



REFUERZO COLECTOR PRINCIPAL CUENCA MATAPERROS

Sonia Pagalday*

IM-SEPS

Ernesto Cedrez

CSI Ingenieros

Santiago Urrestarazu

CSI Ingenieros

TEMA: Tema 4



Email: sonia.pagalday@imm.gub.uy

RESUMEN

Se presenta en este trabajo la solución de refuerzo de colector principal en una red unitaria de un barrio histórico de Montevideo (Paso Molino), donde el conducto nuevo opera desviando los excedentes de pluviales de la cuenca alta en forma bastante independiente del colector existente, el resultado es una instalación novedosa en su forma de operar y desafiante en su ejecución.

En el Plan Director de Saneamiento y Drenaje Urbano de Montevideo (PDSDUM) las inundaciones en la zona del antiguo Arroyo Mataperros habían sido identificadas como prioritarias de atender, integrando el paquete de perfiles de mitigación de riesgo hídrico. La solución consistía en un refuerzo del entubamiento principal de la parte baja de la cuenca hasta su descarga en el Arroyo Miguelete, donde gran parte de la traza se ubicaba parcialmente en la faja de la vía férrea.

Las obras llevadas a cabo por el gobierno, denominadas "Ferrocarril Central", precipitaron la decisión de ejecutar esta obra.

Se desarrolló un proyecto ejecutivo que tuvo en cuenta este contexto. Se resumen a continuación las condiciones extraordinarias que pautaron el diseño de las obras:

- En términos relativos el conducto de refuerzo se implanta con una altimetría elevada con respecto al nivel del conducto existente y, en algunos tramos con respecto al nivel del terreno natural inclusive.
- El nuevo colector principal operará solamente en condiciones de lluvia mientras que el principal existente recibirá todo el caudal de tiempo seco y en los eventos lluviosos se optimiza su capacidad sin comprometer el servicio a los vecinos de las zonas bajas, hoy inundables.

Este colector de refuerzo opera similar a un emisario, donde los caudales pluviales generados en las partes más altas de la cuenca se desvían al nuevo colector y se conducen al punto de descarga en el Arroyo Miguelete en forma independiente, dejando al colector aliviadero existente trabajar solamente para la cuenca baja.

Palabras Clave: Análisis, Inundación, Modelación, Precipitación, Refuerzo.

INTRODUCCIÓN

El trabajo que se presenta refiere a una problemática de inundaciones en un barrio céntrico de la ciudad de Montevideo que sucede hace más de 50 años. Se trata de una porción del Prado Norte-Paso Molino, zona con más de 100 años de historia de carácter urbano.

Las inundaciones suceden próximas a la vía férrea, entre Avenida Agraciada y Carlos María de Pena, a escasos metros del Arroyo Miguelete, en zonas por donde hace 100 años corría una cañada denominada Mataperros, afluente del Arroyo Miguelete y descargaba en él desde su margen derecha a la altura de la

Avenida Agraciada. Tiene una superficie de 350 hectáreas, cuyos límites aproximados son: Avenida Agraciada por el sur, Avenida Eugenio Garzón por el oeste, Camino Ariel por el norte y Molinos de Raffo por el Este.

Las características de las inundaciones en este lugar la posicionan como altamente graves ya que suceden promedialmente dos a tres veces por año, provocadas por eventos lluviosos que, en los casos más extremos, el agua de inundación supera el metro de altura.

Por tratarse de una zona que cuenta con servicio de saneamiento de característica unitario, las aguas de inundación representan un alto riesgo para la salud de los afectados.

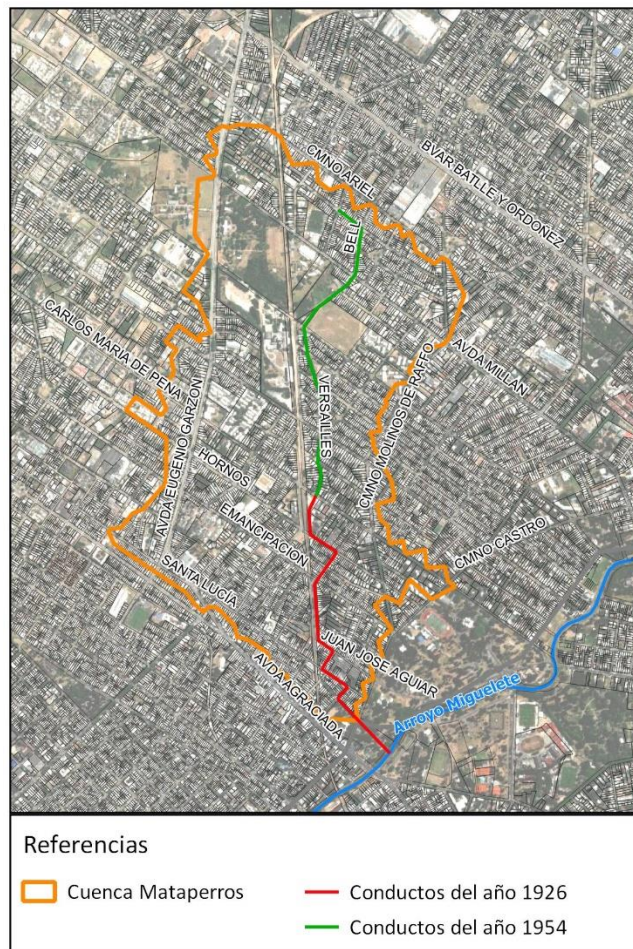
La lista de riesgos se extiende ya que se suma el de la corriente eléctrica que fácilmente puede ser alcanzada por el agua.

Otro problema consecuencia de estas inundaciones es el gravísimo daño material que sufren quienes habitan las zonas inundadas: donde se producen pérdidas totales de mobiliario, electrodomésticos, afectación a estructuras de construcciones, etc.

Además, la situación post inundación es desafiante y compleja para los vecinos que tienen que limpiar rápidamente el "lodo" que se esparce por todas partes y que debe ser retirado antes de que se seque porque se transforma en un polvillo muy liviano, difícil de controlar.

Todo ello sin mencionar el efecto en la salud mental de quienes viven temerosos de cómo les va a ir con cualquier lluvia que esté por venir.

Figura 0-1 Conducto principal existente





DIAGNOSTICO y consecuencias

Las causas de esta problemática están perfectamente identificadas y si bien son múltiples, existe un factor que destaca por la contundencia: el colector principal del sistema tiene una sección en su tramo aguas abajo de Carlos María de Pena, con una sección del orden de la mitad de la sección de aguas arriba. A eso se le agrega que la sección de aguas arriba verifica funcionamiento apropiado para las condiciones de diseño que se utilizan actualmente (en los años 70 se referían al caso como una solución por “colector doblado”).

A continuación, se citan los principales acontecimientos que se vinculan con el problema presentado:

- En el año 1926 finalizaban las primeras obras que dotaban del servicio de saneamiento a parte del barrio (Saneamiento de la cuenca del A° Miguelete. 1° Sección Paso del Molino).
- Luego se completó esta fase con la denominada 4° Sección Paso del Molino (1933). Es así que se completan las redes hasta Carlos María de Pena desde el Arroyo Miguelete. Con esta obra se estaba entubando el tramo de aguas debajo de la cañada Mata Perros (así era nombrada en aquella época).
- En el año 1936 culminaron los estudios realizados por el Ing. Adam Gianoni, donde se analizaron en forma estadísticas las lluvias locales y se comenzó a aplicar el método racional.
- En 1954 se procede a completar con redes la totalidad de la cuenca de Mataperros (12° Sección Paso del Molino).

Con la obra de saneamiento culminada en los años 60, se dio un radical cambio en el funcionamiento hidráulico debido al entubamiento de la cuenca alta. Además, se avanzaba en la pavimentación y ocupación de la zona, provocando un significativo aumento de las áreas impermeables. Consecuentemente comenzaron a llegar las primeras denuncias por inundaciones que algunos vecinos lo asociaban a la construcción del Viaducto de Agraciada (1965) por la coincidencia de la fecha de ejecución.

Existen otras causas que agravan la situación, a saber:

- En términos generales las pendientes del terreno hacia la línea de puntos bajos (antigua cañada) son muy grandes. Ello repercute en los tiempos de concentración y consecuentemente en los caudales y volúmenes de agua que se concentran en la superficie y en las conducciones principales.
- Otro elemento que incide en la gravedad y la dificultad para solucionar este gravísimo problema de inundaciones es la forma que se fraccionó la cuenca baja, interrumpiendo a la línea de puntos bajos con manzanas, donde los propietarios de los padrones intervienen y se generan puntos bajos absolutos en el pavimento. Ese error no se repitió en la cuenca alta ya que la antigua cañada coincide con las calles Versalles y Bell.
- Siguiendo con efectos del fraccionamiento está el hecho de haber definido numerosas fajas públicas muy estrechas (10 metros). Consecuentemente por un lado la capacidad de almacenamiento en superficie de faja pública es mucho menor que una calle de anchos típicos (17 metros) y por otro la limitante que significa al momento de desarrollar soluciones alternativas de refuerzo de conducciones.

ANTECEDENTES

Los vecinos afectados se han manifestado de numerosas formas:

- mediante denuncias hechas a la Intendencia de Montevideo incorporando relatos, fotos, videos; de diferentes eventos y sus consecuencias.
- A través de generación de numerosas reuniones entre grupos organizados y las máximas autoridades de los sucesivos gobiernos departamentales.
- Mediante la realización de demandas judiciales cada vez que un evento de lluvias tiene consecuencias, donde la IM se ve obligada a costear las indemnizaciones correspondientes



Las acciones por parte de la intendencia han sido numerosas pero insuficientes. A continuación, se enumerará las que se consideran más importantes:

- Tres proyectos de refuerzo del colector principal emplazados en la faja ferroviaria, desarrollados en los años 1988, 1992 y 2002; que tenían en común:
 - Expropiación de algunos predios linderos a la faja de la vía
 - Refuerzo que operaría como un conducto unitario
 - Ubicación altimétrica similar a la del conducto principal existente lo que implicaba un gran volumen de remoción de roca
 - Refuerzo de grandes dimensiones (circular de diámetro 2600 en hormigón armado en los proyectos de 1988 y 1992, rectangular de 2,80 X 3,30 metros en el proyecto de 2002)
- Plan Director de Saneamiento de Montevideo finalizado en 1996 (Consortio SOGREAH, SEURECA, GKW y CSI), donde se identifica este problema de inundación.
- Plan Director de Saneamiento y Drenaje de Montevideo (PDSDUM) finalizado en el año 2019 (Consortio ARTELIA, HALCROW, RHAMA y CSI), cuyo aporte a este tema fue muy significativo ya que, al haber desarrollado un modelo hidrodinámico para la ciudad de Montevideo con características sin precedentes (modelo Integrado que representa la hidrología, el escurrimiento superficial por calles y el funcionamiento de las redes de saneamiento y drenaje) se pudo avanzar en los diagnósticos de esta clase de problemas. Dentro de los más de 70 perfiles de obras prioritarias definidos en el plan, "Mitigación de Riesgo Hídrico en Mataperros" fue el correspondiente a esta zona.
- En el año 2019 se desarrolla el Proyecto Ejecutivo de lo que se denominó Mataperros – Refuerzo del colector principal.

A estas acciones se suman numerosas inspecciones al lugar para responder denuncias, inspecciones dentro del colector principal (donde se determinó que se encuentra en muy buen estado), tareas de desobstrucciones, ejecución de bocas de tormenta.

REMODELACIÓN DEL TREN ACELERA LA TOMA DE DECISIONES

El Proyecto "Ferrocarril Central" que impulsa el Gobierno desde el año 2017, es una obra de infraestructura relevante para el sistema multimodal de transporte y la más importante del modo ferroviario de los últimos años, que estará operativa en el año 2023.

Constituye la construcción y mantenimiento de 273 km de vías férreas entre el Puerto de Montevideo y la ciudad de Paso de los Toros, llevándolas a estándar superior que permitirá la circulación de trenes de carga a 80 kilómetros por hora y 22,5 toneladas por eje.

De los 17 km que se remodelan dentro de Montevideo, 3 km están dentro de la cuenca Mataperros.

En el marco de la modernización de las vías está la incorporación de un moderno y eficiente sistema de drenaje, consecuentemente la red de drenaje de Montevideo recibirá nuevos aportes de pluviales concentrados en unos treinta puntos de la ciudad. Específicamente la red unitaria de Mataperros estará recibiendo un caudal superior a los 3 m³/s (lo que representa un 7 % del caudal acumulado en toda la cuenca para una lluvia de 10 años de TR).

Entonces se presentan dos problemas a resolver si no se hace el colector de refuerzo de Mataperros: se pierde para siempre la posibilidad de ejecutarlo próximo a la faja ferroviaria y el drenaje del tren en este tramo no tendrá donde disponer los vertimientos pluviales captados en su red en forma cercana y económica.

Se resuelve incorporar esta obra en el marco de las obras del tren. A la fecha la obra se encuentra en ejecución.

CARACTERÍSTICAS DE LAS INUNDACIONES en números

Esta cuenca, cuenta con servicio de saneamiento mediante una red unitaria, la cual se conecta al interceptor Miguelete margen derecha en la esquina de las calles Felipe Caballero y Camino Castro. En este punto existe un vertedero que permite el alivio hacia el arroyo Miguelete del caudal que excede la capacidad de conducción del interceptor.



A modo de caracterizar las inundaciones en la cuenca se presentan algunos datos obtenidos del modelo hidrodinámico en la esquina de las calles Esmeralda y Aguiar (punto donde se dan las afectaciones más importantes en la cuenca), para tormentas de 2 y 10 años de periodo de retorno.

Nivel de agua alcanzado sobre superficie:

Tr 2 años: 47 cm

Tr 10 años: 59 cm

Tiempo de permanencia con nivel de agua mayor a 20 cm

Tr 2 años: 59 min

Tr 10 años: 94 min

Velocidad máxima alcanzada en calzada:

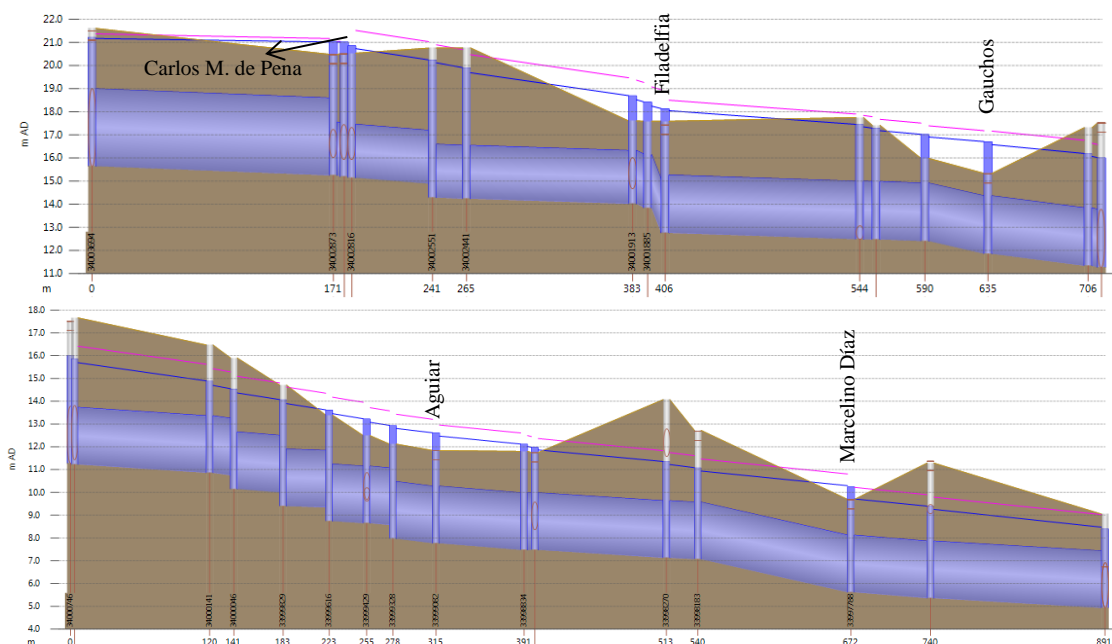
Tr 2 años: 0.8 m/s

Tr 10 años: 0.9 m/s

Además de las modelaciones realizadas se cuenta con un amplio registro de denuncias realizadas por los vecinos, lo que permite concluir que la frecuencia de inundaciones en la zona es de 2 veces por año en promedio. Las zonas con afectaciones más importantes son las inmediaciones a la intersección de Esmeralda y Gauchos, y la intersección de Esmeralda y Aguiar.

En la siguiente imagen se observa como la piezométrica supera ampliamente la cota del terreno en los puntos donde la traza del colector principal coincide con la antigua traza de la cañada. Esta modelación responde a la situación actual para una lluvia de 10 años de período de retorno y con la hipótesis de máxima eficiencia en captaciones.

Figura 0-2 Perfil piezométrico Tr 10 años – 1 hora _ Colector existente





CARACTERÍSTICAS DE LA SOLUCIÓN ELEGIDA

Se estudiaron numerosas alternativas para atender el elevado déficit del sistema comparando soluciones de refuerzo con incorporación de laminaciones o utilización de tecnología pipe jacking, etc.

Para comparar criteriosamente las opciones se tuvo que hacer un estudio geotécnico ya que la remoción de roca incide fuertemente en los costos y en los procedimientos constructivos.

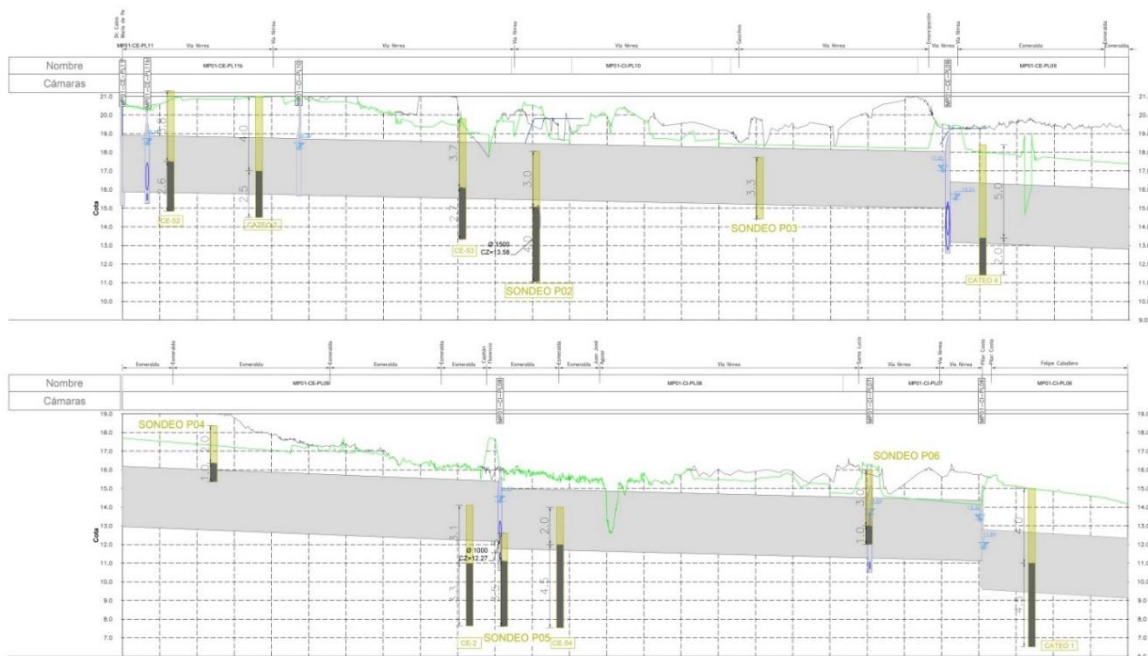
También se analizó en profundidad las implicancias económicas, sociales y de tiempos para proceder en lo que refiere a expropiaciones.

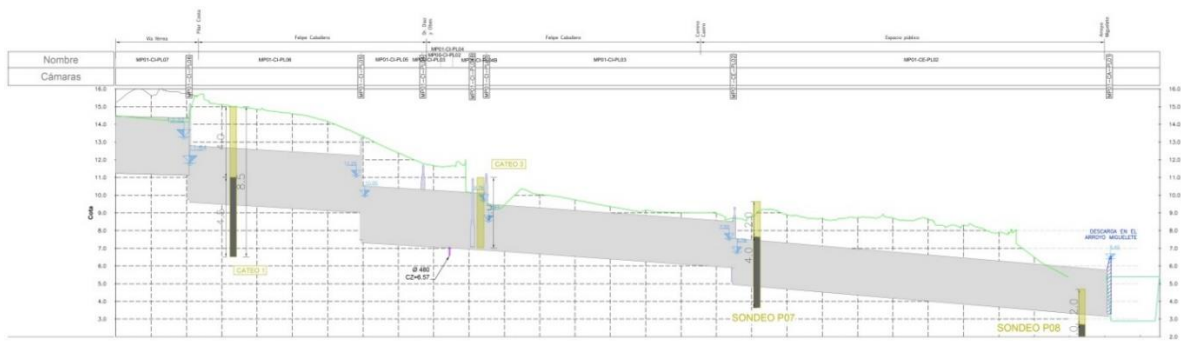
Finalmente se opta por una solución de refuerzo al borde de la vía (lo que implicó una necesaria coordinación con el MTOP y el consorcio para realizar los procedimientos de expropiación que atiendan a ambas obras simultáneamente).

Para minimizar la excavación en roca se incorpora al estudio una solución donde el colector de refuerzo se ubica altimétricamente bastante por encima del existente (eso es posible por ubicarlo al pie del talud de la vía de tren) lo que implica un funcionamiento hidráulico poco común (por lo menos diferente a lo proyectado convencionalmente) ya que el colector nuevo oficia de emisario de las cuencas altas al norte y al oeste, mediante un complejo estudio de aportes (maximizando la capacidad del principal existente) y resolviendo las interferencias entre la red existente y el refuerzo proyectado. En los distintos puntos de interconexión con la red existente, se permite el pasaje del caudal de tiempo seco hacia el antiguo conducto principal derivando el caudal de lluvia por el refuerzo, lo que permite que este último no se interconecte al interceptor costero Miguelete, descargando directamente al arroyo Miguelete

El nuevo conducto fue diseñado para atender una tormenta con un periodo de recurrencia de 10 años y 1 hora de duración, en forma consistente con lo definido para las obras de mitigación de riesgo hídrico del Plan Director.

Figura 0-3 Perfil del conducto proyectado





Las dimensiones de este refuerzo son las siguientes:

- $\varnothing 2800\text{mm}$ desde Carlos María de Peña hasta Emancipación
- $\varnothing 3000\text{mm}$ desde Emancipación hasta Pilar Costa
- Rec $2600\text{mm} \times 2600\text{mm}$ desde Pilar Costa hasta Marcelino Díaz
- Rec $2000\text{mm} \times 3500\text{mm}$ desde Marcelino Díaz hasta la descarga en el Arroyo Miguelete

Para la materialización estructural del conducto se optó por una solución de material flexible (HDPE por sobre un conducto de hormigón), principalmente atendiendo a aspectos logísticos y programáticos asociados con la coyuntura dada por la presencia del Consorcio a cargo de la obra del ferrocarril que será quién ejecute la obra de refuerzo en el tramo dentro de la faja ferroviaria.

En lo que refiere a procedimientos constructivos:

- uno de los principales condicionantes viene dado por las restricciones de espacio entre el eje de la obra ferroviaria y el límite predial por lo que en forma previa a la ejecución de la obra debieron ser expropiados los predios oportunamente identificados a nivel de anteproyecto. Aun así, la disponibilidad de espacio es limitada e impone restricciones para la logística de excavación, entibamiento y montaje del conducto.
- el desarrollo de la obra debe acompañar la construcción de la obra del tren; este aspecto fue tenido en cuenta a la hora de la selección del material y el método de entibamiento a utilizar.
- en parte del trayecto dentro de la faja ferroviaria, el conducto corta el talud del ferrocarril emergiendo parcialmente por sobre el nivel del terreno, por lo que fue necesario implementar un cierre lateral a modo de muro de contención o relleno rígido.

En la imagen siguiente se aprecia cómo se posiciona un colector con respecto al otro, donde la vinculación entre ambos debe ser tal que la piezométrica del existente se mantenga a un nivel que entregue un servicio adecuado a la cuenca baja mientras que el refuerzo se encarga de transportar los vertimientos captados por la cuenca alta.

Figura 4 - Sección perpendicular a la vía entra las calles Aguiar y Capitán Florencio



Los principales puntos de derivación de caudal hacia el refuerzo, son la cámara de Carlos María de Pena y la cámara de Emancipación. Es por esto que en ambos puntos se prevé la instalación de compuertas que permitan regular el funcionamiento del sistema.

Figura 5 Esquema de funcionamiento en cámara Carlos María de Pena

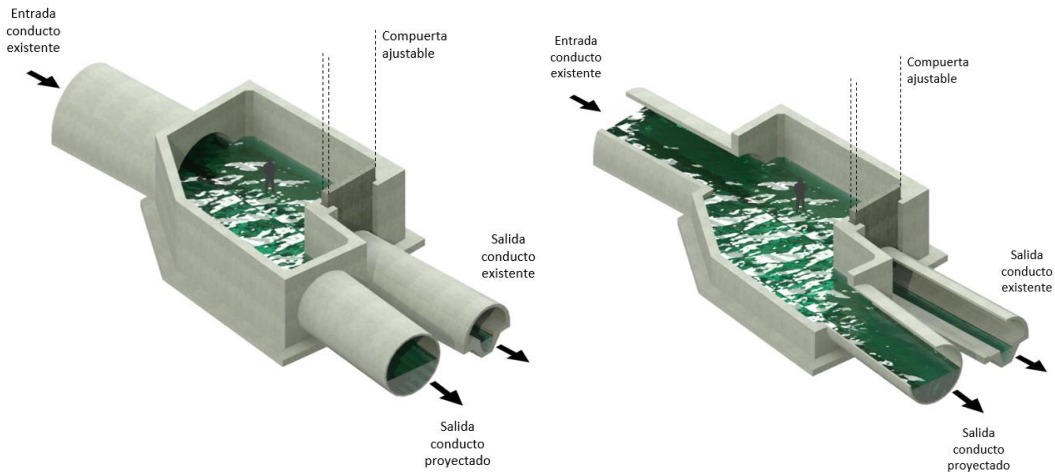
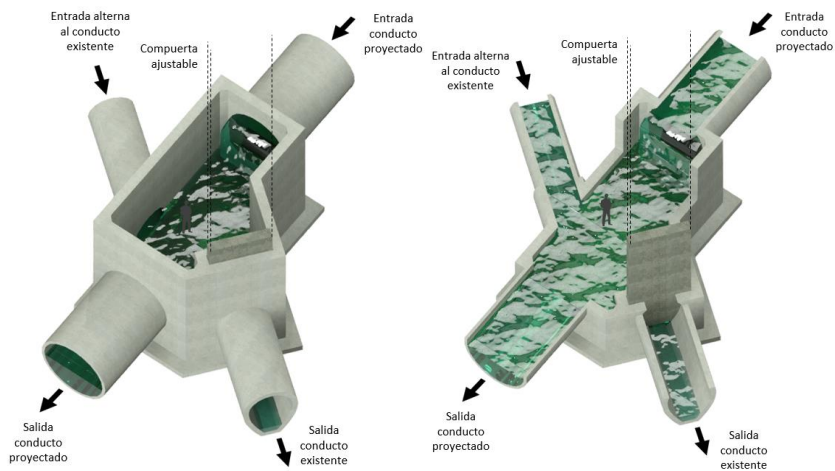


Figura 6 Esquema de funcionamiento en cámara Emancipación



Finalmente se completa la obra incorporando nuevas captaciones y medidores de nivel que integraran la red de mediciones que está desarrollando la Intendencia para saneamiento dentro de un plan de monitoreo acorde con los lineamientos propuestos por el PDSUM y por las líneas estratégicas que lleva a cabo la administración. La finalidad es calibrar los modelos y operar más eficientemente la red.

Para el caso de Mataperros se podrán incorporar en el futuro compuertas mecánicas operadas en forma centralizada lo que aumentará el rendimiento de las infraestructuras al incorporar objetivos ambientales tales como reducir a lo imprescindible los vertimientos de sistemas unitarios a cursos urbanos. Se prevé la instalación de 3 sensores de nivel, uno en la cámara de Carlos María de Pena y otros 2 a lo largo del conducto existente.