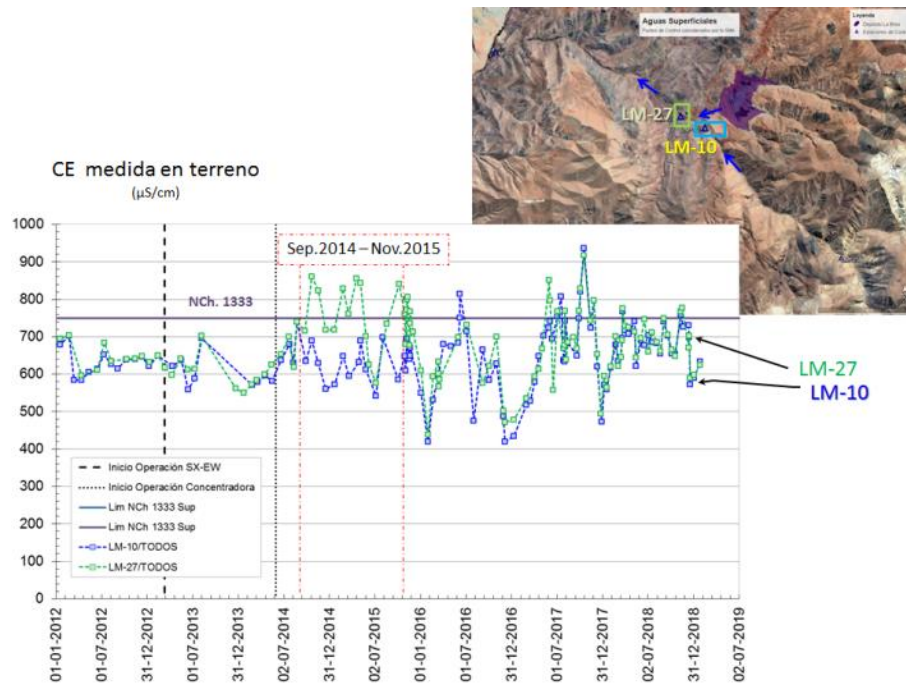
- En **Figura N°21(b)** se observa que efectivamente hay un período en el cual las aguas en la estación LM-27 presentan una CE mayor que en LM-10. Pero es un período acotado: Septiembre 2014 a Noviembre 2015. Se recuerda que el parámetro Conductividad Eléctrica es sólo un parámetro indicador; no normado en las NCh.
- Considerando lo anterior, en **Figura N°22** se grafican los Sólidos Totales Disueltos. En ella puede ser identificada una influencia de la quebrada La Brea en el río Ramadillas, en el período de Septiembre 2014 hasta Noviembre 2015. Después no hay efectos. No obstante, las concentraciones se mantienen en el entorno de su Línea de Base (fechas previas a la entrada en operación de la Planta Concentradora).
- En **Figura N°23** también podría ser identificada una influencia de la quebrada La Brea en el río Ramadillas, en concentración de Sulfatos, en el período de Septiembre 2014 hasta Marzo 2015. Después no hay efectos. Cabe señalar que en todo el período incluido en el análisis, las concentraciones de Sulfatos son menores a la normativa de distribución de agua potable (NCh 409); es decir, en todo el período son aguas de buena calidad (considerando al Sulfato como parámetro indicador de ello).



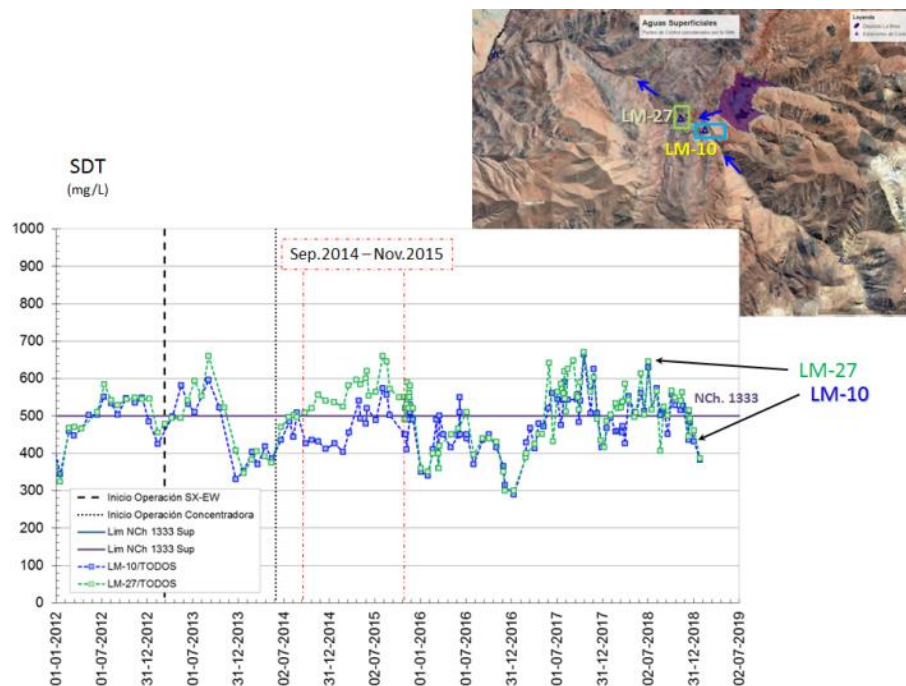
**Figura N°20:** pH medido en terreno, en las estaciones de aguas superficiales del río Ramadillas LM-25, LM-10, LM-27 y LM-05. Fuente: Base de datos de MLCC Caserones



**Figura N°21(a):** Conductividad Eléctrica (CE) medida en terreno, en las estaciones de aguas superficiales del río Ramadillas LM-25, LM-10, LM-27 y LM-05. Fuente: Base de datos de MLCC Caserones

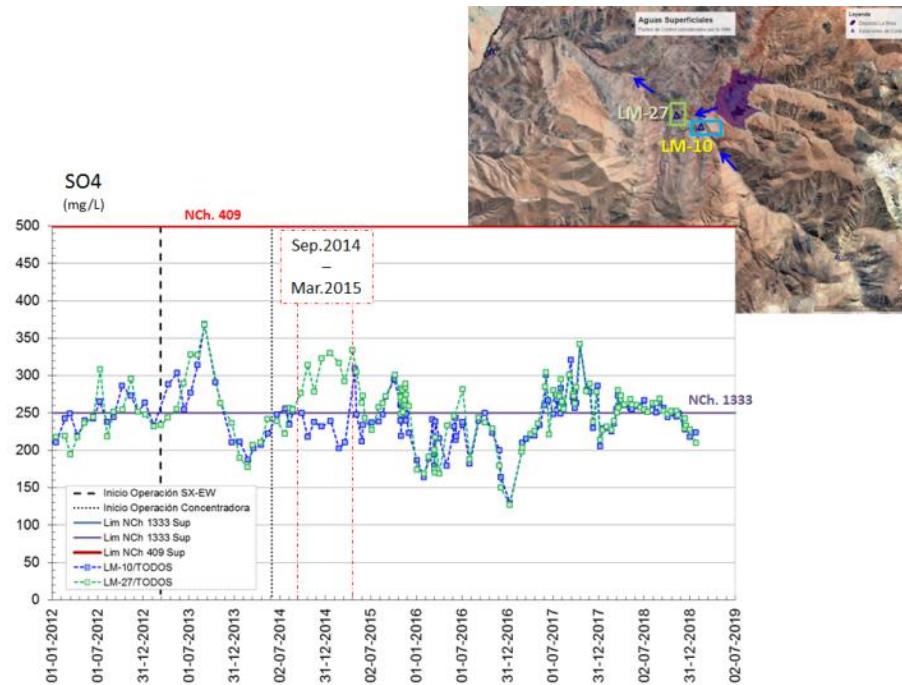


**Figura N°21(b):** Conductividad Eléctrica (CE) medida en terreno, en las estaciones de aguas superficiales del río Ramadillas LM-10 y LM-27. Fuente: Base de datos de MLCC Caserones



**Figura N°22:** Sólidos Disueltos Totales (SDT, mg/L) medidos en las estaciones de aguas superficiales del río Ramadillas LM-10 y LM-27. Fuente: Base de datos de MLCC Caserones





**Figura N°23:** Concentración de Sulfatos ( $\text{SO}_4$ , mg/L) medidos en las estaciones de aguas superficiales del río Ramadillas LM-10 y LM-27. Fuente: Base de datos de MLCC Caserones

#### Efecto 4:

La alteración en la calidad de las aguas producida por las fugas de aguas del depósito La Brea podría deberse a que éstas no estarían siendo contenidas de la manera más eficiente por la batería de pozos dispuestos para ese fin.

Al respecto cabe señalar que las medidas implementadas por MLCC Caserones han logrado capturar prácticamente la totalidad del flujo de aguas de contacto que escapan del depósito de lamas. Ello queda demostrado en las Figuras anteriores, especialmente en **Figuras N°18 y N°19**, donde se observa que los Sólidos Totales Disueltos y la concentración de Sulfatos en las aguas de los pozos ubicados en el sector de salida de la subcuenca La Brea, están disminuyendo y están alcanzando las concentraciones que presentaban en su condición de Línea de Base.

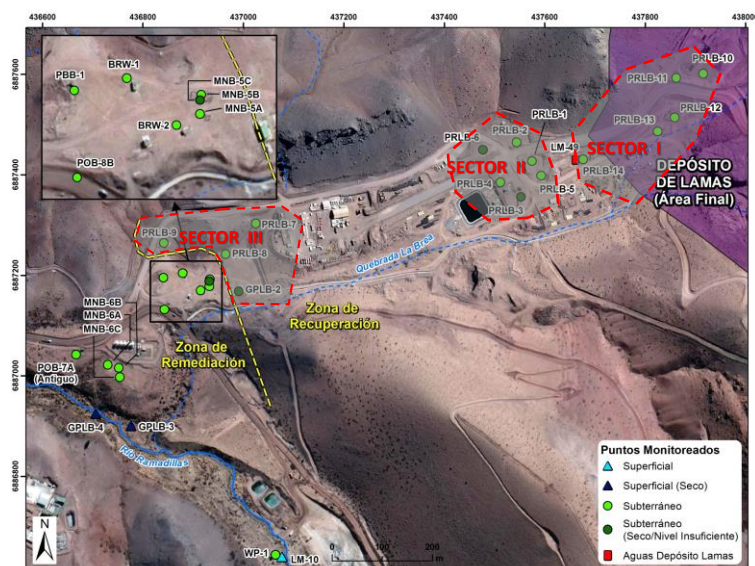
La batería de pozos de bombeo que ha instalado MLCC para lograr el efecto de captura total de las fugas de agua del depósito se presentan en **Figuras N°6** (ubicación de los pozos de bombeo) y **N°9** (funcionamiento de captura de las aguas de contacto y de control de las infiltraciones desde el Depósito de Lamas “La Brea”).

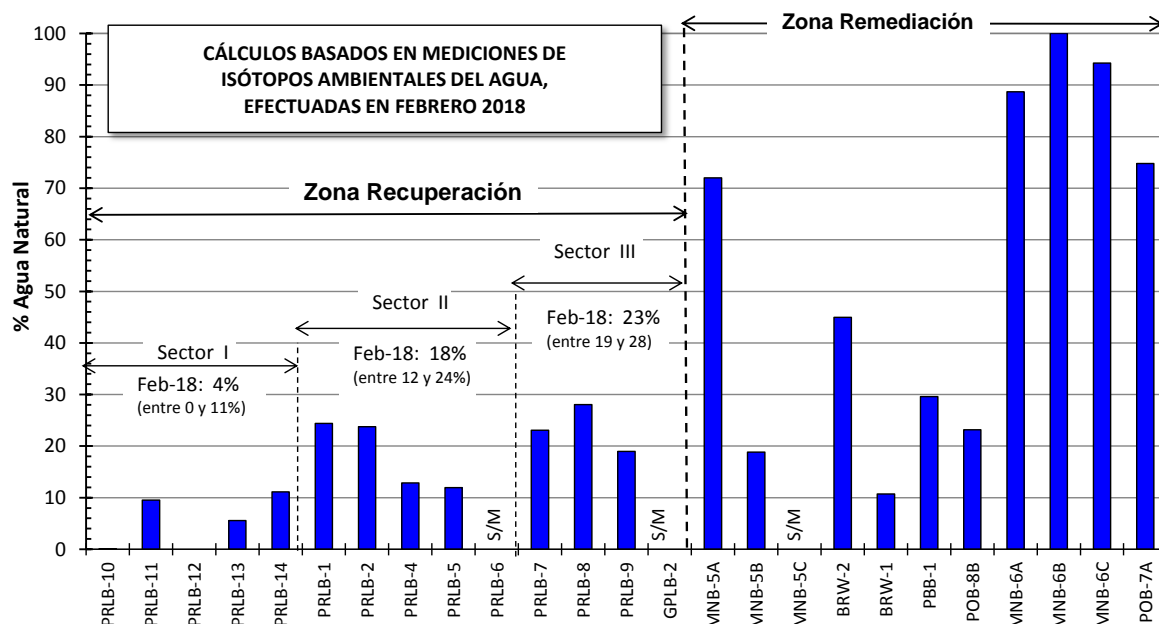
El sistema implementado funciona y logra su objetivo. Basado en mediciones con isótopos del agua (Oxígeno-18 y Deuterio) se ha determinado preliminarmente que los actuales pozos de bombeo capturan mayoritariamente aguas de contacto provenientes del Depósito (ver **Tabla N°3 y Figura N°24**).

Se observa además que los nuevos pozos ubicados al pie del muro del depósito de lamas, PRLB-10 a 14, y que comenzaron su operación a mediados del año 2017, del total de las aguas extraídas por ellos, el 96% corresponde a aguas de contacto provenientes de fugas del Depósito (**Tabla N°3, Sector I**).

**Tabla N°3:** Porcentajes de agua natural (no afectada por el depósito) presente en los pozos monitoreados en Febrero 2018, utilizando isótopos del agua. Fuente: GP Consultores, 2018.

ID		%Agua Natural feb-18	Promedio en Sector Acuífero
Sector I	PRLB-10	0	4
	PRLB-11	10	
	PRLB-12	0	
	PRLB-13	6	
	PRLB-14	11	
Sector II	PRLB-1	24	18
	PRLB-2	24	
	PRLB-4	13	
	PRLB-5	12	
	PRLB-6		
Sector III	PRLB-7	23	23
	PRLB-8	28	
	PRLB-9	19	
	GPLB-2		
Sector Remediación	MNB-5A	72	56
	MNB-5B	19	
	MNB-5C		
	BRW-2	45	
	BRW-1	11	
	PBB-1	30	
	POB-8B	23	
	MNB-6A	89	
	MNB-6B	100	
	MNB-6C	94	
	POB-7A	75	





**Figura N°24:** Porcentaje de agua natural en Zonas de Recuperación y de Remediación, calculado utilizando  $\delta^{18}\text{O}$ . Fuente: GP Consultores, 2018.

## 5. REFERENCIAS

Arcadis, 2018. Modelo de Infiltraciones Depósito de Lamas, quebrada La Brea. Proyecto Caserones. s.l.:s.n.

Golder (2018). Modelo Hidrogeológico Conceptual Quebrada La Brea. 189 215 3026-IT001\_Rev.3

GP Consultores Ltda. (2018). Diferenciación de Aguas Bajo Depósito de Lamas, Proyecto Caserones: Análisis con Isótopos Ambientales Estables del Agua. GP-INF-S-575, Rev.P.

## 6. APÉNDICES

**APÉNDICE A:** Base de Datos MLCC Caserones. En formato digital