

# **PROYECTO EJECUTIVO DEL ARROYO DEL GATO Y DE LOS DERIVADORES DE LA CUENCA ALTA**



**INFORME FINAL**

**La Plata, 2015**

**ABS S.A.**

## INFORME FINAL

El presente trabajo tiene por finalidad cumplir con las pautas establecidas por la Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hidráulicas para el “Proyecto Ejecutivo del Arroyo del Gato y de los Derivadores de la Cuenca Alta” en los Partidos de La Plata y Ensenada.

### 1.- TRABAJO ANTECEDENTE.

En el año 2.010 nuestra Empresa entregó a la DIPSOH el resultado final del contrato “Estudio de la cuenca del Arroyo del Gato”, cuyo objetivo fue contar con un diagnóstico completo de la problemática hídrica de la cuenca del Arroyo del Gato en el Partido de La Plata, elaborar sus soluciones y plantear una secuencia de ejecución de obras para la recurrencia requerida de 5 años. En este trabajo se evaluó el funcionamiento de la red existente para esa condición de diseño y plantearon las modificaciones y obras complementarias necesarias para optimizar su funcionamiento, poniendo a resguardo todo el sector de la cuenca del A° del Gato y sus afluentes comprendido entre la Avda. 143 y las Vías del F.C,G.Roca.

Esa nueva red de desagües pluviales fue planificada con la idea de aprovechar al máximo las capacidades de los conductos existentes, complementándolos en las zonas donde se detectaban afectaciones (niveles de agua en calle) no admisibles para la condición de diseño (tormenta de 5 años de recurrencia). Es importante destacar que todas las redes de desagües actualmente en servicio fueron diseñadas para lluvias que como máximo son de recurrencia 2 años y valores de impermeabilidad muy inferiores a los actuales.

Las readecuaciones de esas redes existentes en el casco urbano histórico implicarían intervenciones importantes en zonas densamente pobladas, con los inconvenientes que ello acarrearía. Pero dado que uno de los principales motivos de las inundaciones es causado por la ubicación de ese casco fundacional en la cuenca baja de los arroyos del Regimiento y Pérez, es decir en el punto de concentración final de las aguas de ambas cuencas, si se evitara ese ingreso quedarían disminuidas los anegamientos.

Por eso en dicho trabajo se previó reducir al máximo estas necesidades minimizando el ingreso de agua a ese sector desde la zona exterior derivándolas directamente hacia el arroyo del Gato.

La figura 1 muestra la mancha de inundación para R=5 años para esa configuración de red existente inicial. Se observa una acumulación de agua en el brazo del A° Perez que ingresa por la calle 38, en 59 y 131 que es un ingreso de los aportes de Los Hornos y en 131 entre 68 y 69, que el punto de acceso a la ciudad del A° del Regimiento.

Para evitar esos problemas se diseñaron desviaciones directas al Arroyo del Gato, una de ellas por las calles 143 y por 139 para derivar la cuenca alta del Arroyo Pérez y otra por la Avenida 31 para derivar el Arroyo del Cementerio o del Regimiento más todas las aguas afluentes a la Avenida de Circunvalación entre 28 esq. Bvrd. 81 y 131 y A° del Gato. En la

## Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

Figura 2 se ve la mejoría aguas abajo de esos derivadores para la recurrencia de diseño (5 años).

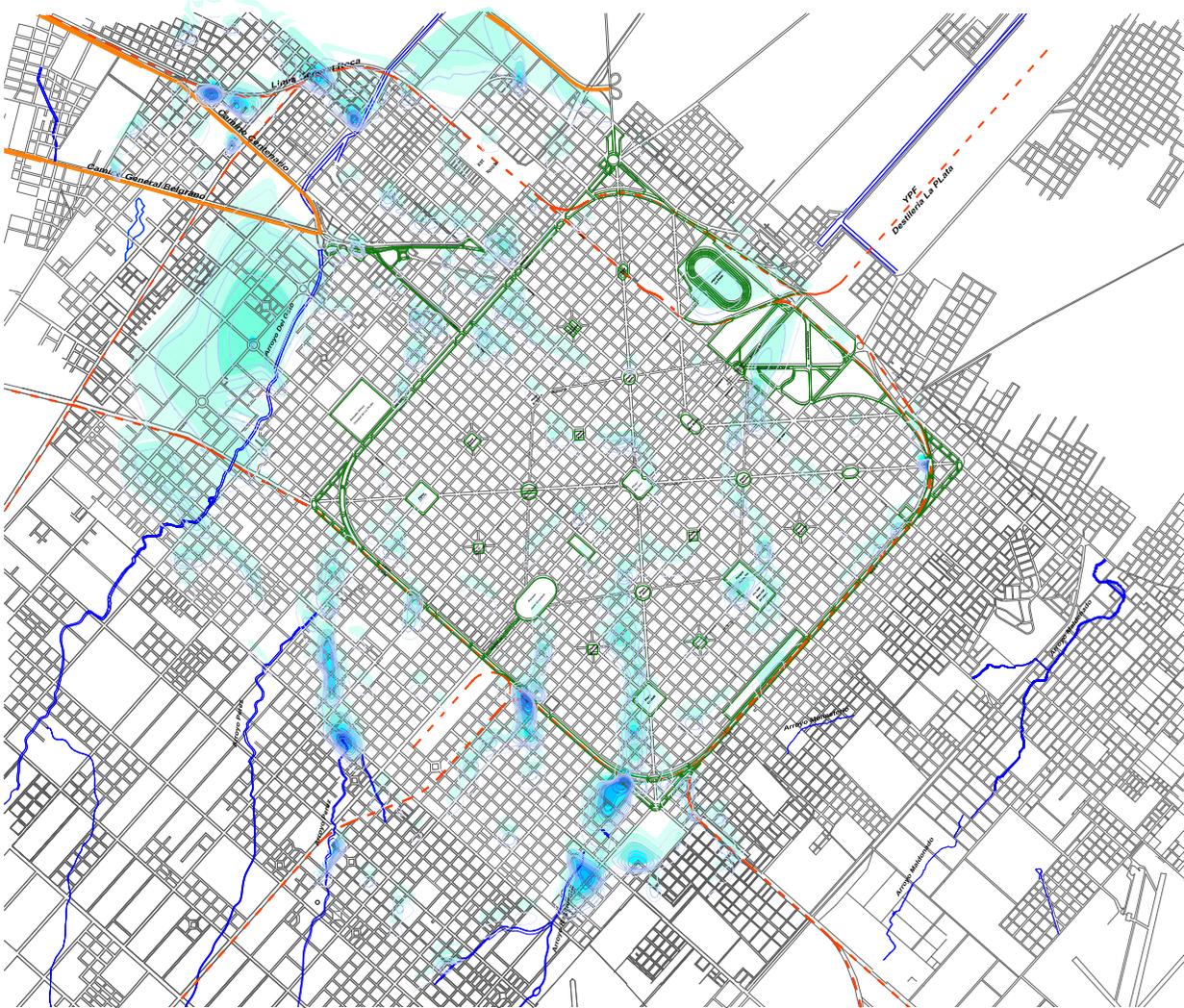
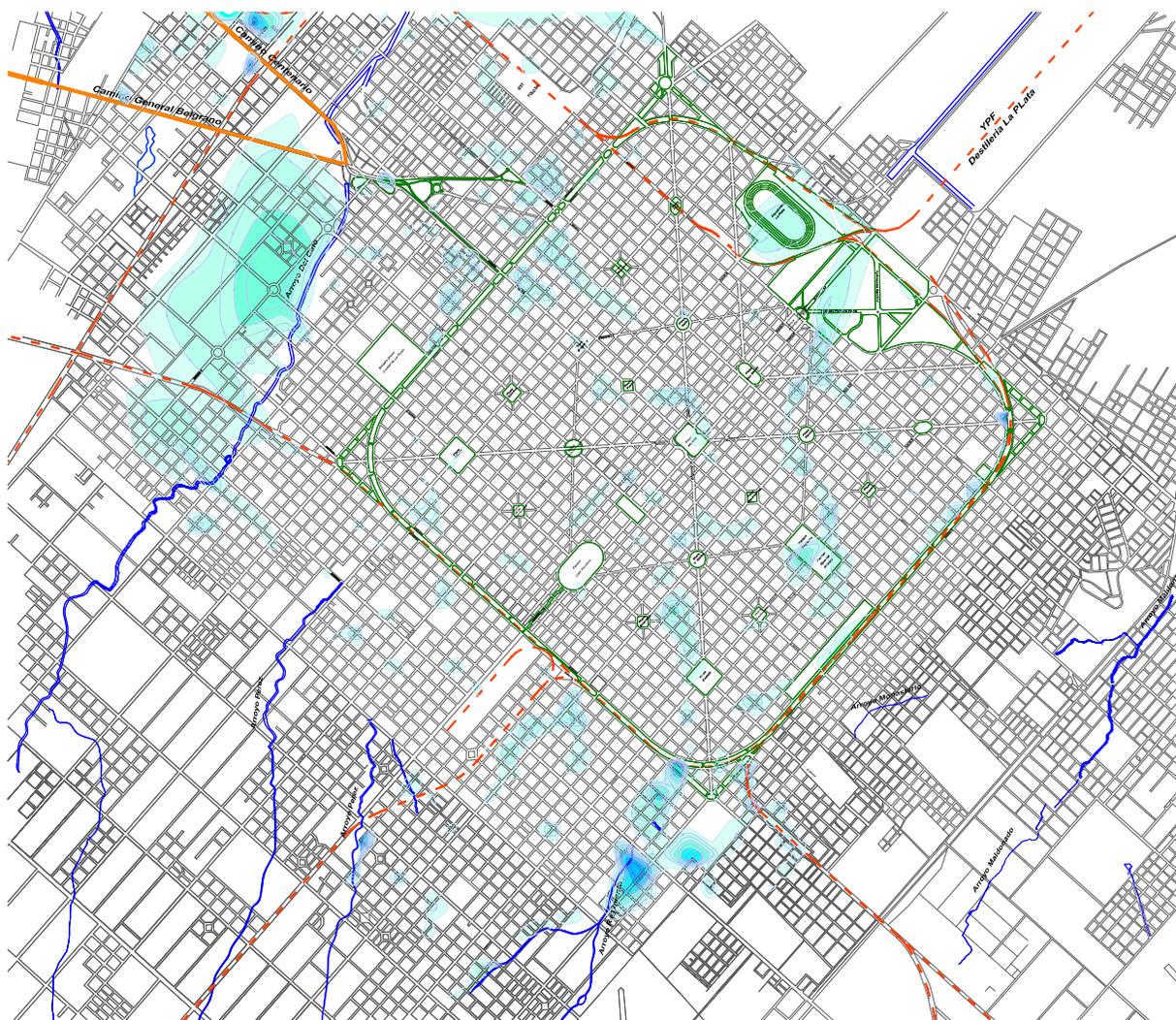


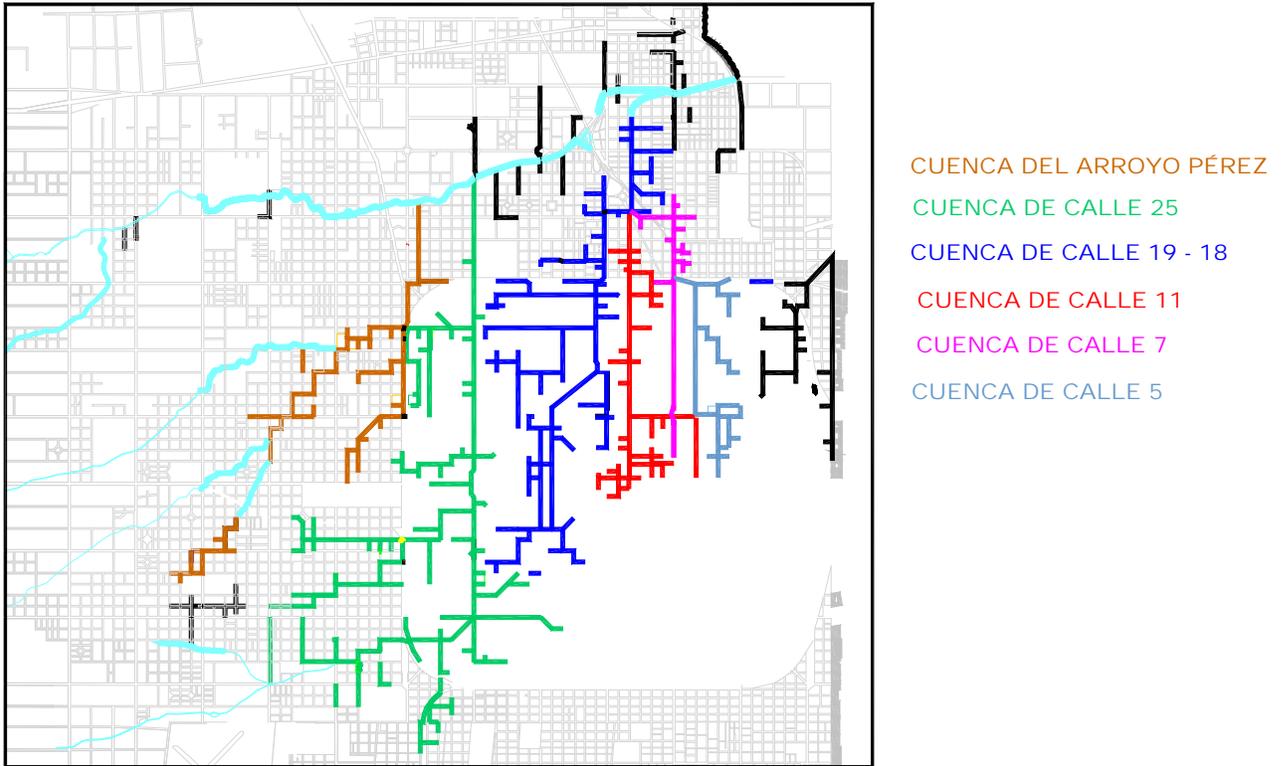
Figura 1.- Mancha de inundación para R=5 años. Situación previa a la ejecución de los derivadores de calle 143 y 131.

## Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.



**Figura 2- Mancha de inundación para R=5 años con los derivadores de calle 143 y 131 construidos.**

Pero por otra parte, al proyectarse todas las modificaciones necesarias en los conductos del casco urbano de la ciudad, aumentando la capacidad de los mismos para llevarlos a la recurrencia de diseño planteada, se fueron incrementando los picos de caudales hacia aguas abajo. Con excepción de la red de calle 25, la descarga de la parte restante de la cuenca urbana en estudio (entre las calles 22 y 1) lo hace a través de los conductos finales de las obras "Desagües pluviales de la zona Nor Oeste de La Plata" de la DIPSOH y del canal de la calle 11, adonde aportan las redes de las calles 18 y 19 que luego continúan por 14 y 13, y las de las calles 11, 9, 7, 5 y 3 (ver figura 3). Ese incremento de caudales hace que tanto el conducto de 14 como el de 11 sean insuficientes, funcionen a presión y desborden anegando toda la zona.



**Figura 3.- Red de conductos existentes.**

Esa insuficiencia es la causante de las inundaciones de Tolosa, Ringuet y del sector norte del casco urbano comprendido aproximadamente entre las calles 5 a 14 y 32 a 38.

Para subsanar ese inconveniente en ese trabajo antecedente se planteó como alternativa la posibilidad de una conducción de los aportes de las calles 3, 5, 7, 9 y 11 por un derivador por la calle 32 hacia la diagonal 74 y por esta (camino a Punta Lara) hacia el Arroyo del Gato, desconectándolos de la red de calle 13, descomprimiéndola (Fig. 4). Este tema se tratará en el Punto 4.

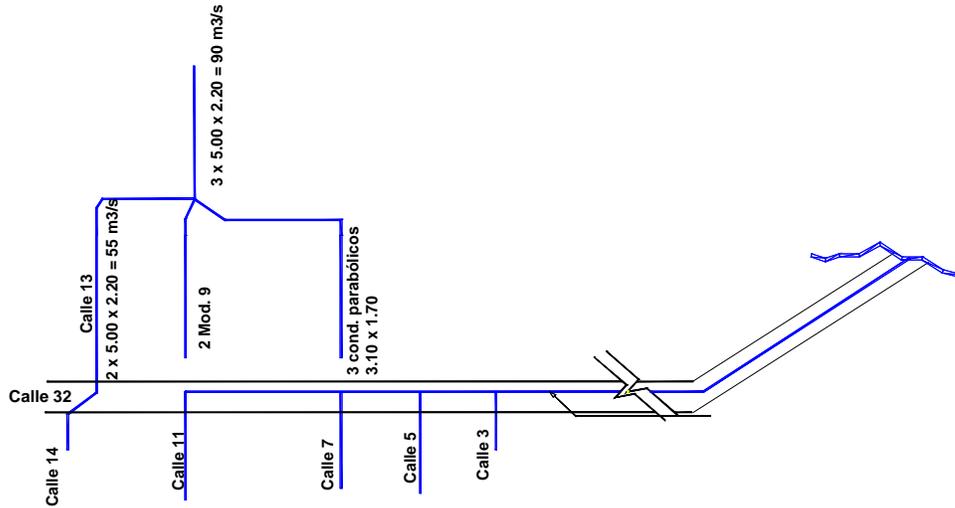


Figura 4.- Esquema del derivador de Avda. 32.

## 2.- CAMBIO DE LOS CRITERIOS DE DIMENSIONADO POSTERIORES A LA INUNDACIÓN DEL 2 DE ABRIL DE 2.013

Ocurrida la inundación de abril de 2.013, cuyos valores de precipitación superaron todos los registros existentes, las autoridades provinciales resolvieron seguir con la planificación anterior pero cambiando la recurrencia de diseño de los derivadores, que originariamente era de 5 años para llevarla a 25 años y de esta forma bloquear el ingreso de agua exterior a la planta urbana aún para recurrencias elevadas. Estas obras están actualmente en ejecución, lo mismo que la canalización y revestimiento del Arroyo del Gato para similar recurrencia. En las dos figuras siguientes se ven las mejoras que provocan los dos desviadores en ejecución.

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

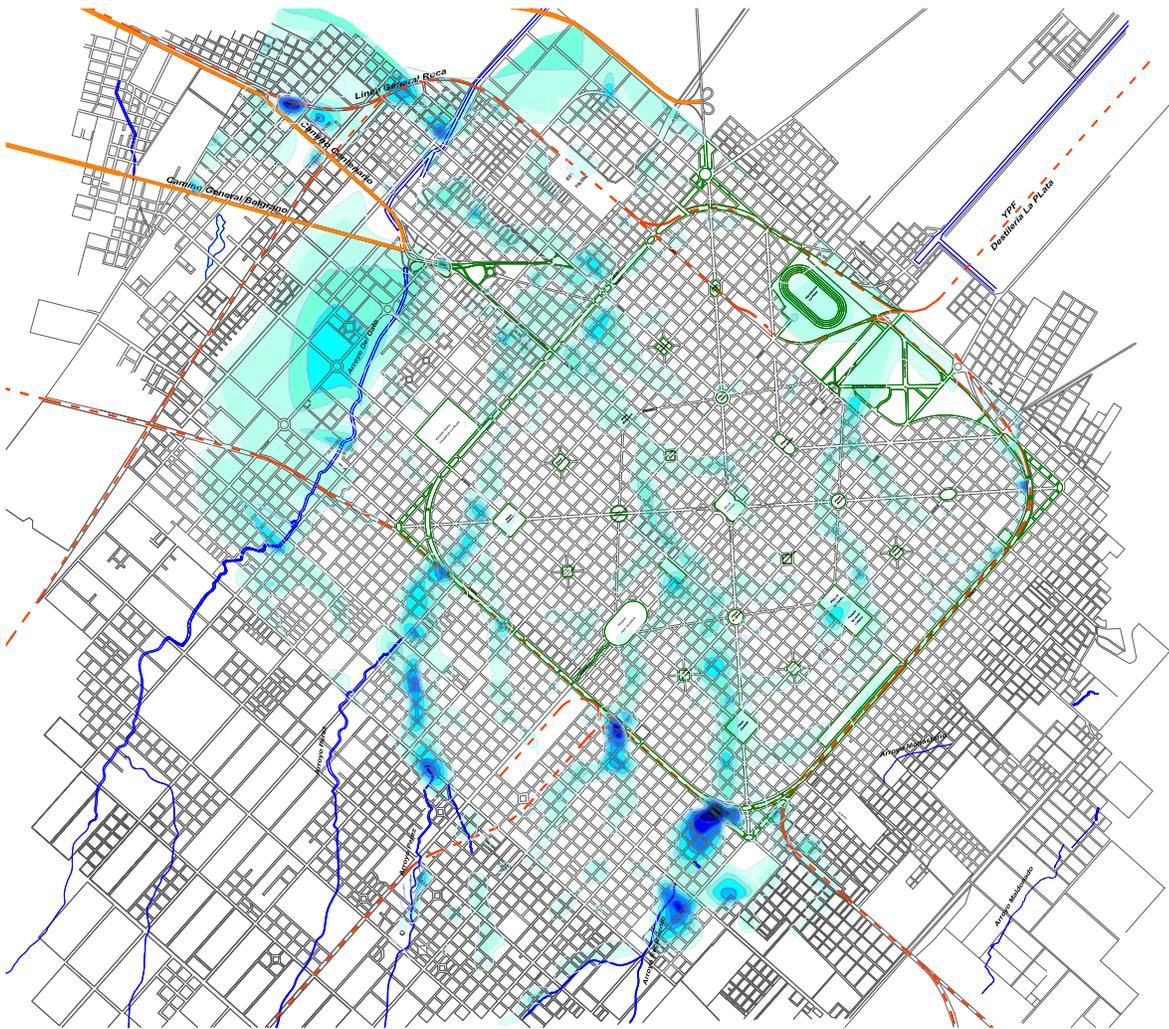
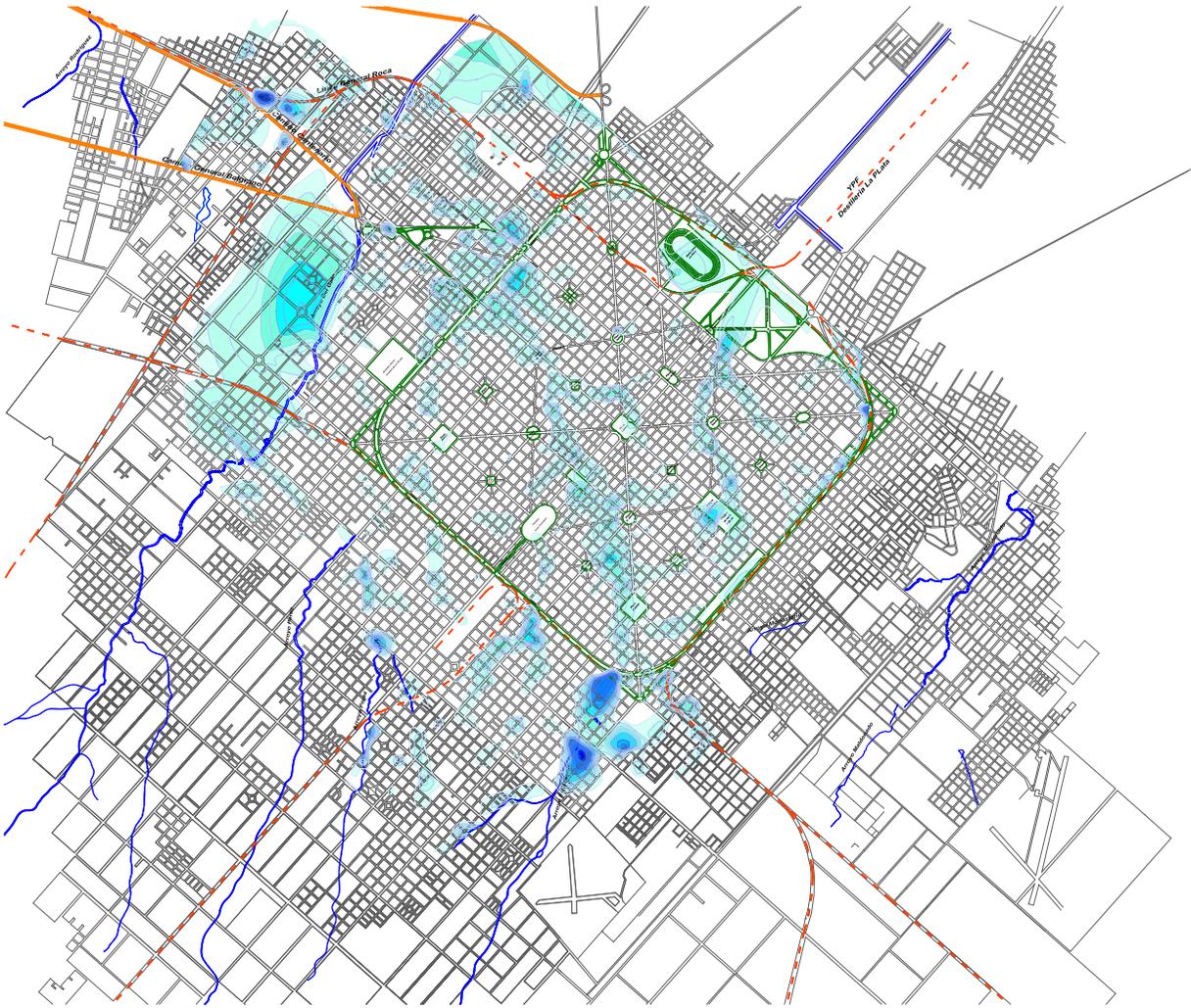


Figura 5.- Mancha de inundación para R=25 años. Situación previa a la ejecución de los derivadores de calle 143 y 131.



**Figura 6.- Mancha de inundación para R=25 años con los derivadores de calle 143 y 131 construidos.**

En la Figura 6 han desaparecido los ingresos a la ciudad del A° Pérez y de Los Hornos en 59 y 131, manteniéndose el desborde en 131 entre 68 y 69 porque el Aliviador planteado por la DIPSOH actualmente .en ejecución finaliza en 131 y 68, correspondiendo su continuación hasta el Boulevard 81 esq. 28 y la ejecución de los aliviadores del Arroyo del Regimiento y su red al presente contrato.

### **3.- PROYECTO DE LAS REDES DE DESAGÜES DEL ARROYO DEL REGIMIENTO.**

El Arroyo del Regimiento tiene una superficie de 950 Has. aguas arriba de la avenida 131. Esa magnitud de la cuenca genera caudales importantes que no pueden ser evacuados por la red actual que tiene capacidad insuficiente. Actualmente toda la cuenca descarga en 68 y 131 por

## Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

un conducto de  $\phi$  2.60 que capta los aportes de la cuenca superior en el bajo de 137 y 70 con una capacidad máxima de conducción de 14 m<sup>3</sup>/s, siendo la necesaria para 25 años de recurrencia de aproximadamente 50 m<sup>3</sup>/s.

La red de desagües pluviales proyectada para el presente trabajo se planificó con la idea de aprovechar las capacidades de los conductos existentes y los ya proyectados en el estudio previo de 2.010, complementándolos, redimensionándolos o relocalizándolos donde fuera necesario. Esta red conduce los caudales hacia el derivador de la Avda 131, actualmente en construcción y se complementa con un reservorio ubicado en el bajo existente en las calle 137 entre 70 y 72 cuya función es atenuar los picos de caudales provenientes de la cuenca alta del A° del regimiento.

Cabe aclarar que las dimensiones del derivador de avenida 131 en ejecución toleran perfectamente el ingreso de estos caudales.

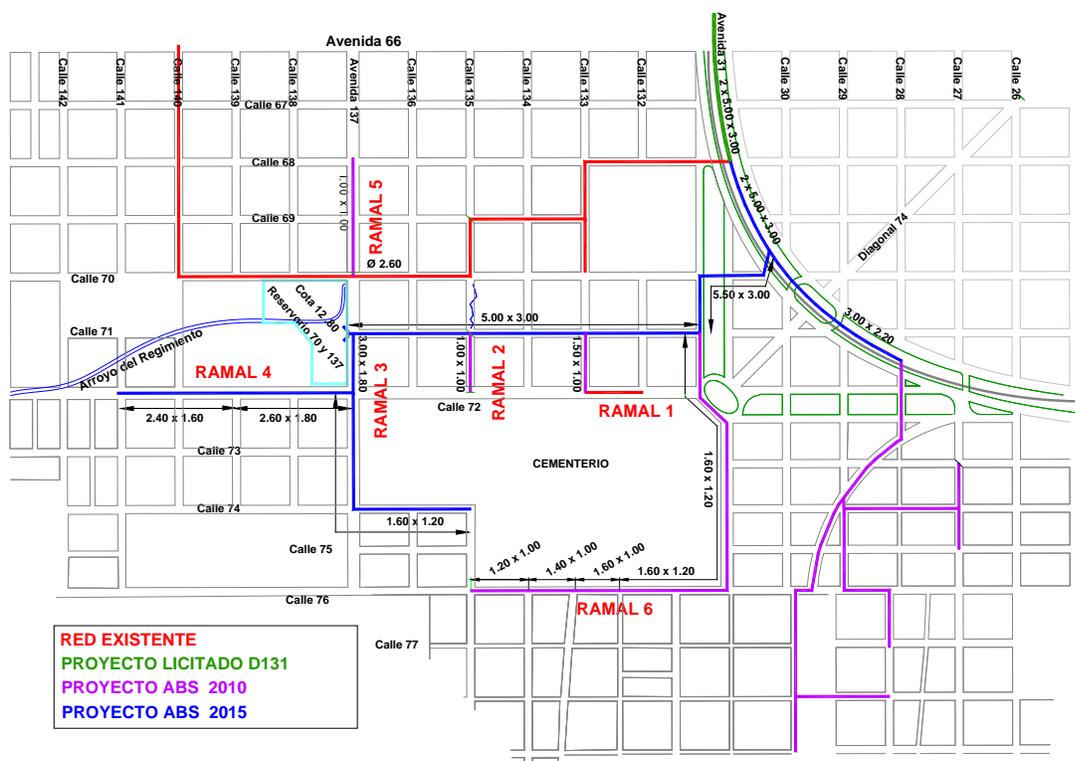


Figura 7.- Red de desagües de la cuenca alta del A° del Regimiento

Las condiciones topográficas permiten que parte del terreno ubicado entre las calles 137-140 y 70-72, que en la actualidad es un baño, pueda ser utilizado como reservorio para regular parcialmente los caudales que llegan del arroyo y que serán evacuados por el conducto de 2.60 m de diámetro existente que nace en 70 y 137 y por uno nuevo de 5.00 x 3.00 que

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

saliendo del reservorio en 71 y 137 a cota 12.80 m desemboca en el aliviador de 131, con una capacidad de 50 m<sup>3</sup>/s. Este conducto, de 5.00 m x 3.00 m reemplaza al que en el trabajo antecedente nació en 70, adyacente al  $\phi$  2.60 existente.

El tramo faltante del Derivador de 131 comienza en un conducto con una dimensión de 3.00 x 2.20 en la esquina de 28 y Boulevard 81, donde desembocan los desagües de Rufino de Elizalde proyectados en el trabajo antecedente y sigue con esas dimensiones por el mismo hasta la desembocadura del Aliviador de 71 en Boulevard 81 y 70 donde recibe los principales aportes del A<sup>0</sup> del Regimiento, pasando a tener dimensiones de 2 x 5.00 x 3.00.

La red de desagües de la cuenca media y superior del Arroyo del Regimiento se completa con 6 ramales que desembocan en el Aliviador de 71 y en el Aliviador de 70 existente.

| <b>Conducto Nuevo Calle 71</b>                                    |  |
|---|--|
| <b>Tramo entre Calles</b>   | <b>Dimensiones [m]<br/>( B x H ó <math>\phi</math> )</b> |
| 71 y 137 (Ingreso Alcantarilla Reservorio) - 71 y 131             | . 5.00 x 3.00  |
| 71 y 131 - 70 y Bv 81 (conexión con Deriv. 131 en circunvalación) | . 5.50 x 3.00  |

| <b>Continuación del derivador de 131 entre 131 y 68 y Bv. 81 y 28.</b> |  |
|--|--|
| <b>Tramo entre Calles</b>  | <b>Dimensiones [m]<br/>( B x H ó <math>\phi</math> )</b> |
| Bv. 81 y 28 (conexión con Ramal Elizalde) – Bv. 81 y 70                | 3.00 x 2.20  |
| Bv. 81 y 70 – Bv. 81 y 68  | 2 x 5.00 x 3.00  |

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

| <b>Ramal 6 (calle 135 y 76 á 71 y 131)</b> |  |
|--|--|
| <b>ramo entre Calles</b>                   | <b>Dimensiones [m]<br/>( B x H ó <math>\phi</math> )</b> |
| 135 y 76 – 134 bis y 76                    | 1.20 x 1.00  |
| 134 bis y 76 – 134 y 76                    | 1.40 x 1.00  |
| 134 y 76 – 133 y 76                        | 1.60 x 1.00  |
| 133 y 76 – 132 y 76                        | 1.60 x 1.20  |
| 132 y 76 – 131 y 76                        | Rectang. 1.60 x 1.20                                     |
| 131 y 76 – 131 y 71                        | 1.60 x 1.20  |

| <b>Ramal 5 (calle 137 de 68 á 70)</b> |   |
|---------------------------------------|---|
| <b>Tramo entre Calles</b>             | <b>Dimensiones [m]<br/>( B x H ó <math>\phi</math> )</b>    |
| 137 y 68 – 137 y 70                   | $\phi$ 0.60 existente a reemplazar por rectang. 1.00 x 1.00 |

| <b>Ramal 4 (calle 72 de 141 á 137)</b> |  |
|--|--|
| <b>Tramo entre Calles</b>              | <b>Dimensiones [m]<br/>( B x H ó <math>\phi</math> )</b> |
| 72 y 141 - 72 y 139                    | 2.40 x 1.60  |
| 72 y 139 - 72 y 137                    | 2.60 x 1.80  |

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

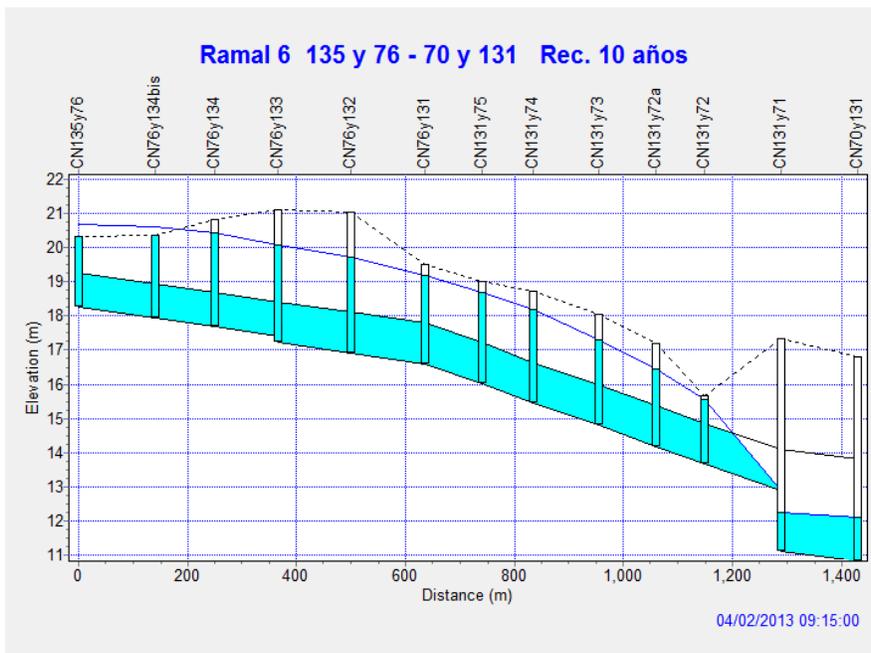
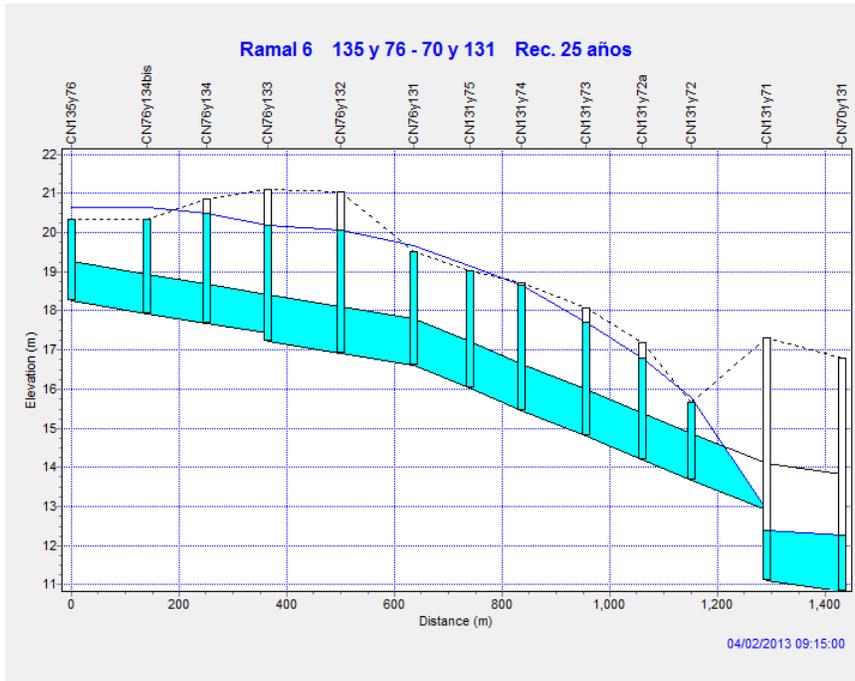
| <b>Ramal 3 (calle 74 y 135 á 71 y 137)</b> |  |
|--|--|
| <b>Tramo entre Calles</b>                  | <b>Dimensiones [m]<br/>( B x H ó <math>\phi</math> )</b> |
| 74 y 135 - 74 y 137                        | 1.60 x 1.20  |
| 74 y 137 - 72 y 137                        | 1.60 x 1.20  |
| 72 y 137 - 71 y 137                        | 3.00 x 1.80  |

| <b>Ramal 2 (calle 135 de 71 á 72)</b> |  |
|---------------------------------------|--|
| <b>Tramo entre Calles</b>             | <b>Dimensiones [m]<br/>( B x H ó <math>\phi</math> )</b> |
| 135 y 72 – 135 y 71                   | 1.00 x 1.00  |

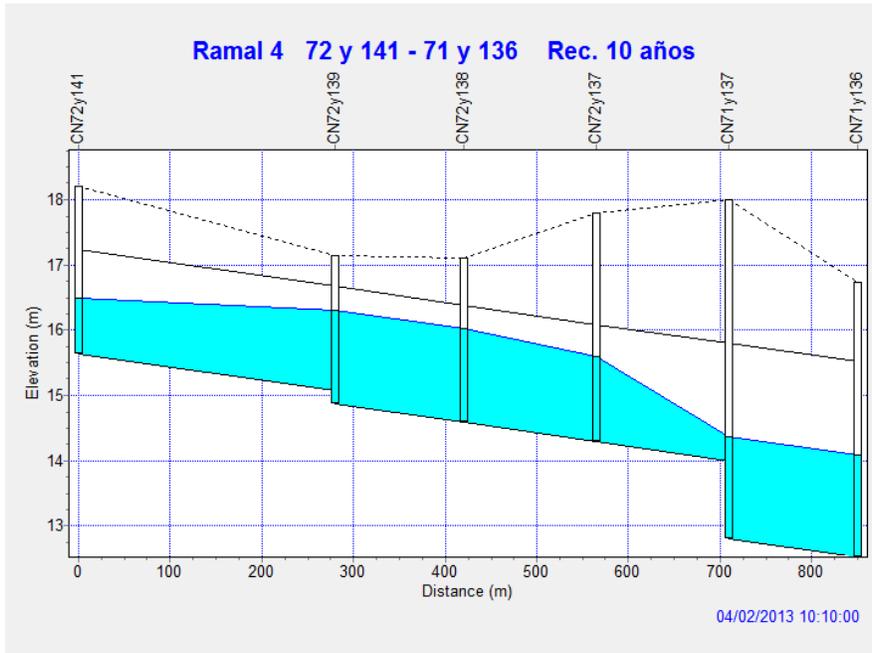
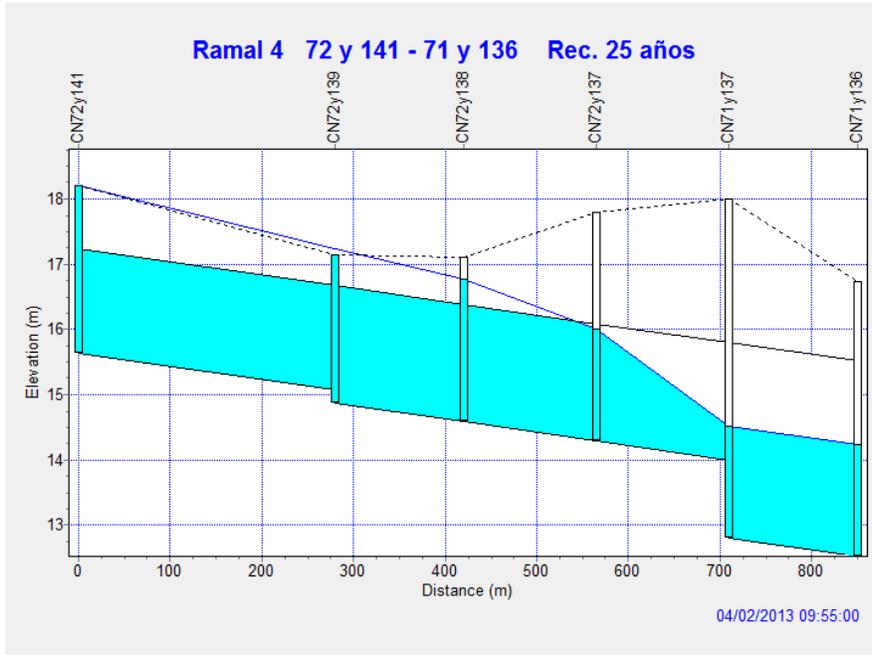
| <b>Ramal 1 (calle 132 y 72 á 133 y 71)</b> |  |
|--|--|
| <b>Tramo entre Calles</b>                  | <b>Dimensiones [m]<br/>( B x H ó <math>\phi</math> )</b> |
| 72 y 132 – 72 y 133                        | $\phi$ 0.80 existente                                    |
| 72 y 133 – 71 y 133                        | 1.50 x 1.00  |

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

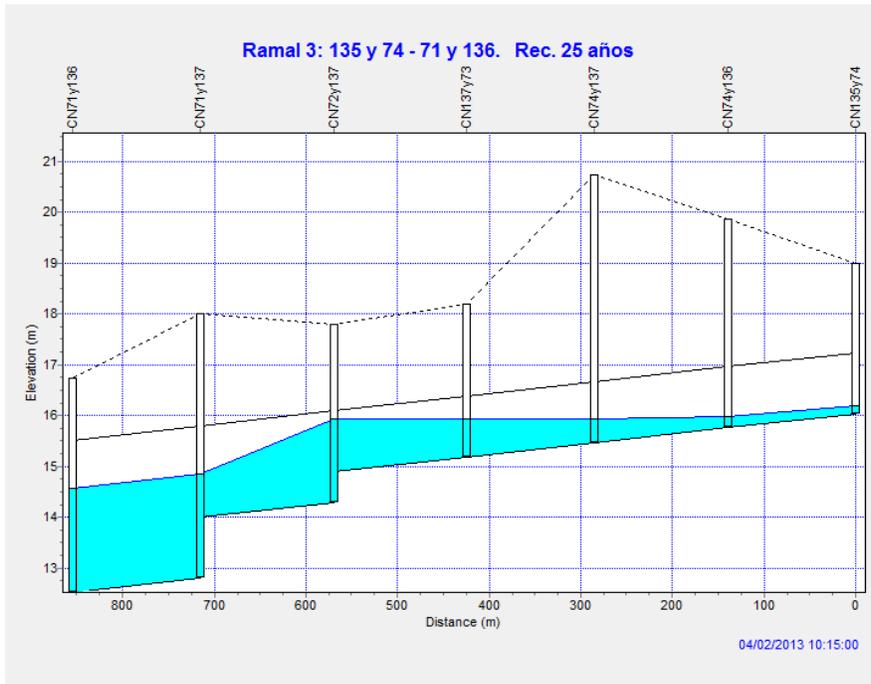
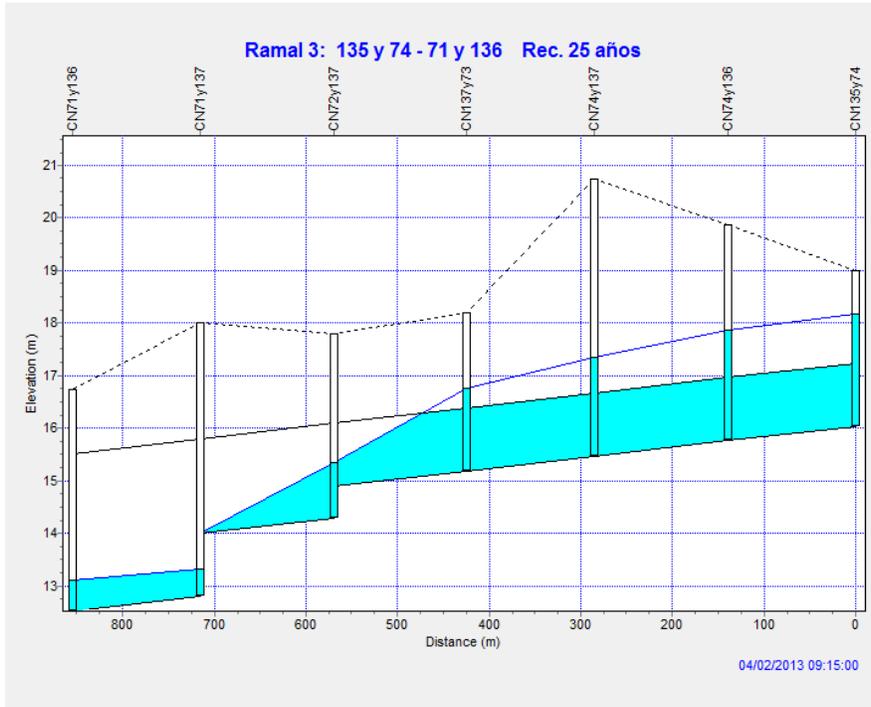
Los perfiles hidráulicos de las redes mencionadas, dimensionadas para una recurrencia de 5 años pero funcionando en estos casos para una recurrencia de 10 y 25 años, son los siguientes:

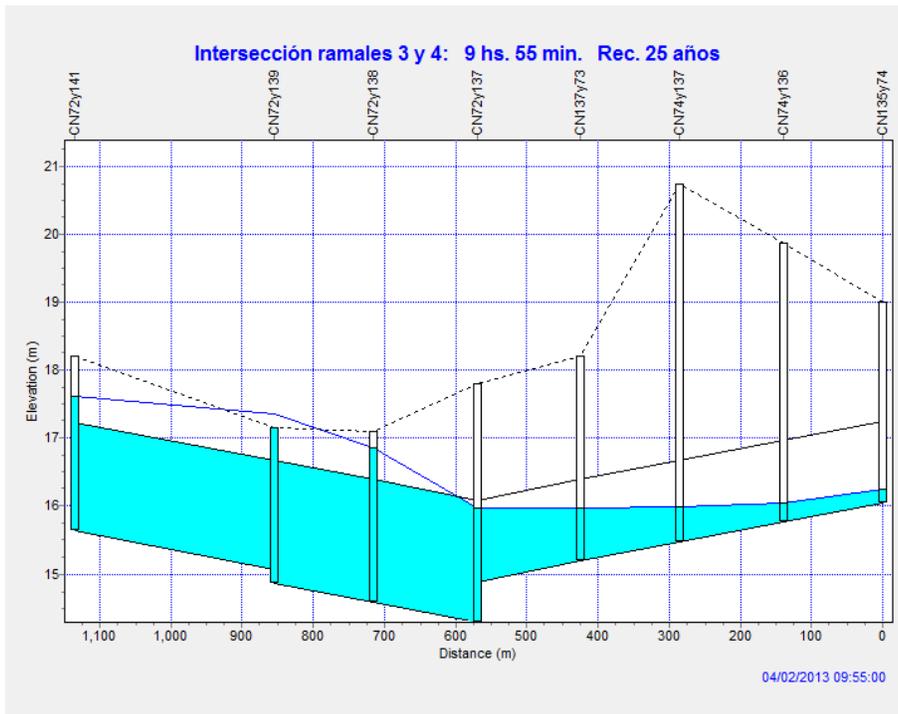
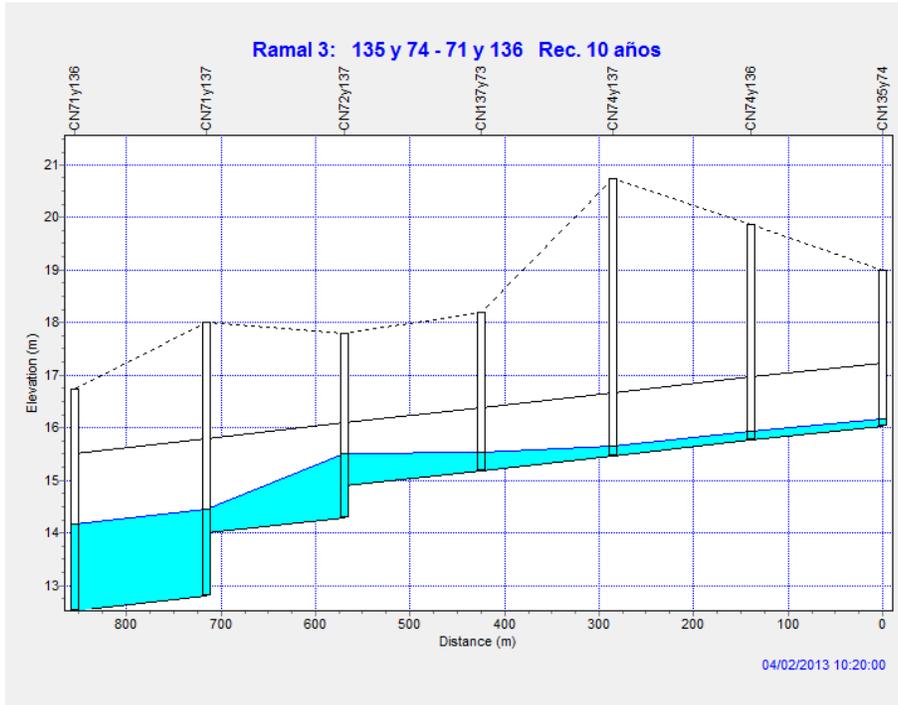


Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

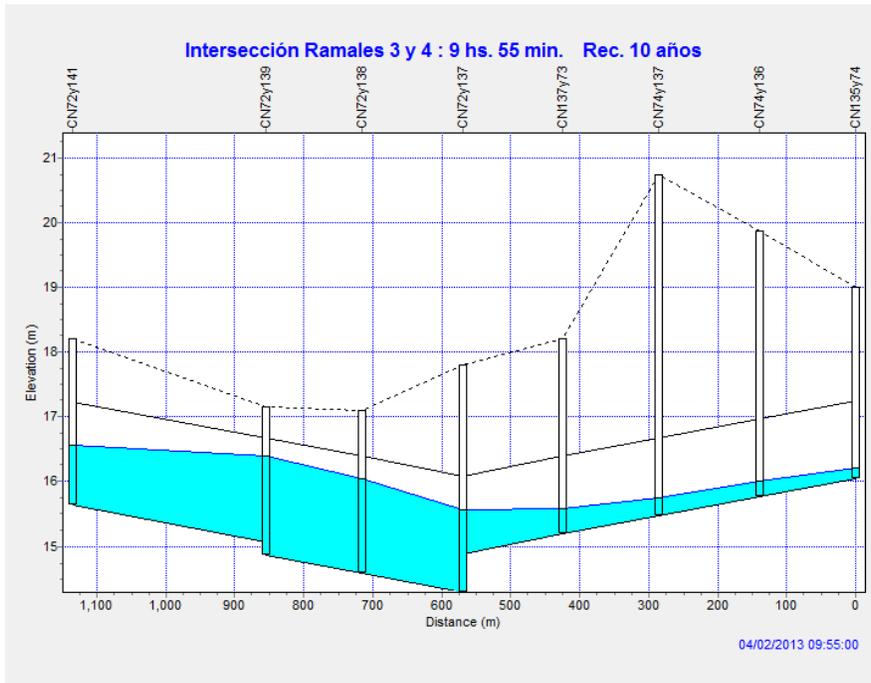
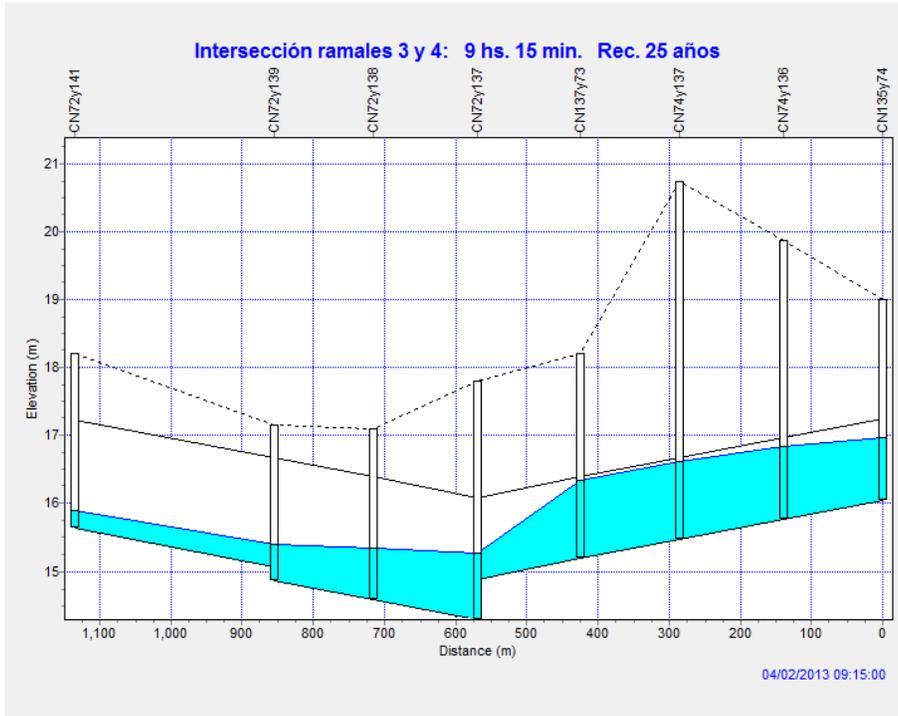


Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

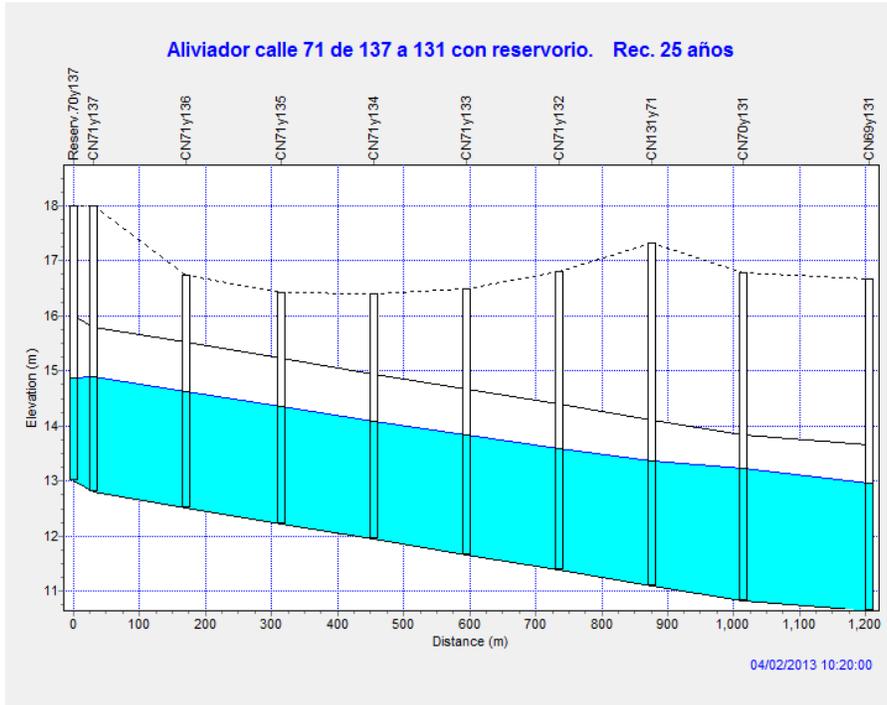
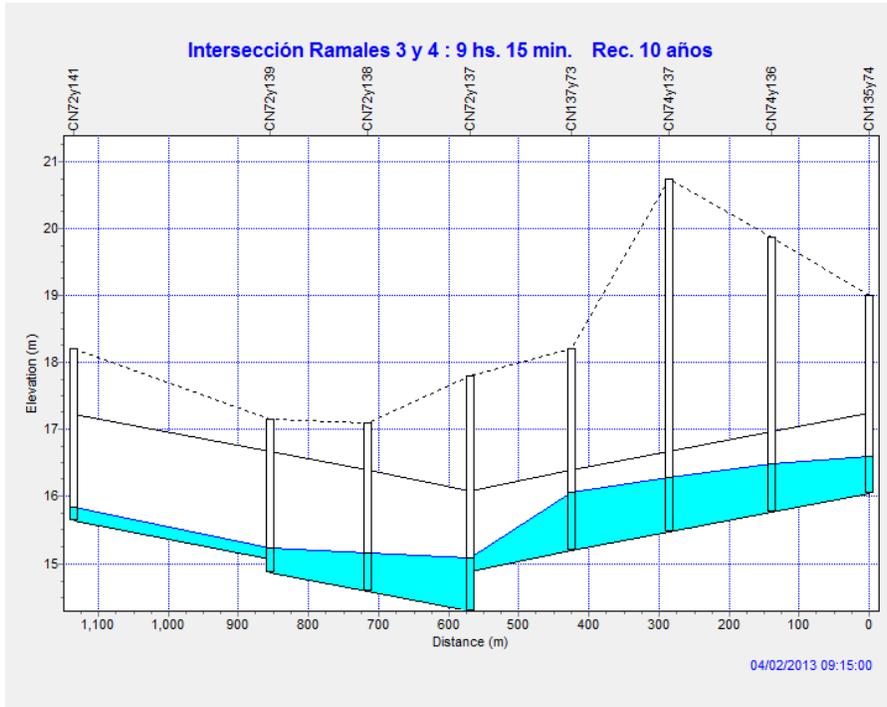




Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.



Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.



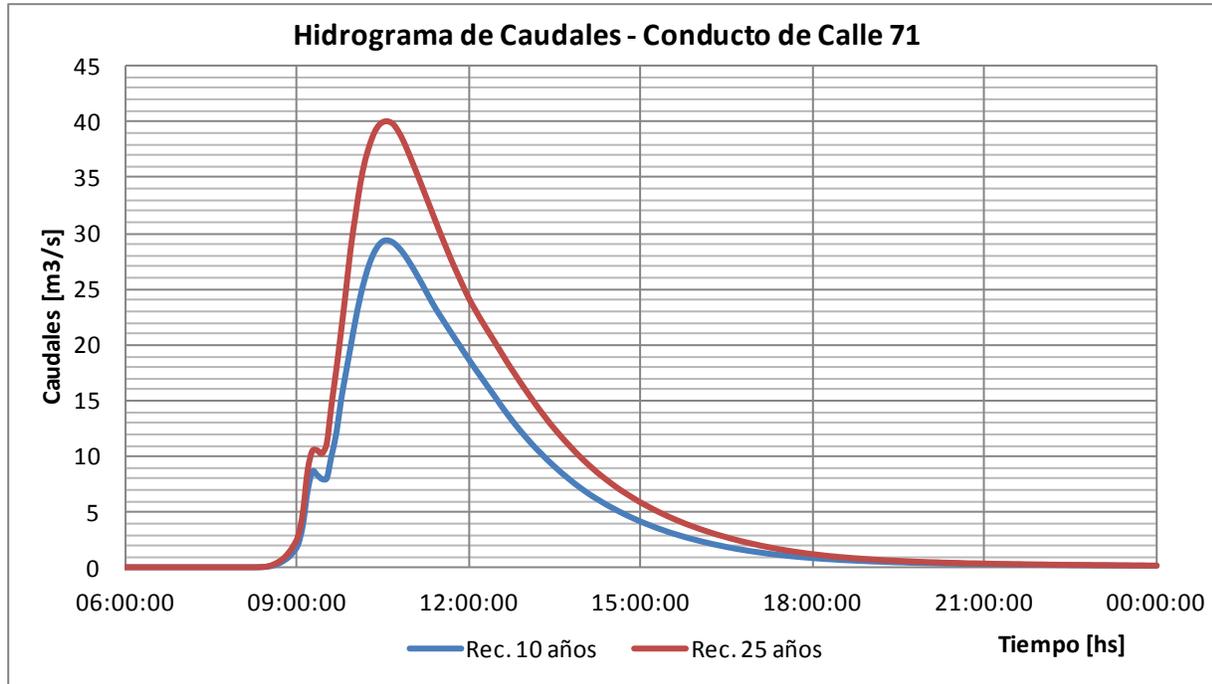
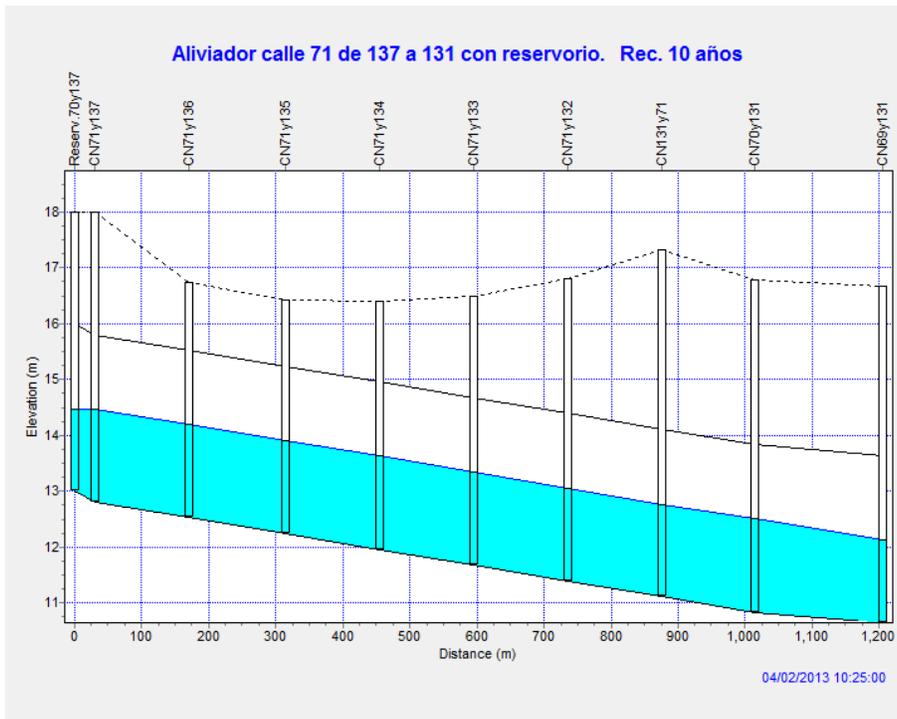


Figura 8. – Hidrogramas de Caudales en conducto de la Calle 71 antes de ingresar al Derivador de 131. Rec. 10 y 25 años.

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

En las figuras siguientes, se muestran las manchas de inundación comparativas, para Recurrencias 5 y 25 años, con varias condiciones de funcionamiento

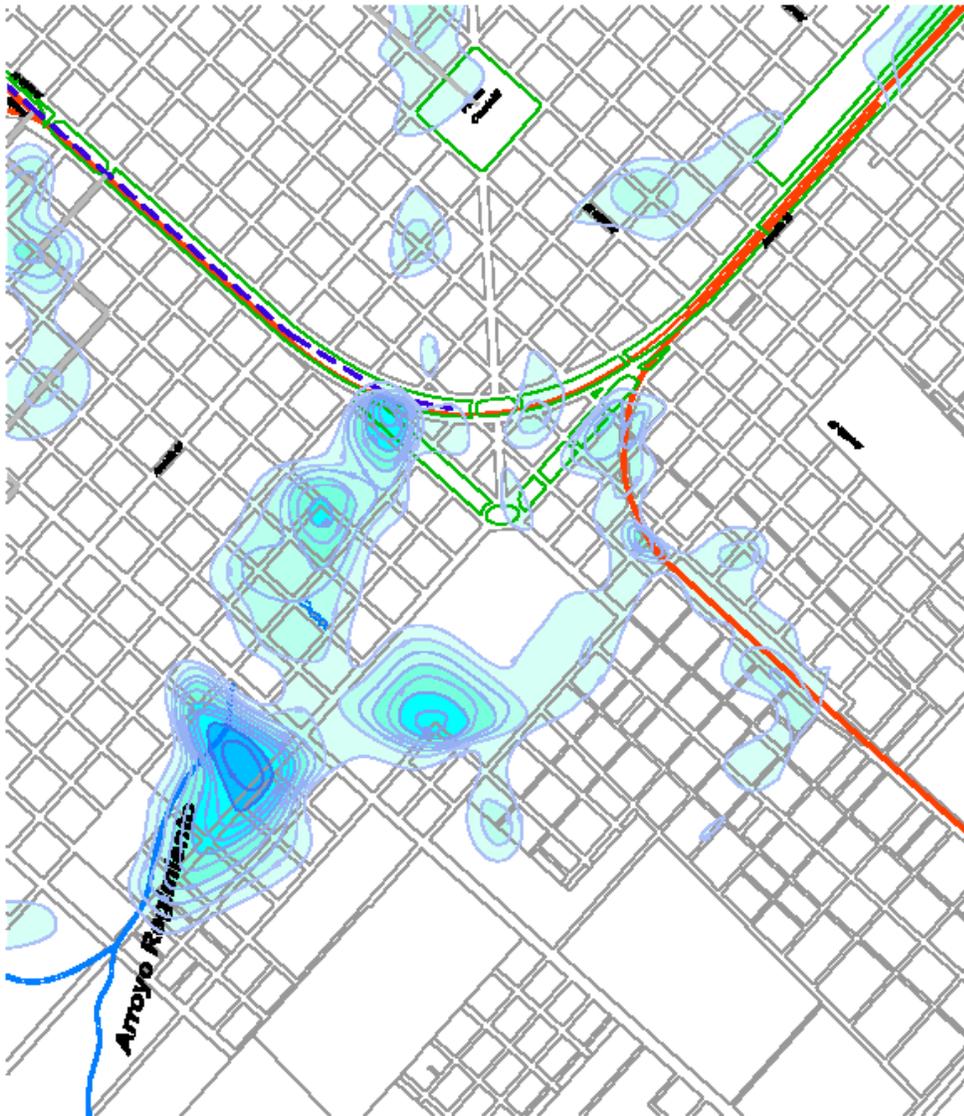


Figura 9.- Mancha de inundación para R=5 años con conducto de 131 y de 143 ya construídos

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

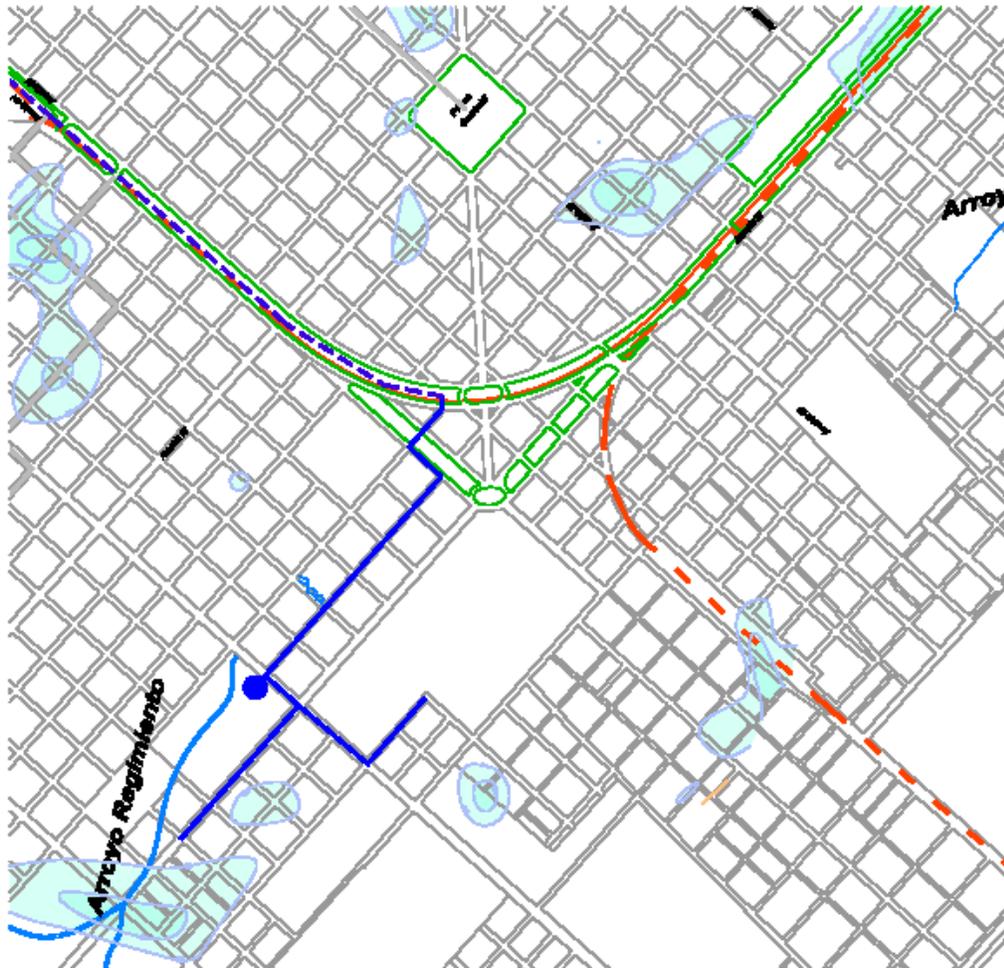


Figura 10.- Mancha de inundación para R=5 años con conducto de 131 y de 143 construidos, y proyecto 2.014

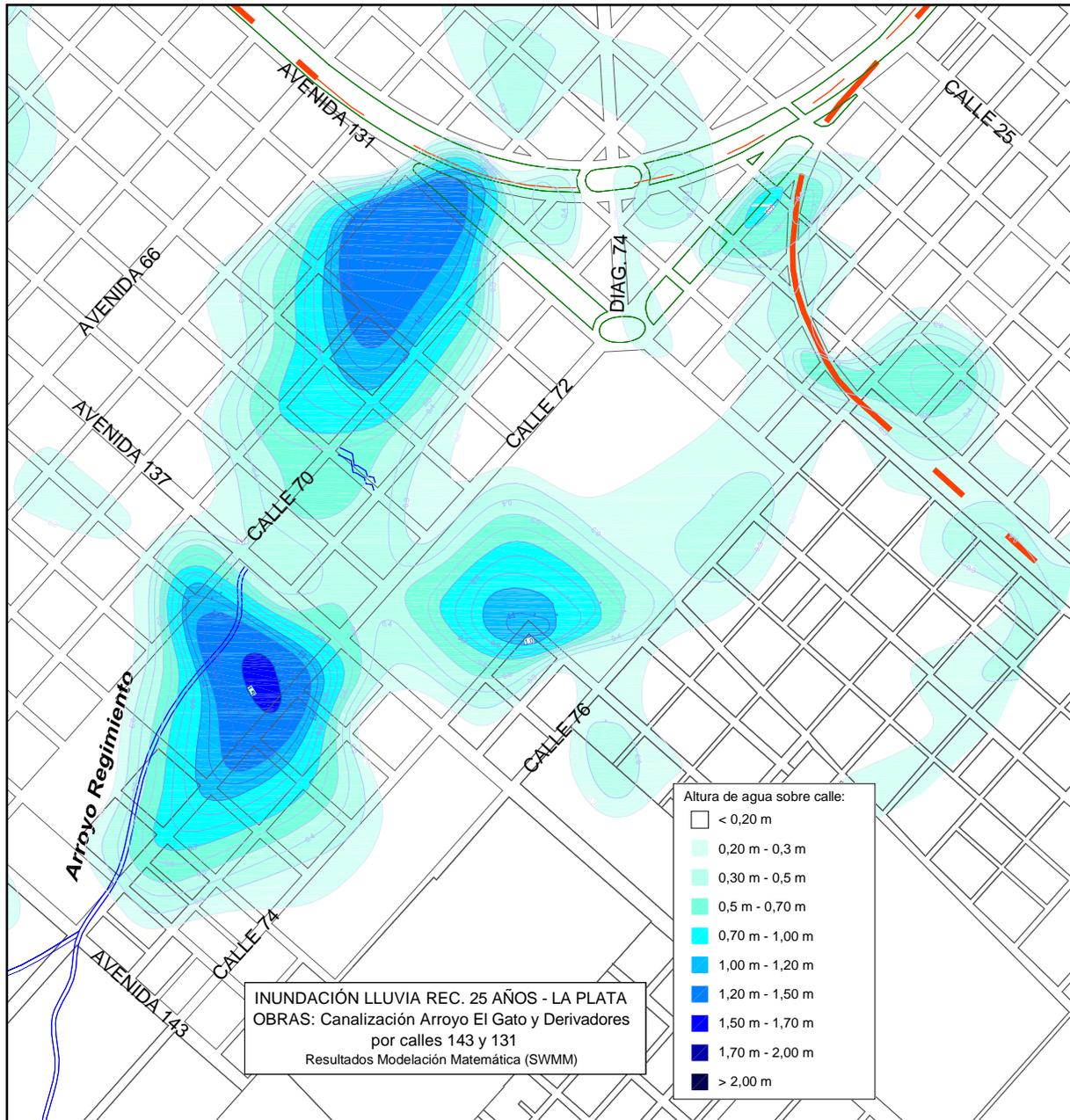


Figura 11.- Mancha de inundación para Rec. 25 años (con obras en el Gato y Derivadores de 143 y 131)

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

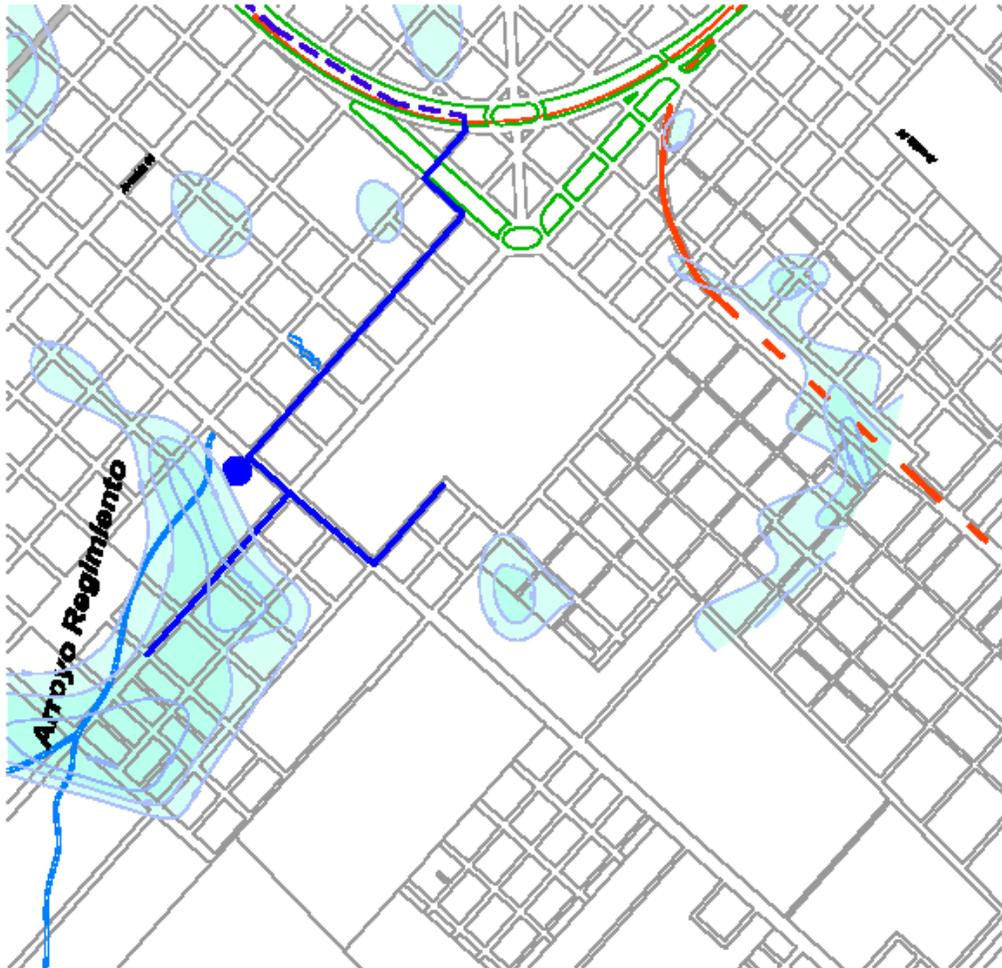


Figura 12.- Mancha de inundación para Rec. 25 años (con obras en el Gato y Derivadores de 143 y 131) y 2.014

**Reservorio calle 137 entre 70 y 72**

Se propuso construir un reservorio de aproximadamente 3.25 has en un terreno en 137 e 70 y 72, donde actualmente llega el arroyo del regimiento. Se considera que podría excavarse hasta una cota de aprox. 13.00 m. De esta forma el cuenco tendría un volumen máximo aproximado de 130.000 m<sup>3</sup>, considerando que en su perímetro la altura más baja de las calles ronda los 17 m, y que a partir de esta cota comenzaría a desbordar hacia las calles. El nuevo conducto, en la calle 71 y 137, tiene cota de proyecto 13.00 m y una dimensión de 5.00x3.00 lo que permite el desagüe del reservorio según se muestra en las tablas adjuntas.



**Figura 13. – Ubicación del Reservorio de Regulación en 137 e 70 y 72**

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

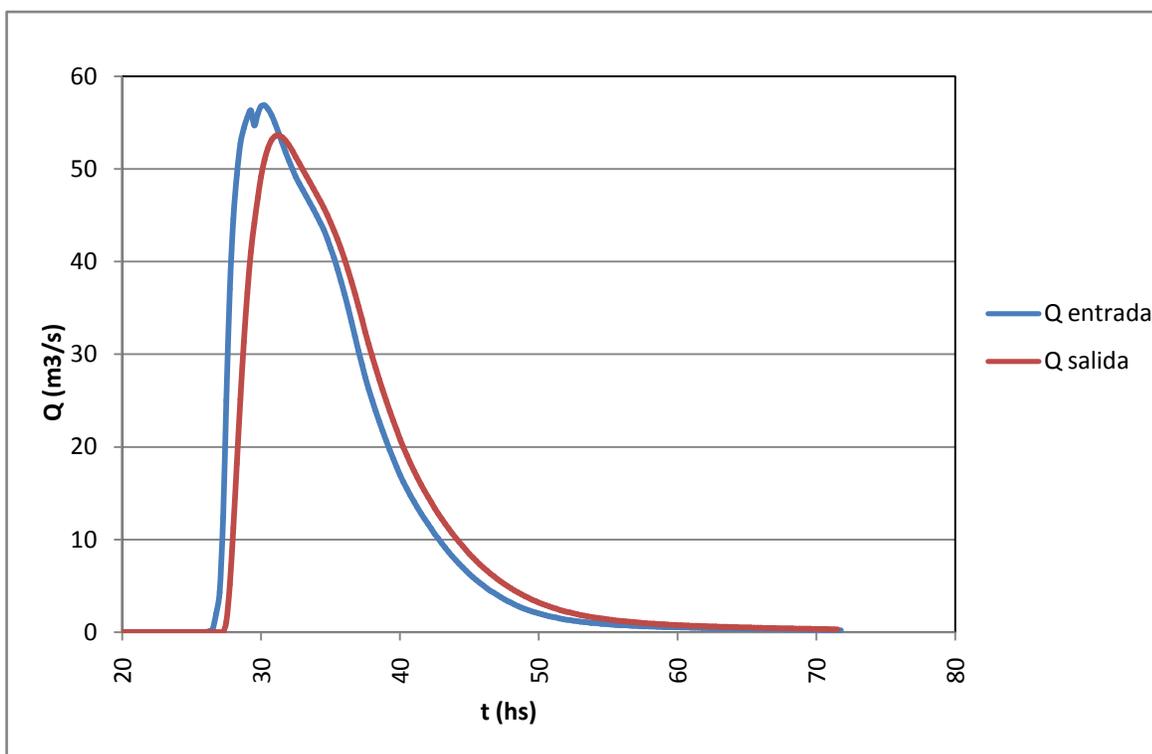


Figura 14 – Funcionamiento del Reservorio de 70 y 137 para una lluvia de Rec. 10 años – Caudales entrantes y salientes del reservorio

| T (hs) | Q(m³/s) | Qs (m3/s) | cota reservorio (m) |
|--------|---------|-----------|---------------------|
| 26     | 0.03    | 0.00      | 13.00               |
| 27     | 4.32    | 0.00      | 13.00               |
| 28     | 44.63   | 11.26     | 13.90               |
| 29     | 55.57   | 36.63     | 15.07               |
| 30     | 56.76   | 49.19     | 15.58               |
| 31     | 54.91   | 53.54     | 15.75               |
| 32     | 50.85   | 52.53     | 15.71               |
| 33     | 47.73   | 49.93     | 15.61               |
| 34     | 44.94   | 47.22     | 15.50               |
| 35     | 41.50   | 44.23     | 15.38               |
| 36     | 36.52   | 40.27     | 15.22               |
| 37     | 30.37   | 35.16     | 15.01               |
| 38     | 25.04   | 29.78     | 14.78               |
| 39     | 20.67   | 25.00     | 14.57               |
| 40     | 17.01   | 20.88     | 14.38               |
| 41     | 14.10   | 17.45     | 14.22               |
| 42     | 11.71   | 14.63     | 14.08               |
| 43     | 9.62    | 12.25     | 13.96               |

| T (hs) | Q(m³/s) | Qs (m3/s) | cota reservorio (m) |
|--------|---------|-----------|---------------------|
| 51     | 1.64    | 2.64      | 13.35               |
| 52     | 1.35    | 2.21      | 13.31               |
| 53     | 1.14    | 1.87      | 13.28               |
| 54     | 0.98    | 1.59      | 13.26               |
| 55     | 0.85    | 1.37      | 13.23               |
| 56     | 0.74    | 1.20      | 13.21               |
| 57     | 0.69    | 1.06      | 13.20               |
| 58     | 0.61    | 0.94      | 13.18               |
| 59     | 0.56    | 0.84      | 13.17               |
| 60     | 0.53    | 0.77      | 13.16               |
| 61     | 0.48    | 0.70      | 13.15               |
| 62     | 0.45    | 0.64      | 13.15               |
| 63     | 0.42    | 0.59      | 13.14               |
| 64     | 0.37    | 0.55      | 13.13               |
| 65     | 0.34    | 0.50      | 13.13               |
| 66     | 0.32    | 0.47      | 13.12               |
| 67     | 0.29    | 0.43      | 13.11               |
| 68     | 0.27    | 0.40      | 13.11               |

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

| Tiempo (hs) | Qe(m3/s) | Qs(m3/s) | altura reservorio(m) |
|-------------|----------|----------|----------------------|
| 44          | 7.79     | 10.20    | 13.85                |
| 45          | 6.28     | 8.45     | 13.75                |
| 46          | 5.04     | 6.98     | 13.66                |
| 47          | 4.00     | 5.74     | 13.58                |
| 48          | 3.18     | 4.72     | 13.51                |
| 49          | 2.52     | 3.88     | 13.45                |
| 50          | 2.01     | 3.19     | 13.40                |

| Tiempo (hs) | Qe(m3/s) | Qs(m3/s) | altura reservorio(m) |
|-------------|----------|----------|----------------------|
| 69          | 0.24     | 0.37     | 13.10                |
| 70          | 0.24     | 0.35     | 13.10                |
| 71          | 0.21     | 0.32     | 13.10                |

Tabla de Qentrante - Qsaliente y cota de pelo de agua correspondiente del reservorio de 70 y 137 para una lluvia de Rec. 10 años

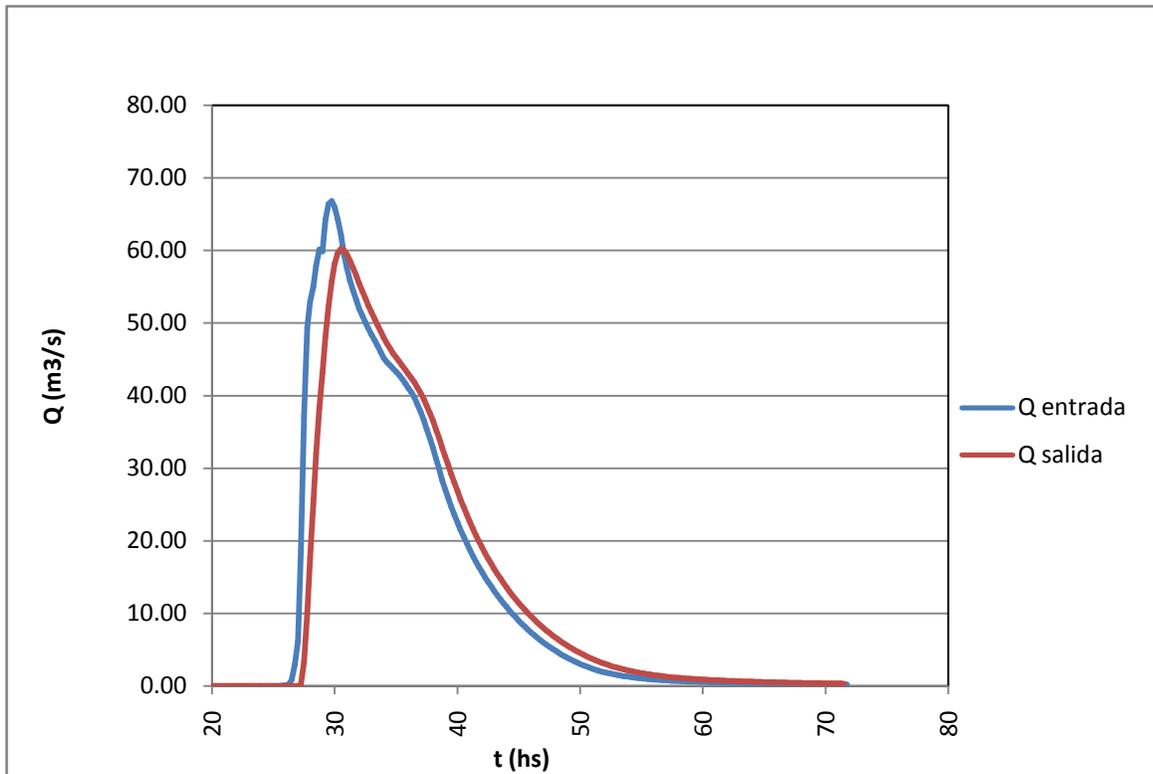


Figura 15– Regulación producida por el Reservorio para una lluvia de Rec. 25 años

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

| T (hs) | Q(m <sup>3</sup> /s) | Qs (m <sup>3</sup> /s) | cota reservorio (m) |
|--------|----------------------|------------------------|---------------------|
| 25     | 0.00                 | 0.00                   | 13.00               |
| 26     | 0.07                 | 0.00                   | 13.00               |
| 27     | 6.15                 | 0.00                   | 13.07               |
| 28     | 52.92                | 17.64                  | 14.23               |
| 29     | 59.88                | 43.15                  | 15.34               |
| 30     | 65.95                | 58.18                  | 15.93               |
| 31     | 57.49                | 59.45                  | 15.98               |
| 32     | 51.97                | 55.46                  | 15.82               |
| 33     | 48.39                | 51.45                  | 15.67               |
| 34     | 45.19                | 47.97                  | 15.53               |
| 35     | 43.29                | 45.26                  | 15.42               |
| 36     | 41.07                | 43.00                  | 15.33               |
| 37     | 37.80                | 40.36                  | 15.22               |
| 38     | 32.79                | 36.53                  | 15.06               |
| 39     | 27.11                | 31.66                  | 14.86               |
| 40     | 22.52                | 26.84                  | 14.65               |
| 41     | 18.79                | 22.65                  | 14.46               |
| 42     | 15.66                | 19.09                  | 14.30               |
| 43     | 13.08                | 16.10                  | 14.15               |
| 44     | 10.88                | 13.58                  | 14.03               |
| 45     | 8.98                 | 11.42                  | 13.91               |
| 46     | 7.34                 | 9.57                   | 13.81               |
| 47     | 5.98                 | 7.99                   | 13.72               |
| 48     | 4.83                 | 6.64                   | 13.64               |
| 49     | 3.83                 | 5.50                   | 13.56               |

| T (hs) | Q(m <sup>3</sup> /s) | Qs (m <sup>3</sup> /s) | cota reservorio (m) |
|--------|----------------------|------------------------|---------------------|
| 50     | 3.03                 | 4.53                   | 13.50               |
| 51     | 2.37                 | 3.71                   | 13.44               |
| 52     | 1.88                 | 3.05                   | 13.39               |
| 53     | 1.51                 | 2.51                   | 13.34               |
| 54     | 1.24                 | 2.09                   | 13.30               |
| 55     | 1.02                 | 1.75                   | 13.27               |
| 56     | 0.88                 | 1.49                   | 13.25               |
| 57     | 0.76                 | 1.28                   | 13.22               |
| 58     | 0.68                 | 1.11                   | 13.20               |
| 59     | 0.61                 | 0.97                   | 13.19               |
| 60     | 0.56                 | 0.87                   | 13.18               |
| 61     | 0.49                 | 0.77                   | 13.16               |
| 62     | 0.46                 | 0.70                   | 13.15               |
| 63     | 0.41                 | 0.63                   | 13.14               |
| 64     | 0.39                 | 0.58                   | 13.14               |
| 65     | 0.34                 | 0.53                   | 13.13               |
| 66     | 0.32                 | 0.48                   | 13.12               |
| 67     | 0.29                 | 0.44                   | 13.12               |
| 68     | 0.27                 | 0.41                   | 13.11               |
| 69     | 0.24                 | 0.38                   | 13.11               |
| 70     | 0.22                 | 0.35                   | 13.10               |
| 71     | 0.22                 | 0.32                   | 13.10               |
| 72     | 0.20                 |                        | 13.00               |

**Tabla de Qentrante - Qsaliente y cota correspondiente del reservorio de 70 y 137 para una lluvia de Rec. 25 años**

#### 4.- PROYECTO DEL DERIVADOR DE AVENIDA 32

Este derivador tiene por objetivo captar los desagües de las redes de las calles 18, 19, 14, 13, 11, 9, 7, 5 y 3, redimensionadas en el trabajo antecedente "Estudio de la cuenca del Arroyo del Gato", año 2010, y conducirlos directamente al arroyo, dejando liberada la red de calle 11 ubicada aguas abajo de la Avenida 32 para servir a los desagües de Tolosa. En total, sanea una superficie aproximada de 860 Has.

## Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

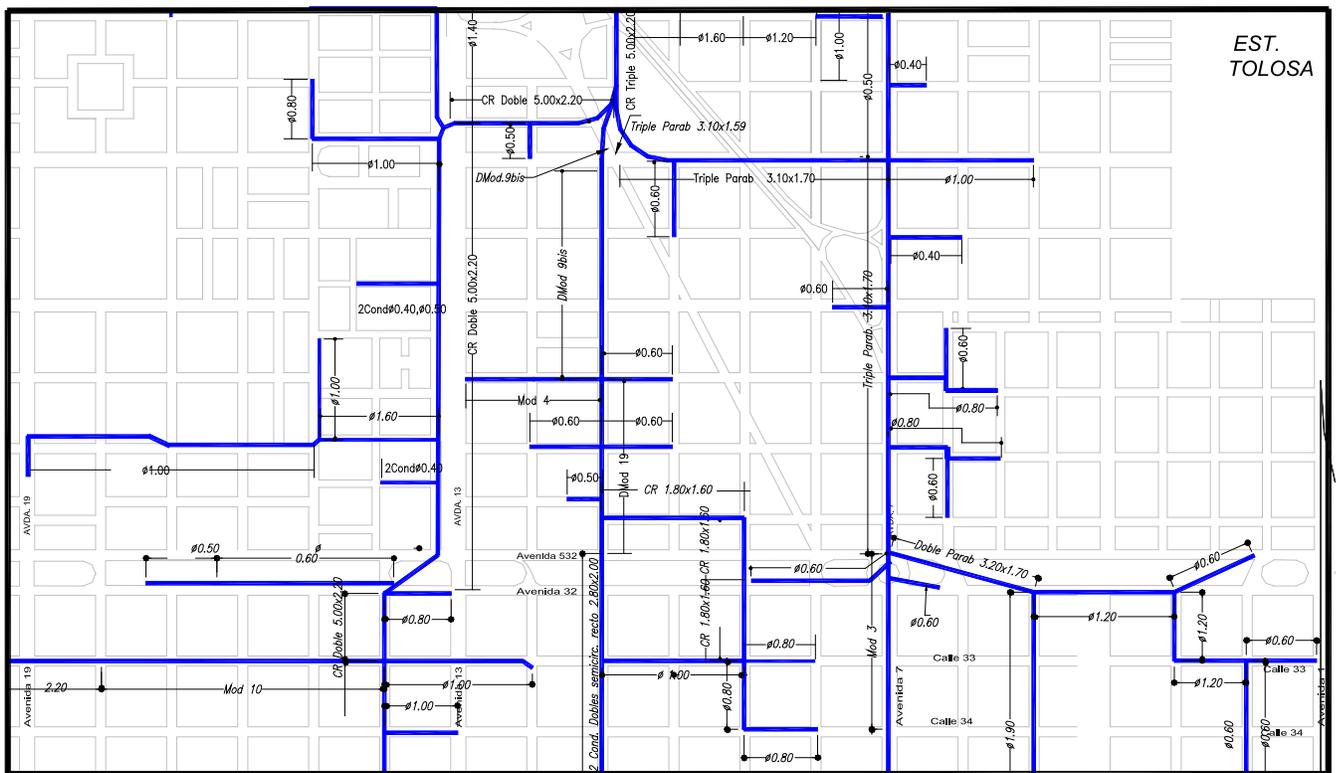
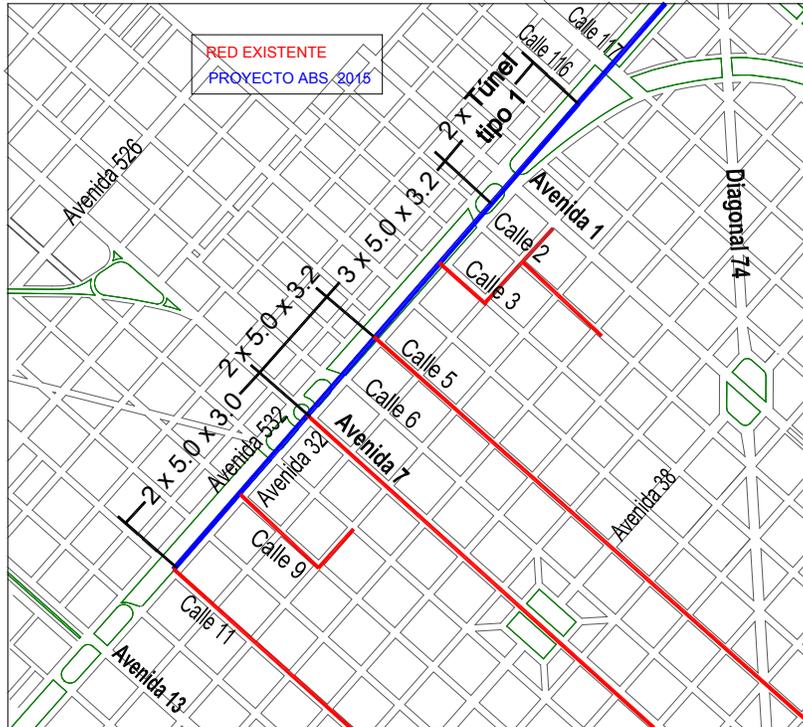


Figura 16.- Desarrollo actual en Tolosa y Ringuelet de las descargas de la ciudad.

Debido a la importancia y envergadura que significa dicha obra se ha considerado adecuado proyectarla con dimensiones suficientes para evacuar sin inconvenientes caudales correspondientes a recurrencias de 25 años, verificando que su funcionamiento para que presente una buena respuesta para recurrencias de 50 y 100 años.

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.



**Figura 17.- Derivador por calle 32 que colecta los caudales proveniente de las cuenca urbana de las calles 11, 9, 5 y 3**

En la siguiente figura se muestra los Hidrogramas de caudales que descarga el Derivador de la Av. 32 para las recurrencias mencionadas.

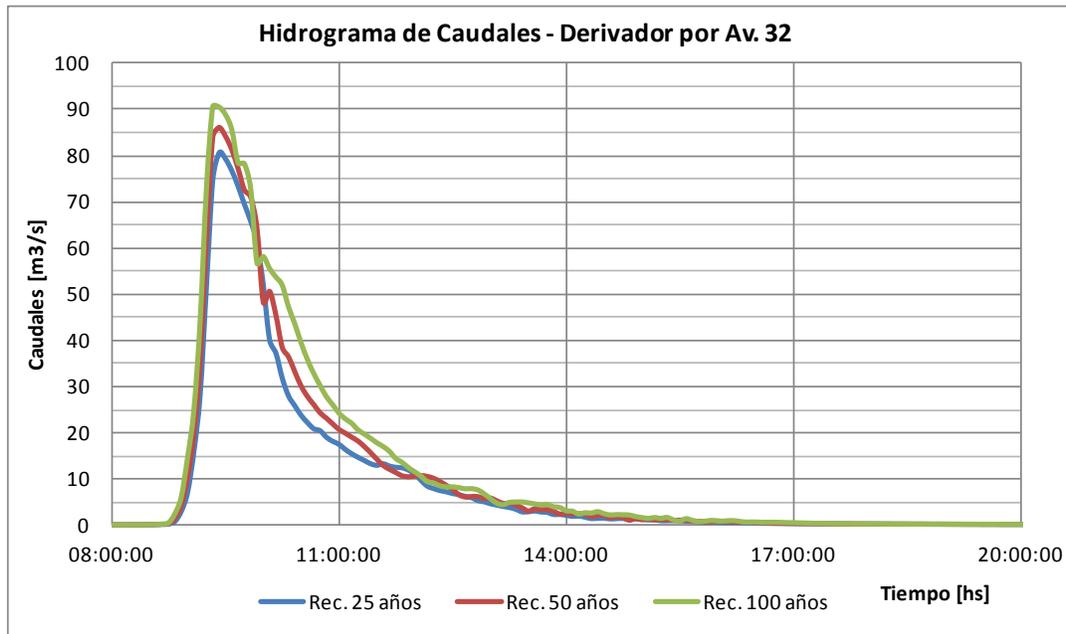


Figura 18. – Hidrogramas de Caudales en el Derivador. Rec. 25, 50 y 100 años en Avda 1 y 32.

Los resultados obtenidos indican una mejora sustancial de las condiciones de desagües en las zonas de Tolosa y Ringuelet, reduciendo el caudal que transporta el conducto de la calle 11, lo cual mejora el drenaje de la red local de conductos.

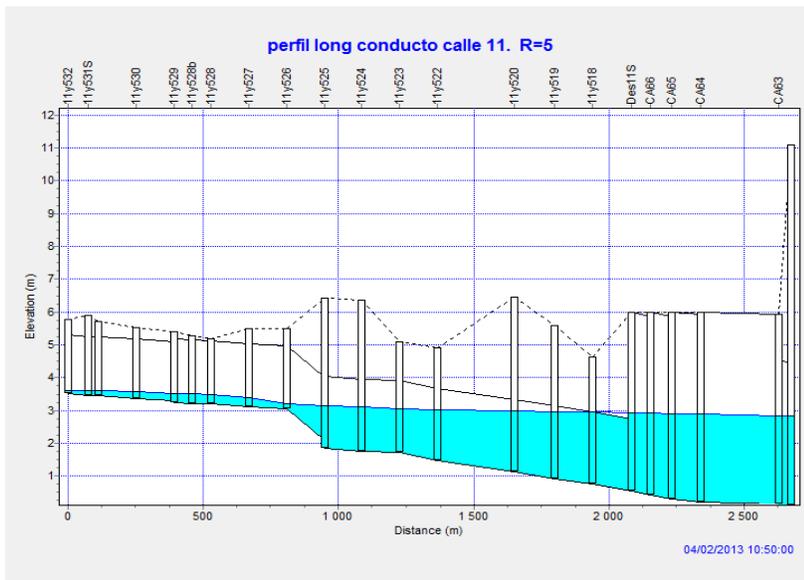


Fig. 19. Conducto de la calle 11 sin los caudales del casco urbano que se derivan por la Avda 32, para Rec = 5 años

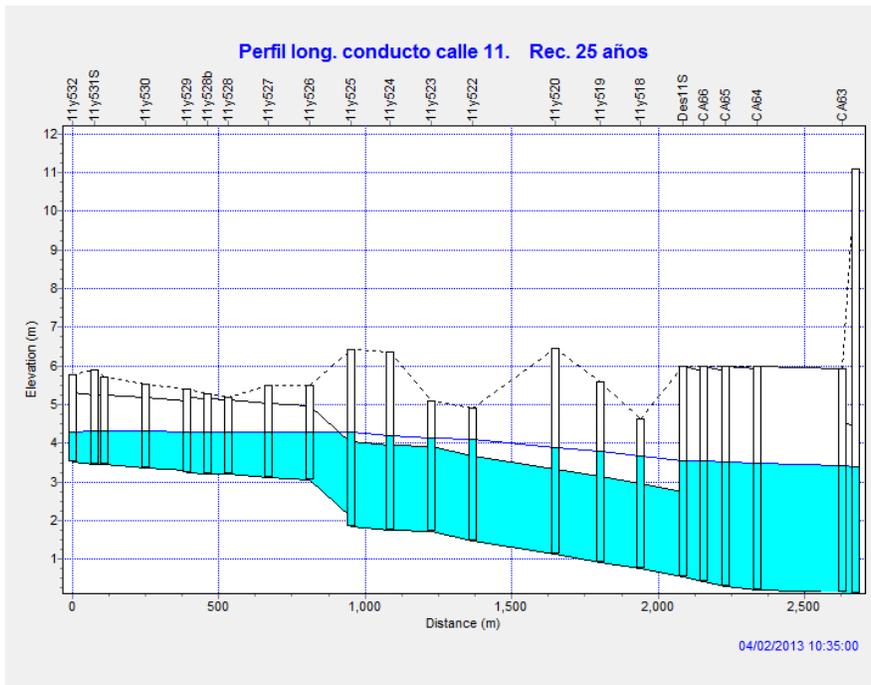


Fig. 20. Idem para Rec = 25 años

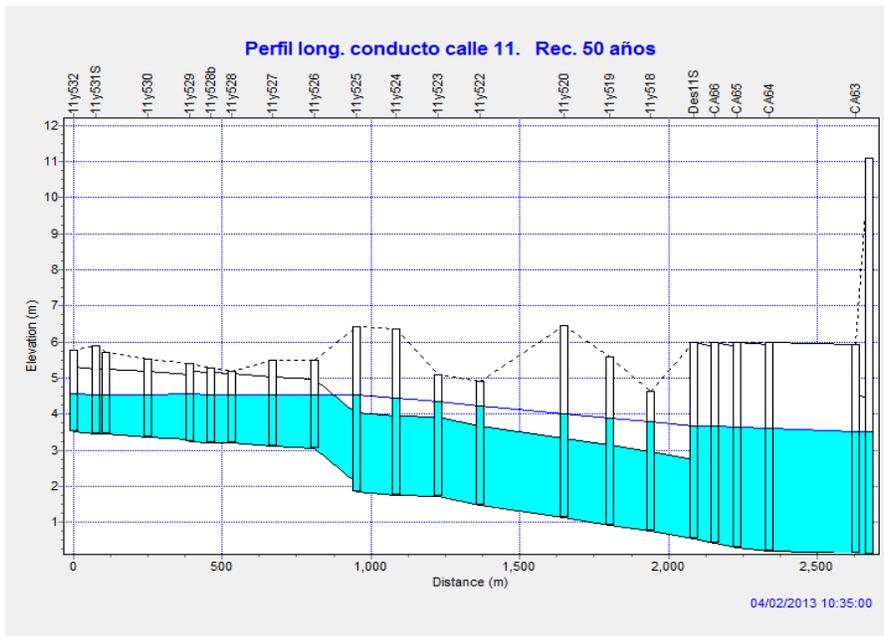


Figura 21.- Idem para Rec = 50 años

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

El conducto aliviador de Avda 32 se encuentra sobre la rambla central, que separa las calle 32 y 532, ambas de un intenso tránsito. Está ubicado planimétricamente entre un gasoducto de alta presión de  $\phi=610$  y el acueducto de  $\phi=630$  que alimenta a la ciudad de La Plata, lo que evidentemente acotó de manera trascendente la traza del mismo. Longitudinalmente al conducto, se encuentra también una cloaca ( $\phi=400$  a  $600$ ), que si bien no pudo ser ubicada con precisión en la planimetría, tiene cota menor a la del conducto. (ver perfiles longitudinales y transversales). En el camino existen cruces menores con interferencias que deberán ser removidos en su momento y que se muestran en los perfiles longitudinales y transversales.

Se proyectaron tres posibles alternativas a este conducto, basadas principalmente en la importancia de minimizar la cantidad de interferencias a sortear (algunas de ellas de gran magnitud). Los costos de las alternativas (sin considerar remoción y reubicación de interferencias) y el funcionamiento de las mismas son similares. El primer tramo, entre las calle 11 y 116 son comunes, diferenciándose a partir de la calle 32 y 116.

**Alternativa 1:** desagüe por calle 116 y 117

**Alternativa 2:** desagüe paralelo a la Autopista La Plata – Buenos Aires (aguas arriba de esta)

**Alternativa 3:** desagüe por diagonal 74, de la margen derecha del camino

#### **Alternativa 1:**

Todas las alternativas tienen una primera parte en común hasta la calle 116, donde llega con dos túneles tipo 1. Acá se deriva uno de los conductos a lo largo de la calle 116 hasta la calle 527 y el otro por la calle 117 también hasta la calle 527. Este dobla hacia la calle 116 y al llegar a esta ambos conductos siguen juntos hasta la calle 115 desde donde se dirigen hacia su desembocadura en el arroyo del Gato. Para ello, atraviesan diagonalmente los terrenos del FFCC, cruzan la Avenida 520, doblan hacia la calle lateral a las vías del FFCC y siguen por ésta hasta la desembocadura.

Esta alternativa tiene la ventaja que, cuando se realiza el cruce en las calle 116 y 117, el conducto va en túnel, por lo que no existe problema ni al sortear el gasoducto de  $\phi=610$  que corre paralelo a la calle 532, ni de interrupción del tránsito durante la construcción. Este túnel se extiende desde la calle 2, por lo que no generará grandes inconvenientes con el tránsito.

Sobre la Avenida 32, los ingresos de los distintos caudales que llegan a la avenida se realizan por medio de sumideros existentes y/o proyectados que colectan el agua por medio de conductos que se conectan con los ramales de calle 11, 9, 7, 5 ó 3.

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

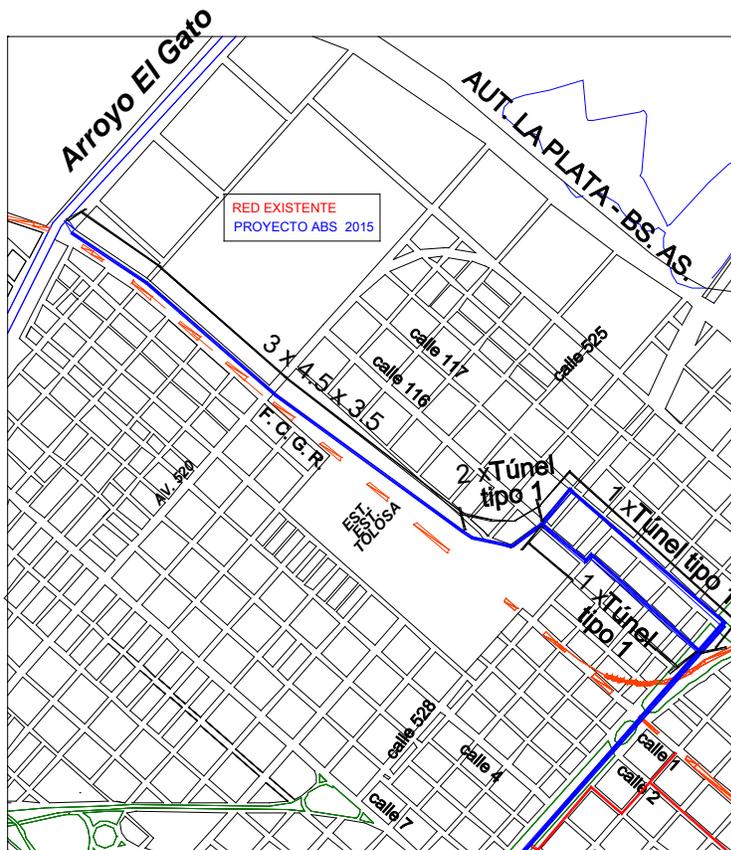


Figura 22.- Alternativa 1. Planimetría del Derivador de 32 por 116 y 117.

| <b>Derivador Av. 32 – Alternativa 1 – desagüe por calle 116 y 117</b> |                        |
|---|------------------------|
| <b>Tramo entre Calles</b>   | <b>Dimensiones [m]</b> |
|   | <b>B x h o D</b>       |
| Av. 32 e calles 11 y 7  | Rect. 2 x 5.0 x 3.0    |
| Av. 32 e calles 7 y 5   | Rect. 2 x 5.0 x 3.2    |
| Av. 32 e calles 5 y 2   | Rect. 3 x 5.0 x 3.2    |
| Av. 32 e calle 2 y 116  | 2 Túneles Tipo 1       |
| Av. 32 e calle 116 y 117  | 1 Túneles Tipo 1       |

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

| <b>Ramal 1 – por calle 116</b>  |                     |
|---|---------------------|
| Calle 116 e Av. 32 y calle 527 (empalme con Ramal 2 calle 117)  | 1 Túnel Tipo 1      |
| Calle 527 y 116 hasta calle 526 por la calle. Entre calle 526 y 115 y 525 bis, entrando en terreno del FFCC de la Estación Tolosa                           | 2 Túneles Tipo 1    |
| 115 y 525 bis (atravesando el terreno de Estación Tolosa) hasta 520 y la calle paralela a las vías. Desde acá hasta arroyo el Gato paralelamente a las vías | Rect. 3 x 4.6 x 3.5 |
| <b>Ramal 2 - por calle 117</b>  |                     |
| Calle 117 e Av. 32 y calle 527  | 1 Túnel Tipo 1      |
| Calle 527 e calles 117 y 116 (empalme con ramal calle 116)  | 1 Túnel Tipo 1      |

Como se puede observar en los perfiles siguientes, para la Recurrencia de 25 años, el conducto se mantiene a superficie libre, permitiendo el ingreso de caudales desde las cuencas de aporte.

Debido al nivel de agua que alcanza el arroyo del Gato en calle 115, se produce un remanso cuya influencia tiene una duración máxima de 2 hs (como se ve en las figuras 23, 24 y 25)

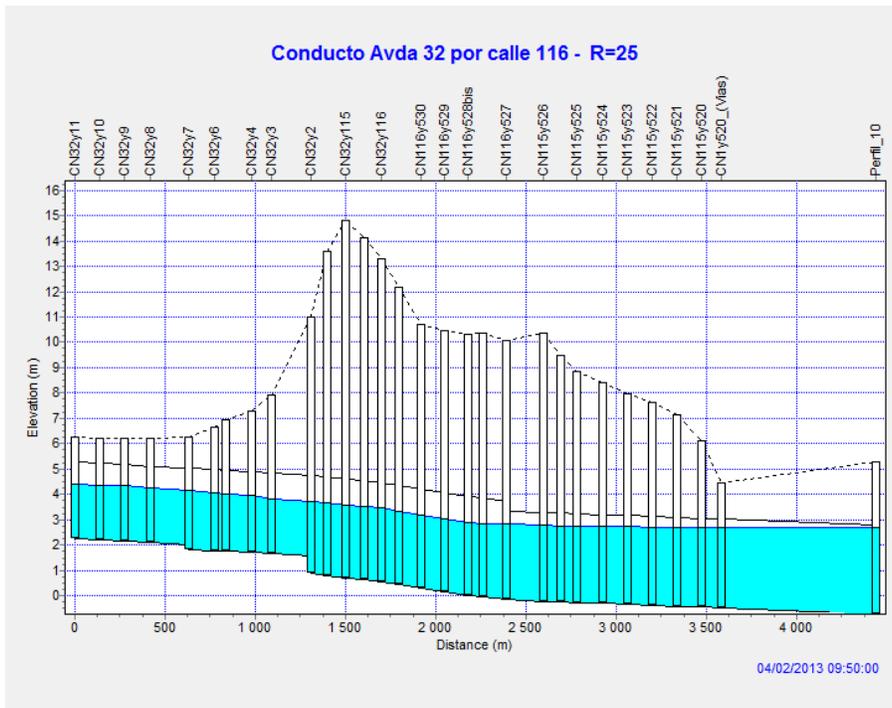


Figura 23.– Derivador de 32 por calle 116, 9:50 hs, Rec. 25 años

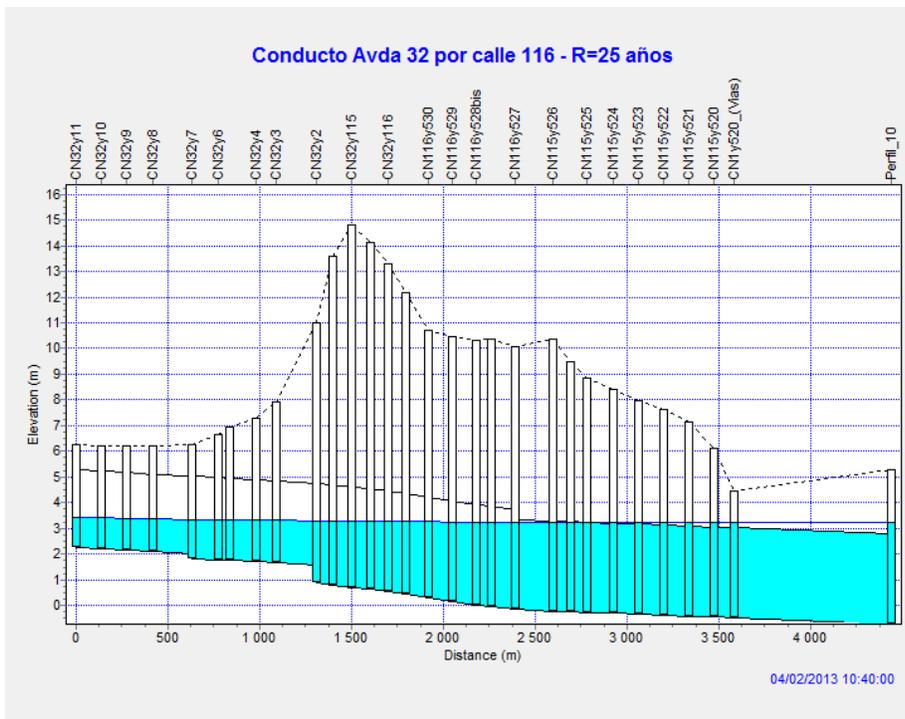


Figura 24.– Derivador de 32 por calle 116, 10:40 hs, Rec. 25 años

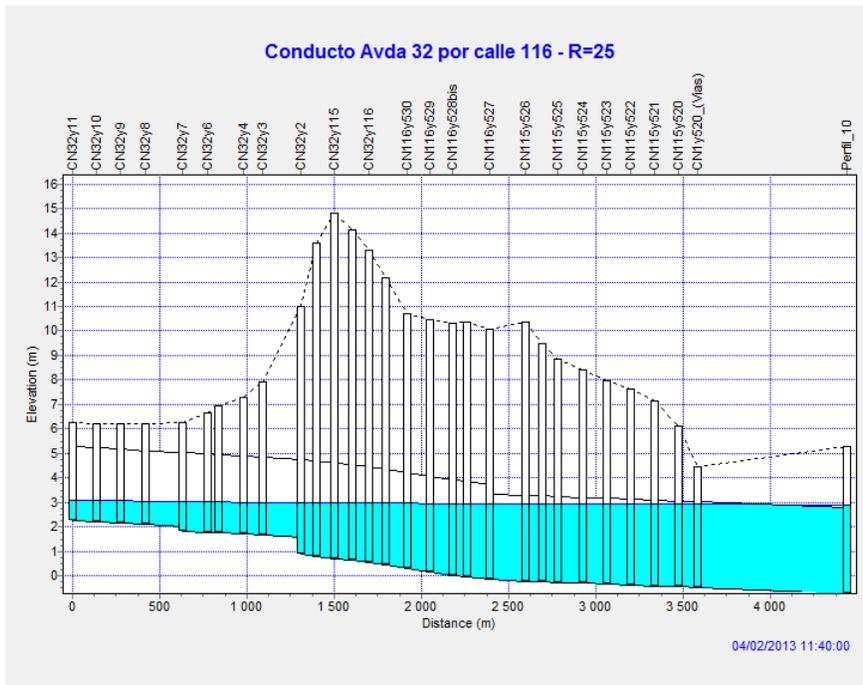


Figura 25.- Derivador de 32 por calle 116, Tiempo 11:40 hs Rec. 25 años

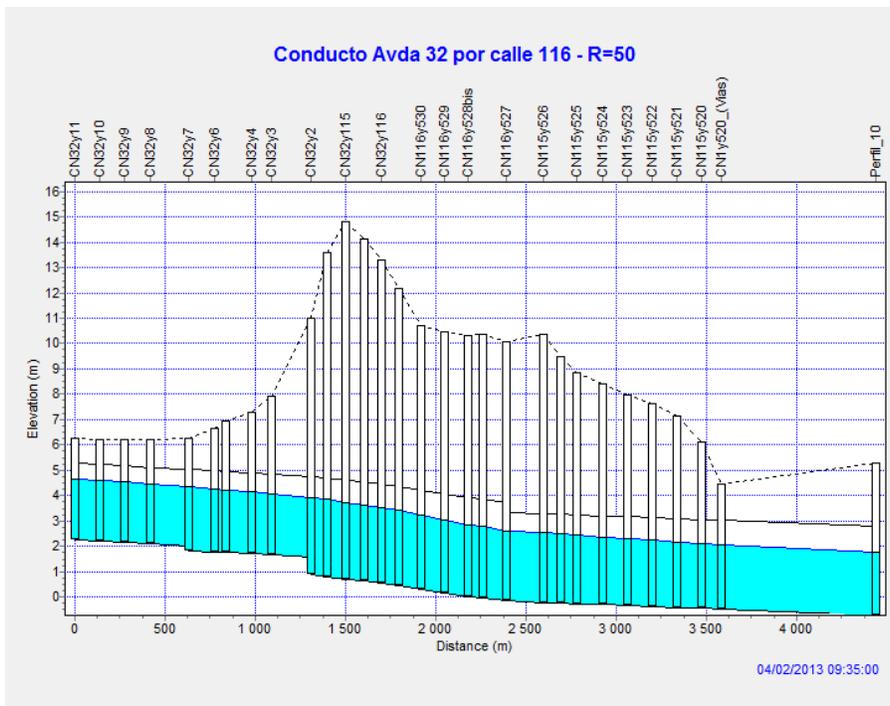


Figura 26.- Derivador de 32 por calle 116, Rec. 50 años

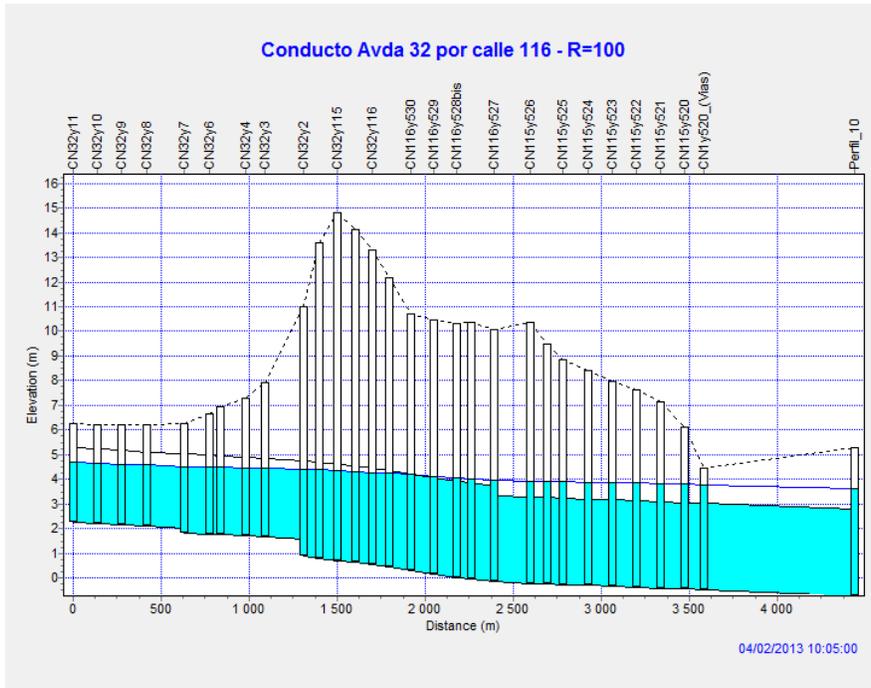


Figura 26.- Derivador de 32 por calle 116, Rec. 100 años

**Alternativa 2:**

Esta alternativa del conducto de Avda 32, se inicia en 11 y sigue por la rambla que separa las calle 32 y 532 hasta la rotonda de 120 y 32. Cruza la misma hacia el lado izquierdo y desde aquí sigue por Diagonal 74 hasta la calle 122. En este punto, dobla por 122 y sigue paralelo a la Autopista La Plata - Buenos Aires hasta la desembocadura.

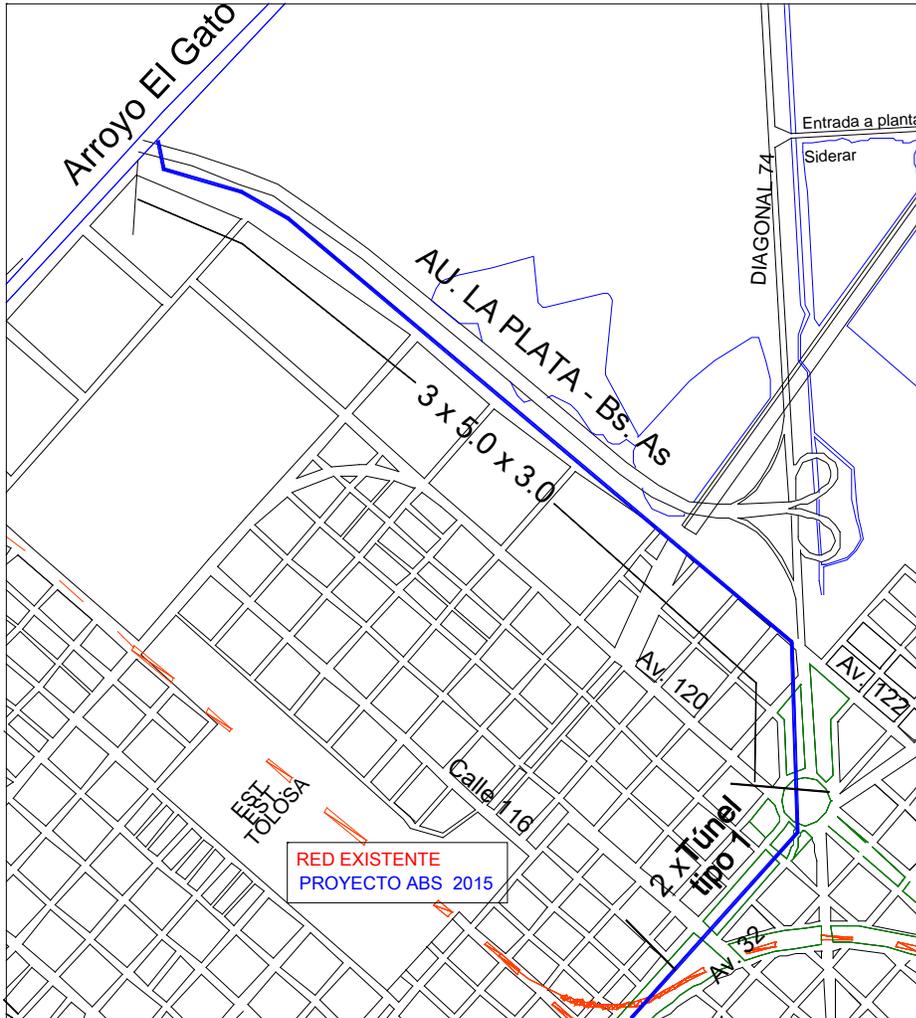


Figura 27.- Alternativa II - Planimetría del Derivador desde calle 116 con salida al arroyo paralela a la Autopista La Plata – Bs As.

Si bien la rotonda ubicada en calle 120 y 32 es una zona de confluencia de interferencias de dimensiones importantes (gas, cloaca, agua, etc), estas son sorteadas al pasarles por abajo con un túnel.

En diagonal 74 y 122, existen interferencias muy importantes: un gasoducto, una cloaca, un naftoducto y un propanoducto que deberían ser removidos para realizar las obras. Por otro lado, el propanoducto que sigue en la línea de calle 122 vuelve a cruzar el conducto a la altura de la calle 525 aproximadamente, lo que significaría una nueva remoción de esa interferencia.

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

Además por debajo de la Autopista en la calle 527 cruza un FFCC que sirve a Siderar, con una frecuencia de tránsito de 1 vez al día, por lo que habrá que hacer una obra de cruce especial.

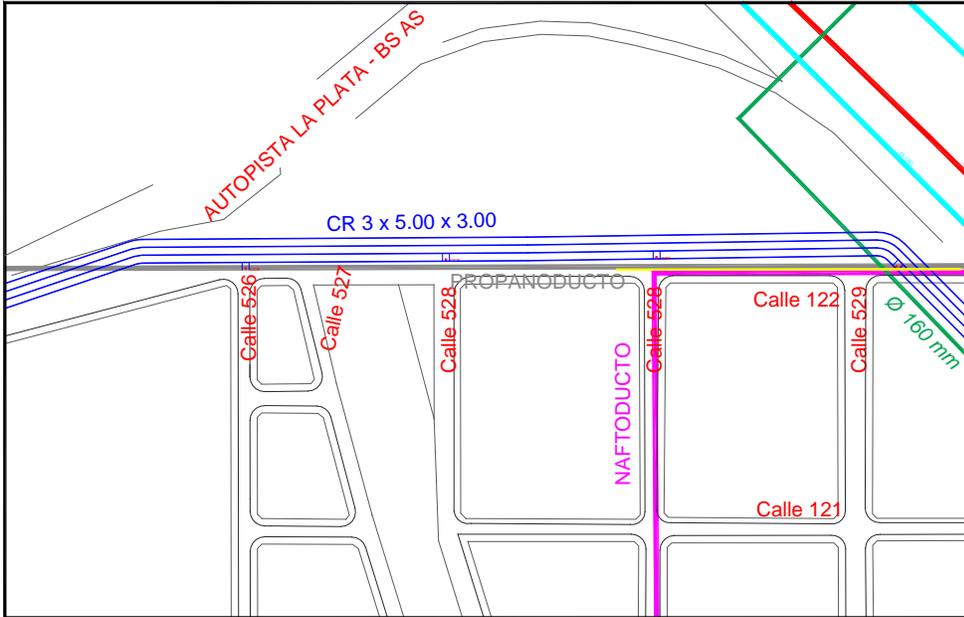


Figura 28.- Interferencias

Hacia el final de la traza, en la desembocadura, el conducto vuelve a cruzar el propanoducto

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

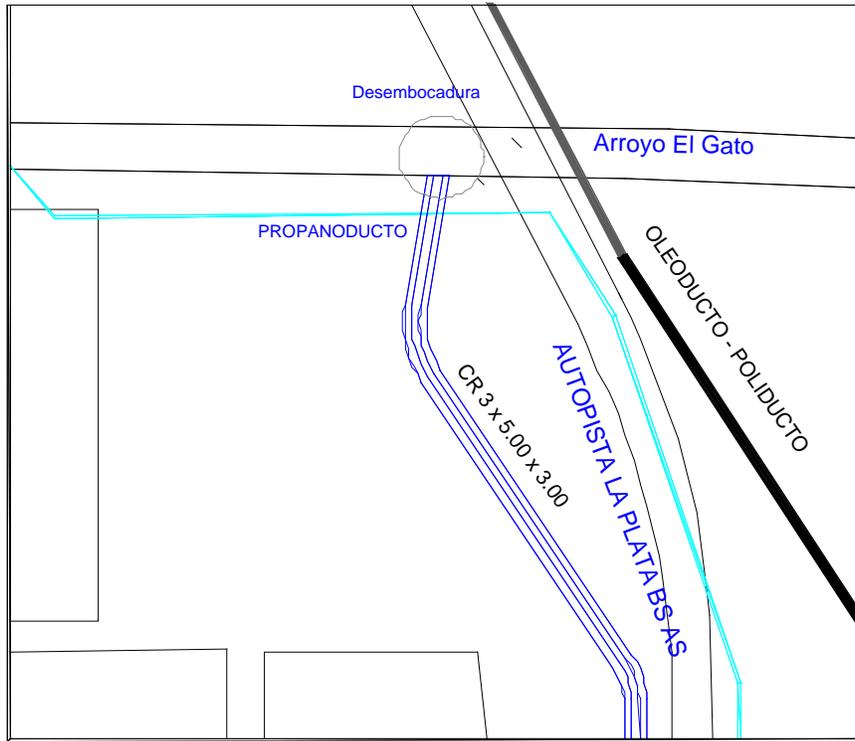


Figura 29.-

| Derivador Av. 32 – Alternativa 2 – Desague paralelo a la autopista |                  |
|--|------------------|
| Tramo entre Calles   | Dimensiones [m]  |
|  | B x h o D        |
| Av. 32 e calles 11 y 7   | 2 x 5.0 x 3.0    |
| Av. 32 e calles 7 y 5  | 2 x 5.0 x 3.2    |
| Av. 32 e calles 5 y 2  | 3 x 5.0 x 3.2    |
| Av. 32 e calle 2 y rotonda 120                                     | 2 Túneles Tipo 1 |
| Diag. 74 e Rot. calle 120 y calle 122                              | 3 x 5.0 x 3.0    |
| Calle 122 desde diag. 74 hasta el Arroyo (paralelo a la Autopista) | 3 x 5.0 x 3.0    |

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

Los perfiles longitudinales indicando el pelo de agua dentro del conducto de esta alternativa, son muy similares a los de la alternativa 1 por estar la desembocadura a 800 m aproximadamente aguas abajo del anterior. .

### **Alternativa 3:**

Esta alternativa del conducto de Avda 32, se inicia en 11 y sigue por la rambla que separa las calle 32 y 532 hasta la rotonda de 120 y 32. Cruza la misma hacia el lado izquierdo y desde aquí sigue por Diagonal 74 hasta la desembocadura del A el Gato. (Se descartó la realización del conducto llevando la traza por el lado derecho de diag 74, debido a la existencia del acueducto D= 1200 que alimenta a la ciudad de La Plata que va paralelo a la diagonal hasta la entrada de Siderar, donde dobla a la derecha hasta la Toma de Punta Lara)

Sin embargo esta alternativa tiene algunas características a tener en cuenta.

En primer lugar, por el lado izquierdo de la diagonal 74, habría que atravesar el terraplén de la autopista La Plata Bs As, ya que no hay espacio suficiente entre los pilares del puente para pasar un conducto de las dimensiones del conducto en cuestión. Esta no es una opción válida debido al peligro estructural al que podría ser sometida la autopista. En lugar de esto, proponemos que la traza del conducto en esa zona pase por la calzada de diagonal 74. Si bien esta opción dejaría inutilizada la bajada de la autopista durante la etapa constructiva, esto podría ser subsanado en parte, construyéndolo de tal manera de dejar siempre libre media calzada. Por otro lado, existen varias bajadas a la autopista (el pato, villa elisa), que podrían sustituir momentáneamente y por el período constructivo, la llegada a la ciudad.

Una vez atravesada esta zona, el conducto se mueve hacia la izquierda nuevamente y, a la altura del perfil 47 (ver planimetrías), se transforma en un canal rectangular de 15 m de ancho y paredes verticales hasta la desembocadura

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

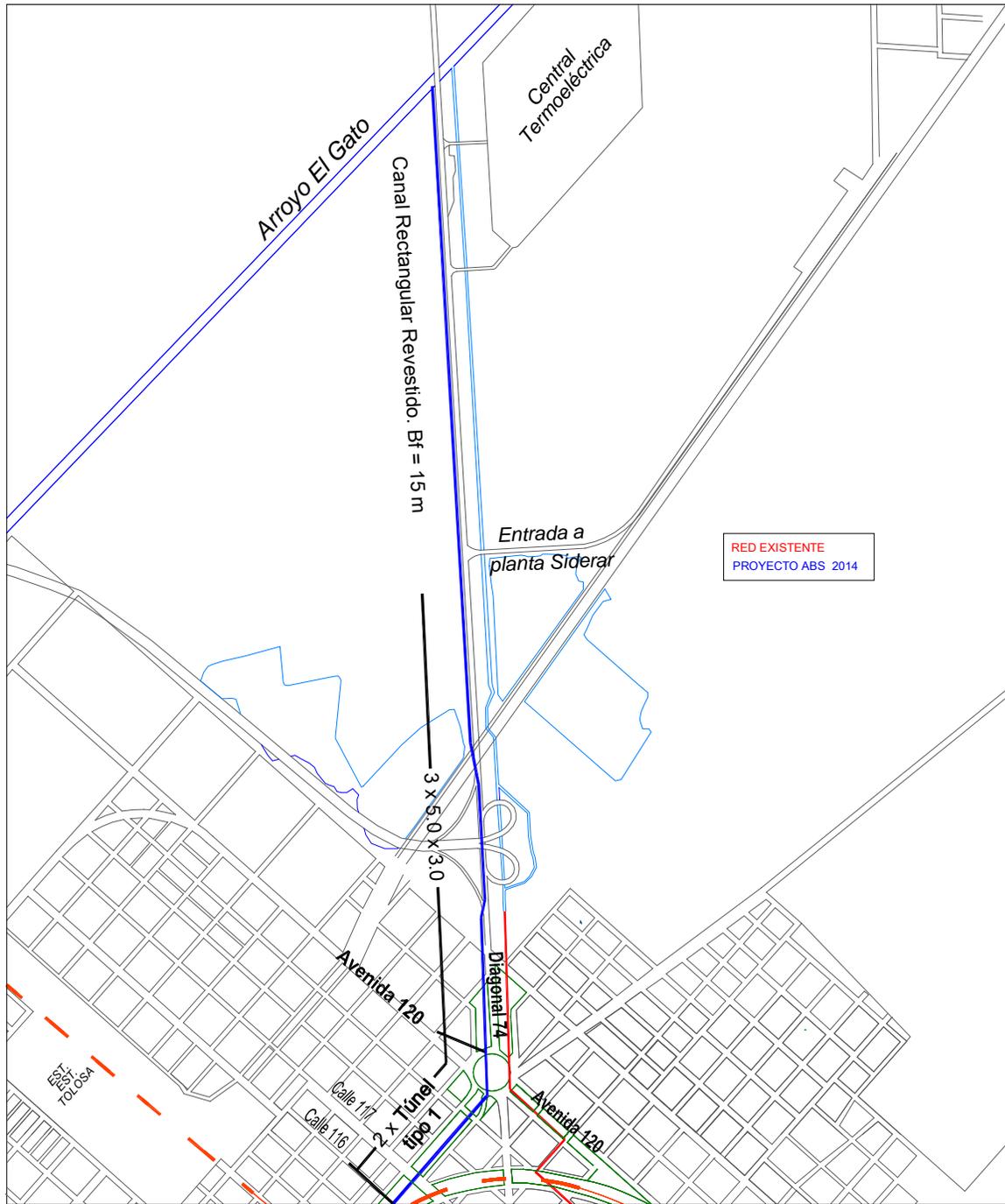


Figura 30.- Alternativa 3 - Planimetría del Derivador por Diag. 74 desde calle 116 y av. 32 hasta su desembocadura en el arroyo.

| Derivador Av. 32 – alternativa 3 – desembocadura por diag74                              |   |
|--|---|
| Tramo entre Calles   | Dimensiones [m]<br>B x h o D              |
| Av. 32 e calles 11 y 7   | 2 x 5.0 x 3.0                             |
| Av. 32 e calles 7 y 5  | 2 x 5.0 x 3.2                             |
| Av. 32 e calles 5 y 2  | 3 x 5.0 x 3.2                             |
| Av. 32 e calle 2 y rotonda calle 120   | 2 Túneles Tipo 1                          |
| Diag. 74 e Rot. calle 120 y Perfil 47 (pasando AU LP - Bs .As. previo entrada a SIDERAR) | 3 x 5.0 x 3.0                             |
| Diag. 74 e Perfil 47 y (previo ingreso a SIDERAR) y Arroyo el Gato                       | Canal Rectangular<br>Revestido: Bf = 15 m |

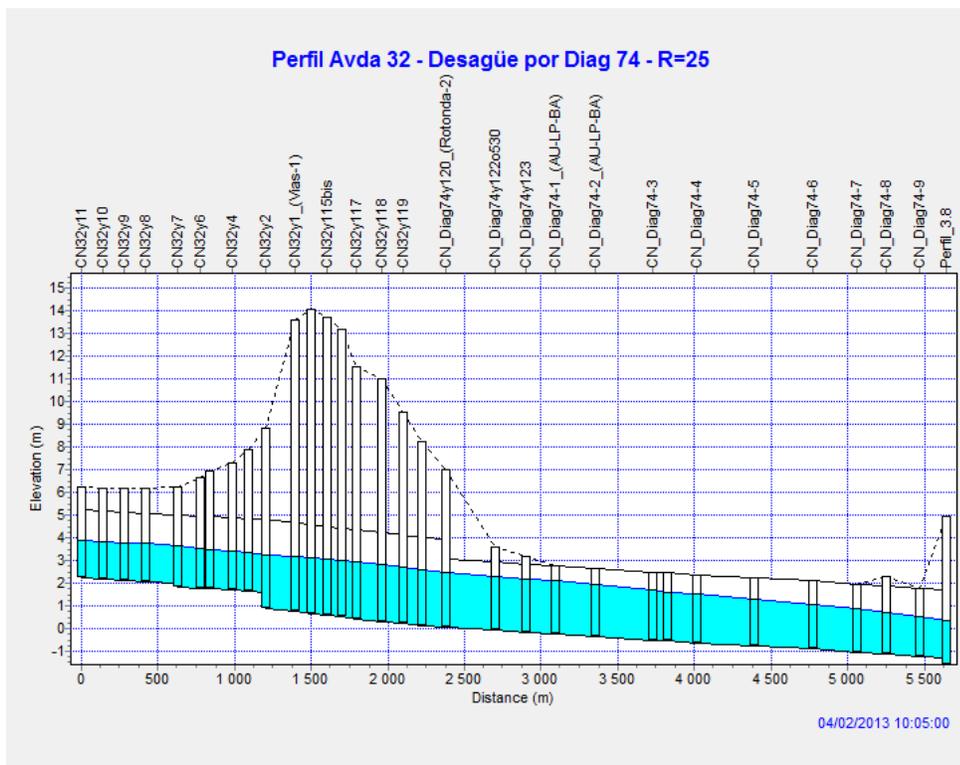


Figura 31.-

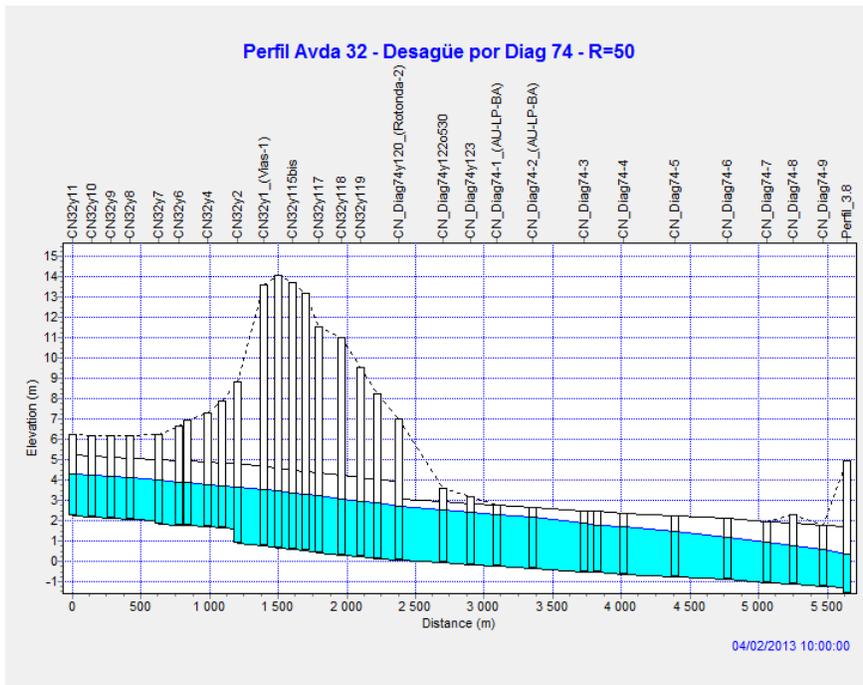


Figura 32.-

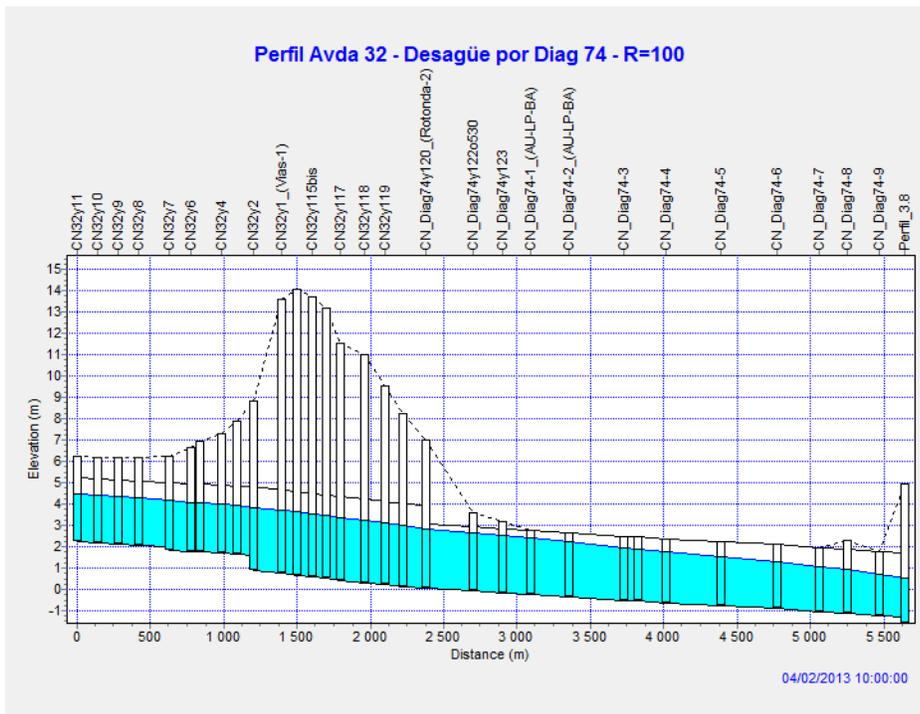


Figura 33.-

**Conclusiones a las alternativas del derivador de la Avenida 32**

El derivador de la Avenida 32, tiene una traza única hasta la calle 116, lugar donde se diferencian las tres alternativas planteadas (todas con un funcionamiento hidráulico similar).

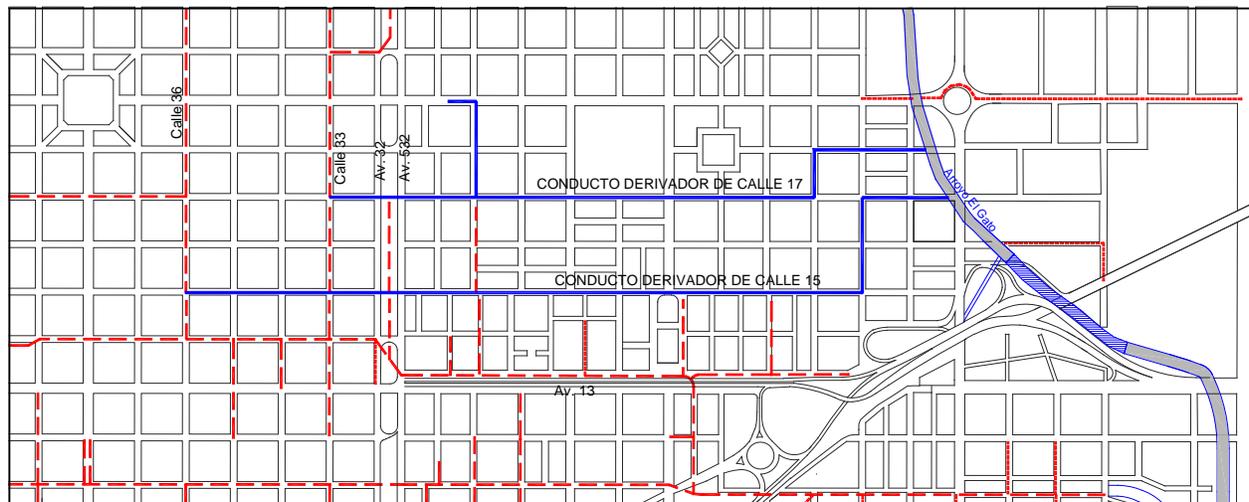
La Variante 1, que es la que deriva en dos túneles por calle 116 y 117 respectivamente, es la que resulta más sencilla en su construcción puesto que evita el cruce con todas las interferencias ubicadas desde la plazoleta de 120 y Avenida 32 hacia aguas abajo (ver plano de interferencias) , por lo que deberá estudiarse cuidadosamente este aspecto, ya que estas remociones podrían transformar a las Alternativas 2 y 3 en muy costosas.

Dichas interferencias, son difíciles de ubicar planialtimétricamente con exactitud, ya que los organismos responsables poseen poca información al respecto. A esto hay que agregarle el hecho que, la Central Termoeléctrica sobre Diagonal 74 a la altura del Arroyo el Gato, actualmente en construcción, está haciendo nuevos tendidos de redes cuya traza se desconoce.

## 5.- DESVIADORES DE LAS CALLES 15 Y 17.

Como se dijo oportunamente, los desbordes que se producen en la calle 13 desde la Plaza Belgrano hacia aguas abajo no solo afectan esa calle sino las adyacentes produciendo una situación de anegamiento más o menos generalizada, según la intensidad de precipitación, en la zona norte del casco urbano, en Tolosa y parte de Ringuélet.

Como todas las redes de la ciudad, el problema es su dimensionado para una recurrencia muy baja, que como máximo es de 2 años. En las corridas del modelo se observó que se mejora mucho la situación incorporando dos derivadores, uno por la calle 15 y otro por 17, que capten los aportes de los Conductos Modelo 10 que ingresan en el conducto de la calle 13 en 33 y 36.



**Figura 34.- Derivadores por las calles 15 y 17**

En las figuras siguientes se muestra el funcionamiento de esa red para distintas recurrencias, con y sin los derivadores.

La leyenda “**Situación actual + Proyecto 2015**” significa que las redes son:

- todas las actualmente existentes
- los derivadores de 131 y de 143
- La canalización y revestimiento del A<sup>0</sup> del Gato con sus puentes
- Los proyectos del presente trabajo

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

La leyenda “**Proyecto 2010 + Proyecto 2015**” significan:

- los derivadores de 131 y de 143
- La canalización y revestimiento del Aº del Gato con sus puentes
- Los proyectos del presente trabajo
- Los proyectos del trabajo antecedente de 2.010

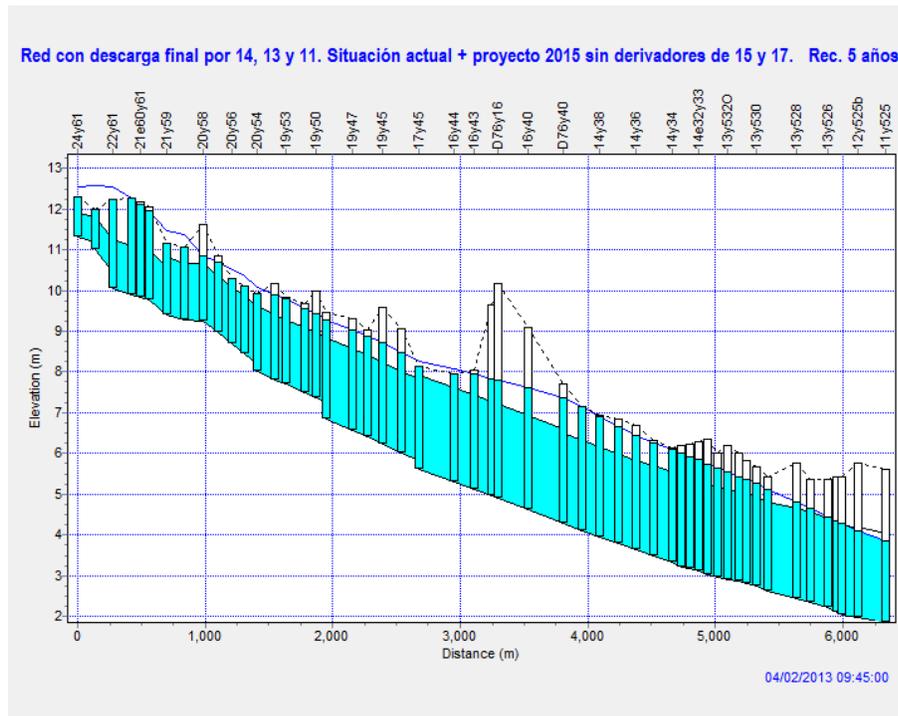


Figura 35 .- “Situación actual + proyecto 2015” sin derivadores de las calles 15 y 17, para recurrencia 5 años. Desbordes aguas arriba de 16 y 43 y funcionamiento a presión de allí hacia aguas abajo.

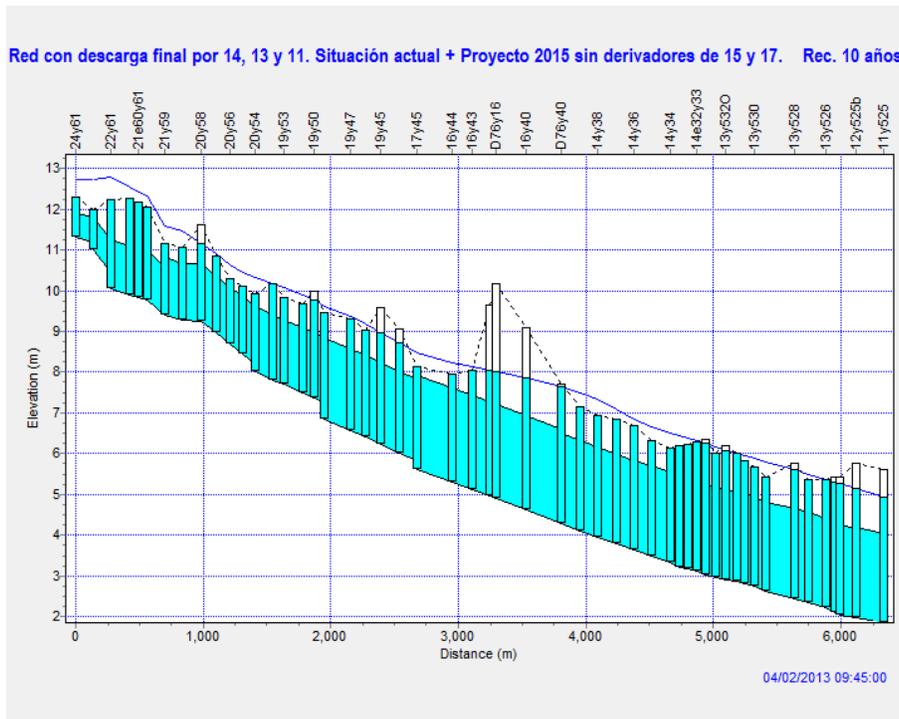


Figura 36.- “Situación actual + proyecto 2015” sin derivadores de las calles 15 y 17, para recurrencia 10 años. Desbordes en casi toda la traza.

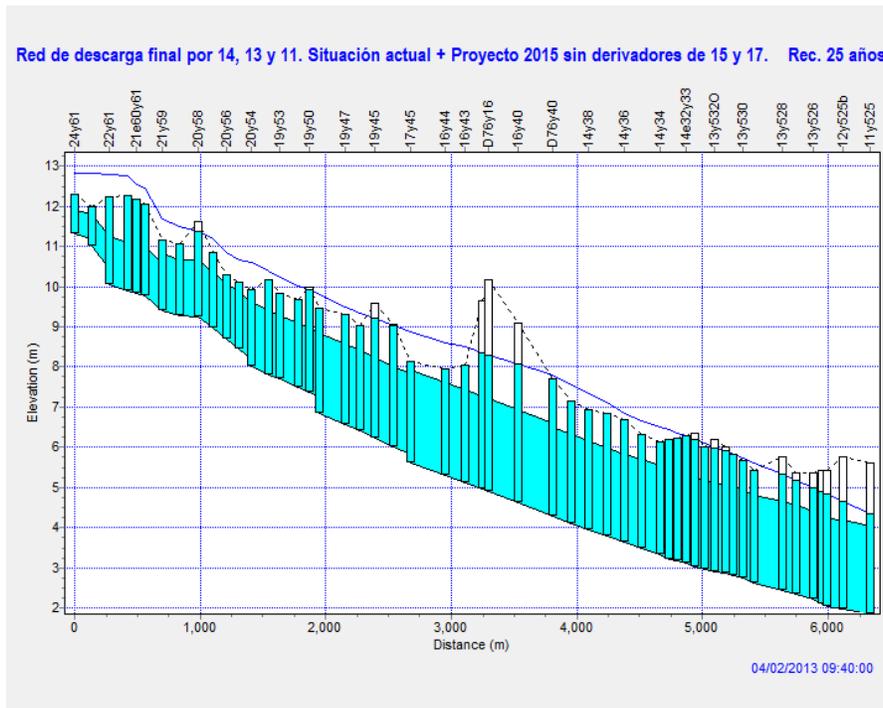


Figura 37.- Situación similar a la de la figura 37 (incrementada)

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

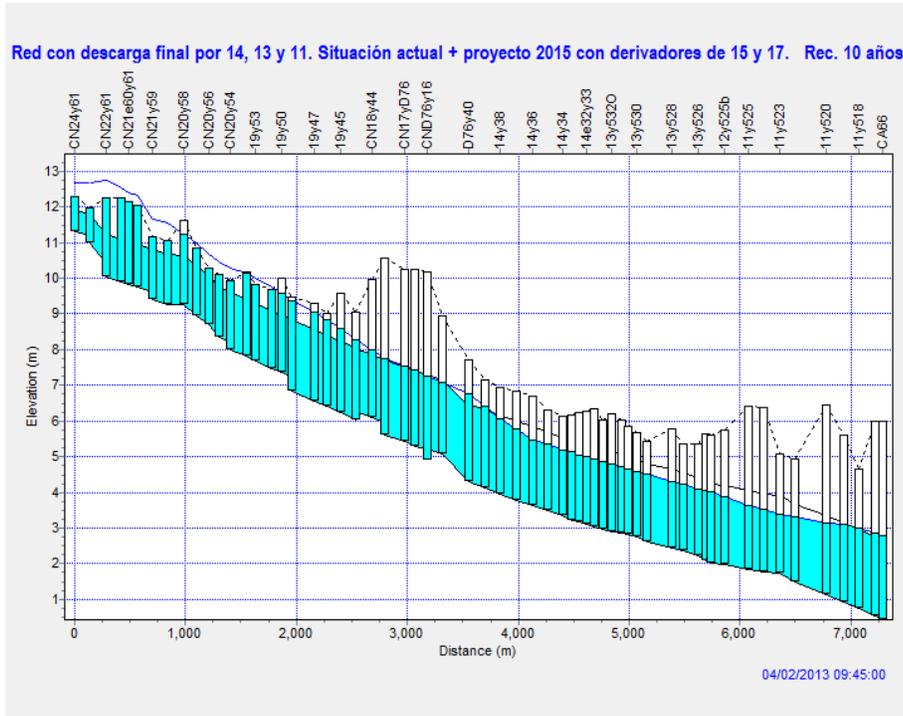


Figura 38.- “Situación actual + proyecto 2015” con derivadores de las calles 15 y 17 para recurrencia 10 años. Desaparecieron los desbordes desde Plaza Belgrano hacia aguas abajo.

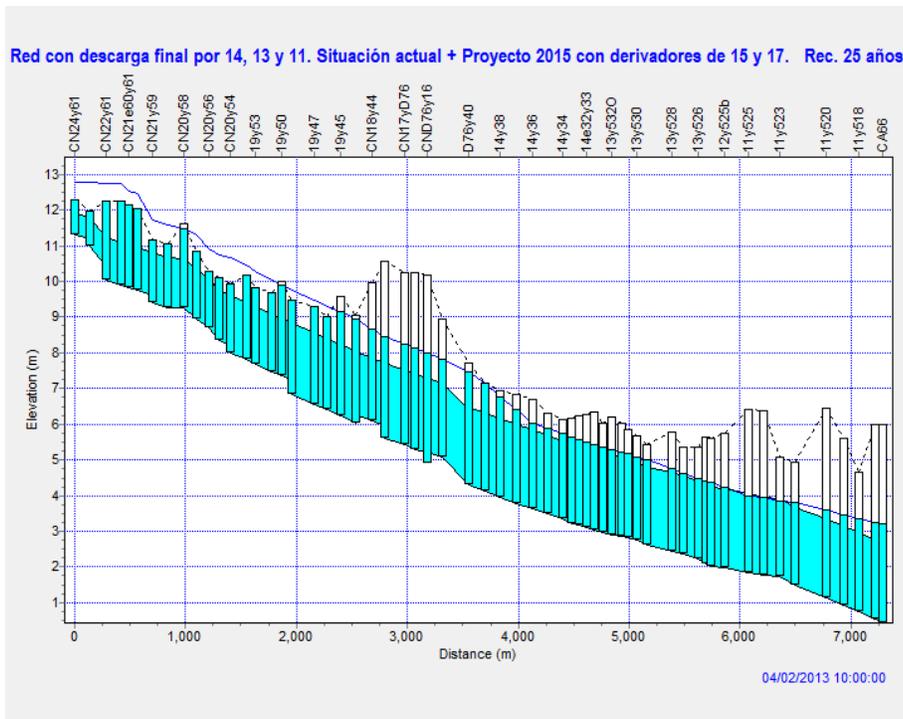


Figura 39.- Sigue sin desbordes el tramo inferior, no así el superior por insuficiencia de la red de la calle 18.

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

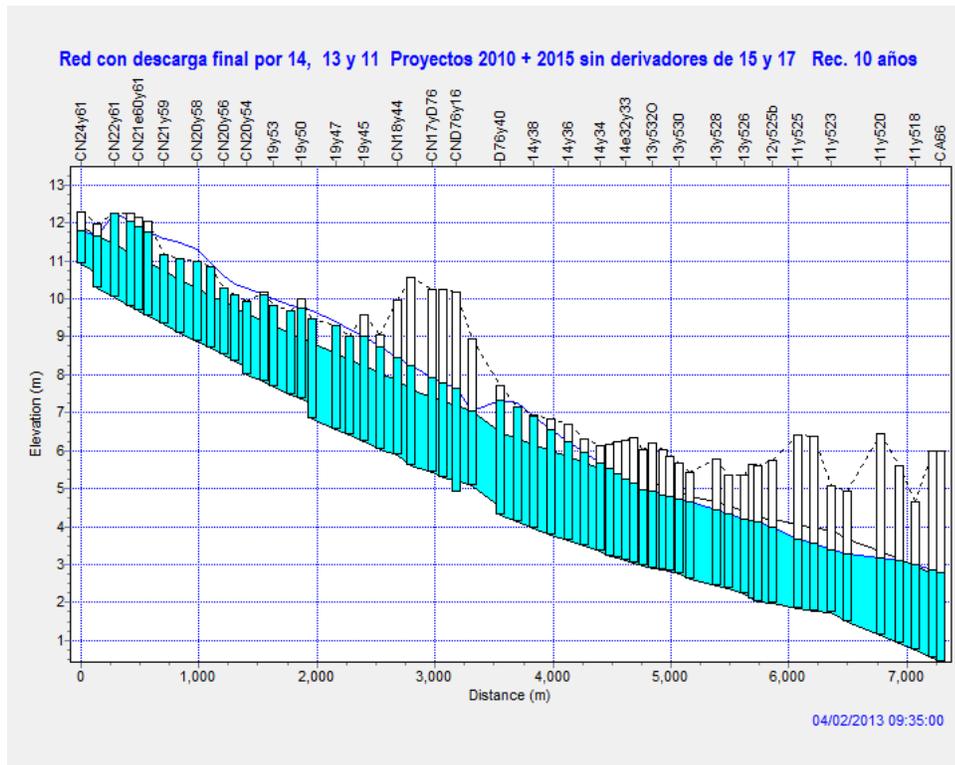


Figura 40.- “Proyecto 2010 + Proyecto 2015” sin derivadores de las calles 15 y 17.

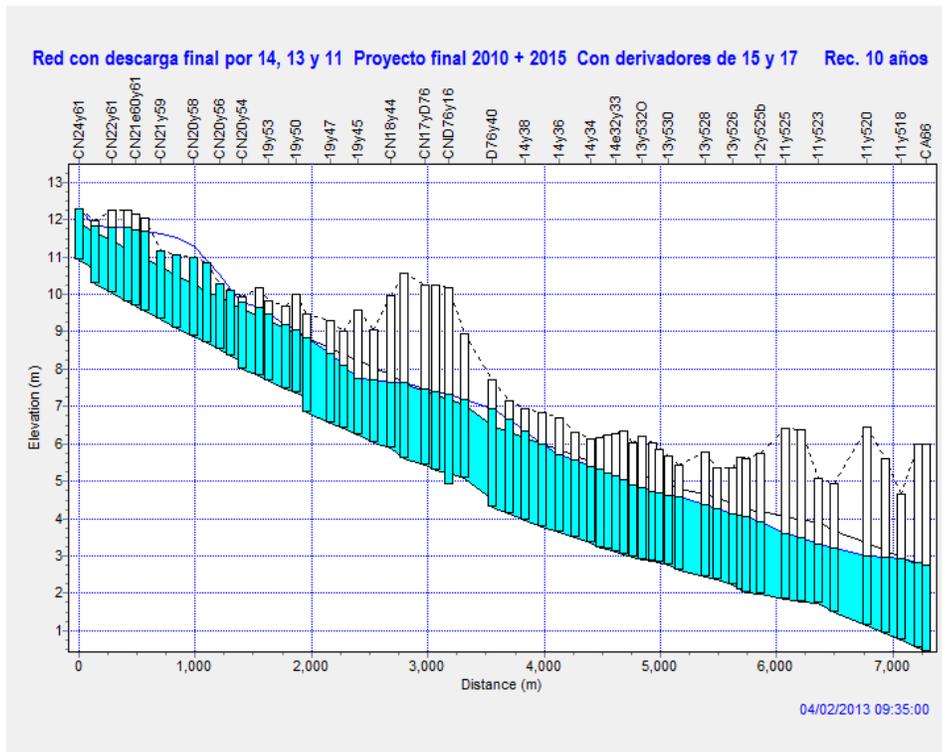


Figura 41 .- “Proyecto 2010 + Proyecto 2015” con derivadores de las calles 15 y 17.

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

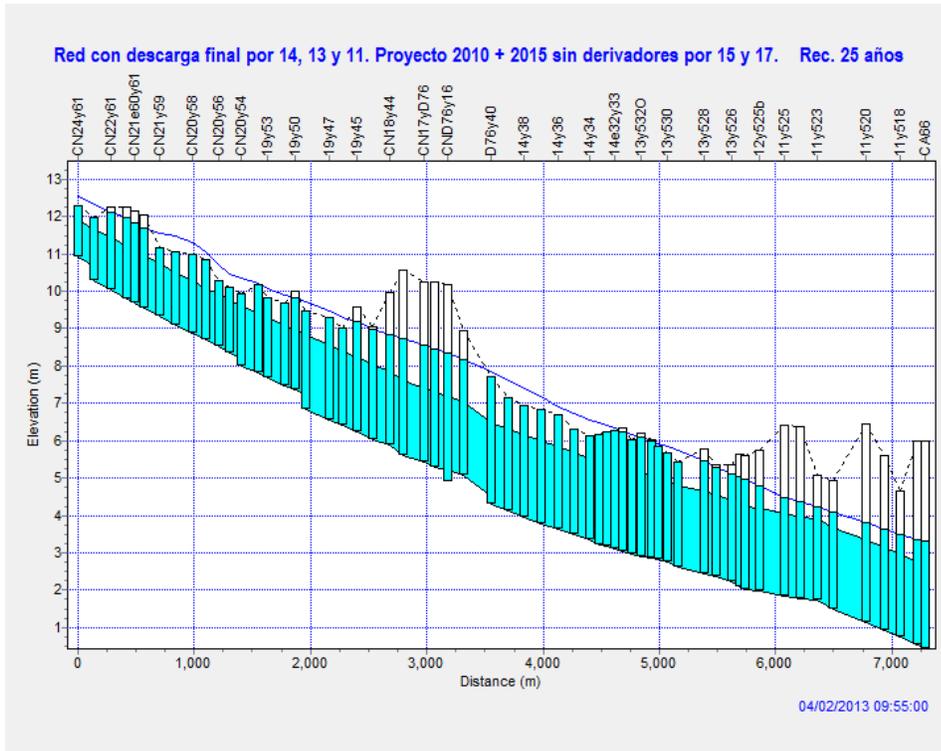


Figura 42.- “Proyecto 2010 + Proyecto 2015” sin derivadores de las calles 15 y 17.

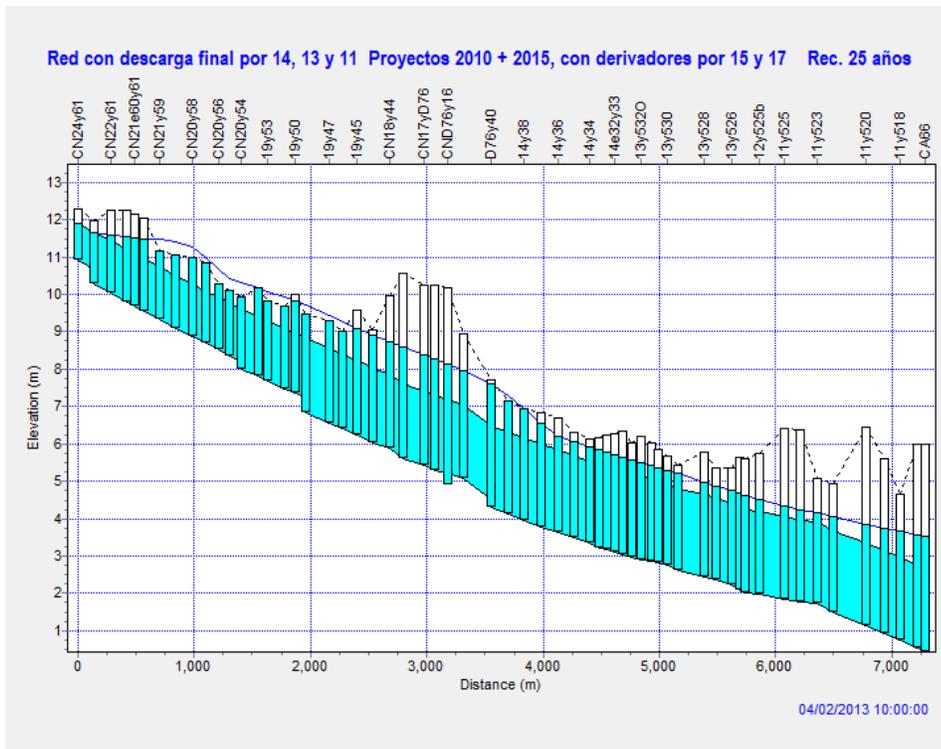


Figura 43.- “Proyecto 2010 + Proyecto 2015” con derivadores de las calles 15 y 17.

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

Lo que se ve en las figuras desde Fig. 36 a Fig. 43 es la gran importancia de los derivadores de las calles 15 y 17, como se ve en las manchas de inundación siguientes (figuras 44 y 45):

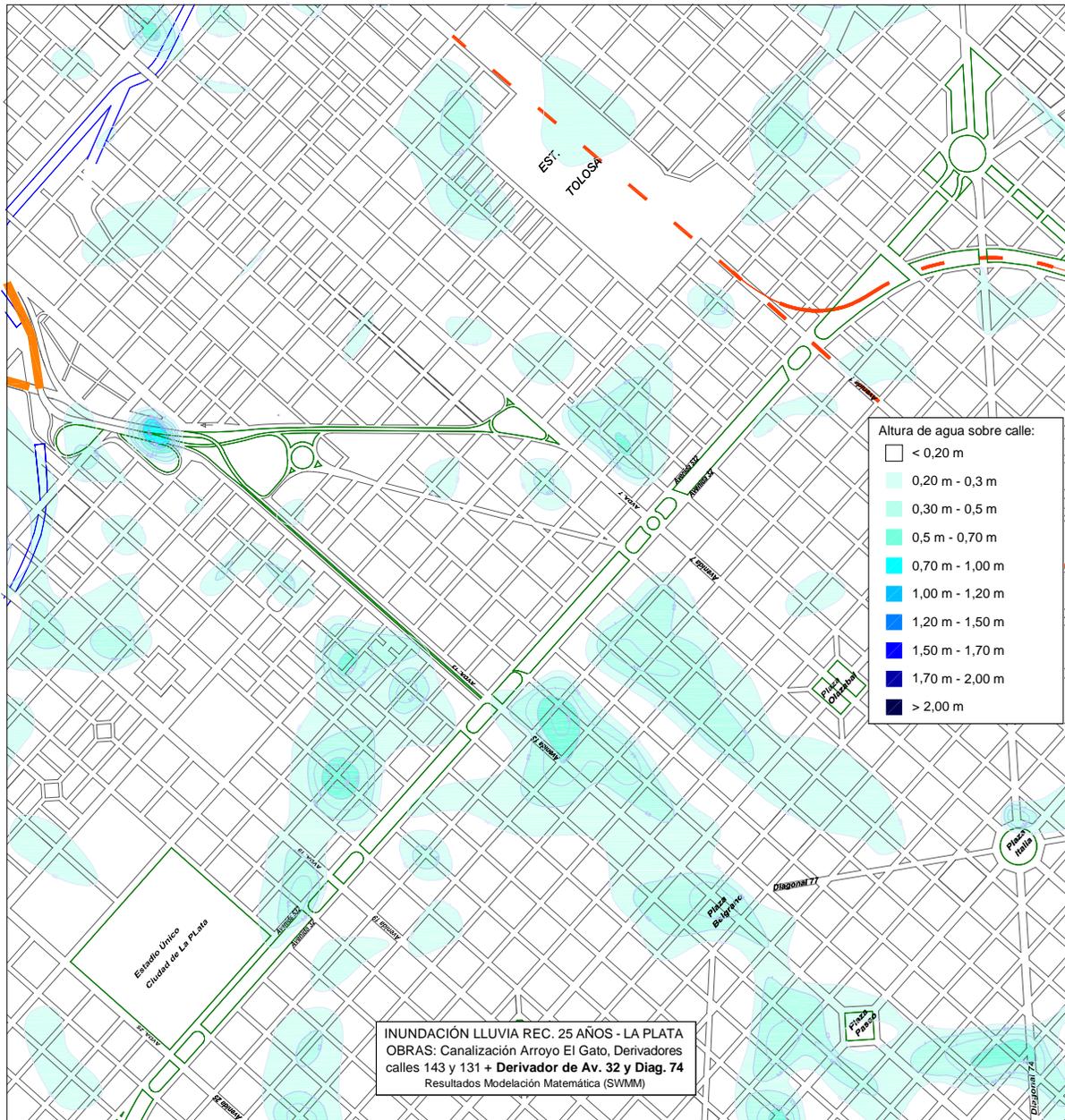


Figura 44.-Mancha de inundación para Rec. 25 años con el Derivador de Av. 32 y sin los de las calles 15 y 17. Continúan desbordes en calle 13 y zona de Ringuelet (aguas arriba de la calle 13)



Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

agua. Luego sigue con una dimensión de 5.00 x 2.50 hasta la calle 522, dobla hasta 17 y por esta a la desembocadura en el A° del Gato.

| <b>Derivador de calle 15</b>                            |  |
|---|--|
| <b>Tramo entre Calles</b>                               | <b>Dimensiones [m]<br/>( B x H ó <math>\phi</math> )</b> |
| 15 y 36 – 15 y 32                                       | 3.50 x 2.10  |
| 15 y 32 – 15 y 532 (cruce bajo conducciones existentes) | 2 x 4.00 x 1.40  |
| 15 y 532 – 17 y Arroyo del Gato                         | 5.00 x 2.50  |

El Derivador de calle 17 comienza en la esquina de 33 y 17 con una dimensión de 3.50 x 2.10 tomando totalmente los caudales del Ramal C de la obra existente “ Desagües Pluviales Zona Nor Oeste”. Continúa con esas dimensiones hasta 17 y 32 donde, por las mismas causas que el Derivador de calle 15, pasa a un doble celda de 3.00 x 1.40, continuando luego de 532 con un rectangular de 4.00 x 2.50 hasta 523, dobla hasta 18 y luego por esta hasta desembocar en el A° del Gato.

| <b>Derivador de calle 17</b>                            |  |
|---|--|
| <b>Tramo entre Calles</b>                               | <b>Dimensiones [m]<br/>( B x H ó <math>\phi</math> )</b> |
| 17 y 33 – 17 y 32                                       | 3.50 x 2.10  |
| 17 y 32 – 17 y 532 (cruce bajo conducciones existentes) | 2 x 3.00 x 1.40  |
| 17 y 532 – 18 y Arroyo del Gato                         | 4.00 x 2.50  |

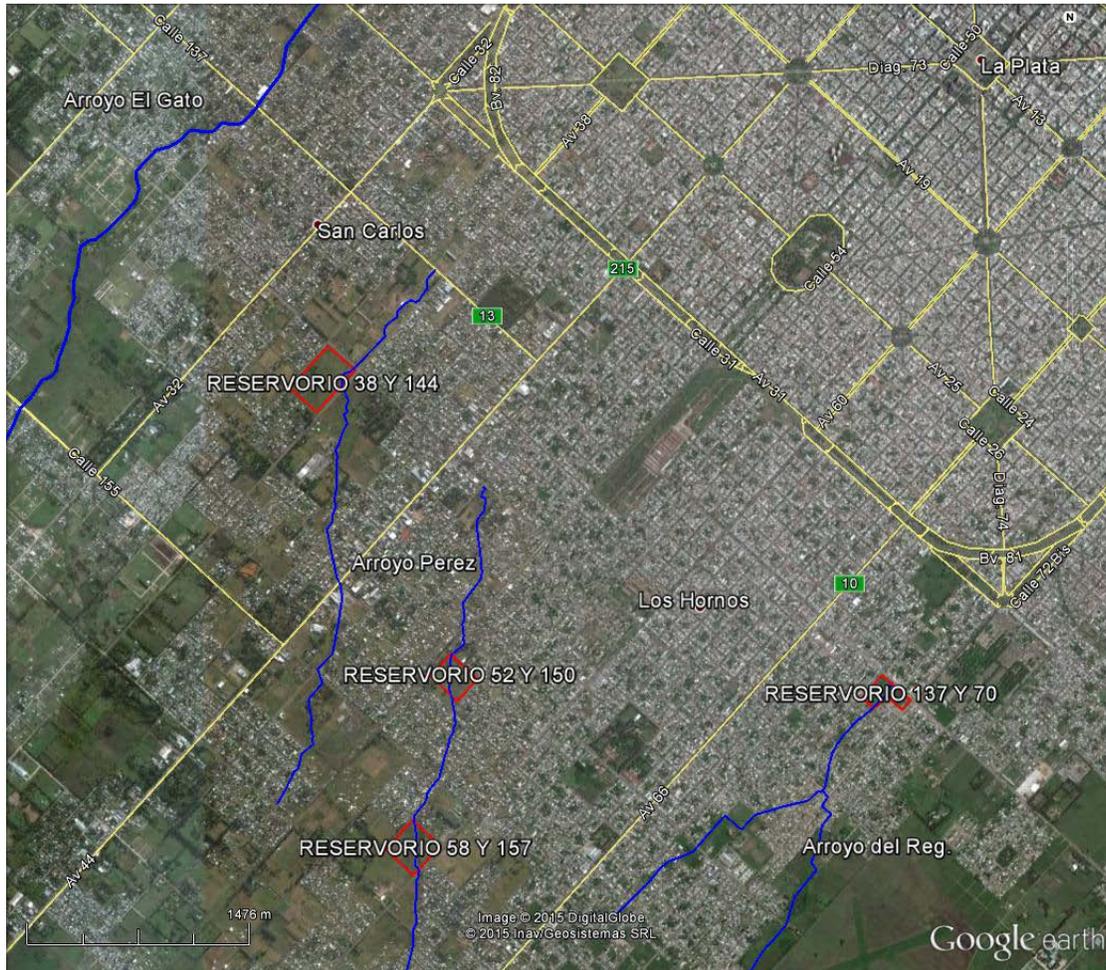
## 6.- RESERVORIOS DE REGULACIÓN

### 6.1 - RESERVORIOS DE REGULACIÓN EN LA CUENCA DEL ARROYO PEREZ

Además del reservorio ya planteado en la cuenca del Arroyo del Regimiento, en 137 y 70, se incorporaron a la modelación reservorios de regulación en tres zonas de la cuenca del Arroyo Pérez, dos en el brazo sur y uno en el brazo norte del mismo. La finalidad de estos es regular parte de los caudales que se generan en esta cuenca, contribuyendo a mejorar los escurrimientos hacia los derivadores actualmente en ejecución por 143 y 139, atenuando los caudales máximos y por lo tanto permitiendo un funcionamiento aceptable para recurrencias mayores para las que fueron previstos originalmente.

Su ubicación fue propuesta por la DIPSOH en terrenos disponibles de la zona, para cada uno de los cuales se considero una superficie utilizable, según se describe a continuación y en la figura siguiente:

- **Reservorio 1**, sobre el brazo sur: ubicado en **58 y 157**, con una **superficie** utilizable de **6.3 ha**.
- **Reservorio 2**, sobre el brazo sur: ubicado en **52 y 150**, con una **superficie** utilizable de **4.6 ha**.
- **Reservorio 3**, sobre el brazo norte: ubicado en **38 y 144**, con una **superficie** utilizable de **8.5 ha**.



**Figura 46.- Ubicación de los Reservorios de Regulación**

**- Funcionamiento de los reservorios propuestos.**

Su funcionamiento se verificó en corridas realizadas en el modelo para recurrencias de 10 y 25 años, cuyos resultados se indican a continuación en los gráficos de caudales entrantes y salientes y de variación de niveles y volúmenes para cada reservorio.

- Reservoirio 58 y 157 – Recurrencia 10 años

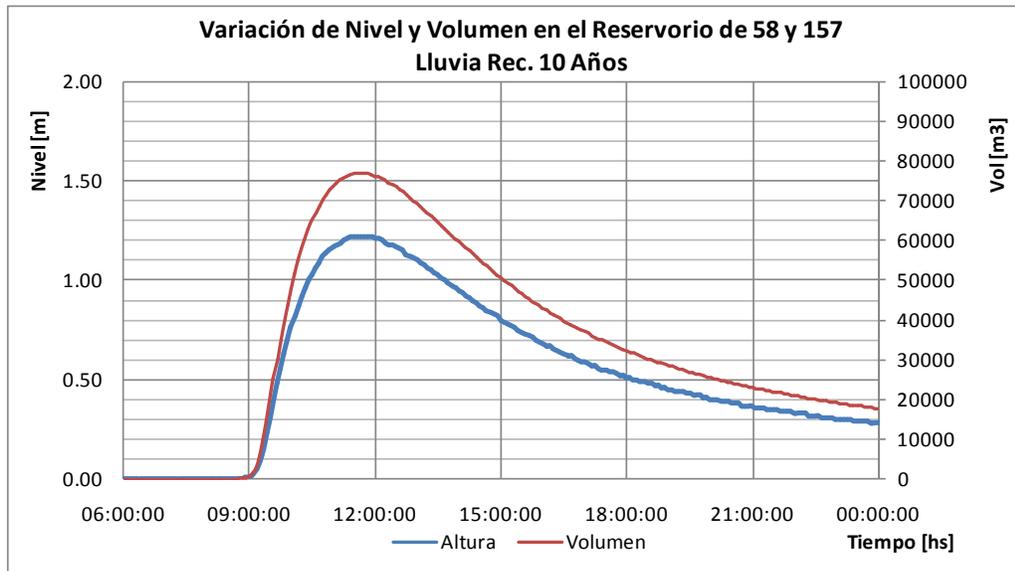
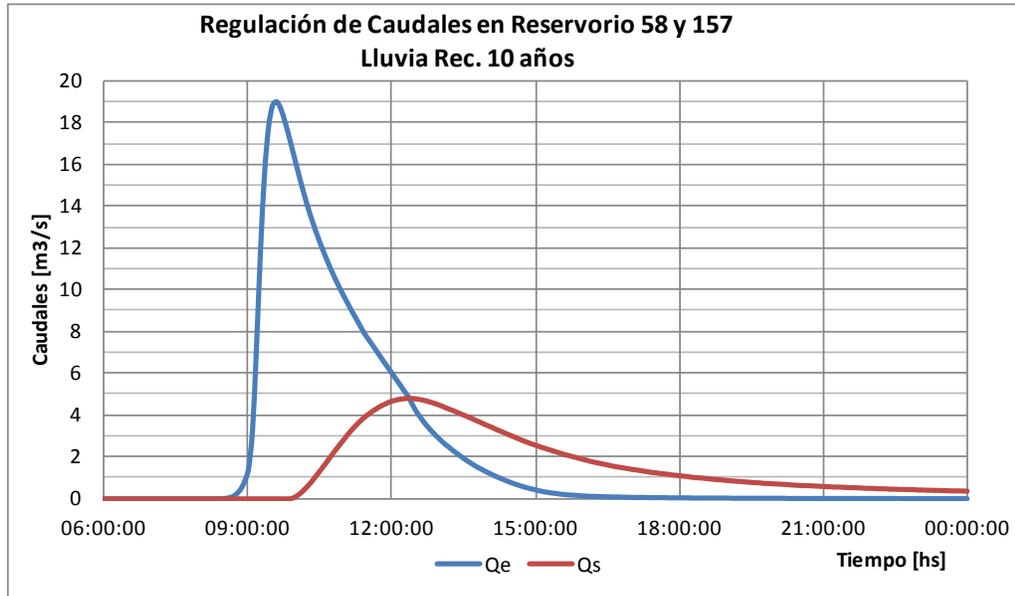


Figura 47.-

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

| RESERVORIO 58 y 157 (R = 10) |          |          |                      |
|------------------------------|----------|----------|----------------------|
| Tiempo (hs)                  | Qe(m3/s) | Qs(m3/s) | altura reservorio(m) |
| 08:30:00                     | 0.02     | 0        | 0                    |
| 08:45:00                     | 0.24     | 0        | 0                    |
| 09:00:00                     | 1.46     | 0        | 0.01                 |
| 09:15:00                     | 11.97    | 0        | 0.09                 |
| 09:30:00                     | 18.83    | 0        | 0.33                 |
| 09:45:00                     | 18.12    | 0        | 0.59                 |
| 10:00:00                     | 15.94    | 0.13     | 0.83                 |
| 10:15:00                     | 13.86    | 0.65     | 1.03                 |
| 10:30:00                     | 12.2     | 1.36     | 1.2                  |
| 10:45:00                     | 10.82    | 2.13     | 1.33                 |
| 11:00:00                     | 9.65     | 2.86     | 1.44                 |
| 11:15:00                     | 8.6      | 3.52     | 1.52                 |
| 11:30:00                     | 7.64     | 4.03     | 1.58                 |
| 11:45:00                     | 6.81     | 4.41     | 1.62                 |
| 12:00:00                     | 5.99     | 4.66     | 1.64                 |
| 12:15:00                     | 5.16     | 4.77     | 1.65                 |
| 12:30:00                     | 4.18     | 4.76     | 1.65                 |
| 12:45:00                     | 3.42     | 4.64     | 1.64                 |
| 13:00:00                     | 2.83     | 4.45     | 1.62                 |
| 13:15:00                     | 2.34     | 4.22     | 1.6                  |
| 13:30:00                     | 1.92     | 3.98     | 1.57                 |
| 13:45:00                     | 1.55     | 3.73     | 1.54                 |
| 13:50:00                     | 1.45     | 3.65     | 1.53                 |
| 13:55:00                     | 1.35     | 3.56     | 1.52                 |
| 14:00:00                     | 1.25     | 3.48     | 1.51                 |
| 14:15:00                     | 0.99     | 3.23     | 1.48                 |
| 14:30:00                     | 0.76     | 2.99     | 1.45                 |
| 14:45:00                     | 0.57     | 2.75     | 1.42                 |
| 15:00:00                     | 0.43     | 2.55     | 1.39                 |
| 15:15:00                     | 0.31     | 2.36     | 1.37                 |
| 15:30:00                     | 0.23     | 2.18     | 1.34                 |
| 15:45:00                     | 0.18     | 2.02     | 1.31                 |
| 16:00:00                     | 0.14     | 1.87     | 1.29                 |
| 16:15:00                     | 0.12     | 1.73     | 1.27                 |
| 16:30:00                     | 0.1      | 1.61     | 1.25                 |
| 16:45:00                     | 0.09     | 1.5      | 1.23                 |
| 17:00:00                     | 0.07     | 1.4      | 1.21                 |

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

| Tiempo (hs) | Qe(m <sup>3</sup> /s) | Qs(m <sup>3</sup> /s) | altura reservorio(m) |
|-------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| 17:15:00    | 0.07                  | 1.32                  | 1.19                 |
| 17:30:00    | 0.06                  | 1.24                  | 1.17                 |
| 17:45:00    | 0.05                  | 1.17                  | 1.16                 |
| 18:00:00    | 0.05                  | 1.1                   | 1.14                 |
| 18:15:00    | 0.04                  | 1.03                  | 1.13                 |
| 18:30:00    | 0.04                  | 0.98                  | 1.12                 |
| 18:45:00    | 0.04                  | 0.92                  | 1.1                  |
| 19:00:00    | 0.04                  | 0.87                  | 1.09                 |
| 19:15:00    | 0.03                  | 0.83                  | 1.08                 |
| 19:30:00    | 0.03                  | 0.78                  | 1.07                 |
| 19:45:00    | 0.03                  | 0.74                  | 1.06                 |
| 20:00:00    | 0.03                  | 0.71                  | 1.05                 |
| 20:15:00    | 0.02                  | 0.68                  | 1.04                 |
| 20:30:00    | 0.02                  | 0.64                  | 1.03                 |
| 20:45:00    | 0.02                  | 0.62                  | 1.02                 |
| 21:00:00    | 0.02                  | 0.59                  | 1.02                 |
| 21:15:00    | 0.02                  | 0.56                  | 1.01                 |
| 21:30:00    | 0.02                  | 0.54                  | 1                    |
| 21:45:00    | 0.02                  | 0.52                  | 0.99                 |

**Tabla de Qentrante - Qsaliente y altura peo agua dentro del reservorio de 58 y 157 para una lluvia de Rec. 10 años**

- Reservoirio 58 y 157 – Recurrencia 25 años

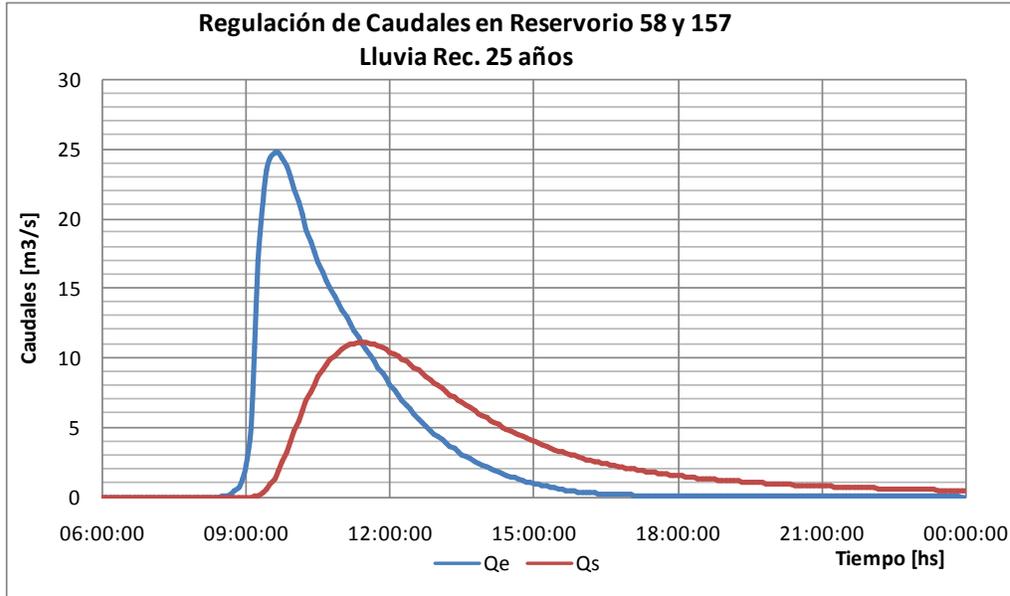


Figura 48.-

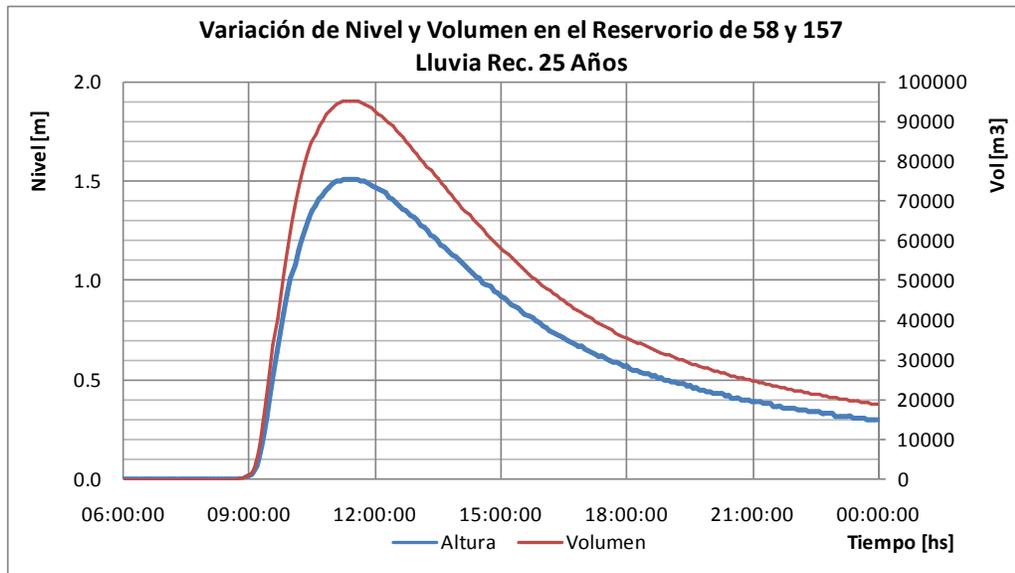


Figura 49.-

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

| RESERVORIO 58 y 157 (R = 25) |          |          |                      |
|------------------------------|----------|----------|----------------------|
| Tiempo (hs)                  | Qe(m3/s) | Qs(m3/s) | altura reservorio(m) |
| 08:30:00                     | 0.03     | 0        | 0                    |
| 08:45:00                     | 0.39     | 0        | 0                    |
| 09:00:00                     | 2.25     | 0        | 0.02                 |
| 09:15:00                     | 16.97    | 0        | 0.14                 |
| 09:30:00                     | 24.39    | 0        | 0.45                 |
| 09:45:00                     | 24.33    | 0.08     | 0.8                  |
| 10:00:00                     | 22.14    | 0.97     | 1.11                 |
| 10:15:00                     | 19.25    | 2.41     | 1.37                 |
| 10:30:00                     | 16.84    | 4.02     | 1.58                 |
| 10:45:00                     | 14.98    | 5.54     | 1.73                 |
| 11:00:00                     | 13.39    | 6.8      | 1.83                 |
| 11:15:00                     | 12.08    | 7.73     | 1.9                  |
| 11:30:00                     | 10.79    | 8.32     | 1.95                 |
| 11:45:00                     | 9.5      | 8.63     | 1.97                 |
| 12:00:00                     | 8.09     | 8.67     | 1.97                 |
| 12:15:00                     | 6.79     | 8.45     | 1.96                 |
| 12:30:00                     | 5.75     | 8.09     | 1.93                 |
| 12:45:00                     | 4.87     | 7.64     | 1.9                  |
| 13:00:00                     | 4.12     | 7.14     | 1.86                 |
| 13:15:00                     | 3.48     | 6.63     | 1.82                 |
| 13:30:00                     | 2.91     | 6.11     | 1.78                 |
| 13:45:00                     | 2.44     | 5.64     | 1.73                 |
| 14:00:00                     | 2.01     | 5.19     | 1.69                 |
| 14:15:00                     | 1.64     | 4.75     | 1.65                 |
| 14:30:00                     | 1.33     | 4.34     | 1.61                 |
| 14:45:00                     | 1.06     | 3.98     | 1.57                 |
| 15:00:00                     | 0.82     | 3.64     | 1.53                 |
| 15:05:00                     | 0.75     | 3.53     | 1.52                 |
| 15:10:00                     | 0.68     | 3.43     | 1.51                 |
| 15:15:00                     | 0.62     | 3.33     | 1.5                  |
| 15:30:00                     | 0.46     | 3.04     | 1.46                 |
| 15:45:00                     | 0.34     | 2.77     | 1.43                 |
| 16:00:00                     | 0.25     | 2.55     | 1.39                 |
| 16:15:00                     | 0.19     | 2.34     | 1.36                 |
| 16:20:00                     | 0.17     | 2.28     | 1.35                 |
| 16:25:00                     | 0.16     | 2.22     | 1.35                 |
| 16:30:00                     | 0.15     | 2.16     | 1.34                 |

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

| Tiempo (hs) | Qe(m3/s) | Qs(m3/s) | altura reservorio(m) |
|-------------|----------|----------|----------------------|
| 16:45:00    | 0.12     | 1.99     | 1.31                 |
| 17:00:00    | 0.1      | 1.84     | 1.29                 |
| 17:15:00    | 0.08     | 1.7      | 1.26                 |
| 17:30:00    | 0.07     | 1.58     | 1.24                 |
| 17:45:00    | 0.06     | 1.48     | 1.22                 |
| 18:00:00    | 0.06     | 1.38     | 1.2                  |
| 18:15:00    | 0.05     | 1.3      | 1.19                 |
| 18:30:00    | 0.05     | 1.22     | 1.17                 |
| 18:45:00    | 0.04     | 1.14     | 1.15                 |
| 19:00:00    | 0.04     | 1.08     | 1.14                 |
| 19:15:00    | 0.03     | 1.02     | 1.13                 |
| 19:30:00    | 0.03     | 0.96     | 1.11                 |
| 19:45:00    | 0.03     | 0.91     | 1.1                  |
| 20:00:00    | 0.03     | 0.86     | 1.09                 |
| 20:15:00    | 0.03     | 0.81     | 1.08                 |
| 20:30:00    | 0.02     | 0.77     | 1.07                 |
| 20:45:00    | 0.02     | 0.73     | 1.06                 |
| 21:00:00    | 0.02     | 0.7      | 1.05                 |
| 21:15:00    | 0.02     | 0.66     | 1.04                 |
| 21:30:00    | 0.02     | 0.63     | 1.03                 |
| 21:35:00    | 0.02     | 0.62     | 1.03                 |
| 21:40:00    | 0.02     | 0.61     | 1.02                 |
| 21:45:00    | 0.02     | 0.61     | 1.02                 |
| 22:00:00    | 0.02     | 0.58     | 1.01                 |
| 22:15:00    | 0.02     | 0.55     | 1.01                 |
| 22:30:00    | 0.02     | 0.53     | 1                    |

- Reservoirio 52 y 150 – Recurrencia 10 años

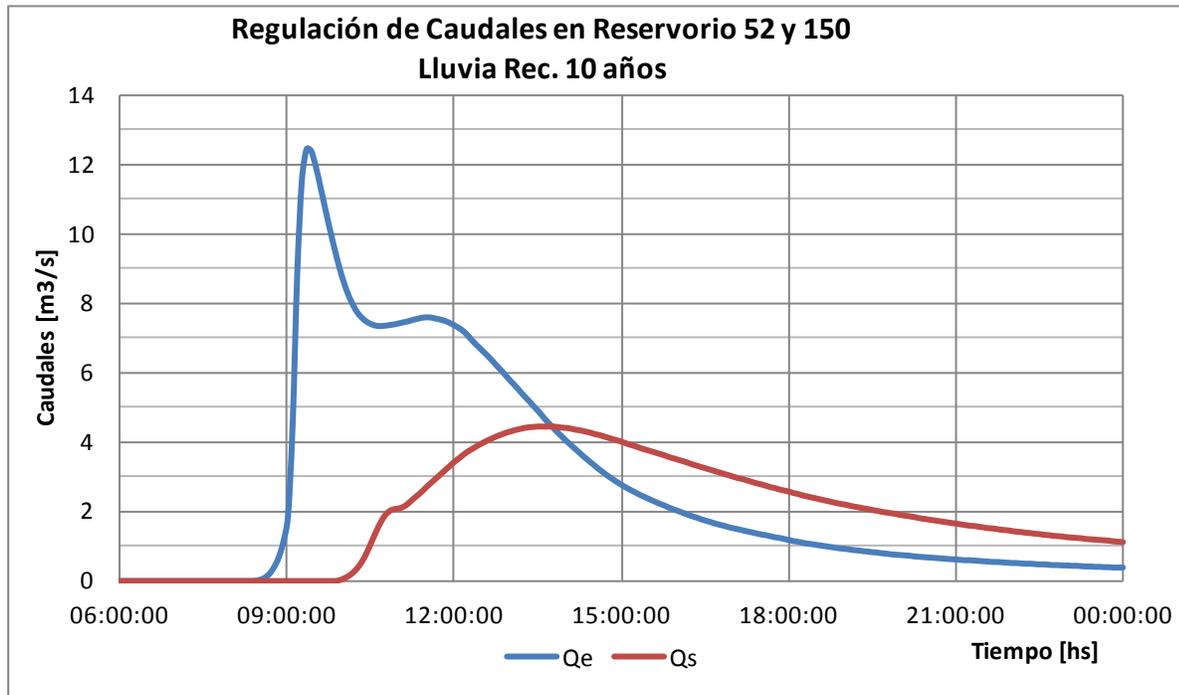


Figura 50.-

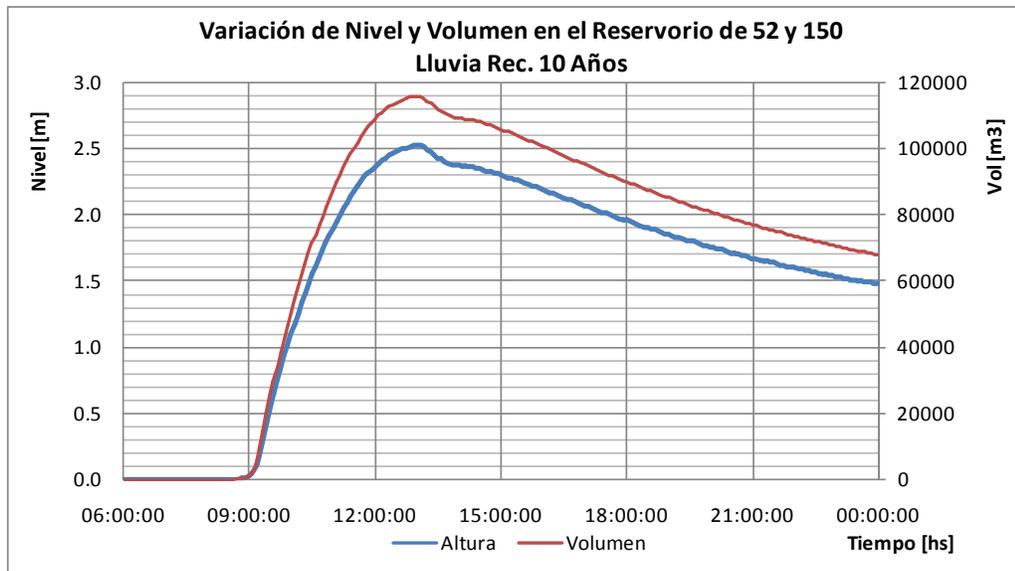


Figura 51.-

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

| RESERVORIO 52 y 150 (R = 10) |          |          |                      |
|------------------------------|----------|----------|----------------------|
| Tiempo (hs)                  | Qe(m3/s) | Qs(m3/s) | altura reservorio(m) |
| 08:30:00                     | 0.04     | 0        | 0                    |
| 08:45:00                     | 0.4      | 0        | 0                    |
| 09:00:00                     | 1.87     | 0        | 0.02                 |
| 09:15:00                     | 11.53    | 0        | 0.19                 |
| 09:30:00                     | 11.91    | 0        | 0.51                 |
| 09:45:00                     | 10.13    | 0        | 0.79                 |
| 10:00:00                     | 8.6      | 0.07     | 1.02                 |
| 10:15:00                     | 7.71     | 0.38     | 1.22                 |
| 10:30:00                     | 7.38     | 1.12     | 1.37                 |
| 10:45:00                     | 7.34     | 1.9      | 1.49                 |
| 11:00:00                     | 7.41     | 2.09     | 1.61                 |
| 11:15:00                     | 7.51     | 2.36     | 1.71                 |
| 11:30:00                     | 7.58     | 2.72     | 1.81                 |
| 11:45:00                     | 7.51     | 3.08     | 1.9                  |
| 12:00:00                     | 7.34     | 3.44     | 1.98                 |
| 12:15:00                     | 7.02     | 3.74     | 2.05                 |
| 12:30:00                     | 6.61     | 3.97     | 2.11                 |
| 12:45:00                     | 6.19     | 4.16     | 2.15                 |
| 13:00:00                     | 5.75     | 4.3      | 2.18                 |
| 13:15:00                     | 5.31     | 4.4      | 2.21                 |
| 13:30:00                     | 4.88     | 4.44     | 2.22                 |
| 13:45:00                     | 4.43     | 4.44     | 2.23                 |
| 13:50:00                     | 4.29     | 4.43     | 2.23                 |
| 13:55:00                     | 4.16     | 4.41     | 2.23                 |
| 14:00:00                     | 4.03     | 4.4      | 2.22                 |
| 14:15:00                     | 3.67     | 4.33     | 2.22                 |
| 14:30:00                     | 3.33     | 4.23     | 2.21                 |
| 14:45:00                     | 3.02     | 4.12     | 2.19                 |
| 15:00:00                     | 2.76     | 4        | 2.17                 |
| 15:15:00                     | 2.54     | 3.87     | 2.15                 |
| 15:30:00                     | 2.35     | 3.74     | 2.13                 |
| 15:45:00                     | 2.18     | 3.62     | 2.1                  |
| 16:00:00                     | 2.02     | 3.49     | 2.08                 |
| 16:15:00                     | 1.87     | 3.36     | 2.05                 |
| 16:30:00                     | 1.74     | 3.24     | 2.03                 |
| 16:45:00                     | 1.62     | 3.12     | 2                    |
| 17:00:00                     | 1.52     | 3        | 1.98                 |
| 17:15:00                     | 1.43     | 2.89     | 1.96                 |

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

| Tiempo (hs) | Qe(m3/s) | Qs(m3/s) | altura reservorio(m) |
|-------------|----------|----------|----------------------|
| 17:30:00    | 1.34     | 2.78     | 1.93                 |
| 17:45:00    | 1.26     | 2.67     | 1.91                 |
| 18:00:00    | 1.18     | 2.57     | 1.88                 |
| 18:15:00    | 1.1      | 2.46     | 1.86                 |
| 18:30:00    | 1.04     | 2.37     | 1.84                 |
| 18:45:00    | 0.98     | 2.28     | 1.82                 |
| 19:00:00    | 0.93     | 2.2      | 1.79                 |
| 19:15:00    | 0.88     | 2.12     | 1.77                 |
| 19:30:00    | 0.83     | 2.04     | 1.75                 |
| 19:45:00    | 0.79     | 1.97     | 1.73                 |
| 20:00:00    | 0.75     | 1.9      | 1.71                 |
| 20:15:00    | 0.71     | 1.84     | 1.69                 |
| 20:30:00    | 0.68     | 1.77     | 1.67                 |
| 20:45:00    | 0.65     | 1.71     | 1.65                 |
| 21:00:00    | 0.62     | 1.65     | 1.64                 |
| 21:15:00    | 0.6      | 1.59     | 1.62                 |
| 21:30:00    | 0.57     | 1.54     | 1.6                  |
| 21:45:00    | 0.55     | 1.49     | 1.59                 |

**Tabla de Qentrante - Qsaliente y altura pelo de agua dentro del reservorio de 52 y 150 para una lluvia de Rec. 10 años**

- Reservoirio 52 y 150 – Recurrencia 25 años

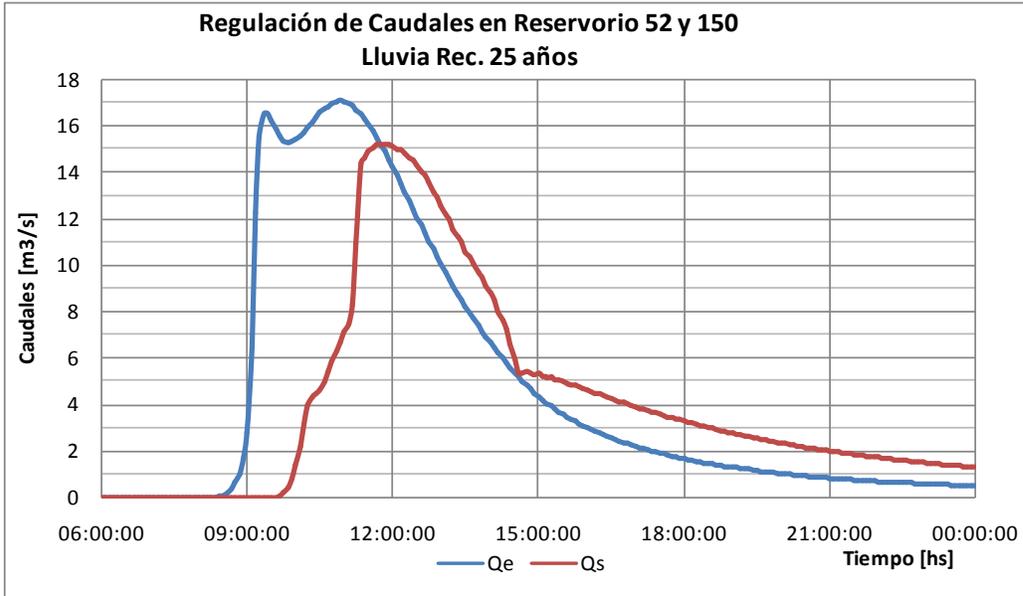


Figura 52.-

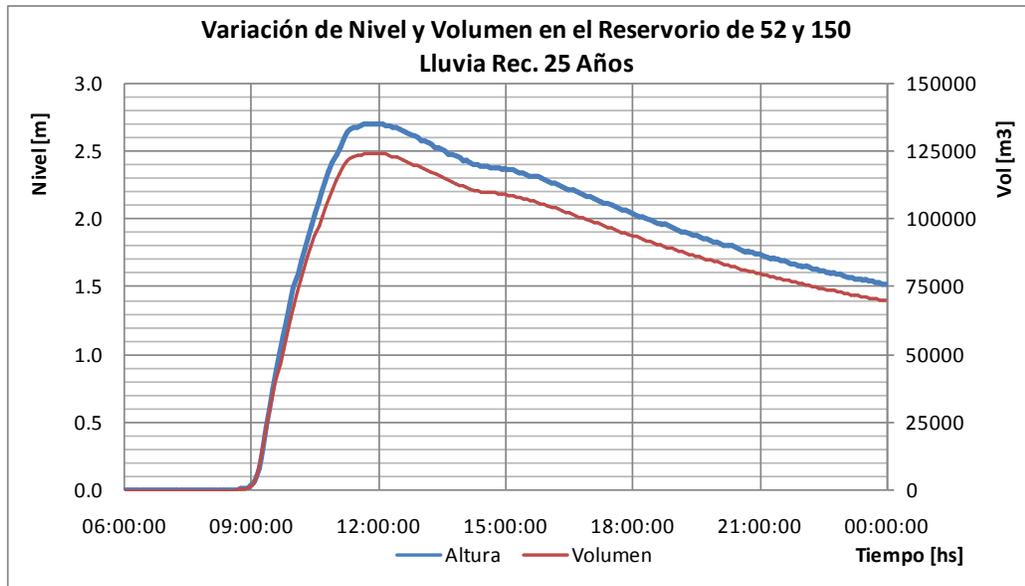


Figura 53.-

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

| RESERVORIO 52 y 150 (R = 25) |          |          |                  |
|------------------------------|----------|----------|------------------|
| Tiempo (hs)                  | Qe(m3/s) | Qs(m3/s) | altura reserv(m) |
| 10:00:00                     | 12.03    | 0.81     | 1.37             |
| 10:15:00                     | 11.69    | 2.47     | 1.59             |
| 10:30:00                     | 11.99    | 3.26     | 1.78             |
| 10:45:00                     | 12.53    | 3.76     | 1.96             |
| 11:00:00                     | 13.02    | 4.63     | 2.13             |
| 11:15:00                     | 13.3     | 5.53     | 2.28             |
| 11:30:00                     | 13.23    | 6.31     | 2.42             |
| 11:45:00                     | 12.87    | 7.02     | 2.52             |
| 12:00:00                     | 12.33    | 12.1     | 2.59             |
| 12:15:00                     | 11.59    | 12.49    | 2.58             |
| 12:30:00                     | 10.78    | 12.16    | 2.57             |
| 12:45:00                     | 9.93     | 11.66    | 2.55             |
| 13:00:00                     | 9.09     | 11.06    | 2.53             |
| 13:15:00                     | 8.28     | 10.39    | 2.5              |
| 13:30:00                     | 7.51     | 9.67     | 2.47             |
| 13:45:00                     | 6.81     | 8.91     | 2.44             |
| 14:00:00                     | 6.15     | 7.89     | 2.41             |
| 14:15:00                     | 5.53     | 6.58     | 2.39             |
| 14:30:00                     | 4.93     | 5.4      | 2.38             |
| 14:45:00                     | 4.44     | 5.28     | 2.37             |
| 15:00:00                     | 4.01     | 5.17     | 2.36             |
| 15:05:00                     | 3.88     | 5.13     | 2.35             |
| 15:10:00                     | 3.74     | 5.12     | 2.35             |
| 15:15:00                     | 3.62     | 5.04     | 2.34             |
| 15:30:00                     | 3.27     | 4.88     | 2.32             |
| 15:45:00                     | 2.97     | 4.7      | 2.29             |
| 16:00:00                     | 2.73     | 4.52     | 2.26             |
| 16:15:00                     | 2.52     | 4.33     | 2.23             |
| 16:20:00                     | 2.45     | 4.27     | 2.22             |
| 16:25:00                     | 2.39     | 4.21     | 2.21             |
| 16:30:00                     | 2.33     | 4.15     | 2.2              |
| 16:45:00                     | 2.15     | 3.97     | 2.17             |
| 17:00:00                     | 1.99     | 3.8      | 2.14             |
| 17:15:00                     | 1.85     | 3.64     | 2.11             |
| 17:30:00                     | 1.72     | 3.49     | 2.08             |
| 17:45:00                     | 1.6      | 3.34     | 2.05             |
| 18:00:00                     | 1.5      | 3.2      | 2.03             |

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

| Tiempo (hs) | Qe(m3/s) | Qs(m3/s) | altura<br>reservorio(m) |
|-------------|----------|----------|-------------------------|
| 18:15:00    | 1.41     | 3.07     | 2                       |
| 18:30:00    | 1.32     | 2.94     | 1.97                    |
| 18:45:00    | 1.25     | 2.82     | 1.94                    |
| 19:00:00    | 1.17     | 2.7      | 1.92                    |
| 19:15:00    | 1.11     | 2.59     | 1.89                    |
| 19:30:00    | 1.04     | 2.48     | 1.87                    |
| 19:45:00    | 0.97     | 2.38     | 1.84                    |
| 20:00:00    | 0.91     | 2.28     | 1.82                    |
| 20:15:00    | 0.86     | 2.2      | 1.79                    |
| 20:30:00    | 0.81     | 2.12     | 1.77                    |
| 20:45:00    | 0.77     | 2.04     | 1.75                    |
| 21:00:00    | 0.73     | 1.96     | 1.73                    |
| 21:15:00    | 0.7      | 1.89     | 1.71                    |
| 21:30:00    | 0.67     | 1.82     | 1.69                    |
| 21:35:00    | 0.66     | 1.8      | 1.68                    |
| 21:40:00    | 0.65     | 1.78     | 1.68                    |
| 21:45:00    | 0.64     | 1.76     | 1.67                    |
| 22:00:00    | 0.61     | 1.69     | 1.65                    |
| 22:15:00    | 0.58     | 1.63     | 1.63                    |
| 22:30:00    | 0.56     | 1.58     | 1.61                    |
| 22:45:00    | 0.54     | 1.52     | 1.6                     |
| 23:00:00    | 0.51     | 1.47     | 1.58                    |
| 23:15:00    | 0.49     | 1.42     | 1.56                    |

- Reservoirio 38 y 144 – Recurrencia 10 años

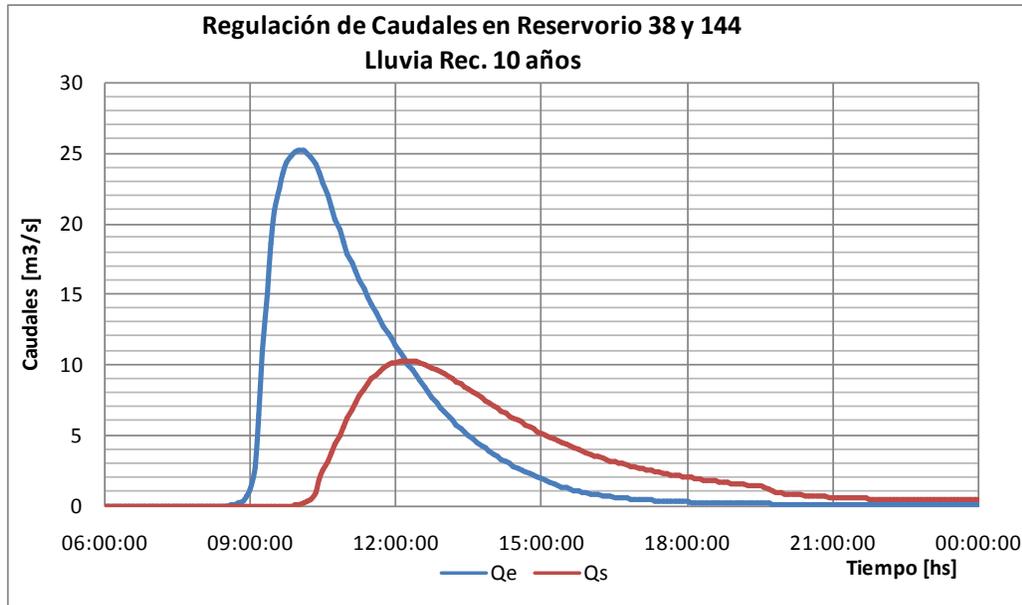


Figura 54.-

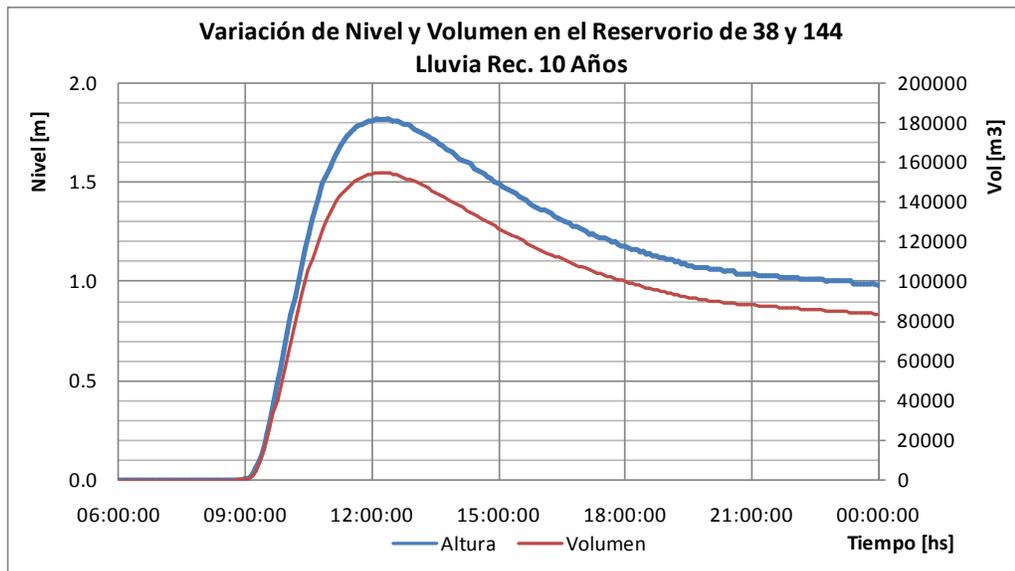


Figura 55.-

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

| RESERVORIO 38 y 144 |          |          |                      |
|---------------------|----------|----------|----------------------|
| Tiempo (hs)         | Qe(m3/s) | Qs(m3/s) | altura reservorio(m) |
| 08:30:00            | 0.01     | 0        | 0                    |
| 08:45:00            | 0.17     | 0        | 0                    |
| 09:00:00            | 1.18     | 0        | 0.01                 |
| 09:15:00            | 10.9     | 0        | 0.06                 |
| 09:30:00            | 20.89    | 0        | 0.23                 |
| 09:45:00            | 24.36    | 0        | 0.48                 |
| 10:00:00            | 25.24    | 0.08     | 0.74                 |
| 10:15:00            | 24.66    | 0.46     | 1                    |
| 10:30:00            | 22.93    | 2.49     | 1.24                 |
| 10:45:00            | 20.36    | 4.37     | 1.43                 |
| 11:00:00            | 17.91    | 6.23     | 1.58                 |
| 11:15:00            | 15.97    | 7.84     | 1.68                 |
| 11:30:00            | 14.29    | 9.03     | 1.75                 |
| 11:45:00            | 12.7     | 9.77     | 1.79                 |
| 12:00:00            | 11.35    | 10.18    | 1.81                 |
| 12:15:00            | 10.05    | 10.27    | 1.82                 |
| 12:30:00            | 8.85     | 10.12    | 1.81                 |
| 12:45:00            | 7.69     | 9.79     | 1.79                 |
| 13:00:00            | 6.68     | 9.33     | 1.77                 |
| 13:15:00            | 5.77     | 8.81     | 1.74                 |
| 13:30:00            | 4.98     | 8.26     | 1.71                 |
| 13:45:00            | 4.28     | 7.68     | 1.67                 |
| 13:50:00            | 4.07     | 7.49     | 1.66                 |
| 13:55:00            | 3.87     | 7.3      | 1.65                 |
| 14:00:00            | 3.67     | 7.11     | 1.63                 |
| 14:15:00            | 3.13     | 6.56     | 1.6                  |
| 14:30:00            | 2.65     | 6.06     | 1.56                 |
| 14:45:00            | 2.23     | 5.58     | 1.53                 |
| 15:00:00            | 1.86     | 5.14     | 1.49                 |
| 15:15:00            | 1.54     | 4.71     | 1.46                 |
| 15:30:00            | 1.27     | 4.33     | 1.43                 |
| 15:45:00            | 1.04     | 3.98     | 1.39                 |
| 16:00:00            | 0.85     | 3.66     | 1.36                 |
| 16:15:00            | 0.71     | 3.38     | 1.34                 |
| 16:30:00            | 0.6      | 3.12     | 1.31                 |
| 16:45:00            | 0.51     | 2.88     | 1.28                 |

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

| Tiempo (hs) | Qe(m3/s) | Qs(m3/s) | altura reservorio(m) |
|-------------|----------|----------|----------------------|
| 17:00:00    | 0.45     | 2.67     | 1.26                 |
| 17:15:00    | 0.39     | 2.49     | 1.24                 |
| 17:30:00    | 0.34     | 2.32     | 1.22                 |
| 17:45:00    | 0.3      | 2.16     | 1.2                  |
| 18:00:00    | 0.26     | 2.02     | 1.18                 |
| 18:15:00    | 0.23     | 1.89     | 1.16                 |
| 18:30:00    | 0.21     | 1.78     | 1.14                 |
| 18:45:00    | 0.19     | 1.67     | 1.13                 |
| 19:00:00    | 0.17     | 1.57     | 1.11                 |
| 19:15:00    | 0.16     | 1.48     | 1.1                  |
| 19:30:00    | 0.14     | 1.41     | 1.08                 |
| 19:45:00    | 0.13     | 1        | 1.07                 |
| 20:00:00    | 0.12     | 0.86     | 1.06                 |
| 20:15:00    | 0.11     | 0.77     | 1.06                 |
| 20:30:00    | 0.11     | 0.71     | 1.05                 |
| 20:45:00    | 0.1      | 0.65     | 1.04                 |
| 21:00:00    | 0.09     | 0.61     | 1.04                 |
| 21:15:00    | 0.09     | 0.57     | 1.03                 |
| 21:30:00    | 0.08     | 0.53     | 1.03                 |
| 21:45:00    | 0.08     | 0.5      | 1.02                 |

**Tabla de Qentrante - Qsaliente y altura del pelo de agua dentro del reservorio de 38 y 144 para una lluvia de Rec. 10 años**

**Reservorio 38 y 144 – Recurrencia 25 años**

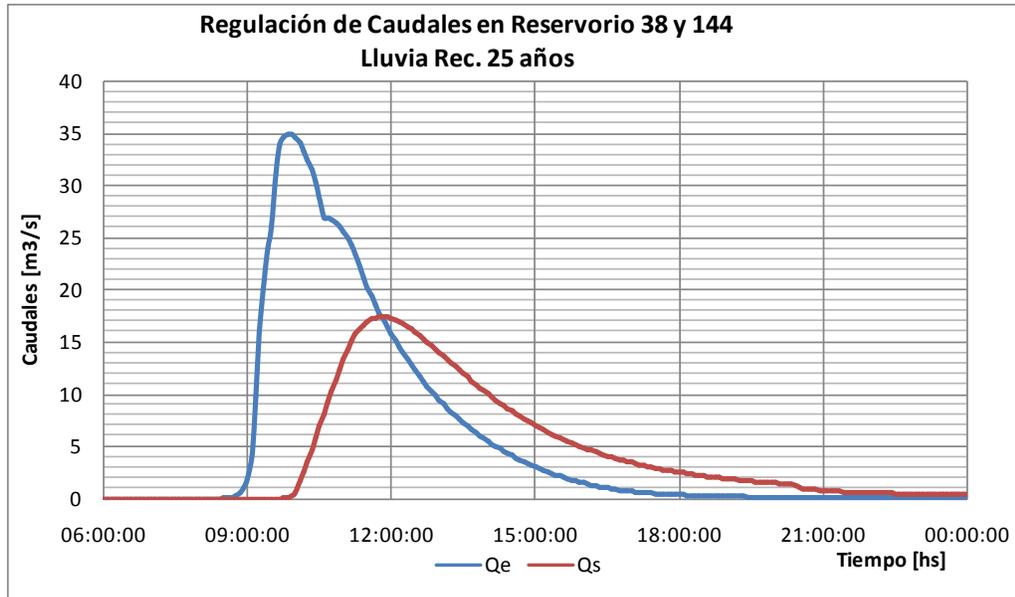


Figura 56.-

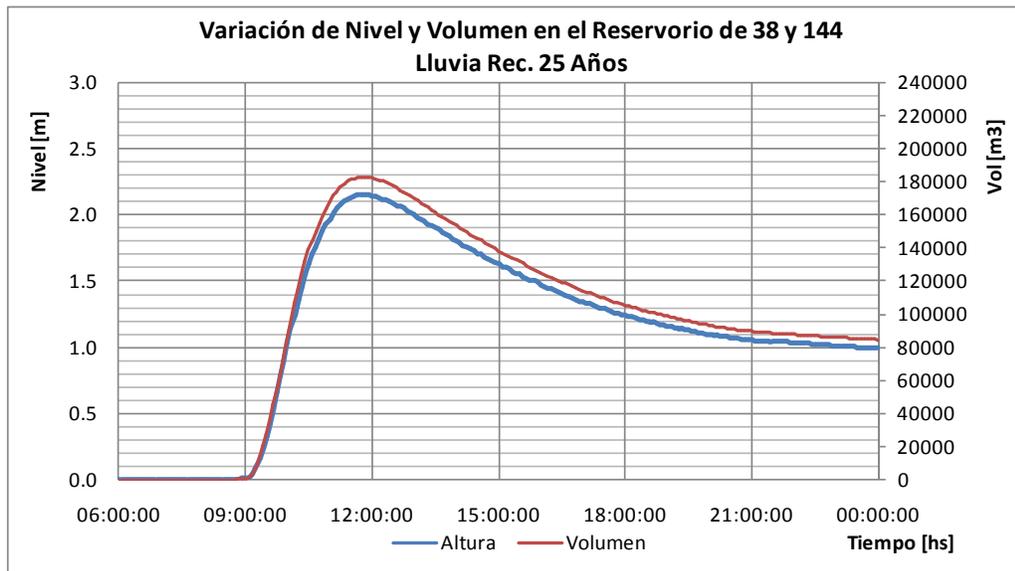


Figura 57.-

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

| RESERVORIO 38 y 144 (R = 25) |          |          |                      |
|------------------------------|----------|----------|----------------------|
| Tiempo (hs)                  | Qe(m3/s) | Qs(m3/s) | altura reservorio(m) |
| 08:30:00                     | 0.02     | 0        | 0                    |
| 08:45:00                     | 0.29     | 0        | 0                    |
| 09:00:00                     | 1.84     | 0        | 0.01                 |
| 09:15:00                     | 15.91    | 0        | 0.09                 |
| 09:30:00                     | 25.98    | 0        | 0.32                 |
| 09:45:00                     | 34.63    | 0.03     | 0.66                 |
| 10:00:00                     | 34.57    | 0.51     | 1.03                 |
| 10:15:00                     | 32.46    | 3.56     | 1.36                 |
| 10:30:00                     | 28.86    | 6.96     | 1.63                 |
| 10:45:00                     | 26.72    | 10.31    | 1.82                 |
| 11:00:00                     | 25.57    | 13.41    | 1.97                 |
| 11:15:00                     | 23.47    | 15.76    | 2.08                 |
| 11:30:00                     | 20.22    | 17       | 2.13                 |
| 11:45:00                     | 17.79    | 17.43    | 2.15                 |
| 12:00:00                     | 15.75    | 17.27    | 2.14                 |
| 12:15:00                     | 13.93    | 16.73    | 2.12                 |
| 12:30:00                     | 12.28    | 15.96    | 2.09                 |
| 12:45:00                     | 10.78    | 15.03    | 2.05                 |
| 13:00:00                     | 9.44     | 13.99    | 2                    |
| 13:15:00                     | 8.26     | 12.95    | 1.95                 |
| 13:30:00                     | 7.23     | 11.95    | 1.9                  |
| 13:45:00                     | 6.31     | 10.94    | 1.85                 |
| 14:00:00                     | 5.5      | 10.01    | 1.81                 |
| 14:15:00                     | 4.77     | 9.17     | 1.76                 |
| 14:30:00                     | 4.12     | 8.39     | 1.71                 |
| 14:45:00                     | 3.55     | 7.67     | 1.67                 |
| 15:00:00                     | 3.03     | 6.99     | 1.63                 |
| 15:05:00                     | 2.87     | 6.78     | 1.61                 |
| 15:10:00                     | 2.72     | 6.58     | 1.6                  |
| 15:15:00                     | 2.57     | 6.38     | 1.59                 |
| 15:30:00                     | 2.17     | 5.85     | 1.55                 |
| 15:45:00                     | 1.81     | 5.35     | 1.51                 |
| 16:00:00                     | 1.5      | 4.89     | 1.47                 |
| 16:15:00                     | 1.23     | 4.47     | 1.44                 |
| 16:20:00                     | 1.16     | 4.34     | 1.43                 |
| 16:25:00                     | 1.08     | 4.22     | 1.42                 |
| 16:30:00                     | 1.01     | 4.1      | 1.41                 |
| 16:45:00                     | 0.83     | 3.75     | 1.37                 |

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

| Tiempo (hs) | Qe(m3/s) | Qs(m3/s) | altura reservorio(m) |
|-------------|----------|----------|----------------------|
| 17:00:00    | 0.69     | 3.46     | 1.34                 |
| 17:15:00    | 0.58     | 3.19     | 1.32                 |
| 17:30:00    | 0.49     | 2.94     | 1.29                 |
| 17:45:00    | 0.43     | 2.72     | 1.26                 |
| 18:00:00    | 0.37     | 2.53     | 1.24                 |
| 18:15:00    | 0.33     | 2.35     | 1.22                 |
| 18:30:00    | 0.29     | 2.19     | 1.2                  |
| 18:45:00    | 0.25     | 2.05     | 1.18                 |
| 19:00:00    | 0.22     | 1.92     | 1.16                 |
| 19:15:00    | 0.19     | 1.79     | 1.14                 |
| 19:30:00    | 0.17     | 1.68     | 1.13                 |
| 19:45:00    | 0.16     | 1.59     | 1.11                 |
| 20:00:00    | 0.14     | 1.5      | 1.1                  |
| 20:15:00    | 0.13     | 1.41     | 1.08                 |
| 20:30:00    | 0.12     | 1.03     | 1.07                 |
| 20:45:00    | 0.11     | 0.87     | 1.06                 |
| 21:00:00    | 0.1      | 0.78     | 1.06                 |
| 21:15:00    | 0.1      | 0.71     | 1.05                 |
| 21:30:00    | 0.09     | 0.66     | 1.04                 |
| 21:35:00    | 0.09     | 0.64     | 1.04                 |
| 21:40:00    | 0.09     | 0.62     | 1.04                 |
| 21:45:00    | 0.08     | 0.61     | 1.04                 |
| 22:00:00    | 0.08     | 0.57     | 1.03                 |
| 22:15:00    | 0.08     | 0.53     | 1.03                 |
| 22:30:00    | 0.07     | 0.5      | 1.02                 |
| 22:45:00    | 0.07     | 0.49     | 1.02                 |

**Tabla de Qentrante - Qsaliente y altura del pelo de agua dentro del reservorio de 38 y 144 para una lluvia de Rec. 25 años**

**- Influencia de los reservorios sobre los derivadores en ejecución del arroyo Pérez**

La atenuación y retardo que producen estos reservorios en los caudales provenientes de la cuenca alta del Arroyo Pérez, al estar ubicados aguas arriba de las obras actualmente en ejecución, derivadores de 143 y 139, resultan beneficiosas para su funcionamiento, mejorando sus condiciones de descarga hacia el arroyo El Gato, lo cual se traduce en una capacidad de desaguar caudales correspondientes a lluvias de recurrencias superiores para las que fueron previstos. Esto se observa en los perfiles hidráulicos siguientes, donde se compara la misma

situación sin y con la presencia de los reservorios, para las recurrencias citadas de 10 y 25 años.

**Comparación conducto por 143, sin y con reservorios, recurrencia 10 años**

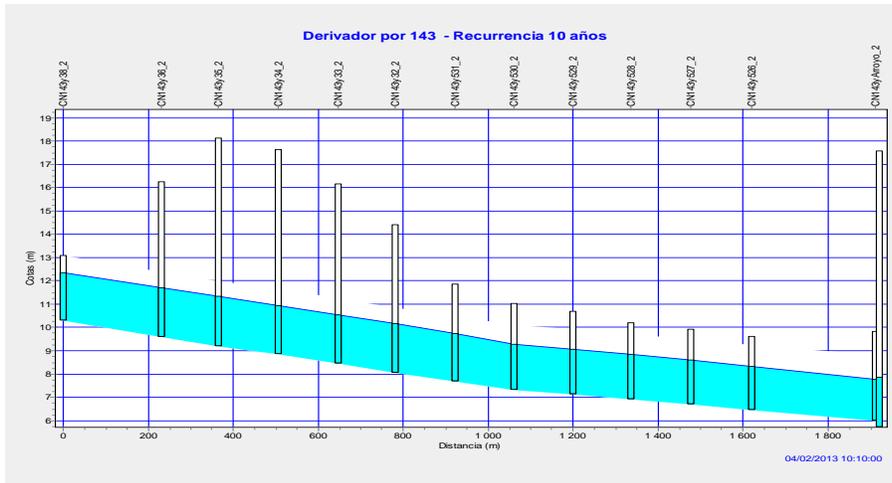


Figura 58.-

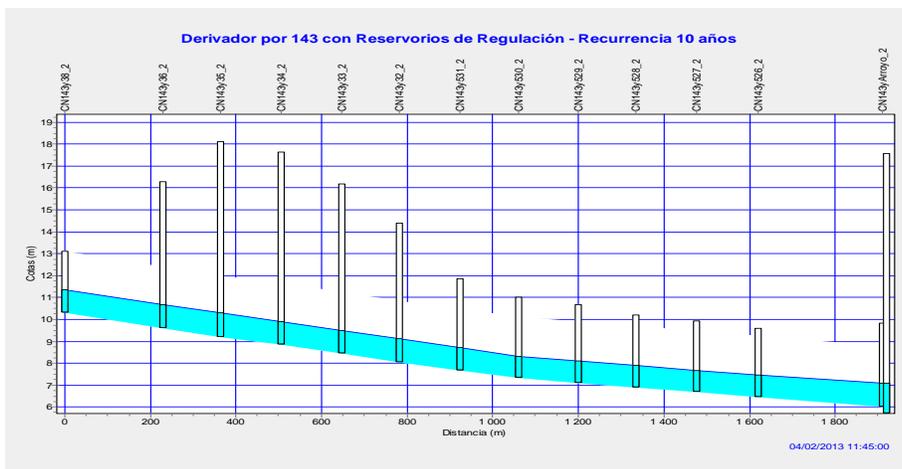


Figura 59.-

**Comparación conducto por 143 y 139, sin y con reservorios, Recurrencia 10 años.**

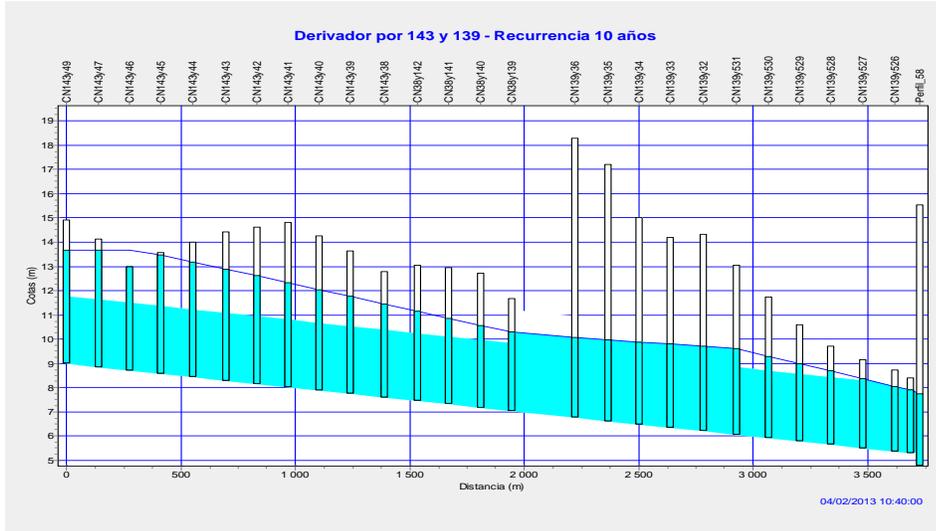


Figura 60.-

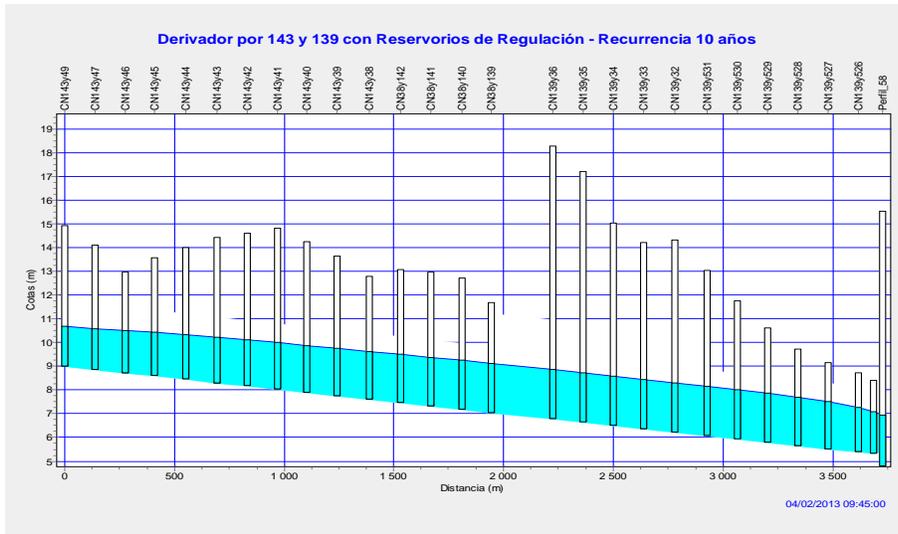


Figura 61.-

Comparación conducto por 143, sin y con reservorios, recurrencia 25 años

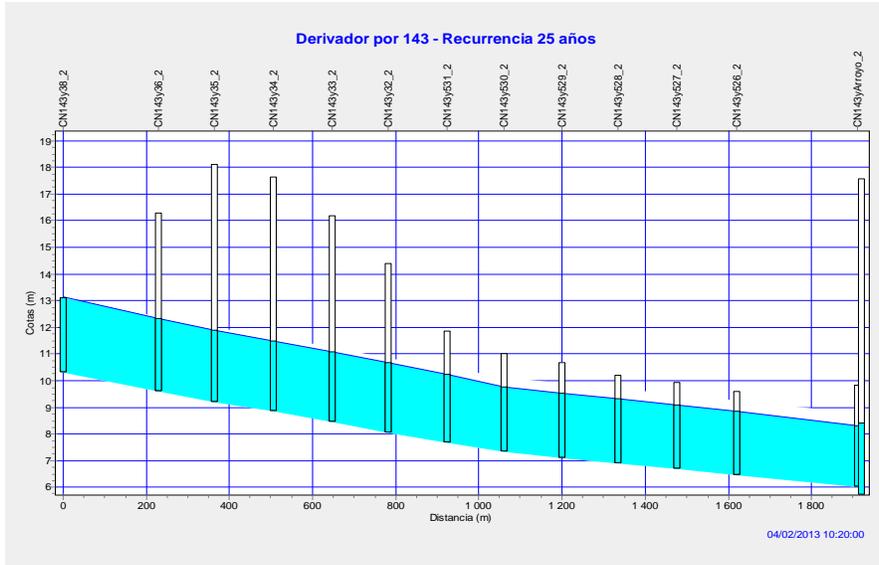


Figura 62.-

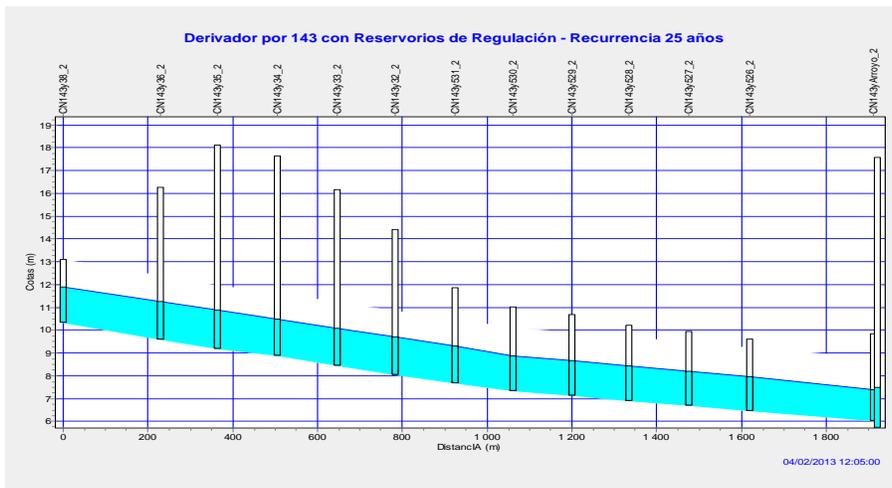


Figura 63.-

Comparación conducto por 143 y 139, sin y con reservorios, Recurrencia 25 años.

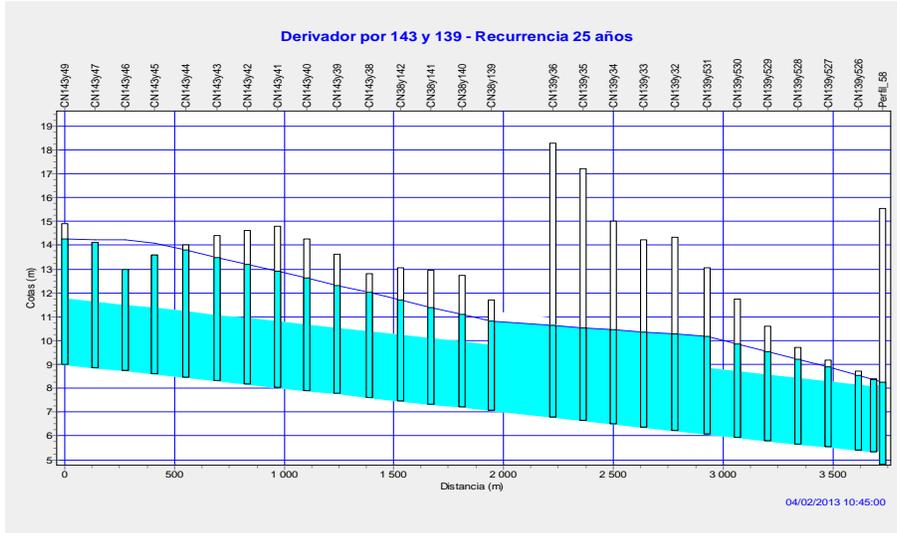


Figura 64.-

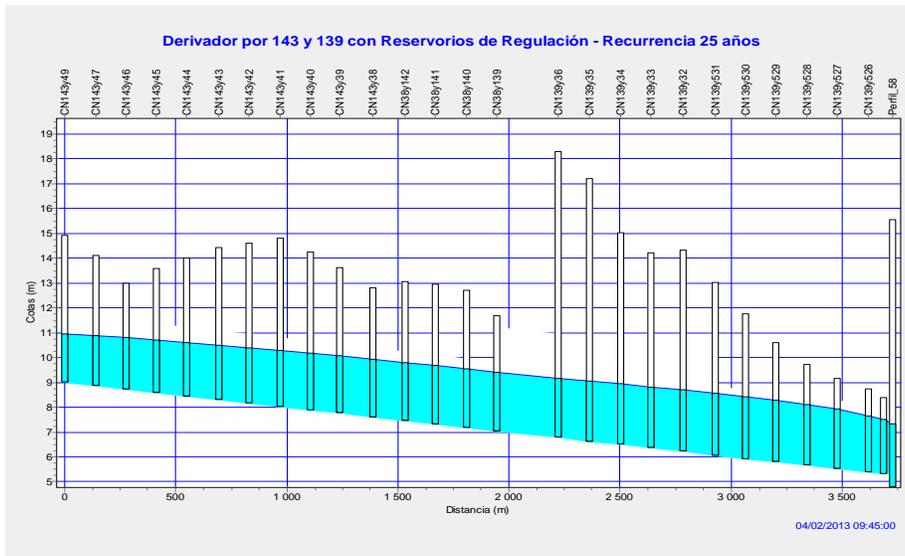
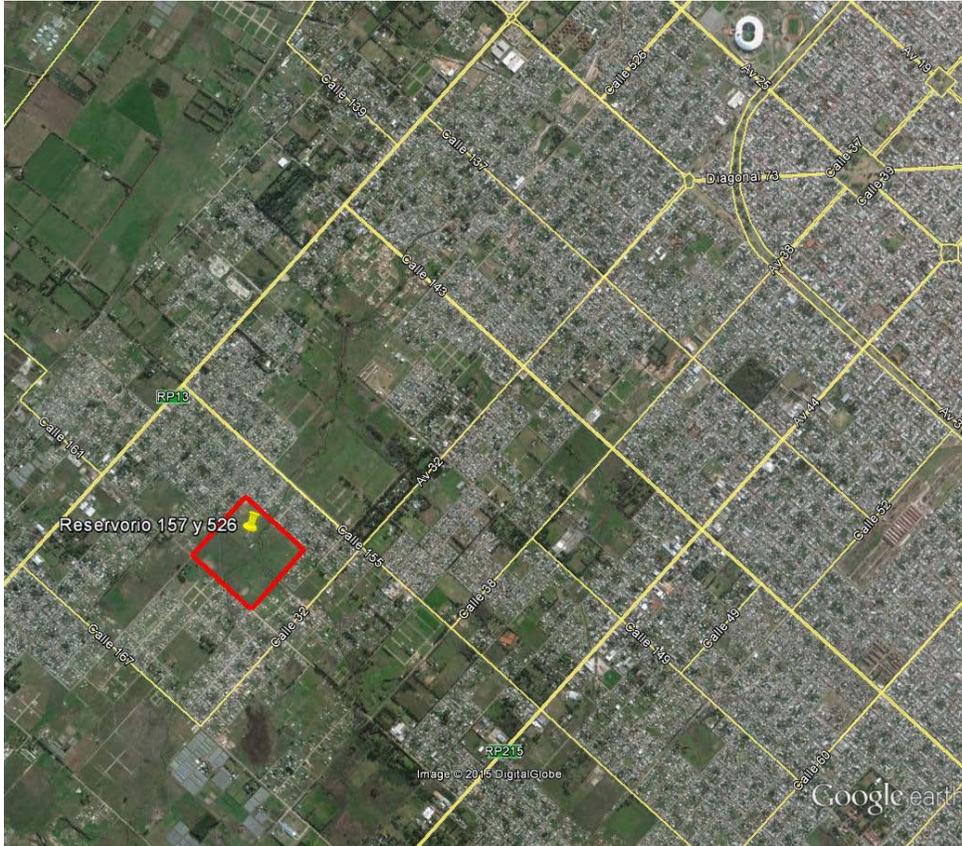


Figura 65.-

**- 6.2- RESERVORIO DE REGULACIÓN EN LA CUENCA DEL ARROYO EL GATO****Reservorio 526 y 157 – Recurrencia 25 años****Figura 66.- Ubicación del reservorio de regulación**

Se propuso construir un reservorio de aproximadamente 26 has en un terreno en 526 y 157, en la cuenca alta del Arroyo El Gato. Se considera que podría excavar hasta una cota de aprox. 10.50 m, correspondiente aproximadamente al fondo del arroyo en ese lugar- De esta forma el cuenco tendría un volumen máximo aproximado de  $650.000 \text{ m}^3$ , considerando que en su perímetro la altura más baja de las calles ronda los 13 m, y que a partir de esta cota comenzaría a desbordar hacia las calles.

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

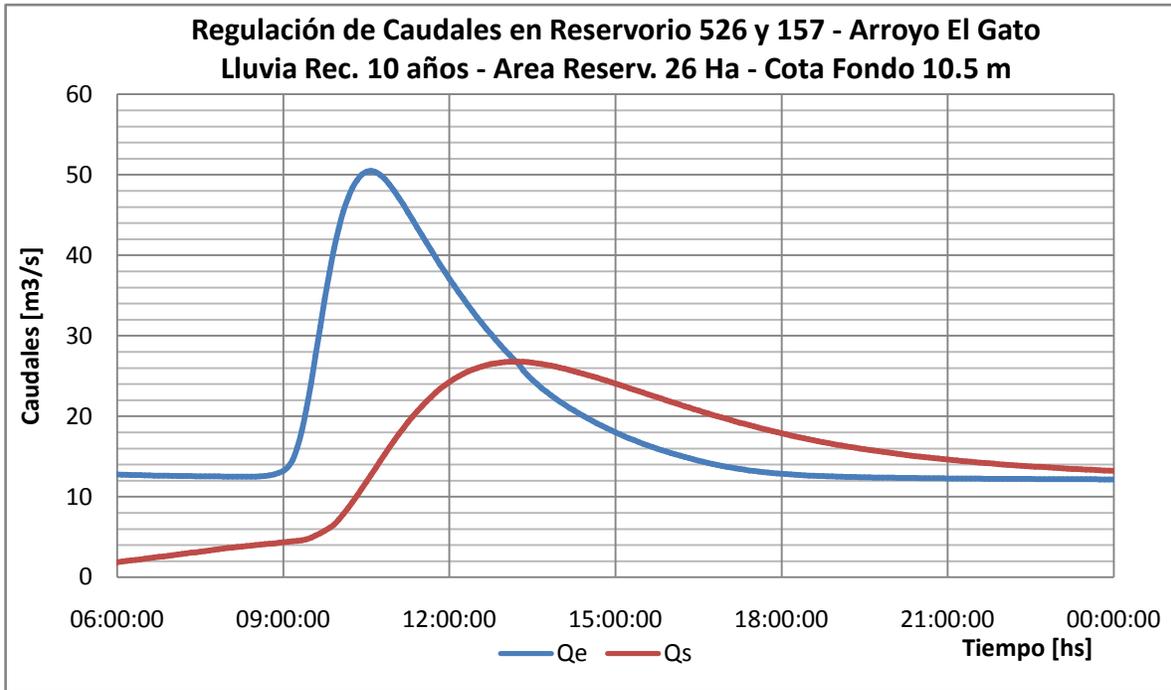


Figura 67.-

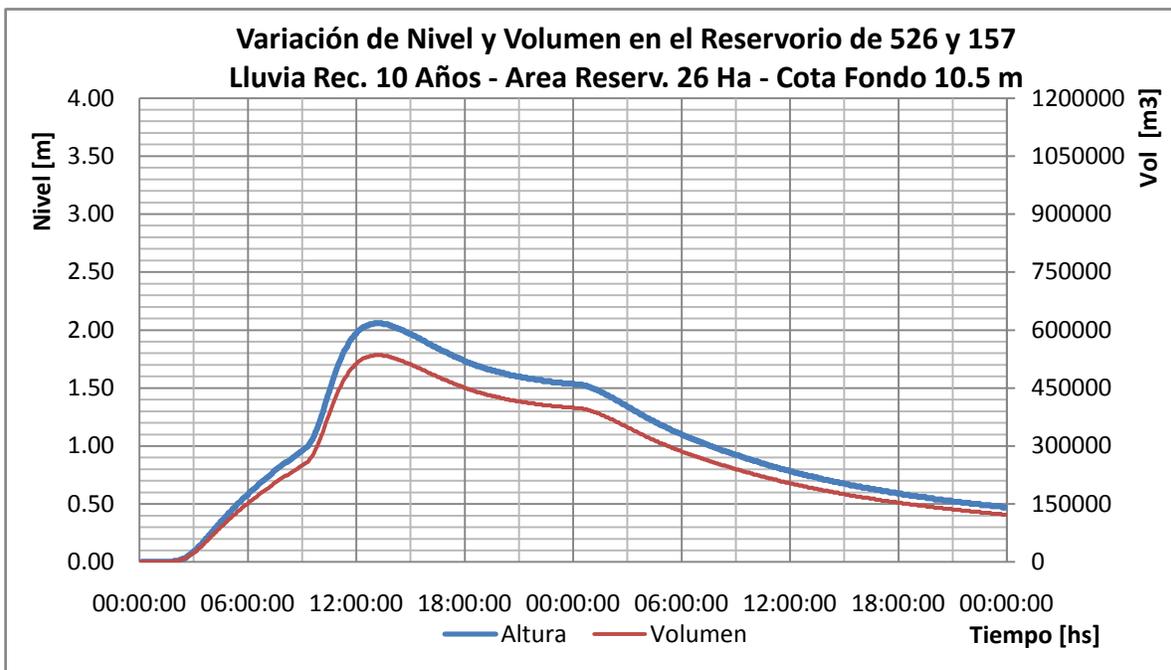


Figura 68.-

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

| Reservorio 526 y 157 (R= 10 años) |          |          |                      |
|-----------------------------------|----------|----------|----------------------|
| Tiempo (hs)                       | Qe(m3/s) | Qs(m3/s) | altura reservorio(m) |
| 06:00:00                          | 12.76    | 1.87     | 0.58                 |
| 07:00:00                          | 12.60    | 2.75     | 0.72                 |
| 08:00:00                          | 12.51    | 3.63     | 0.85                 |
| 09:00:00                          | 13.23    | 4.34     | 0.96                 |
| 10:00:00                          | 43.33    | 7.17     | 1.22                 |
| 11:00:00                          | 48.00    | 16.95    | 1.70                 |
| 12:00:00                          | 37.09    | 24.26    | 1.97                 |
| 13:00:00                          | 28.25    | 26.73    | 2.06                 |
| 14:00:00                          | 21.80    | 26.03    | 2.03                 |
| 15:00:00                          | 18.01    | 24.06    | 1.97                 |
| 16:00:00                          | 15.44    | 21.8     | 1.88                 |
| 17:00:00                          | 13.74    | 19.69    | 1.81                 |
| 18:00:00                          | 12.85    | 17.88    | 1.73                 |
| 19:00:00                          | 12.51    | 16.47    | 1.68                 |
| 20:00:00                          | 12.37    | 15.41    | 1.63                 |
| 21:00:00                          | 12.28    | 14.62    | 1.60                 |
| 22:00:00                          | 12.23    | 14.02    | 1.57                 |
| 23:00:00                          | 12.19    | 13.57    | 1.55                 |
| 00:00:00                          | 12.16    | 13.22    | 1.54                 |

**Tabla de Qentrante - Qsaliente y altura del pelo de agua dentro del reservorio de 526 y 157 para una lluvia de Rec. 10 años**

En las figuras siguientes se observa la influencia del reservorio de 526 y 157 en distintos puntos del A° el Gato

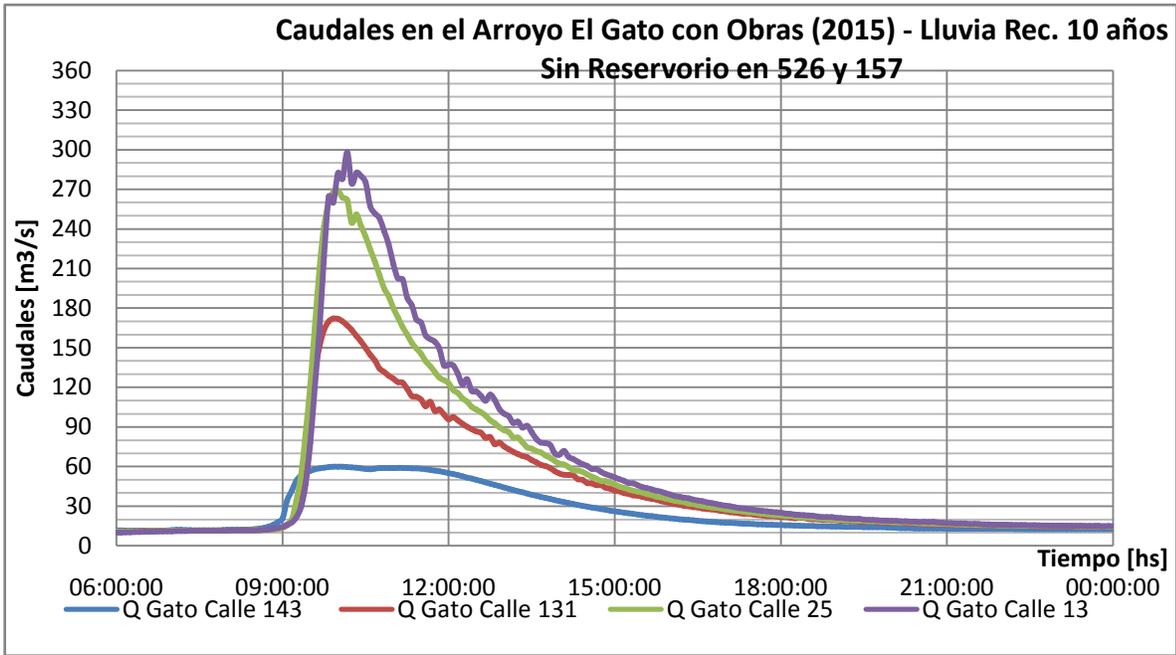


Figura 69.-

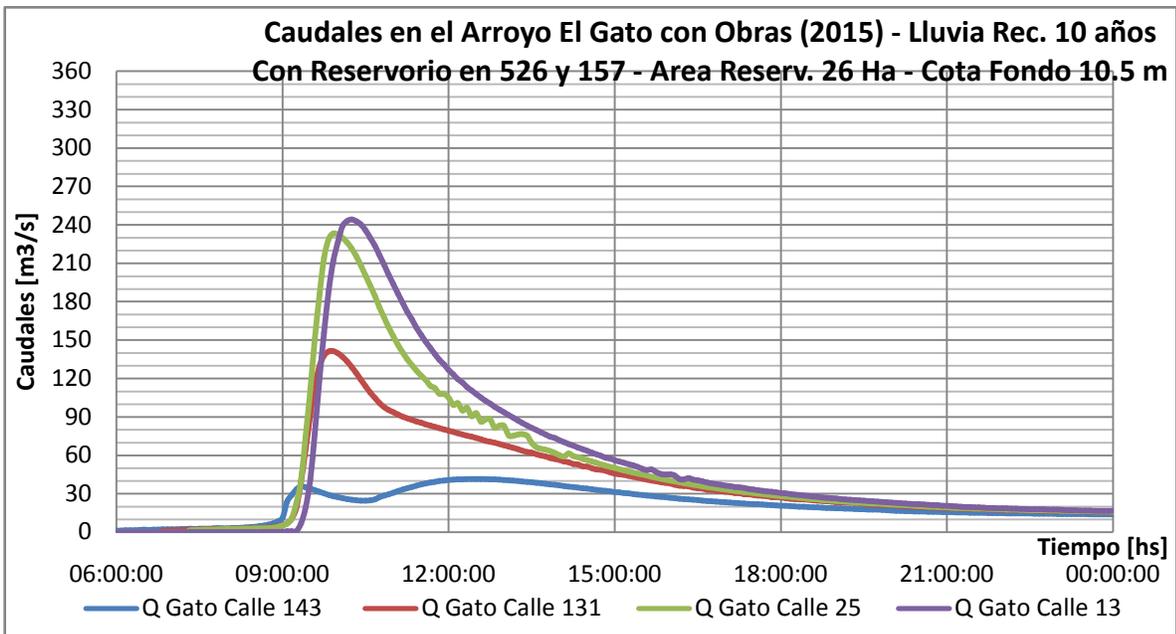


Figura 70.-

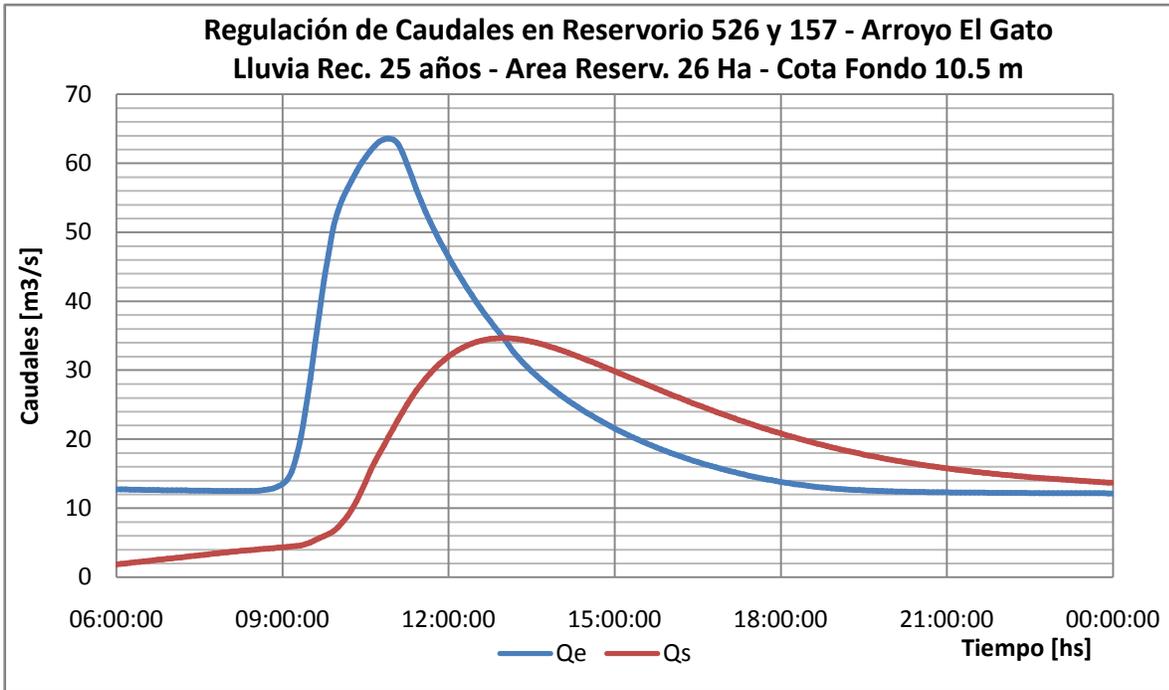


Figura 71.-

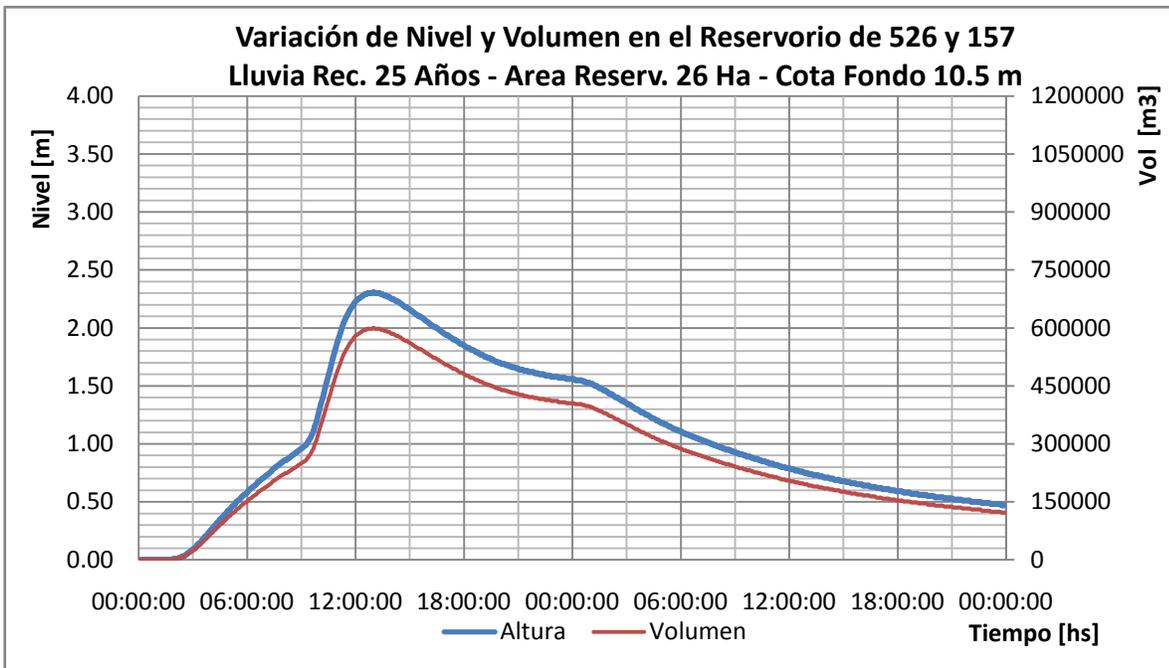


Figura 72.-

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

| Reservorio 526 y 157 (R= 25 años) |          |          |                      |
|-----------------------------------|----------|----------|----------------------|
| Tiempo (hs)                       | Qe(m3/s) | Qs(m3/s) | altura reservorio(m) |
| 06:00:00                          | 12.76    | 1.87     | 0.58                 |
| 07:00:00                          | 12.60    | 2.75     | 0.72                 |
| 08:00:00                          | 12.51    | 3.63     | 0.85                 |
| 09:00:00                          | 13.52    | 4.34     | 0.96                 |
| 10:00:00                          | 53.10    | 7.24     | 1.29                 |
| 11:00:00                          | 63.41    | 21.59    | 1.88                 |
| 12:00:00                          | 46.39    | 32.01    | 2.23                 |
| 13:00:00                          | 34.62    | 34.67    | 2.31                 |
| 14:00:00                          | 26.51    | 32.98    | 2.25                 |
| 15:00:00                          | 21.56    | 29.86    | 2.16                 |
| 16:00:00                          | 18.06    | 26.53    | 2.05                 |
| 17:00:00                          | 15.55    | 23.48    | 1.94                 |
| 18:00:00                          | 13.82    | 20.84    | 1.85                 |
| 19:00:00                          | 12.83    | 18.68    | 1.77                 |
| 20:00:00                          | 12.45    | 17.01    | 1.70                 |
| 21:00:00                          | 12.31    | 15.79    | 1.65                 |
| 22:00:00                          | 12.24    | 14.88    | 1.61                 |
| 23:00:00                          | 12.19    | 14.2     | 1.58                 |
| 00:00:00                          | 12.16    | 13.69    | 1.56                 |

**Tabla de Qentrante - Qsaliente y altura del pelo de agua dentro del reservorio de 526 y 157 para una lluvia de Rec. 25 años**

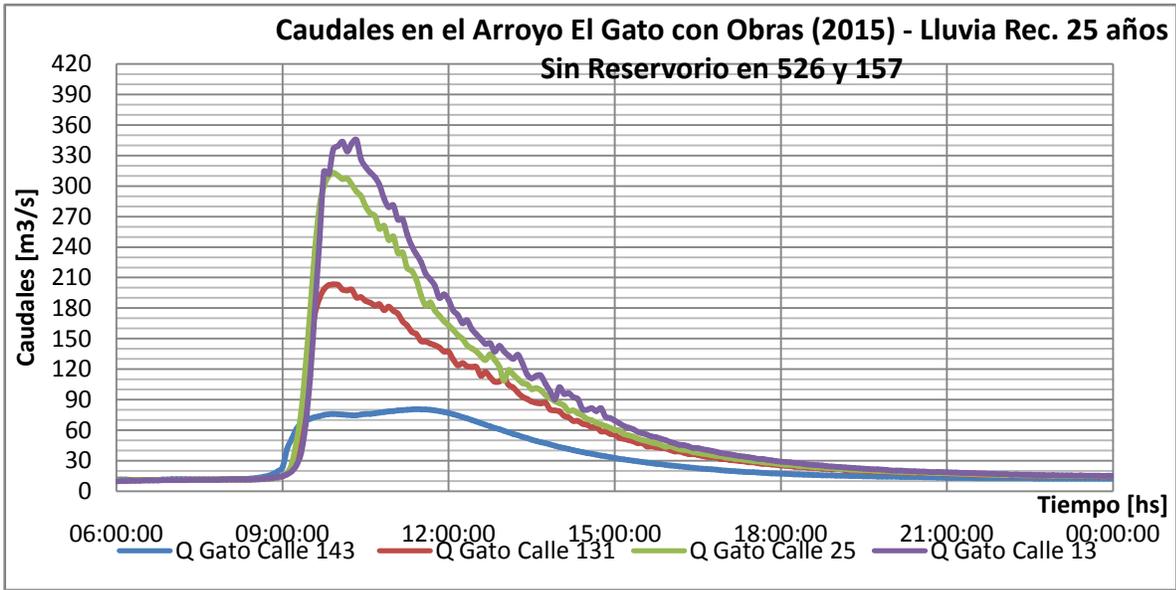


Figura 73.-

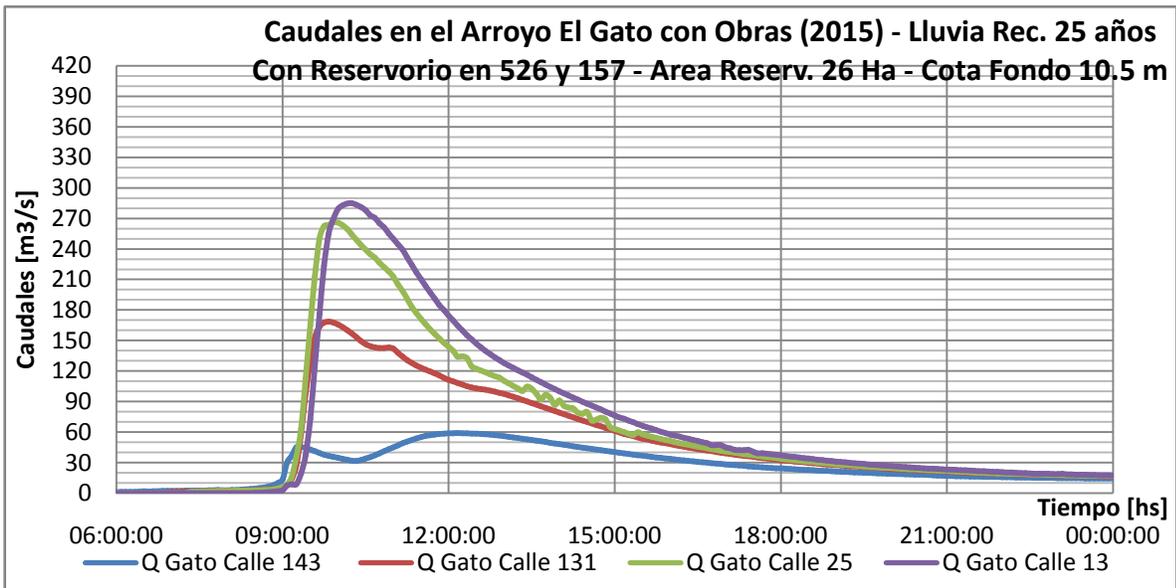


Figura 74.-

## 7.- DERIVADOR POR LA DIAGONAL 74.

Una de las pautas que fija el Pliego de Condiciones del presente trabajo es el análisis del funcionamiento de un derivador por la Diagonal 74 desde el Parque Castelli hasta el Arroyo del Gato, cuyo objetivo sería aliviar las redes urbanas derivando los caudales generados aguas arriba de esa calle.

Las redes actuales de la ciudad sirven a las subcuencas que se ven en la figura 1.-. Al plantear el derivador de la diagonal 74, ese esquema se transforma en el de la figura 2.- .

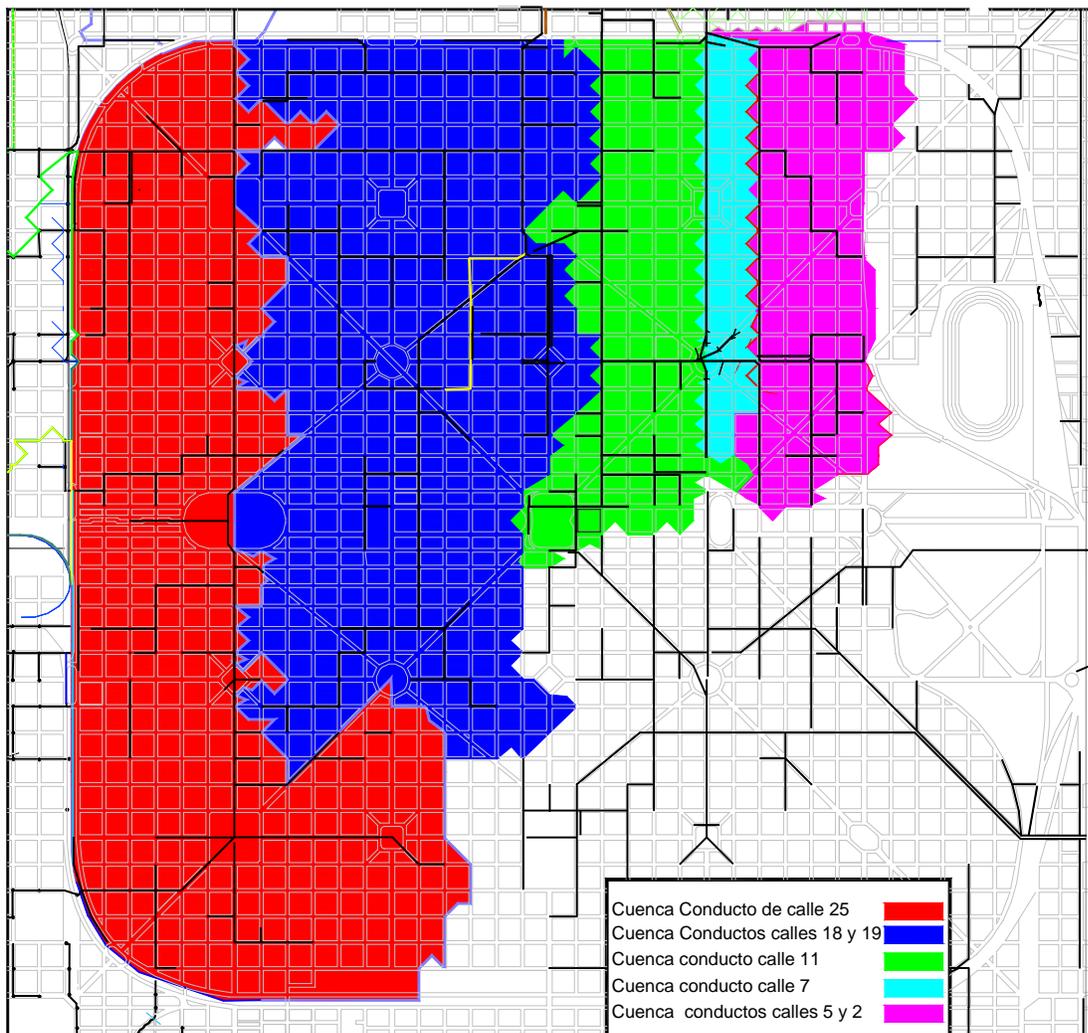


Figura 75.- Subcuencas actuales.

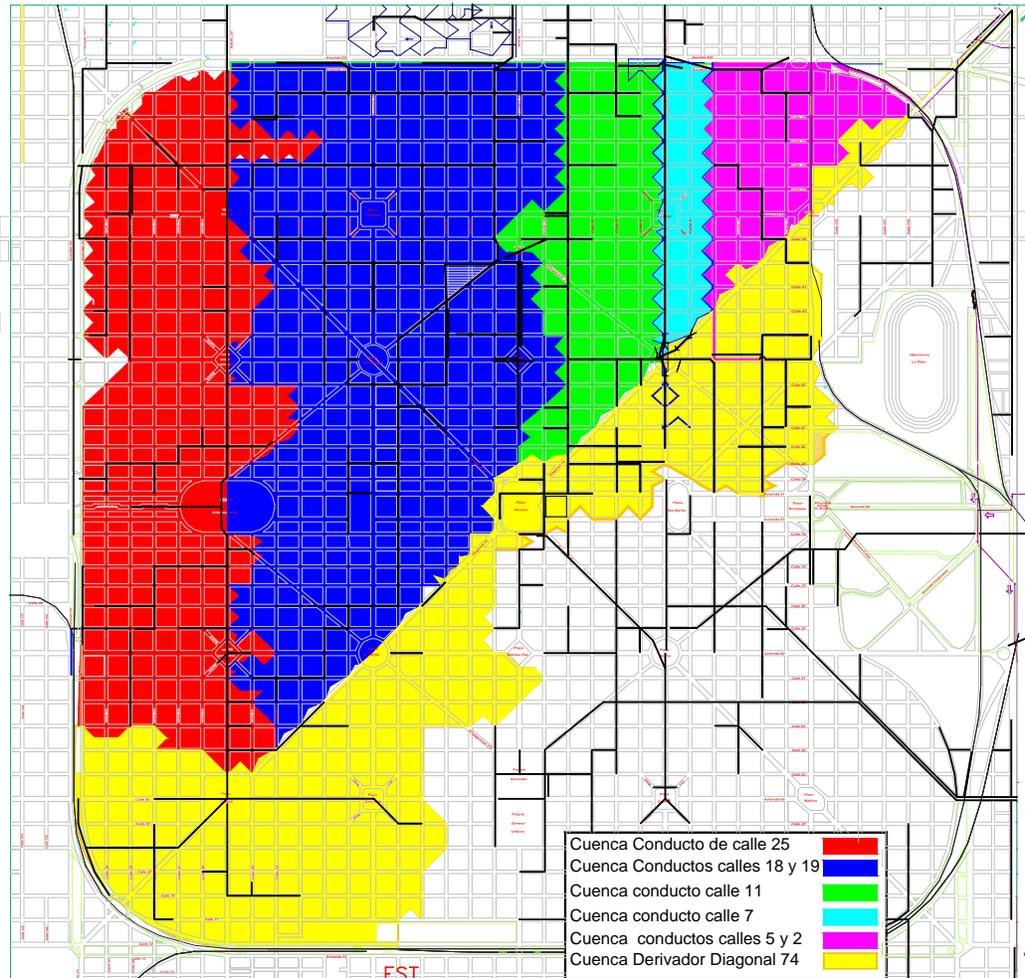


Figura 76.- Subcuencas con el derivador de la Diagonal 74.

**Comparación de resultados. Perfiles hidráulicos de los conductos de las calles 25, 19, 18, 11, 7 y 5, con o sin el Derivador por la Diagonal 74. Recurrencia 25 años.**

Para el análisis se planteó un Derivador por la Diagonal 74 para una tormenta de 25 años de recurrencia.

Las comparaciones se harán entre dos situaciones:

- “Situación actual + Proyecto 2015” y
- “Proyecto 2010 + Proyecto 2015”.

Ambos casos tienen en cuenta como totalmente ejecutados a los Derivadores de 143 y 131 y la canalización y revestimiento del A° del Gato con sus puentes, además de los proyectos del presente contrato, es decir las redes de desagües del A° del Regimiento, el Derivador de Av. 32 y los Derivadores de 15 y 17. La diferencia entre ambos casos consiste en que mientras el caso a considera las redes urbanas en el estado actual (recurrencia de 2 años o menores), es decir en muchos casos insuficientes, el **caso b** adopta la remodelación de esas mismas redes para 5 años de recurrencia proyectada en el trabajo antecedente de 2010.

- **Conducto Calle 25**

Las dos figuras siguientes muestran el funcionamiento del conducto de la calle 25 para ambos casos. Dado que el Derivador de la Diagonal 74 arranca en el Parque Castelli y toma toda la cuenca aguas arriba de él, el conducto de 25 comienza, para el **caso a**, vacío en 25 y 65. Considerando que esta alternativa está sub dimensionada para la recurrencia deseada de 5 años, a las pocas cuadras el conducto de calle 25 estará lleno y el resto de la red, que no habrá cambiado de allí hacia abajo, tendrá similares déficit a los actuales.

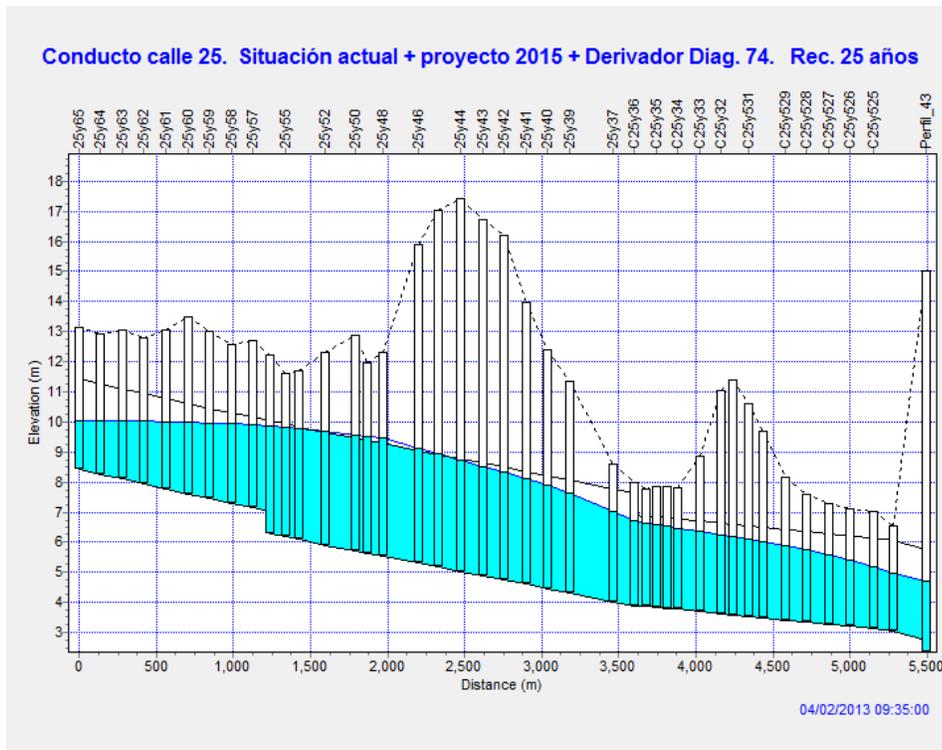


Figura 77.-

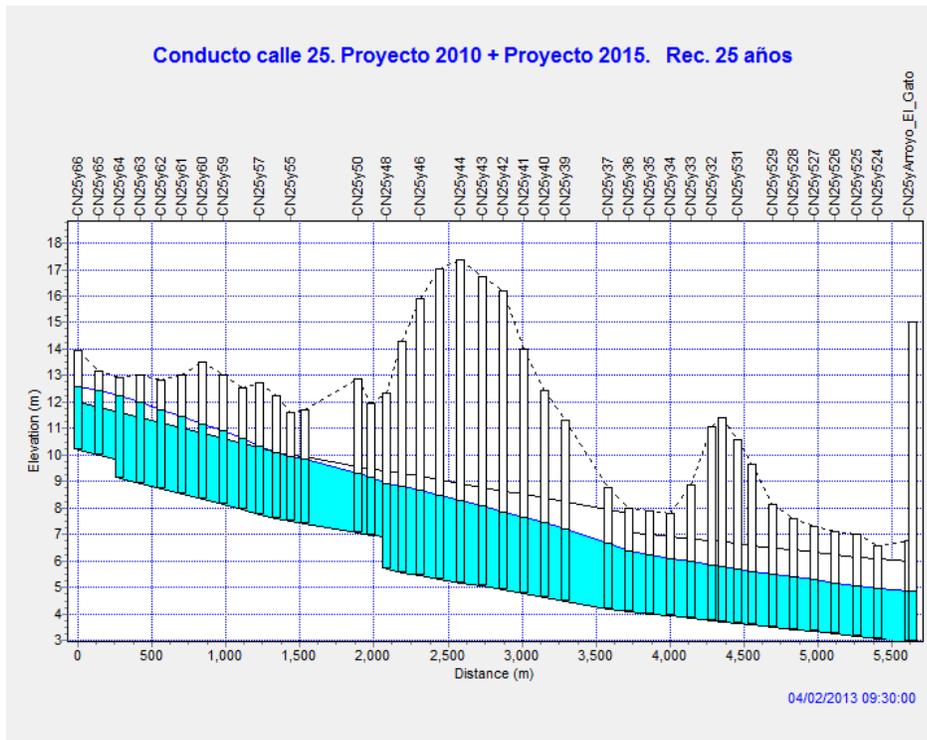


Figura 78.-

- **Conductos Calles 19 y 18**

Como se ve en las figuras 5 a 8, tanto en el caso de la cuenca de calle 18 como a la de 19, el Derivador de Diagonal 74 les resta muy poca superficie de aportes en la cabecera. Se puede observar, por lo tanto, que no hay diferencias notables en su funcionamiento.

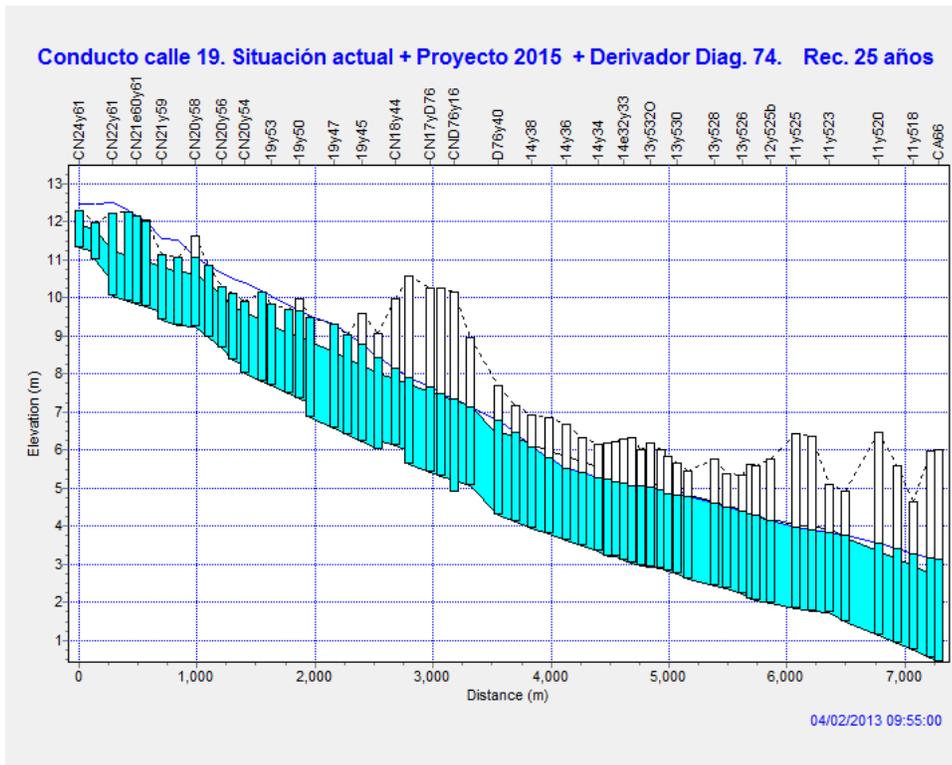


Figura 79.-

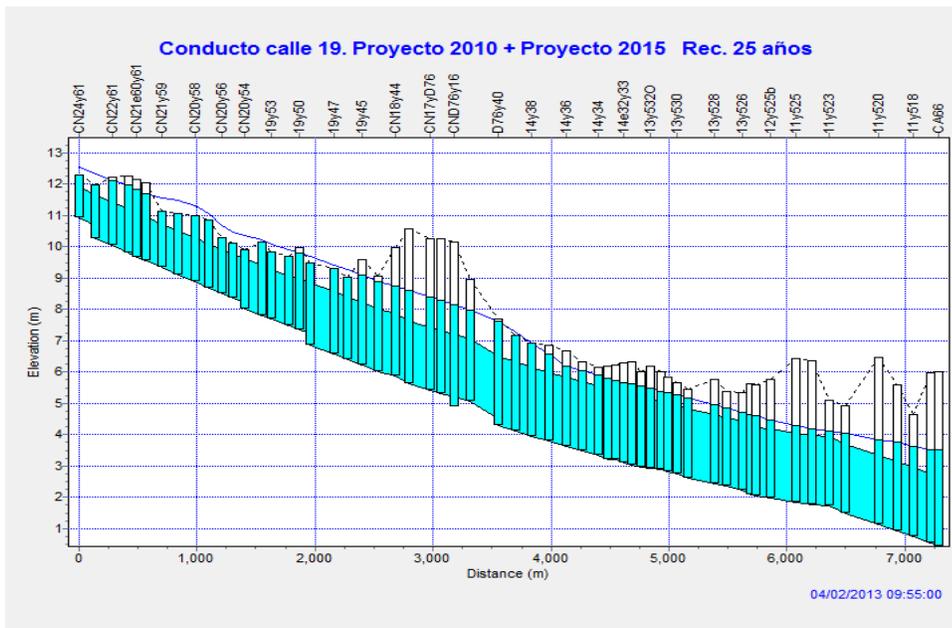


Figura 80.-

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

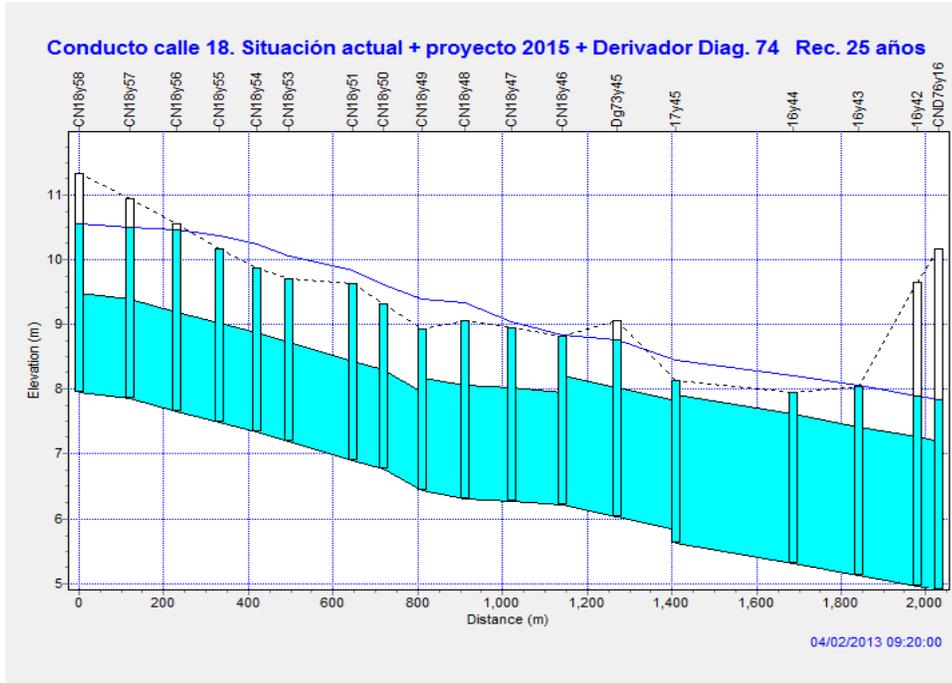


Figura 81.-

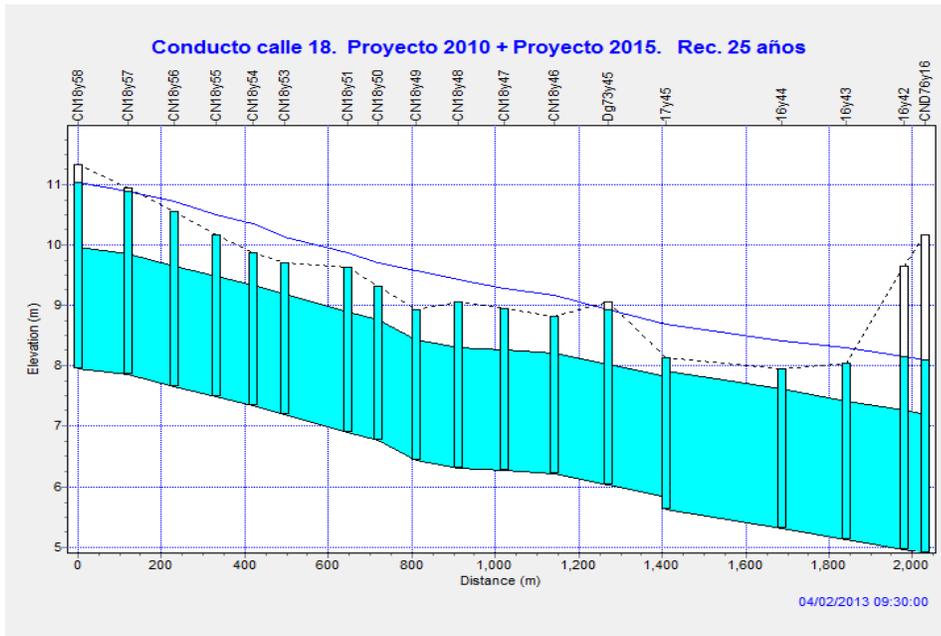
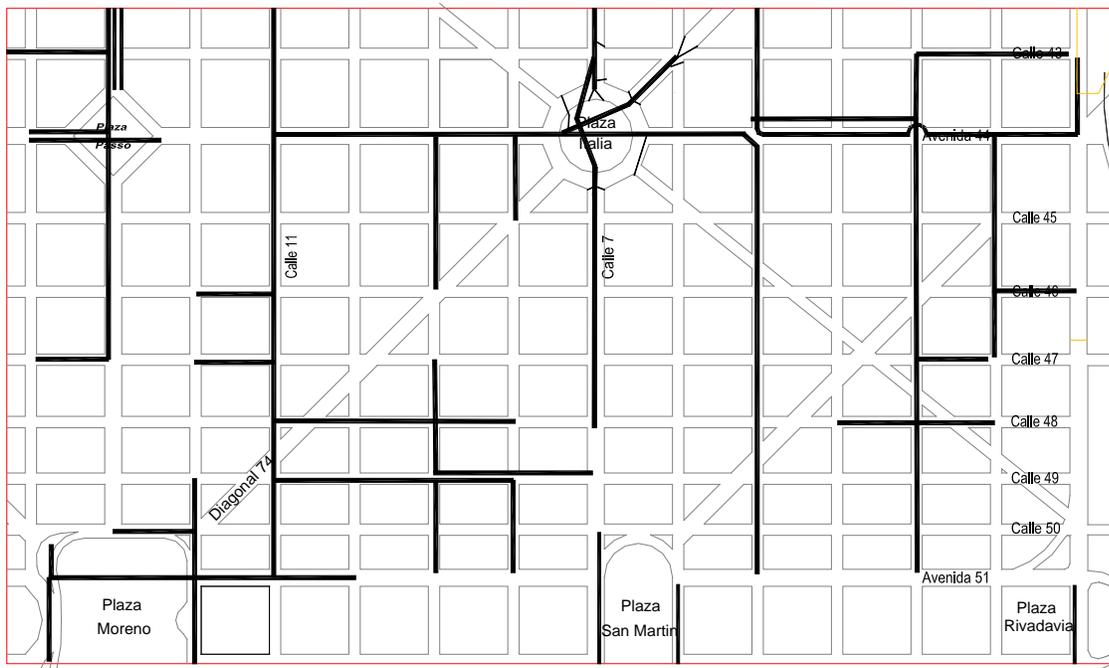


Figura 82.-

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

- **Situación desde Plaza Moreno hacia aguas abajo**

A partir de Plaza Moreno es cuando este posible derivador comienza a tener mayor importancia. Como se ve en la figura siguiente, corta todos los aportes al conducto de la calle 11 aguas arriba de 11 y 48 y los que llegan a Plaza Italia por la calle 44.



**Figura 83.-**

- **Conducto Calle 11**

Con el derivador construido, al conducto de calle 11 se le restan los ingresos aguas arriba de 11 y 48 y los que vienen por 44 aguas arriba de calle 7. Por lo tanto el conducto funciona más desahogado.

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

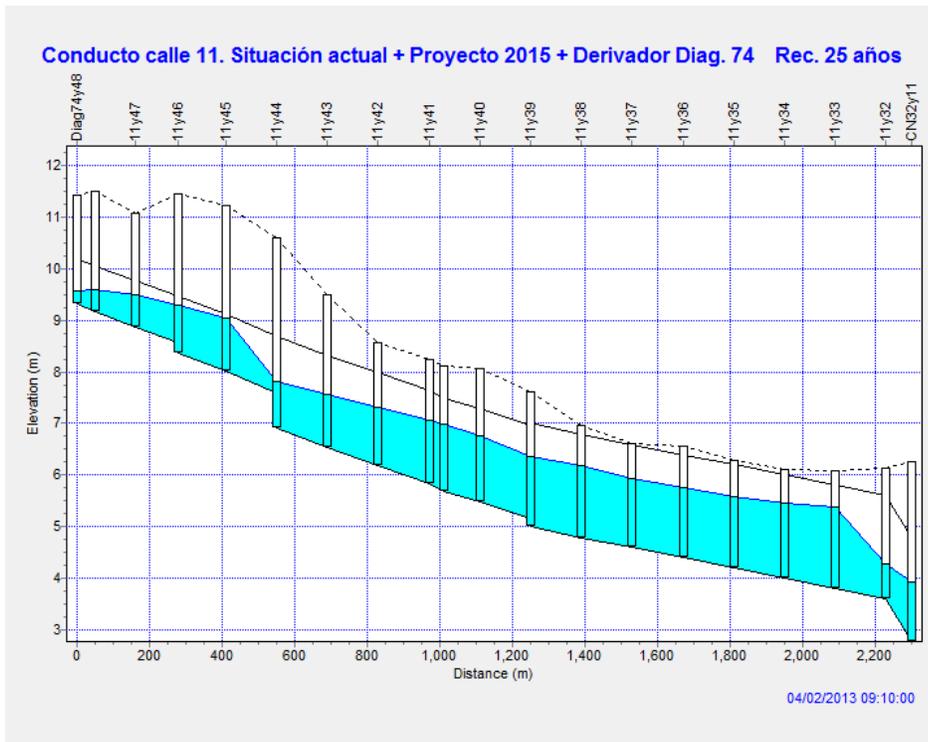


Figura 84.-

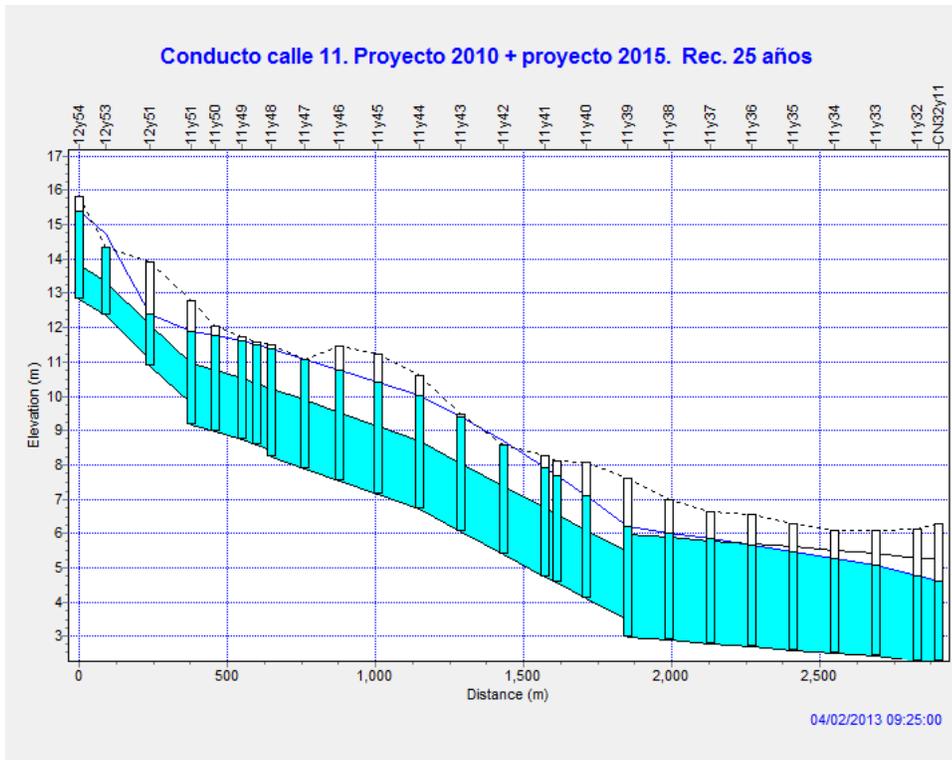


Figura 85.-

- Conducto Calle 7

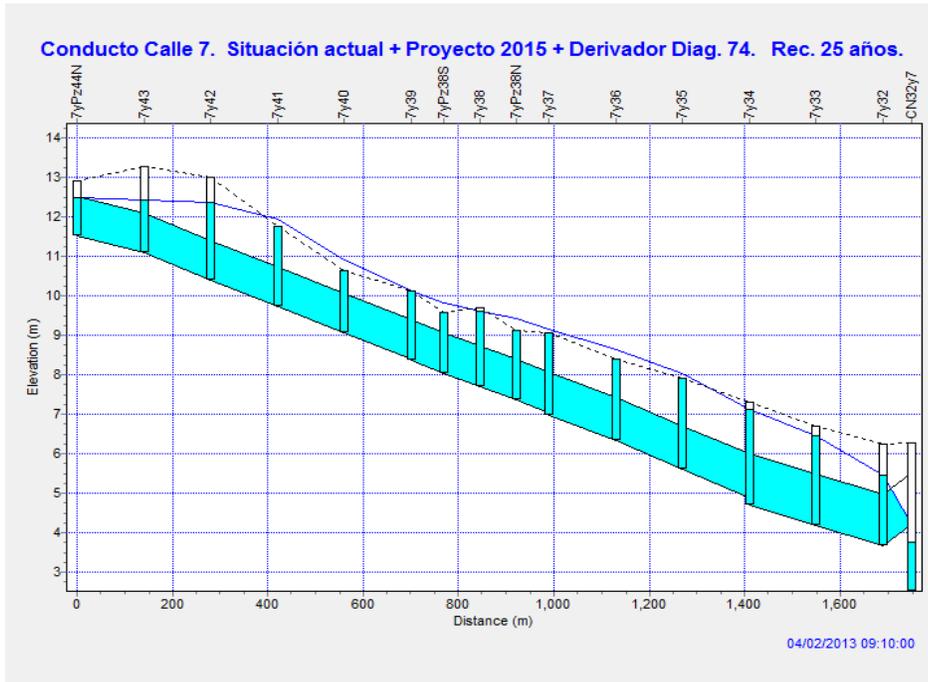


Figura 86.-

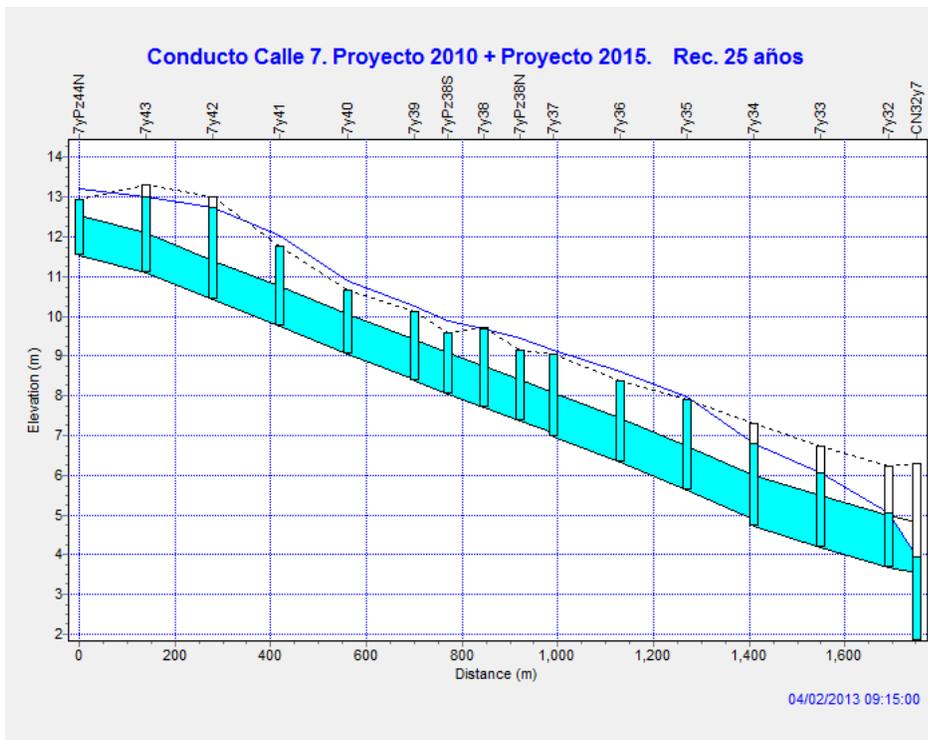


Figura 87.-

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

En el caso del conducto de calle 7, el Derivador de Diagonal 74 le anula solamente los aportes de 7 entre 48 y 44. Los comportamientos del conducto en ambos casos son similares.

- **Conducto Calle 5**

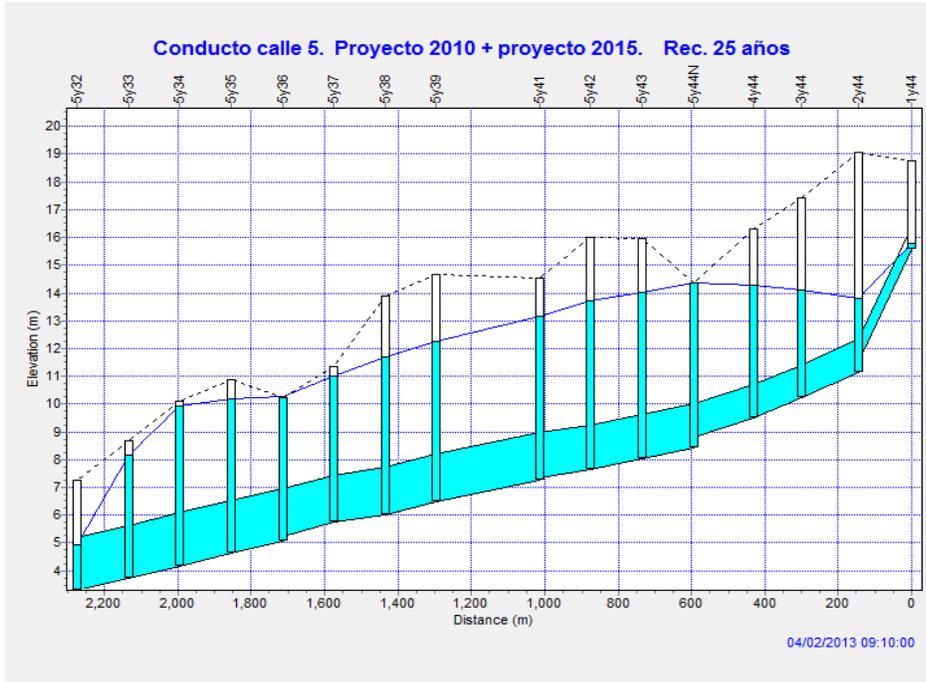
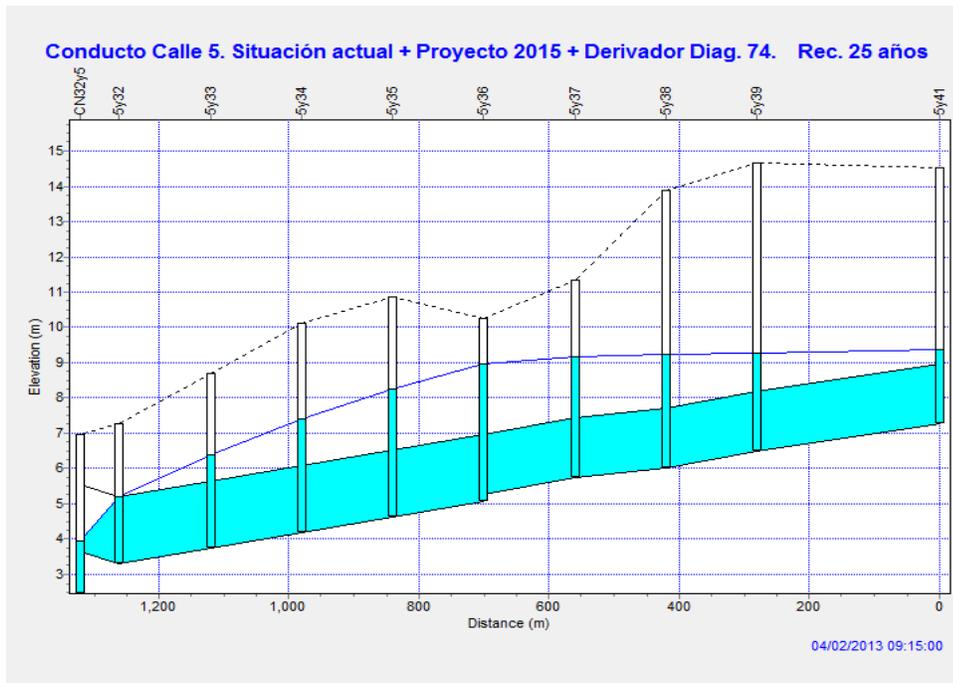


Figura 88.-



**Figura 89.-**

El Derivador anula los aportes de la zona de la estación del ferrocarril Roca y hace funcionar el conducto de la calle 5 más desahogado, pero en ninguno de los casos genera problemas.

### Conclusiones.

- 1.- En el caso del conducto de calle 25 el Derivador de la Diagonal 74 no evita el rediseño de la red desde 25 y 65 hacia aguas abajo. Se considera de mayor utilidad readecuar la obra existente.
- 2.- Las redes de 19 y 18 prácticamente funcionan igual con o sin derivador. Por lo tanto para estas redes no es útil su construcción.
- 3.- Recién a partir de la Plaza Moreno aparece un beneficio para la red de la calle 11, pero considerando que tanto la red de calle 7 como la de calle 5 no tienen casi mejora, surge que el Derivador de la Diagonal 74 sirve solo para esa red de calle 11.

Se observa que la salida prevista en el pliego para el aliviador (Diagonal 74 hasta el A° del Gato) tiene los mismos problemas de interferencias que las Variantes 2 y 3 del Derivador de Avenida 32, presentados en el presente proyecto, por lo que deberá estudiarse cuidadosamente este aspecto.

Proyecto ejecutivo del Arroyo del Gato y de los derivadores de la cuenca alta.

Por otro lado, Plaza Italia es un punto de encuentro de interferencias y de desagües pluviales, algunos con planialtimetría desconocida, lo que hace que el cruce del aliviador por esta zona, se torne dificultosa

Es decir, se estima que es una alternativa muy costosa y compleja solo para sustituir las mejoras en el conducto de calle 11 ya previstas en el diseño del Aliviador de Avenida 32.

## **PROYECTO EJECUTIVO DEL ARROYO DEL GATO Y DE LOS DERIVADORES DE LA CUENCA ALTA**



### **INFORME FINAL**

#### **ANEXO**

#### **ESTUDIO DE PRECIPITACIONES**

#### **ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS PLUVIOMÉTRICOS**

**La Plata, 2015**

**ABS S.A.**

## ANEXO

### ESTUDIO DE PRECIPITACIONES. ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS PLUVIOMÉTRICOS

#### INTRODUCCIÓN

El régimen pluvial de la ciudad de La Plata se caracteriza por la ocurrencia de lluvias distribuidas a lo largo de todo el año con dos períodos de mayor abundancia durante los bimestres febrero-marzo y octubre-noviembre. El número promedio de días con lluvia es del orden de 90, de los cuales el 50% corresponde a eventos de tormentas con algún tipo de severidad.

Las condiciones críticas desde el punto de vista de la afectación se alcanzan cuando se producen lluvias intensas de corta duración sobre sectores urbanos y periurbanos sin adecuada capacidad de desagüe.

Las eventos significativos acontecidos en la región del gran La Plata en 1998, 2002, 2008 y 2013, junto con otros similares observados en localidades pertenecientes a la misma región hidrometeorológica (Entre otros ejemplos se destacan: 1995 en Pergamino, 2007 en Gualeguaychú, 1985, 2012 y 2013 en CABA) han abierto la discusión sobre su comportamiento a escala regional: vale decir, cómo se ve afectado el régimen de las lluvias, la variabilidad temporal y espacial de la lluvia, los posibles cambios en la frecuencia de tales eventos, etc.

Sin embargo esta observación constituye una revelación a medias toda vez que se analiza un evento de inundación. En este caso el evento de lluvia intensa sucede en un escenario determinado, la ciudad. Para alcanzar una comprensión acabada en tal situación, complejas interrelaciones merecen ser estudiadas, por ejemplo, la evolución que ha experimentado el espacio urbano, la dinámica del crecimiento con desarrollo de infraestructura, todo aquello que permita advertir el mayor grado de vulnerabilidad ante eventos ordinarios.

En muchos casos la fortaleza de esta última consideración supera ampliamente la sensibilidad de los cambios esperables en el régimen de las lluvias, no obstante lo cual, resultará beneficioso disponer de cualquier evaluación que considere los eventos extremos observados.

#### ESTUDIOS DE LLUVIAS INTENSAS

Los eventos significativos acontecidos en los últimos años revelan la necesidad de poner mayor énfasis en la caracterización de las lluvias y consecuentemente en las relaciones entre Intensidad-duración-Recurrencia (I-d-R) que resulten de su análisis.

Uno de los primeros estudios aplicados generados en la provincia de Buenos Aires, fue propuesto por el ingeniero Félix Langmann (1951) quien estableció las primeras relaciones aplicadas al diseño de desagües basados en datos pluviográficos consistentes. Posteriormente Barbero (1968) estudió las lluvias intensas de la provincia de Buenos Aires, generando mapas de isohietas máximas de 24, 48 y 72 hs. Serrano (1997) revisó y extendió las series pluviográficas del Observatorio Central de Buenos Aires, perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional, obteniendo el mejor estimador, hasta el presente, del régimen de las

lluvias de la Capital. En el año 2005, Romanazzi y Barbero corroboraron las leyes I-d-R y extendieron las conclusiones alcanzadas en los estudios realizados por Serrano.

#### APLICACIÓN A REGIONES CON HOMOGENEIDAD HIDROMETEOROLÓGICA

Como se indicara anteriormente, Serrano (1997) actualizó las expresiones de uso corriente en estudios hidrológicos que vinculan la intensidad (I), la duración (d) y la recurrencia (R) de dichos eventos, en base a la mayor información pluviográfica disponible en la estación Villa Ortúzar.

Este estudio comprendió a todas las lluvias significativas ocurridas en el período 1937 a 1985, consignando: el año, evento, fecha, hora de inicio y finalización de la lluvia, precipitación total (en décimas de milímetro), cantidad de intervalos de 5 minutos que comprende cada evento, y la altura de precipitación (en décimas de milímetro) discretizada en intervalos de 5 minutos de duración, contados a partir del comienzo de la lluvia. A partir del intervalo N° 25 los valores correspondieron a precipitaciones acumuladas de 1 hora.

Se analizaron todas la lluvias calculándose en cada caso las precipitaciones máximas ocurridas en intervalos consecutivos de: 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180 y 240 minutos de duración.

Para la determinación de las leyes que vinculan la intensidad con la recurrencia, para cada duración, se eligió el criterio de eventos máximos anuales. La estimación de los tiempos de retorno de la muestra se efectuó mediante la aplicación de la fórmula de Weibull:  $R=(N+1)/n$  donde: N=número de eventos / número de años del período de base y n=número de orden del evento considerado.

La interpretación analítica de los valores muestrales se efectuó con distintas expresiones (logarítmica, potencial, Gumbel, Frechet, etc.) para las leyes de distribución de variables extremas, adoptándose finalmente la ley de Gumbel con la cual se obtuvieron las mejores correlaciones.

Se adjuntan a continuación las expresiones para el cálculo y los parámetros correspondientes extractados del informe original de Serrano:

**INTENSIDAD EN FUNCION DE LA DURACION PARA RECURRENCIA CONSTANTE.**

Expresión para el cálculo:

$$I = A * (d)^B - C$$

| Recurrencia<br>[años] | A     | B      | C    | r <sup>5</sup> |
|-----------------------|-------|--------|------|----------------|
| 1.1                   | 268.3 | -0.549 | 5.3  | 0.9990         |
| 1.5                   | 315.4 | -0.502 | 9.2  | 0.9997         |
| 2                     | 343.0 | -0.481 | 12.0 | 0.9996         |
| 3                     | 376.0 | -0.461 | 15.5 | 0.9992         |
| 5                     | 412.9 | -0.442 | 19.8 | 0.9988         |
| 10                    | 459.9 | -0.424 | 25.6 | 0.9983         |
| 25                    | 520.0 | -0.405 | 33.5 | 0.9976         |
| 50                    | 564.9 | -0.394 | 39.7 | 0.9972         |
| 100                   | 609.7 | -0.384 | 46.1 | 0.9969         |

donde:

I = Intensidad de la lluvia en milímetros/hora

d = Duración de las lluvia en minutos

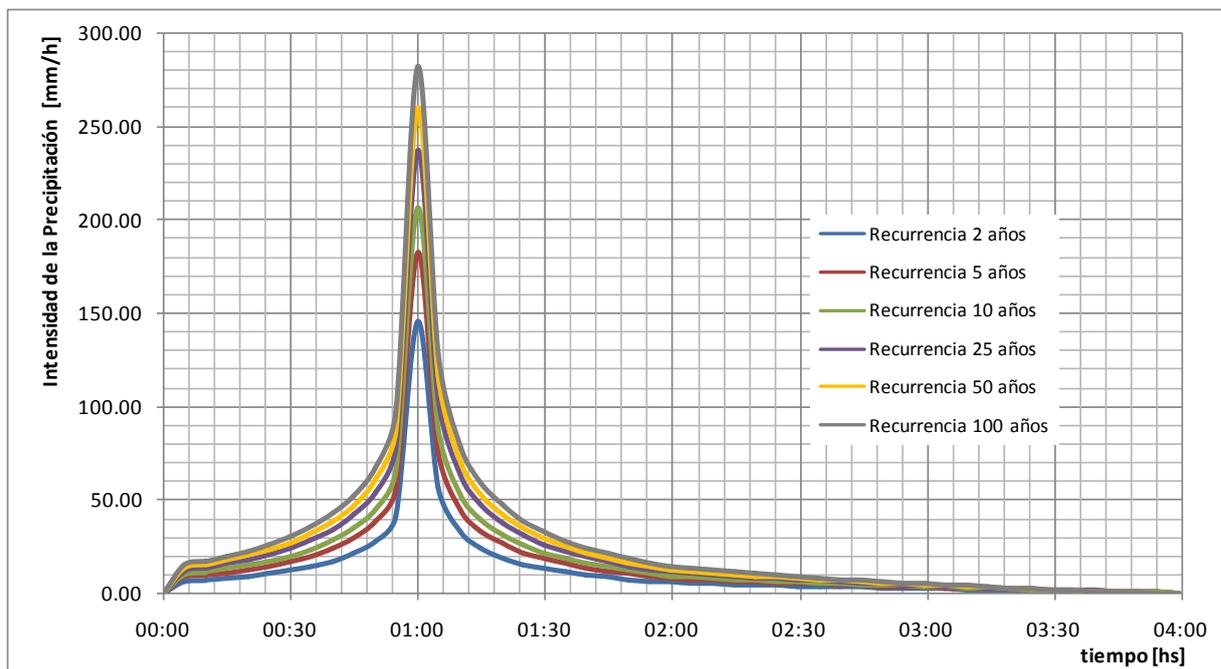
A, B, C = Parámetros de ajuste

r = Coeficiente de correlación

Se considera que el régimen de las lluvias de Capital Federal a partir de la revisión de Serrano constituye en principio una herramienta idónea para caracterizar eventos que acontezcan en la región y su relación con el proyecto de las obras. Entre sus fortalezas se destaca la mayor longitud de registro con registros consistentes validados.

De las curvas intensidad–duración–recurrencia (I-d-R) mencionadas y aceptadas como válidas por los motivos antes expuestos, se obtuvieron las lluvias de proyecto para utilizar en el presente estudio.

Las lluvias de proyecto se establecieron para una duración de 4 horas, con el pico de intensidad ubicado en la hora 1. Las correspondientes a las recurrencias de 5, 10, 25, 50 y 100 años, se presentan en el siguiente gráfico:



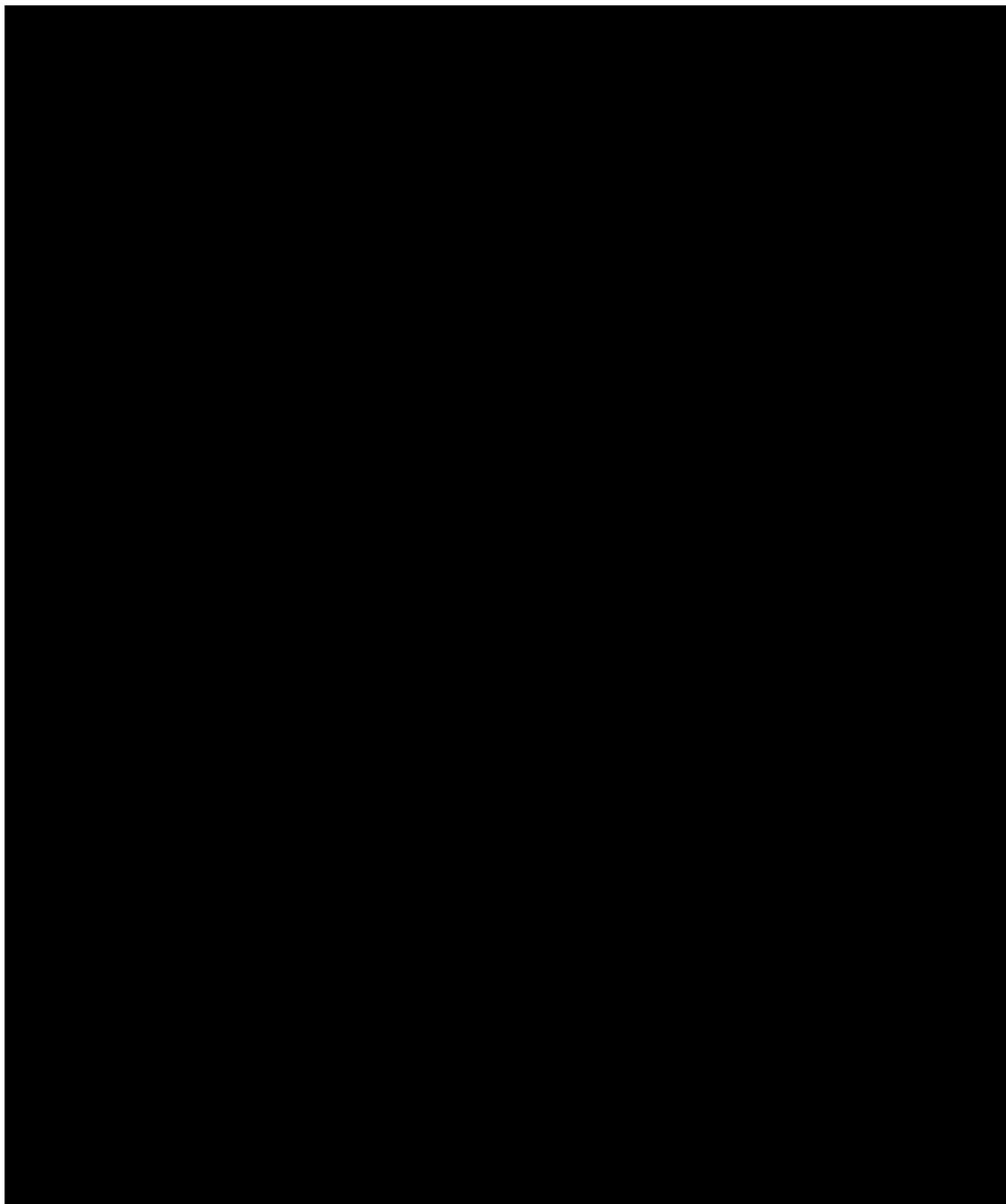
#### IDENTIFICACIÓN Y RECOPIACIÓN DE EVENTOS SIGNIFICATIVOS DEL PERÍODO 1982 - 2014

Los eventos significativos acontecidos en los últimos años revelan la necesidad de poner mayor énfasis en la caracterización de las lluvias y consecuentemente en las relaciones entre Intensidad-duración-Recurrencia (I-d-R) que resulten de su análisis.

A tal efecto se propone complementariamente analizar y revisar los estudios antecedentes que caracterizan el régimen de lluvia intensa en la ciudad de La Plata. Este tipo de trabajo requiere principalmente contar con una base de datos actualizada, siendo requisito indispensable la calidad del dato que asegure el mayor grado de consistencia y homogeneidad de las series.

Las actualizaciones planteadas constituyen una investigación aplicada dentro de la encomienda. Para asegurar mínimamente la rigurosidad metodológica que el tema requiere, se requerirá disponer del tiempo adecuado para el abordaje exitoso de la tarea indicada.

Del relevamiento preliminar realizado se han identificado las tormentas significativas pertenecientes al periodo 1982-2014. Se han seleccionado aquellos eventos que no sólo fueron significativos desde el punto de vista de la intensidad de precipitación, sino que también presentaron la mayor extensión areal, cuestión que fue verificada por contraste de los acumulados registrados en las estaciones Observatorio (UNLP) y La Plata Aero (SMN). La siguiente tabla consigna los datos globales de los eventos seleccionados:



De la extensa lista de eventos identificados, han sido especialmente críticas las condiciones producidas por las lluvias de 1998, 2002 y 2006. Pero sin duda, el evento de 2008 alcanzó una magnitud nunca antes observada en la zona norte del gran La Plata.

A los efectos de verificar tanto el funcionamiento de las obras como los aspectos inherentes al manejo del riesgo asociado, se considerarán corridas especiales con las tormentas reales más representativas.

Por último, la trágica inundación provocada por las lluvias del 2 de abril de 2013 merece un capítulo aparte en cuanto a su consideración y entendimiento.

### **DESCRIPCIÓN HIDROMETEOROLÓGICA DEL EVENTO DEL 2 DE ABRIL DE 2013**

Durante los días 1 y 2 de abril de 2013 se registraron importantes lluvias en varias localidades de la Provincia de Buenos Aires y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. En algunas estaciones los valores de precipitación acumulados en pocas horas fueron superiores al récord histórico de 24 horas, superando además al valor normal mensual.

La información anticipada por los pronósticos a fines de marzo giraba en torno a la influencia ejercida por un sistema de baja presión en niveles medios y altos de la troposfera que se desplazaba lentamente. Su intensificación había provocado lluvias importantes en los días previos en la zona central del país y finalmente producía significativas precipitaciones, primero durante la madrugada del 1 al 2 de abril, en la ciudad de Buenos Aires y la zona norte y, posteriormente, durante la tarde y noche del 2 de abril, en la ciudad de La Plata y sus alrededores.

Tanto en Buenos Aires como en la Plata los acumulados pluviométricos superaron ampliamente los valores esperables para esta época del año.

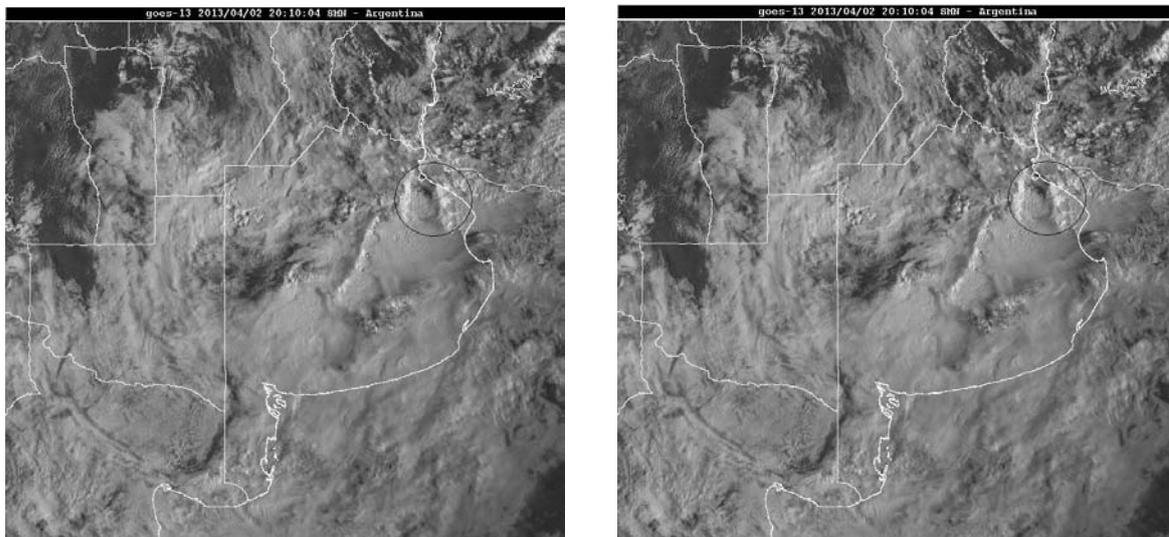
En la descripción detallada de la evolución del sistema de baja presión, el SMN informaba que para el 30 de marzo se observaba un eje de valores mínimos de la presión al oeste de la costa de Chile y que rápidamente evolucionó hacia un centro de baja presión cerrado en niveles medios de la troposfera. A partir del 1 de abril este centro cerrado se fue desplazando muy lentamente de oeste a este, sobre el centro del país.

El centro de baja presión, asociado a la presencia de aire frío en niveles medios generó condiciones favorables para movimientos de ascenso generalizado en el centro-este de la Argentina, condición necesaria para la formación de nubosidad. Durante el 2 de abril el desarrollo de una incipiente onda frontal ubicada en el oeste de la provincia de Buenos Aires, en combinación con un anticiclón de 1023 hPa ubicado al sudeste de Mar del Plata, generó vientos intensos y persistentes del cuadrante NE sobre el este de la provincia.

Esta condición favoreció el ingreso de aire húmedo en la región afectada por las precipitaciones intensas. El sostenido aumento del contenido de vapor de agua alcanzó valores máximos de entre 40 y 45 mm en la madrugada del 2 de abril.

En horas de la tarde del 2 de abril, alrededor de las 16:30 la ciudad de La Plata y vastos sectores de Berisso y Ensenada recibían las primeras precipitaciones de lo que fue el mayor temporal de lluvia del que se tenga registro en la región.

En coincidencia con las observaciones de campo y los registros pluviográficos, las imágenes de reflectividad del radar de Ezeiza desde la hora 17:00 muestran ecos que ocupan progresivamente sectores de Ensenada, Berisso y La Plata avanzando en dirección norte-sur. La persistencia de las lluvias observadas se corresponde con el lento desplazamiento de las nubes de tormenta, especialmente desde las 17:30 y hasta las 20:00. En las imágenes que se presentan a continuación, correspondientes al espectro visible del satélite GOES-13, tomadas a las 17:10 y 17:40 (hora local) se observan las áreas de lluvia intensa generadas sobre la región.

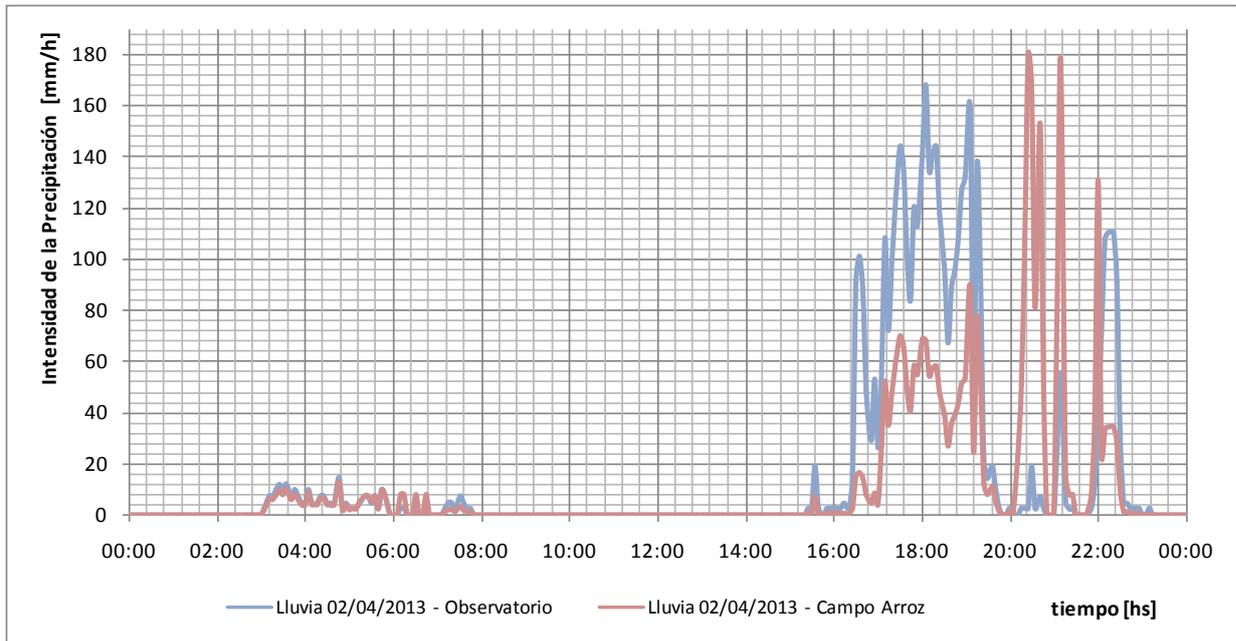


La imagen de radar tomada por el satélite Cosmo-Skymed (CONAE, 2013) de las 18:08 HOA permite inferir algunas características observadas al inicio del evento donde, además de la afectación ya comentada en Ensenada, Berisso y La Plata, se aprecia la mayor afectación inicial sobre el sector sur-sudeste de la ciudad y la localidad de Los Hornos.

Los registros de la Estación Observatorio Astronómico de la UNLP, indican que entre las 18:00 y 18:30 se dieron los máximos de intensidad de precipitación, y que se repitieron en magnitud alrededor de las 19:00.

Los registros de la estación pluviográfica de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP presentan comparativamente menores intensidades durante las primeras horas del evento. La estación en cuestión se encuentra en Los Hornos, próxima a las cabeceras de las subcuencas de los arroyos Pérez y del Regimiento.

Luego de las 20:30 se inició un período de baja intensidad de precipitación. Entre las 22:00 y las 22:30 ocurre el segundo pico de intensidad; en esta oportunidad, las máximas precipitaciones se dieron en el sector sur-sureste de la región. En la siguiente Figura se presenta la distribución temporal de la precipitación en las estaciones indicadas.



Los registros pluviométricos reflejan cuantitativamente lo que pudo observarse en forma directa esa tarde/noche. Como muchos habitantes de la ciudad ante la imposibilidad de poder retornar a sus domicilios, los autores de este informe, fueron testigos de cómo se iban produciendo las variaciones de la precipitación y cómo impactaban en el medio físico.

El evento extraordinario, que produjo acumulados de magnitud en las cuencas de los arroyos del Gato, Maldonado y El Pescado, generó en su lento desplazamiento otras áreas de precipitación.

Hasta las 9:00 del día 2 de abril, el SMN informaba 185 mm en San Fernando, 159 mm en Villa Ortúzar, 116 mm en Ezeiza, 101 mm en Palomar, 89 mm en Morón (mientras en la Plata se registraban 15 mm en la Plata Aero; 21,8 mm en el Observatorio UNLP; y 20,4 mm en Julio Hirschhorn).

A las 9:00 del 3 de abril en La Plata se anotaron acumulados de 181 mm en La Plata Aero, 370,4 mm en Observatorio y 252,6 mm en Julio Hirschhorn.

También se destaca la lluvia de 75 mm en Las Flores Aero y 76 mm en Punta Indio B.N. En Montevideo, con los últimos desplazamientos de la tormenta se registraban 162 mm en Melilla y 128 mm en Prado, ambos ocurridos en la noche del 2 y madrugada del 3 de abril.

#### DISCUSIONES SOBRE EL ESTADO DEL TIEMPO Y LA EVOLUCIÓN DEL PRONÓSTICO

El evento extremo observado se relaciona con una situación generalmente conocida como de baja segregada o un vórtice ciclónico en niveles medios y altos con una importante advección de aire caliente y muy húmedo.

La ciencia meteorológica permite predecir las características de eventos intensos de bajas segregadas que involucren abundantes lluvias en sitios puntuales, pero la mayor dificultad desde el punto de vista del pronóstico reside en poder precisar con detalle su localización.

Se han observado eventos como éste en otras localidades pertenecientes a la misma región hidrometeorológica. El SMN destaca en un reciente informe que la formación de sistemas de bajas segregadas y su persistencia por más de 36 horas se presentan con mayor frecuencia durante el otoño, afectando la zona central de Chile y Argentina, con un promedio de 3 eventos en cada otoño (SMN, 2013). Puntualiza además que las bajas segregadas generalmente están asociadas a la ocurrencia de precipitaciones en la región que afecta, pero que, no obstante ello, su intensidad es variable y puede estar condicionada por factores de menor escala.

#### REGISTROS OBSERVADOS

Como ya se había mencionado, los registros pluviométricos en la zona de La Plata indican hasta las 9:00 de la mañana valores que oscilaron entre los 20 y 23 mm. El evento registrado el día 2 comenzó en la tarde, con lluvias que alcanzaron acumulados de hasta 370,4 mm (estación Observatorio). Algunas estaciones particulares registraron valores superiores a los 300 mm. El valor oficial informado por la estación La Plata Aero fue de 181 mm.

La Tabla adjunta sintetiza el conjunto de información relevante recolectada en diversas estaciones de medición:

| Estación            | Ubicación   |             | Precipitación acumulada (mm) |             | Fuente                   | Observaciones  |
|---------------------|-------------|-------------|------------------------------|-------------|--------------------------|----------------|
|                     | Latitud     | Longitud    | De 0:00 a 24:00              | De tormenta |                          |                |
| LP Aero             | 34° 57' 58" | 57° 53' 46" | 196                          | 181         | SINSUP-87593 SMN         | De 9HOA a 9HOA |
| Julio Hirschhorn    | 34° 59' 04" | 57° 59' 47" | 273                          | 253         | UNLP                     |                |
| Observatorio        | 34° 54' 24" | 57° 55' 57" | 392                          | 370         | UNLP                     |                |
| Part. 18 y 45       | 34° 55' 18" | 57° 57' 59" | 334                          | 310         | Particular               |                |
| Part. 9 y 528       | 34° 57' 58" | 57° 53' 46" | 313                          | 290*        | Particular               | (*) Estimado   |
| Part. 7 y 501       | 34° 52' 31" | 58° 00' 15" | 160                          | 140*        | Particular               | (*) Estimado   |
| Bavio (EA)          | 35° 02' 26" | 57° 45' 10" | 49                           | -           | Escuela Agrotécnica      |                |
| Ranelagh (Aeroclub) | 34° 44' 40" | 58° 12' 22" | 73                           | 57          | Aeroclub Río de la Plata |                |

#### ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN ESPACIO-TEMPORAL.

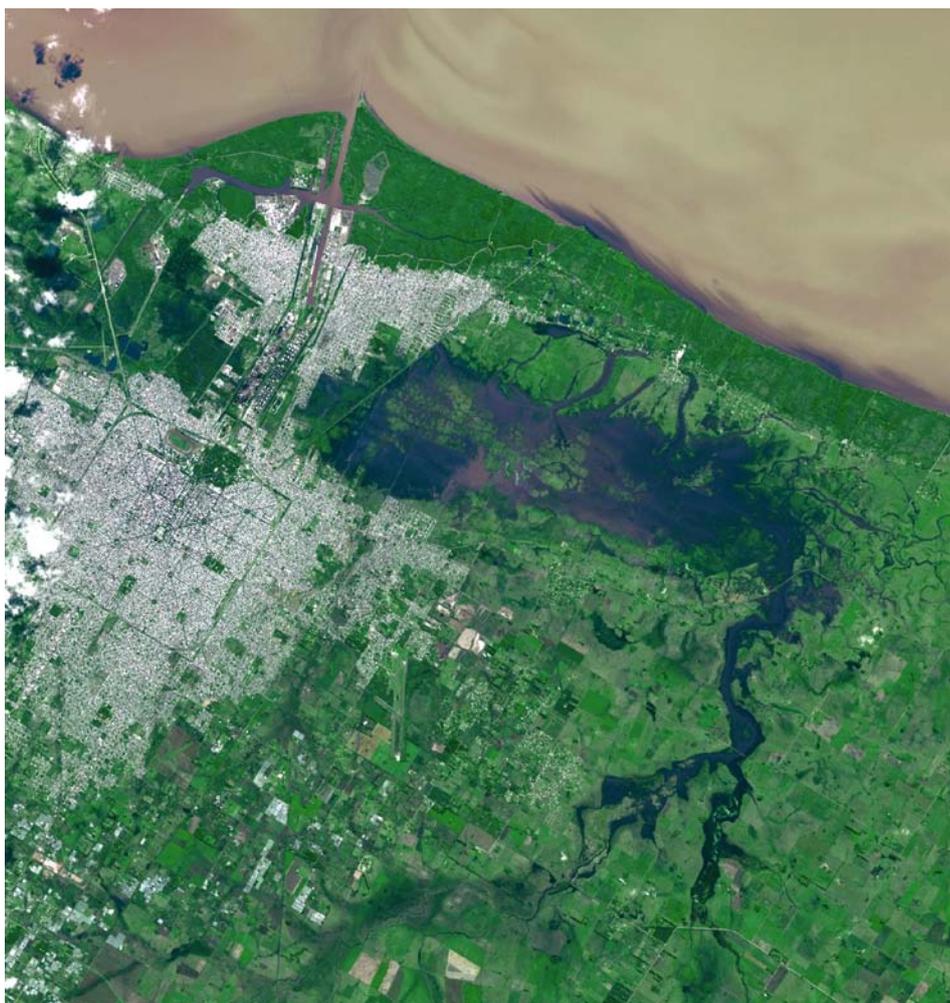
Las lluvias intensas del 2 de abril abarcaron casi la totalidad del área de las subcuencas que desaguan La Plata y alrededores. En particular, las lluvias de las subcuencas de los arroyos Pérez y del Regimiento, quedan completamente caracterizadas por medio de los registros pluviográficos de las estaciones de la UNLP.

El fenómeno se extendió también hacia el sudeste afectando las cuencas del arroyo Maldonado y del Pescado. La imagen de la NASA tomada el 6 de abril da cuenta de la magnitud del fenómeno que afectó a esas cuencas. Para esa fecha los volúmenes de escorrentía habían alcanzado el bañado homónimo.

Por otra parte la información de radar permitió mejorar el conocimiento de la distribución espacial de las lluvias.

Mediante el análisis comparativo de los registros pluviográficos puntuales con la evolución temporal de las señales de reflectividad del radar de Ezeiza surgieron consideraciones de interés desde el punto de vista espacio temporal:

- Se reconocen tanto para la primera lluvia intensa como la segunda, la existencia de ecos de lluvia en La Plata. Más allá de los errores que se cometerían por ser la del radar información indirecta y no de superficie, se estima que, entre las 17:00 y las 18:00, las zonas de mayor reflectividad la constituían el centro de La Plata y la zona del brazo norte del arroyo Maldonado.
- Durante la evolución de la segunda gran celda de tormenta (de 20:00 a 22:00 aproximadamente) aparecen como zonas de mayores señales la ciudad de La Plata y el sector sudeste.



Se infiere, por lo tanto, que existieron zonas de las que si bien no se dispone de datos de superficie se sabe que estuvieron afectadas por lluvias de similar intensidad a las registradas. La mayor deficiencia de información se observa particularmente sobre la cuenca del Maldonado.

En este punto es necesario destacar la mejora tecnológica que representan los sensores remotos. Sin embargo, sigue siendo más valioso disponer una alta densidad de estaciones de medición para poder describir adecuadamente la distribución espacial de este tipo de eventos meteorológicos, especialmente en ambientes urbanos complejos.

A modo de síntesis, al considerar solamente las estaciones con datos pluviográficos consistentes, se observa que en algunos sectores tales como las subcuencas de los arroyos Pérez y del Regimiento los datos son suficientes para describir adecuadamente la distribución espacial de la tormenta.

En otros sectores, por otra parte, fue necesario tener en cuenta valoraciones cualitativas, encontrando información complementaria de la distribución espacial de la precipitación a partir de la observación de las consecuencias de la tormenta en el medio físico.

#### OBSERVACIONES SOBRE LA PROBABILIDAD ASOCIADA DEL EVENTO

Los análisis efectuados permiten señalar que el evento tuvo una distribución espacial tal que concentró una precipitación estadísticamente excepcional sobre la región.

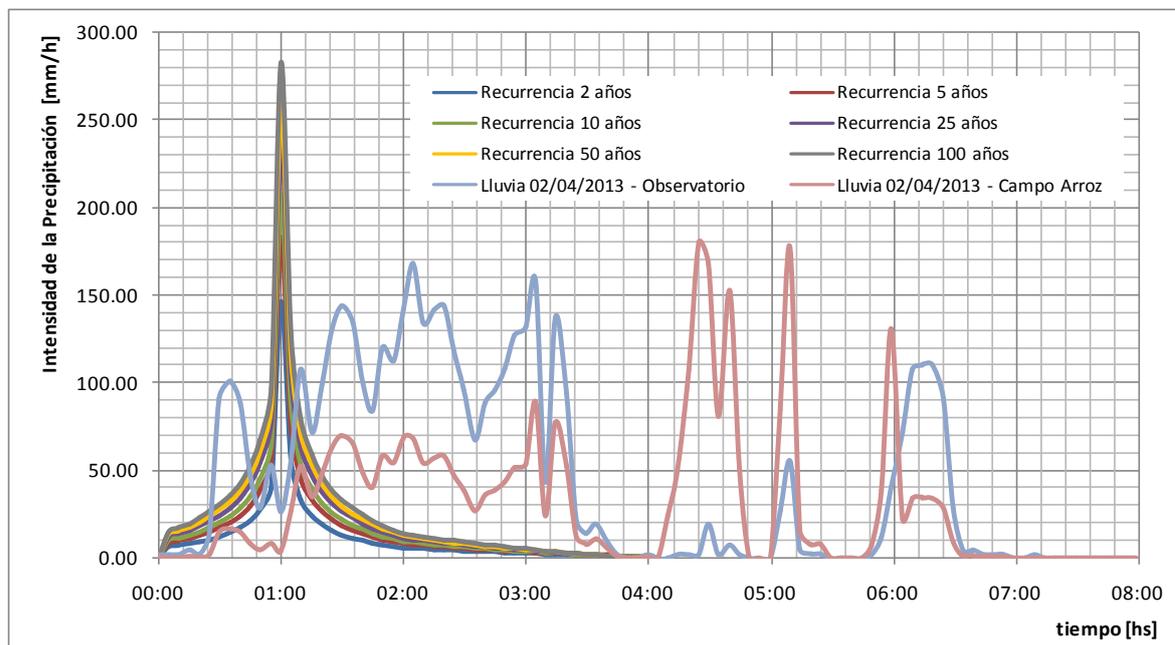
Los análisis puntuales de frecuencia y recurrencia asociada a las intensidades máximas de 1 y 2 horas de duración demuestran que, en el caso de la Estación Observatorio, los valores numéricos obtenidos exceden el rango extrapolable de este tipo de modelos de predicción.

Se infiere de ello lo excepcional del evento para todas las duraciones consideradas, que corresponde a periodos de retorno muy superiores a los que habitualmente se consideran en el proyecto de sistemas de desagües pluviales urbanos.

En un análisis previo, basándose en la influencia areal asignable a las estaciones de la UNLP y el SMN, según surge del criterio de los polígonos de Thiessen, es posible observar que la precipitación registrada en la Estación Observatorio (UNLP), resulta representativa de prácticamente todo el casco urbano de la ciudad, en tanto la estación de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (Campo Arroz) lo es de las nacientes de las subcuencas de los arroyos Regimiento y Pérez.

En relación al presente proyecto, se ha considerado oportuno verificar el sistema con el evento del 2 de abril de 2013. A partir de las mediciones de los pluviógrafos del Observatorio y Campo Arroz, se obtuvo la lluvia real a aplicar en el modelo de simulación, preservando su variabilidad espacio-temporal.

Si bien esta lluvia se desarrolló durante todo el día, y así fue modelada, el período más crítico duro alrededor de 7 hs. Este se representa a continuación junto con las lluvias obtenidas para el proyecto en una escala temporal unificada, a los fines de poder observar su magnitud en relación a las anteriores.



#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Langmann, F.M. et al., (1951) – “*El Régimen de las Lluvias de la Capital Federal*”, Publicación de la Dirección de Hidráulica de la provincia de Buenos Aires.

Barbero, A.J., (1968) – “*Análisis de Precipitaciones Máximas en la Provincia de Buenos Aires*”, Boletín de la Dirección de Hidráulica de la provincia de Buenos Aires, año V Nro 7, La Plata.

Serrano, G., (1997) - “*Estudio de Lluvias de la Capital Federal*”. Apuntes para el Curso Internacional de Hidrología con Énfasis en Aspectos Ambientales. CONAPHI, La Plata.

Romanazzi, P., (2005) - “*Estudios Hidrológicos/Hidráulicos/Ambientales en la Cuenca del Arroyo del Gato, 1º Etapa*”. Laboratorio de Hidrología, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, Acuerdo UNLP – MLP, La Plata, Argentina.

CONAE, 2013, - Imágenes de la ciudad de La Plata (Prov. de Buenos Aires) y alrededores, 5 de abril de 2013, <http://www.conae.gov.ar/prensa/laplata.html>

SMN, 2013b, - “*Características meteorológicas del evento de precipitaciones intensas ocurridas el 2 de abril de 2013*”, 25 de abril de 2013, <http://www.smn.gov.ar>

