

## **MINUTA TÉCNICA N°6, Rev. P**

### **ACLARACIONES EN NUMERAL 3.6 – CONSIDERANDOS 20 y 21**

**Diciembre 2020**

**GP Consultores Ltda.**®  
Recursos Hídricos y Medio Ambiente



## MINUTA TÉCNICA N°6

### ACLARACIONES EN NUMERAL 3.6 – CONSIDERANDOS 20 y 21

---

En relación a las objeciones al PDC de MLCC, presentadas el 27 de noviembre de 2020 por APECO y las Comunidades de Aguas Subterráneas N°1, N°2 y N°3 (CAS 123), a continuación, presentamos las siguientes aclaraciones respecto del análisis de disponibilidad presentado por MLCC en respuesta a los Considerandos 20 y 21 de la Res. Ex. N°10/Rol D-018-2019, que se encuentra en el informe “Efectos del bombeo de los pozos de remediación/recuperación, en la disponibilidad de recursos hídricos en los sistemas Ramadillas y Pulido” (en adelante, el informe)<sup>1</sup>:

**Objeción de APECO – CAS 123.** En lo principal, se objeta la respuesta al Considerando 20 de la Res. Ex. N°10/Rol D-018-2019, respecto al análisis de efectos en lo que se refiere al caudal de aguas superficiales del río Ramadillas, según si este pudiera haberse influenciado por la operación de los pozos de remediación/recuperación en quebrada La Brea (19 pozos), en base a una eventual condición ganadora/perdedora del río. La SMA solicita tener en consideración el análisis de comportamiento del caudal en los puntos aguas arriba y abajo de la confluencia “La Brea/Ramadillas”, en los períodos con y sin operación de la barrera de remediación (diferenciando períodos donde sólo operaron los pozos de remediación, del período de operación conjunto de los 19 pozos).

APECO – CAS 123 Textualmente especifica:

*Sobre la respuesta entregada, cabe precisar que en el Anexo 3, se entregan los mismos análisis considerados en el Anexo 2.2 del PdCR, y analizados en detalle en nuestros comentarios presentados en el punto 3.4 de este documento.*

*Es posible añadir a dicha argumentación que, contrario a lo que indica SCM MLCC y respecto a lo solicitado por la SMA, en dicho análisis denominado “Efectos del bombeo de los pozos de remediación/recuperación en la disponibilidad de recursos hídricos en los sistemas Ramadillas/Pulido”, no se evidencia la presentación del análisis de comportamiento aguas arriba y aguas abajo de la confluencia La Brea/Ramadillas, como tampoco se presenta el análisis diferenciado del efecto de la operación de los pozos de remediación y los 19 pozos en conjunto.*

*Así, y considerando la total ausencia de análisis matemáticos y cuantitativos que descartasen la inexistencia de efectos negativos en el sistema acuífero río, y la ausencia de los análisis a los puntos solicitados expresamente por la SMA señalados en el párrafo anterior, queda claro que SCM MLCC no da cumplimiento a la observación emitida por la SMA.*

---

<sup>1</sup> Anexos 2.2 y 3.3. Efectos del bombeo de los pozos de remediación/recuperación, en la disponibilidad de recursos hídricos en los sistemas Ramadillas y Pulido, Ver. 0, GP Consultores Ltda., septiembre 2020.

## Respuesta:

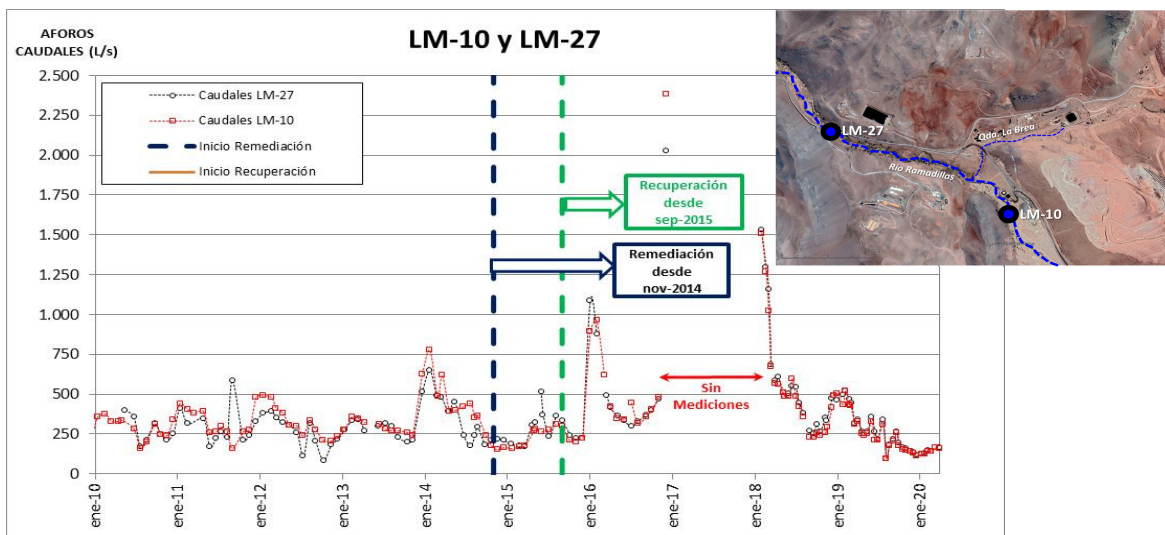
A continuación, se complementará el informe GP-INF-S-645 Rev.4<sup>2</sup>, que responde en su punto 5.3.1 lo solicitado por la SMA en el Considerando 20 de la Res. Ex. N°10/Rol D-018-2019. No se referirá al Considerando 21, pues APECO - CAS 123 no realiza observaciones al respecto.

En primer lugar, se repite análisis comparativo realizado en confluencia La Brea/Ramadillas citando punto 5.3.1 del informe GP-INF-S-645 Rev.4, ya que atiende exactamente a lo solicitado por APECO – CAS 123.

### ♦ Sector Descarga de Quebrada La Brea al Río Ramadillas (estaciones LM-10 y LM-27)

Las estaciones LM-10 y LM-27 se encuentran por el río Ramadillas, en el sector de confluencia con la quebrada La Brea, distanciadas por 1400 m (ver **Figura N°5.4**). La estación LM-10 se sitúa aguas arriba de la confluencia con quebrada La Brea, y aguas abajo de la descarga del canal de contorno del Depósito de Lamas. La estación LM-27 está aguas abajo de la afluencia de la quebrada La Brea al río Ramadillas.

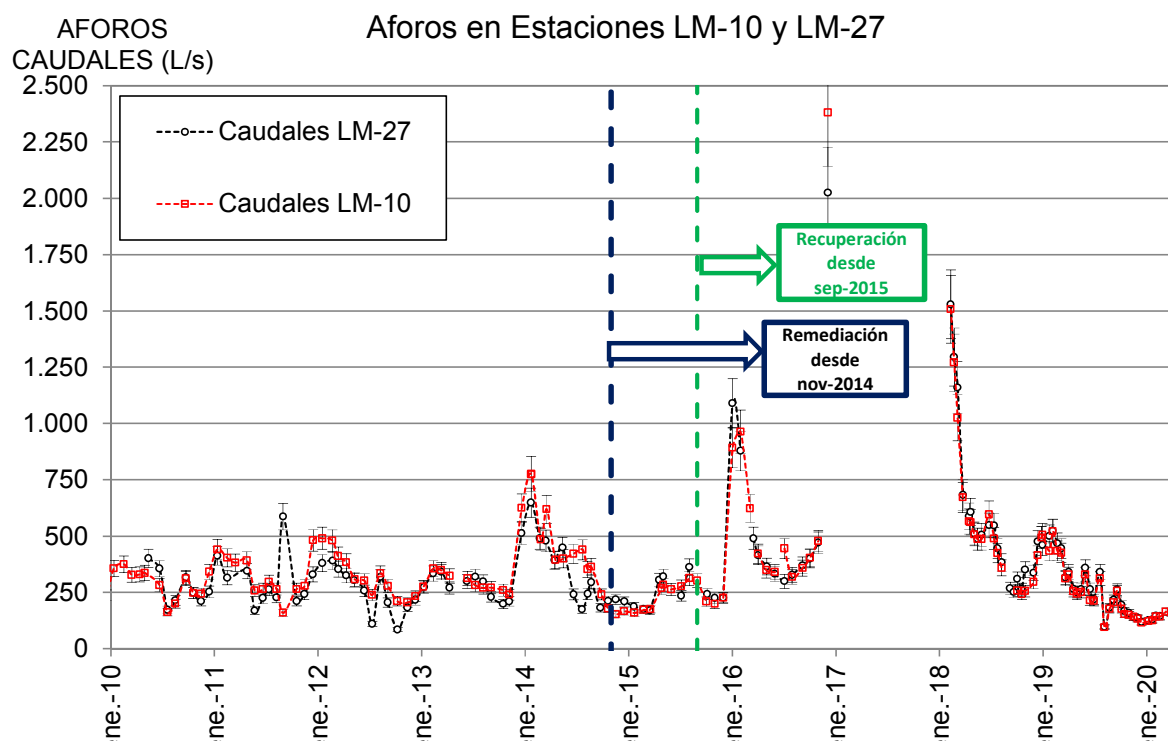
En **Figura N°5.4** se comparan los caudales de ambas estaciones, observándose una similitud entre ambas mediciones. Las fechas de medición no siempre son simultáneas o en el mismo día. Por lo anterior, en algunas fechas se observan algunos casos con peaks que no se observan en ambas estaciones. No obstante lo anterior, se observa que no existen diferencias significativas durante los meses posteriores al comienzo del bombeo de los pozos de remediación/recuperación.



**Figura N°5.4:** Caudales históricos de estaciones LM-10 y LM-27 en sector río Ramadillas, quebrada La Brea.

<sup>2</sup> Anexos 2.2 y 3.3. Efectos del bombeo de los pozos de remediación/recuperación, en la disponibilidad de recursos hídricos en los sistemas Ramadillas y Pulido, Ver. 0, GP Consultores Ltda., septiembre 2020.

A modo de complemento, y con el objetivo de explicar las pequeñas diferencias entre los caudales medidos en el río Ramadillas aguas arriba y aguas abajo de quebrada La Brea, es importante tener en consideración la incertidumbre del método de aforo (área/velocidad con molinete), la cual puede significar un error estándar de  $\pm 10\%$  para cada aforo puntual<sup>3</sup>, pues es un cálculo que se hace con una sola medición en cada vertical<sup>4</sup>. Agregando esto al análisis, en **Figura N°1** se grafica nuevamente la variación histórica de caudales en los puntos LM-10 y LM-27.



**Figura N°1:** Caudales históricos de estaciones LM-10 y LM-27 e incertidumbres del método de aforo con molinete..

Al analizar la **Figura N°1** se observa que en la mayoría de los casos, la diferencia entre LM-10 y LM-27 es menor a la incertidumbre del método; es decir, no se observan diferencias significativas. En 2017 hubo un período que se indica en el gráfico “sin mediciones”, esto debido a los altos caudales que no permitieron el aforo durante la época estival, y a los aluviones ocurridos en la época invernal.

Se entiende que aparte de este análisis, los opositores requieren que se cuantifiquen las comparaciones efectuadas en el informe respecto a los caudales superficiales del río Ramadillas en sector de confluencia con la quebrada La Brea. Específicamente piden realizar:

- 1) *Análisis matemático y cuantitativo* de la comparación de datos representativos de la condición basal (condición SIN proyecto, es decir sin bombeo de

<sup>3</sup> <http://meteowater.com/precision-e-incertidumbre-en-las-medidas-de-caudal/>

<sup>4</sup> Normas hidrométricas Departamento de Hidrología, Dirección General de Aguas. Disponibles en sitio web <https://dga.mop.gob.cl/>

remediación/recuperación) y los datos obtenidos en la etapa de operación (condición CON proyecto, es decir con bombeo de remediación/recuperación).

- 2) *Análisis matemático y cuantitativo* de la comparación de datos representativos entre aguas arriba y aguas abajo de la confluencia La Brea/Ramadillas, esto es para las estaciones LM-10 y LM-27.

Entonces, para responder a dicho requerimiento, se incorpora a continuación un análisis estadístico simple para evaluar la variabilidad de los caudales en el río Ramadillas, medidos ANTES y DESPUÉS de que comenzara la operación de la barrera hidráulica en quebrada La Brea (remediación/recuperación), y AGUAS ARRIBA y AGUAS ABAJO este aporte al río Ramadillas.

El análisis que se explica a continuación, es realizado para los caudales aforados en estaciones LM-10 y LM-27, en el río Ramadillas, aguas arriba y aguas abajo de su confluencia con quebrada La Brea, respectivamente. Estos datos fueron los mismos que se adjuntaron en el informe GP-INF-S-645 Rev.4.

La Condición Basal de los caudales de agua superficial, y su variabilidad natural, es representada por su **Promedio más/menos 2 Desviaciones Estándar**. Se hace presente que en una variable que presente una distribución de frecuencia normal, en el rango “valor promedio  $\pm$  2 desviaciones estándar” se encontrará el 97,7% de los datos. Valor de referencia para verificación de condiciones estándar de calidad propuesto por Sanders et al. (2000)<sup>5</sup>.

Entonces, el ANTES o SIN proyecto, es valorizado con el “promedio  $\pm$  2 desviaciones estándar” de las mediciones efectuadas antes del inicio de los bombeos de remediación.

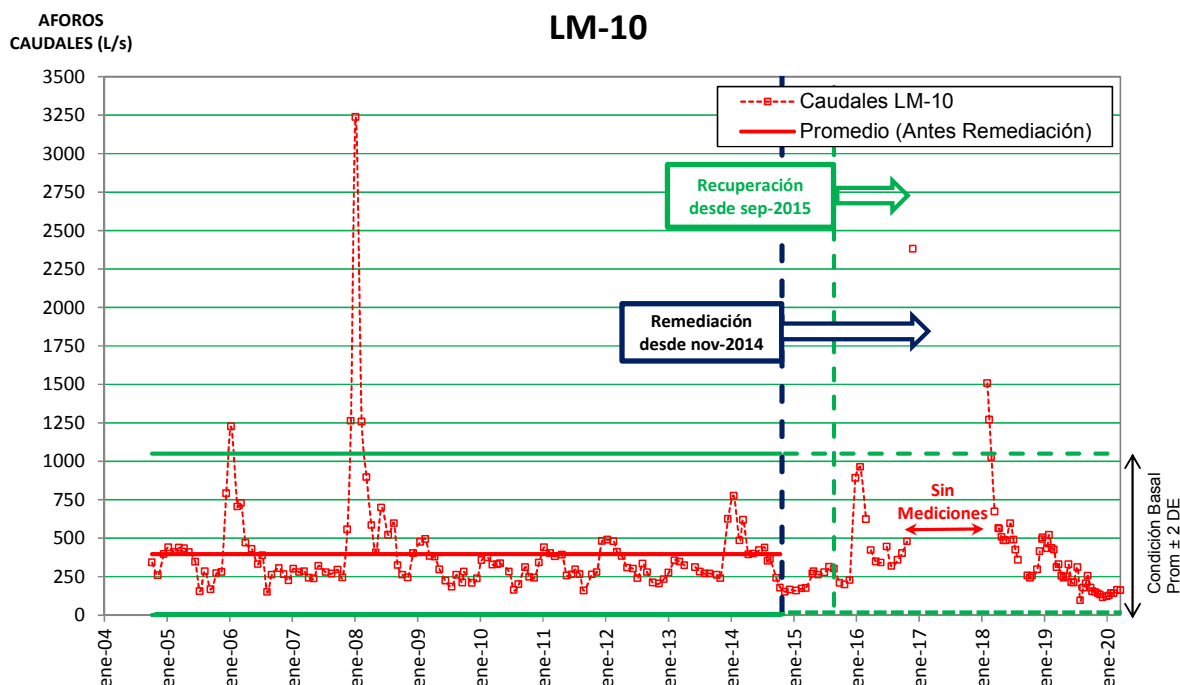
La metodología de identificación de efectos; o comparación CON (mediciones en el período de operación del proyecto) y SIN proyecto (condición basal); es la misma que la realizada en el informe de MLCC objetado, es decir según las fechas de inicio de la remediación (nov-2014) y de la remediación más la recuperación (sep-2015). En estos períodos se compararán directamente las mediciones realizadas (datos de caudal), agregando ahora el rango representativo de la condición basal para incorporar el aspecto *cuantitativo* solicitado.

La identificación de efectos, comparación CON y SIN proyecto, es también presentado en forma gráfica, al igual que lo realizado en el informe de GP Consultores (GP-INF-S-645 Rev.4), salvo que ahora se presenta un gráfico por estación para facilitar el entendimiento de los mismos.

En **Figura N°2** se grafican caudales puntuales (aforos) históricos de estación río Ramadillas LM-10 junto a los estadígrafos indicados anteriormente. Este punto no se ve afectado por los bombeos de remediación/recuperación pues se encuentra aguas arriba de la confluencia con quebrada La Brea. El aumento de los caudales experimentados en 2017-2018 se encuentra sobre su condición basal, sin embargo tal como se reportó en informe GP-INF-S-645 Rev.4 esta situación es debido al aumento de las precipitaciones en esa época.

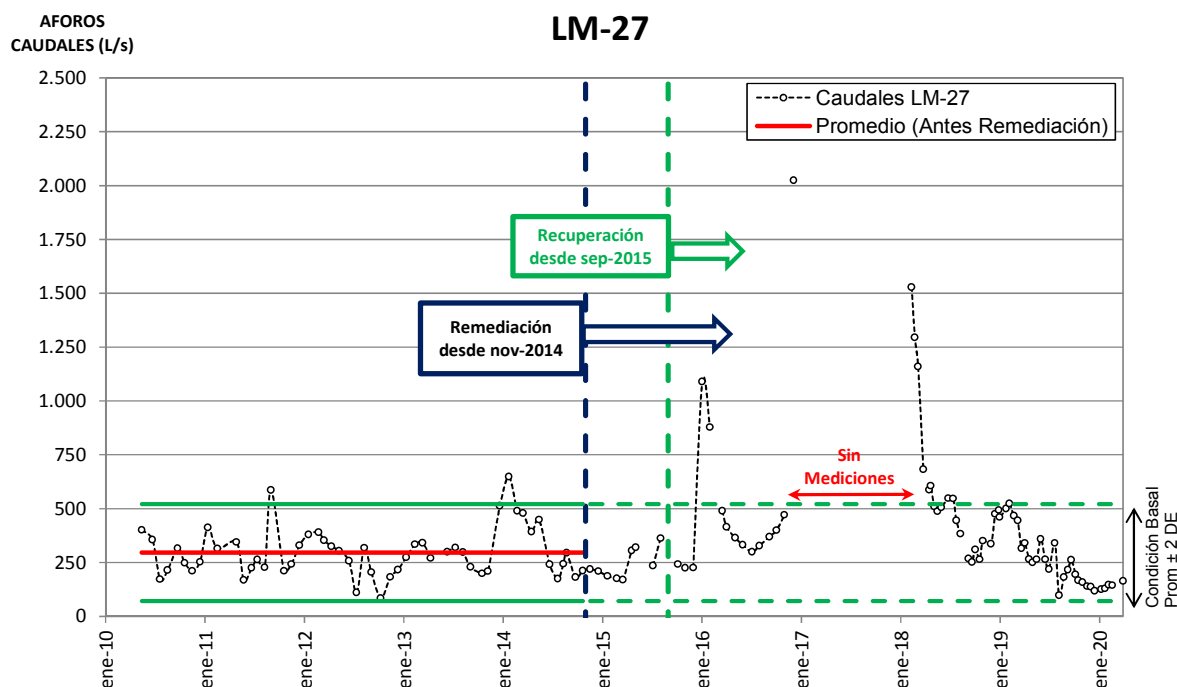
---

<sup>5</sup> Sanders, T., Ward, R., Loftis, J., Steele, T., Adrian, D., Yevjevich, V. (2000). “Design of Networks for Monitoring Water Quality”. Fourth Edition. Water Resources Publications, LLC.



**Figura N°2:** Caudales puntuales (aforos) históricos estación río Ramadillas LM-10, y comparación con su condición basal. Datos anexados en informe GP-INF-S-645 Rev.4.

En **Figura N°3** se grafican caudales puntuales (aforos) históricos de estación río Ramadillas LM-27 junto a los estadígrafos indicados anteriormente. No se cuantifican efectos en los caudales debido a los bombeos de quebrada La Brea ya que se observa que los caudales no caen por bajo de la condición basal. Esto ocurre tanto para la situación en donde solamente los pozos de remediación están activos (nov-2014 a ago-2015) como para la situación con remediación+recuperación (sep-2015 a mar-2020). Se observa el mismo aumento de caudales experimentado en estación LM-10 en 2017-2018, debido al aumento de las precipitaciones en ese período de tiempo.



**Figura N°3:** Caudales puntuales (aforos) históricos estación río Ramadillas LM-10, y comparación con su condición basal. Datos anexados en informe GP-INF-S-645 Rev.4.

Para dar objetividad a la comparación entre AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO, se incorpora un análisis adicional calculando un DELTA que es la diferencia de caudales entre LM-10 y LM-27 ( $LM-27 - LM-10$  en L/s). Este nuevo parámetro se calcula para todas las mediciones históricas realizadas en las dos estaciones durante el mismo día, exponiéndose los resultados en **Tabla N°2**.

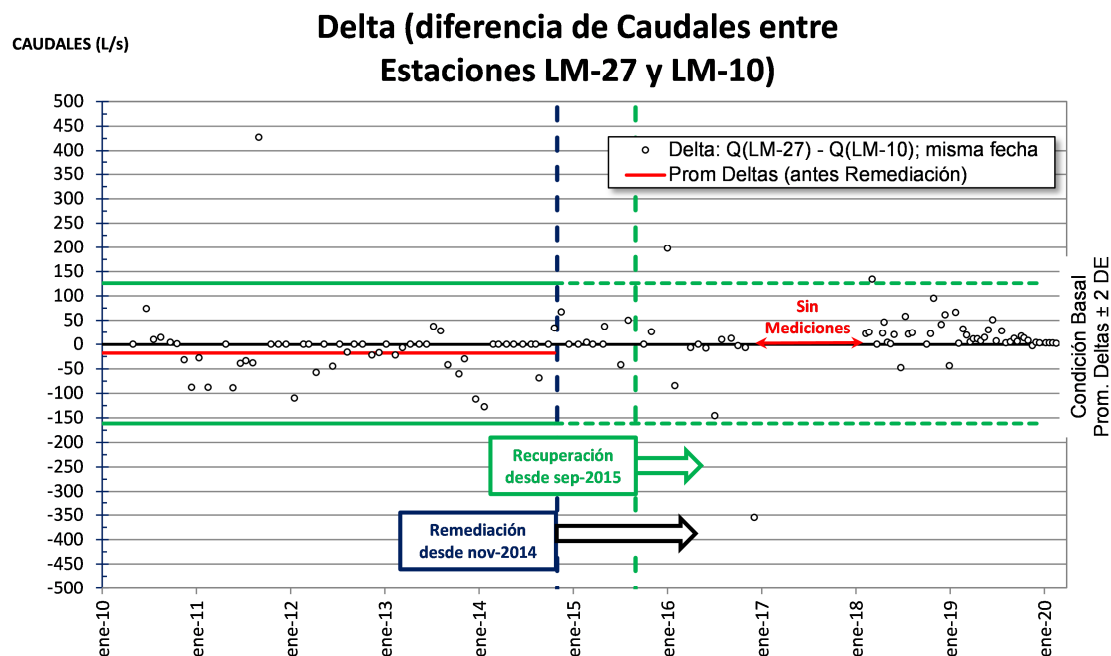
**Tabla N°2:** Cálculo de parámetro DELTA ( $QLM-27 - QLM-10$ ) en L/s.

Fecha	DELTA (L/s)	Fecha	DELTA (L/s)	Fecha	DELTA (L/s)
22-jun-10	74	18-nov-14	67	15-dic-18	61
20-jul-10	10	24-feb-15	4	1-ene-19	-44
17-ago-10	14	5-may-15	37	26-ene-19	66
23-sep-10	4	7-jul-15	-42	7-feb-19	2
19-oct-10	1	4-ago-15	50	23-feb-19	32
16-nov-10	-32	2-nov-15	26	9-mar-19	19
14-dic-10	-88	4-ene-16	198	23-mar-19	5
12-ene-11	-28	1-feb-16	-85	4-abr-19	11
16-feb-11	-88	3-abr-16	-7	20-abr-19	11
24-may-11	-89	1-jun-16	-8	3-may-19	7
22-jun-11	-39	5-jul-16	-146	18-may-19	14
13-jul-11	-34	1-ago-16	10	2-jun-19	30
9-ago-11	-38	7-sep-16	12	18-jun-19	51
1-sep-11	427	3-oct-16	-3	2-jul-19	7
17-ene-12	-110	1-nov-16	-7	24-jul-19	28



Fecha	DELTA (L/s)	Fecha	DELTA (L/s)	Fecha	DELTA (L/s)
11-abr-12	-58	5-dic-16	-355	8-ago-19	3
14-jun-12	-45	12-feb-18	22	26-ago-19	5
9-ago-12	-16	24-feb-18	25	10-sep-19	12
13-nov-12	-22	8-mar-18	134	22-sep-19	6
11-dic-12	-17	18-abr-18	23	8-oct-19	17
12-feb-13	-22	23-abr-18	46	18-oct-19	13
12-mar-13	-7	6-may-18	4	3-nov-19	8
10-jul-13	37	18-may-18	1	19-nov-19	-3
7-ago-13	28	1-jun-18	20	3-dic-19	4
4-sep-13	-42	27-jun-18	-48	17-dic-19	3
17-oct-13	-61	14-jul-18	58	10-ene-20	3
7-nov-13	-30	26-jul-18	21	24-ene-20	3
21-dic-13	-112	10-ago-18	24	6-feb-20	3
23-ene-14	-128	20-oct-18	22	20-feb-20	2
23-ago-14	-69	1-nov-18	95	31-mar-20	3
22-oct-14	34	30-nov-18	41		

En **Figura N°4** se grafican los valores DELTA en el tiempo, junto con los estadígrafos promedio y promedio  $\pm 2$  desviaciones estándar, considerados para este parámetro durante la condición anterior al bombeo de los pozos de remediación/recuperación (condición basal). Prácticamente en todo 2017 no se pudo cuantificar este parámetro pues los caudales medidos en esta época no registraron el día exacto de medición.



**Figura N°4:** Variación histórica del parámetro Delta (LM-27 – LM-10) en L/s.



En el gráfico anterior se observa que las medidas del parámetro DELTA (diferencia de caudales entre las estaciones LM-27 y LM-10) en el período con bombes de Remediación y en el período con bombes de Remediación más Recuperación, se encuentran en el rango observado antes de iniciar los bombes y que hemos denominado Condición Basal. Cabe señalar que sólo 2 valores escapan del rango correspondiente a la Condición Basal, los cuales se detallan en **Tabla N°3** a continuación.

**Tabla N°3:** Explicación diferencias de caudales significativas.

Fecha	Caudal LM-10 (L/s)	Caudal LM-27 (L/s)	Delta (L/s)	Diferencia %	Explicación
4-ene-2016	892	1.090	198	22%	Crecida
5-dic-2016	2.380	2.025	-355	-14%	Crecida

Ambas excedencias se explican porque son mediciones en época de crecida, es decir los caudales comparados son mucho mayores, de hecho porcentualmente estas diferencias se encuentran dentro del rango del resto de las diferencias. Además, en días donde existe deshielo, la diferencia de horas en las que se realizan las mediciones puede generar grandes diferencias en el caudal.

Como **conclusión**, el presente complemento a la respuesta al Considerando 20 dada en el informe GP-INF-S-645 Rev.4 (punto 5.3.1) reafirma el descarte de la existencia de efectos negativos en el río Ramadillas, sector confluencia con quebrada La Brea, debido a los bombes realizados por los pozos de remediación/recuperación.

Cabe destacar que en el informe GP-INF-S-645 Rev.4, se incluyó un análisis en todo el sistema Ramadillas y Pulido, tanto para aguas superficiales como para aguas subterráneas, concluyéndose que no existe ningún efecto en todo el sistema acuífero - río debido a los bombes de Remediación/Recuperación en las subcuencas de las quebradas Caserones y La Brea.