



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE

FACULTAD DE INGENIERÍA



TRABAJO FINAL

**“Optimización del sistema pluvial con
métodos no destructivos e implementación de un sistema
de captación de agua de lluvia - campus UNNE- Resistencia”**

ALUMNOS:

Larroza, Mariana Belén

Martínez Quiñones, María Alejandra

Quenardelle, Sergio Agustín

2024



Facultad de Ingeniería

Título:

“Optimización del sistema pluvial con métodos no destructivos e implementación de un sistema de captación de agua de lluvia - campus UNNE- Resistencia”

Autores:

Larroza, Mariana B.

Martínez Quiñones, María A.

Quenardelle, Sergio A.

Tutor:

Dr. Pilar, Jorge V.

Email: jvpilar@gmail.com

Asesores:

Ing. Gutierrez, Matias.

Email: matiasgutierrez17435@gmail.com

Ing. Mendez, Guillermo.

Email: guillemendez79@gmail.com

**Resistencia – Chaco – Argentina
Marzo 2024**

ÍNDICE

CAPÍTULO I: GENERALIDADES	5
1.1. Introducción	5
1.2. Fundamentos	5
1.3. Objetivos.....	8
1.4 Alcance	9
1.5. Ubicación	10
1.6. Características del terreno y disposición del sistema de desagüe pluvial.....	12
CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS	16
2.1. Método tradicional de reparación de tuberías (con zanja).....	16
2.1.1. Descripción y características	16
2.1.2. Ventajas del método tradicional	17
2.1.3. Características de los trabajos tradicionales.....	18
2.1.4. Costos socioeconómicos	19
2.2. Método de reparación de tuberías sin zanja (métodos no destructivos)	20
2.2.1. Reparación de tuberías sin zanja mediante manga con curado UV.....	36
2.3. Sistema de captación de aguas de lluvias.....	41
2.3.1. Importancia de la reutilización del agua	41
2.3.2. Características del sistema de captación	41
2.3.3. Componentes del sistema.....	43
2.3.4. Capacidad de Inversión	45
2.3.5. Beneficios	45
CAPÍTULO III: Diagnóstico de la situación actual del Sistema de Desagües Pluviales del Campus UNNE Sede Resistencia	47
3.1. Recopilación de datos	47
3.1.1. Fuentes de información	47
3.1.2. Estudios Básicos	47
3.2. Estudio de la capacidad actual de los desagües pluviales	55
3.2.1. Hidrología.....	57
3.2.2. Hidráulica	76
CAPÍTULO IV: Soluciones técnicas.....	84
4.1. Readecuación del sistema de desagües pluviales del campus UNNE sede Resistencia con zanja (método tradicional).....	84
4.2. Rehabilitación del Sistema de Desagües Pluviales del Campus UNNE - Sede Resistencia sin zanja (método no destructivo)	89
4.2.1. Estudio de la capacidad del sistema propuesto.....	94
4.2.1.1. Hidrología	94
4.2.1.2. Hidráulica.....	104

4.2.1.3. Diseño y dimensionamiento del reservorio.....	110
<i>CAPÍTULO V: Cómputo y presupuesto de las alternativas a aplicar en el sistema de desagües pluviales del campus UNNE sede Resistencia</i>	<i>128</i>
5.1. Cómputo y presupuesto por el método tradicional	128
5.2. Cómputo y presupuesto por el método sin zanja	129
<i>CAPÍTULO VI: FACTIBILIDAD DE LA APLICACIÓN DE REPARACIONES SIN ZANJA</i>	<i>136</i>
6.1. Análisis del método tradicional	136
6.2. Análisis del método sin zanja	141
<i>CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</i>	<i>148</i>
<i>CAPÍTULO VIII: BIBLIOGRAFÍA</i>	<i>152</i>

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. Introducción

Este trabajo tiene alcance de anteproyecto y consiste en la rehabilitación del sistema pluvial existente del campus de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) ubicado en Avenida Las Heras 727, Resistencia, Chaco. La misma se estudiará a partir de métodos no destructivos con la implementación de tecnologías Forever Pipe y paralelamente se llevará a cabo una comparación detallada entre este método innovador versus la construcción convencional con el objetivo de evaluar sus ventajas y desventajas en el contexto específico de este proyecto.

Adicionalmente, se propone reutilizar el agua de lluvia a partir de la planificación y el cálculo de un sistema de recolección con el propósito de almacenar este recurso para su posterior aprovechamiento, incluyendo la implementación de una fuente, la cual se podría convertir en un emblema de la Facultad al modificar la fachada de manera visualmente atractiva.

Este enfoque demuestra el compromiso con prácticas sostenibles y ecológicas en cada fase del proyecto, respaldando así la dedicación a la preservación del medio ambiente y la eficiencia de recursos en la institución.

Esta iniciativa podría contribuir a la disminución de la escorrentía superficial, así como también a la retención de las partículas sólidas que son arrastradas por las aguas pluviales y, en consecuencia, aliviaría la carga del sistema de drenaje existente y reduciría el consumo energético asociado a la gestión del agua en el Campus.

1.2. Fundamentos

El sistema de gestión pluvial actual en el campus de la UNNE muestra un estado avanzado de deterioro debido a múltiples factores, entre los cuales se destacan la falta de mantenimiento (Imágenes 1 y 3), la presencia de fisuras en componentes críticos del sistema (Imagen 2), errores en el diseño (Imagen 3) y la insuficiente capacidad de captación del agua de lluvia (Imagen 4).

El mismo conduce a una evacuación deficiente de los excesos de aguas superficiales, generando áreas inundadas que afectan negativamente tanto la movilidad peatonal como la circulación vehicular en el campus (Imagen 5).



Imagen 1. Conductos obstruidos debido a la falta de limpieza de los mismos (Fuente: Fotografía propia, 2023).



Imagen 2. Conductos fisurados (Fuente: Fotografía propia, 2023).



Imagen 3. Falta de mantenimiento y obstrucción por caño de agua potable en la salida del sistema pluvial por Av. Las Heras (Fuente: Fotografía propia, 2023).



Imagen 4. Zonas anegadas provocadas por la insuficiencia en el sistema pluvial. Lluvia del 10 de mayo de 2019 (Fuente: Departamento de Hidráulica FI-UNNE).



Imagen 5. Dificultad en la circulación vehicular provocada por las inundaciones del campus. Lluvia de 10 de mayo de 2019 (Fuente: Departamento de Hidráulica FI-UNNE).

El anteproyecto se enfocará en la investigación de ambas problemáticas, con el propósito de identificar la solución óptima desde las perspectivas técnica y económica, al mismo tiempo que se prioriza la reducción del impacto ambiental. Este proceso implica un análisis minucioso de alternativas que incluirá la evaluación de tecnologías innovadoras, la optimización de recursos y la consideración de prácticas sostenibles.

En función de las estadísticas proporcionadas por la página oficial de la UNNE, el campus Sede Resistencia cuenta con aproximadamente 21.500 estudiantes inscriptos, 1.540 docentes y 380 no docentes lo que supone un estimativo de 23.400 usuarios, demostrando así la importancia social que conlleva el anteproyecto.

1.3. Objetivos

- Mejorar la eficiencia del sistema de drenaje pluvial del Campus UNNE - Resistencia para mitigar los recurrentes problemas de inundaciones mediante la aplicación de tecnologías de rehabilitación de tuberías que eviten la necesidad de excavaciones.
- Contribuir a la disminución del flujo de agua que ingresa a los sumideros al implementar un sistema de recolección y aprovechamiento del agua de lluvia, con el fin de mejorar la eficacia del sistema de drenaje pluvial.
- Desarrollar un modelo de gestión sostenible del agua que pueda servir como referencia para otras instituciones educativas o construcciones en funcionamiento similares, demostrando que la rehabilitación de cañerías y la recolección de agua de lluvia pueden integrarse de manera efectiva en dichos entornos, como así también incentivar a la población a la implementación de sistemas sustentables que permitan aprovechar los recursos naturales y a su vez generar indirectamente una mejora en el funcionamiento de los sistemas pluviales.

- Realizar una comparación del sistema sin zanja con el de construcción convencional, abordando principalmente aspectos socioeconómicos. A través de este análisis, se busca respaldar de manera sólida los beneficios que surgen al emplear las tecnologías innovadoras asociadas a soluciones sin zanja.

1.4 Alcance

El trabajo actual se enfocará en determinar la factibilidad de aplicar tecnologías para reparación de tuberías con métodos no destructivos. Para ello, se llevará a cabo una inspección de las cañerías del sistema pluvial en el campus para determinar su estado actual, identificando las zonas que requieran de rehabilitación y/o readecuación.

Por otro lado, se obtendrá información de una empresa especialista en reparaciones de tuberías sin zanja, considerando su capacidad y trayectoria en la implementación de dichos métodos, como lo es la empresa Forever Pipe.

También se llevará a cabo un análisis comparativo con el método convencional de construcción, actualmente en uso, aprovechando los datos recopilados de un estudio final presentado, en 2023, por un grupo de estudiantes de la Facultad de Ingeniería (FI – UNNE) lo cual permitirá una evaluación de los beneficios y desafíos de la solución propuesta en contraposición a las prácticas existentes, contribuyendo a una toma de decisiones fundamentada en la ingeniería y respaldada por evidencia empírica.

1.5. Ubicación

La sede del campus en análisis se encuentra en Resistencia, departamento San Fernando al sureste del Chaco (Figuras 1 y 2). Su dirección legal es la avenida Las Heras 727.

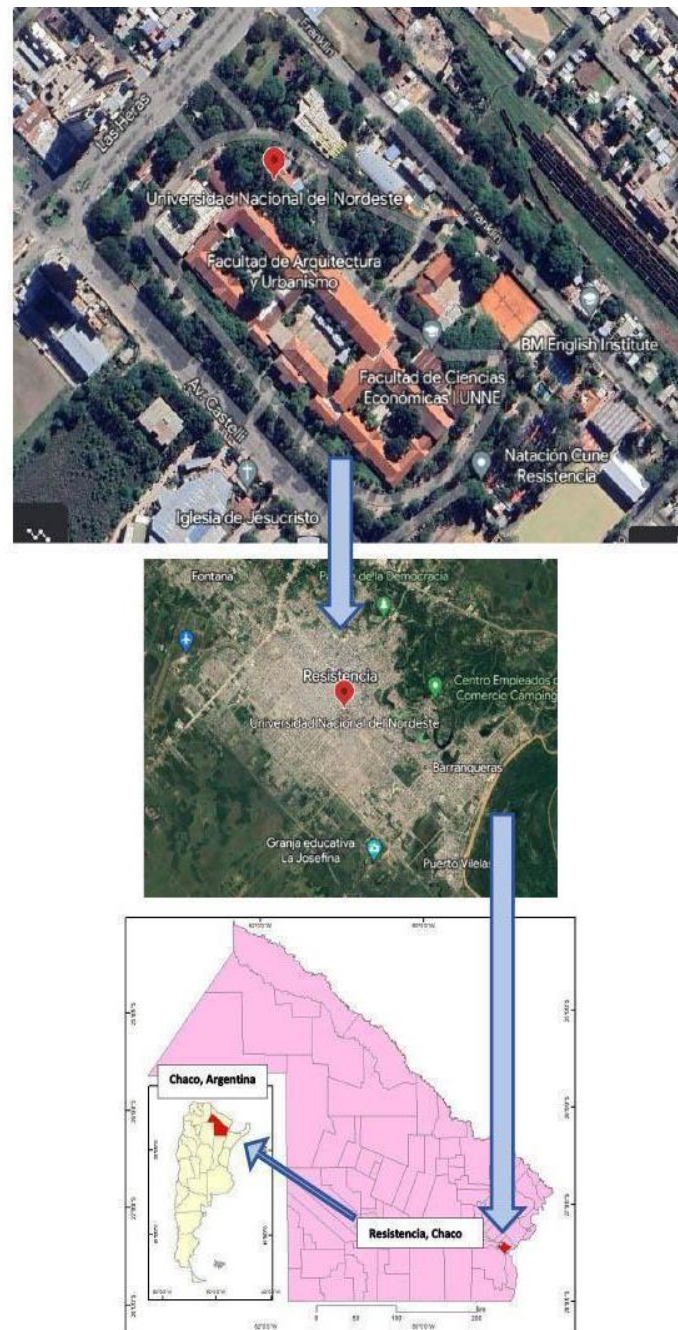


Figura 1. Ubicación geográfica de la Universidad Nacional del Nordeste, Resistencia, Chaco (Fuente: Compilación en base a imágenes de Google Earth Pro y Wikipedia, 2023).

En Resistencia, se encuentra en la zona sudeste y está delimitada por las calles Franklin, Avenida Las Heras, Avenida Castelli y Triunvirato.



Figura 2. Imagen satelital del Campus UNNE (Fuente: Google Earth Pro, 2023).

Este proyecto solo tendrá en cuenta la red de desagüe del propio Campus UNNE – Resistencia sector académico sin considerar el club CUNE debido a que el mismo cuenta con un sistema de drenaje independiente (Figura 3).



Figura 3. Imagen satelital del campus y demarcación de Campus UNNE (en verde) y del club CUNE (en amarillo) (Fuente: Google Earth Pro, 2023).

1.6. Características del terreno y disposición del sistema de desagüe pluvial

El campus de la UNNE, sede Resistencia es una parcela de las siguientes dimensiones (Figuras 4 y 5):

- Ancho= 250,45 m
- Largo= 526,45 m
- Superficie = 13,17 ha

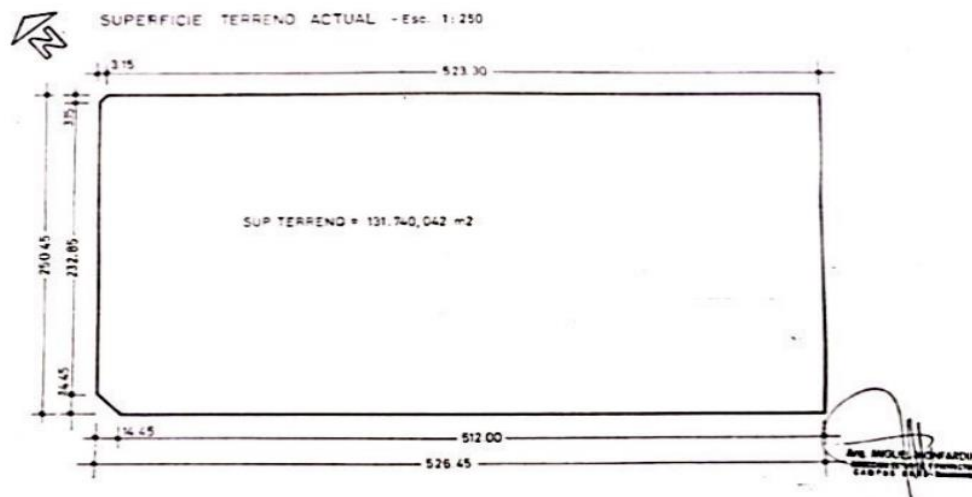


Figura 4. Esquema del Campus UNNE (Fuente: Área de Proyectos UNNE).

En función del área total del campus, se determinó que aproximadamente 9,20 ha (69,87%) pertenece al entorno académico y 3,97 ha (30,13%) al club CUNE.

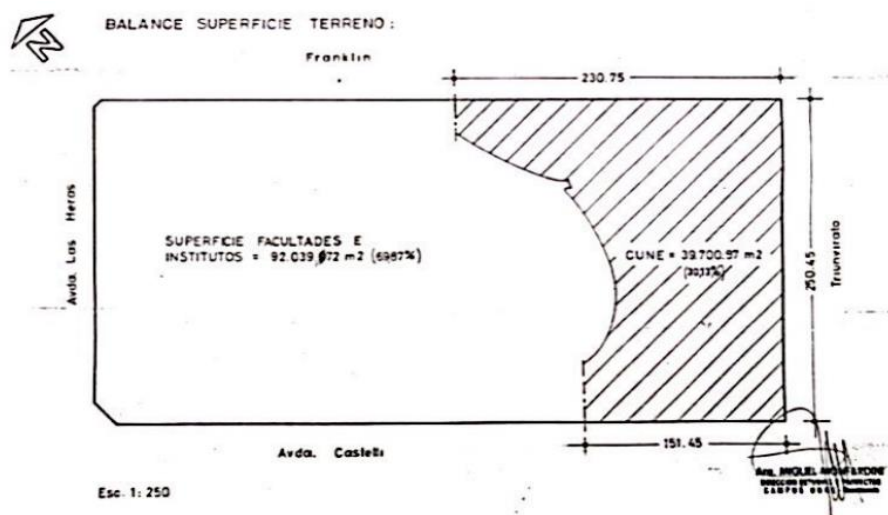


Figura 5. Deslinde Sector académico - Club CUNE (Fuente: Área de Proyectos UNNE).

En el Campus UNNE – Resistencia sector académico existe un sistema de drenaje compuesto por dos conductos principales que se extienden por toda la superficie dentro de los límites de la parcela, dichos conductos son de hormigón.

Al sistema es posible subdividirlo en dos colectores que se desarrollan según:

➤ Colector 1 (Avenida Castelli):

Comienza en las instalaciones del club CUNE junto al cerco perimetral que marca el límite entre el sector académico y el club y desde allí sigue paralelo al cerco hasta llegar al muro que bordea la Avenida Castelli; luego continúa junto a ese muro hasta aproximadamente la esquina de la Avenida Castelli con Las Heras.

En ese punto el colector se extiende hacia la acera y se conecta a un sumidero, como se muestra en el plano de la Figura 6. El área de aporte de este conducto abarca una pequeña zona que incluye el CUNE, la Facultad de Ciencias Económicas, la Facultad de Humanidades, el Aula Magna, la Facultad de Arquitectura, el Instituto Agrotécnico, entre otros.

Este colector se compone de un conducto principal que cuenta con veinte cámaras, dos de las cuales se encuentran dentro del CUNE, mientras que las demás están en el área de la zona académica y además hay quince elementos secundarios que se conectan al conducto principal mediante conexiones.

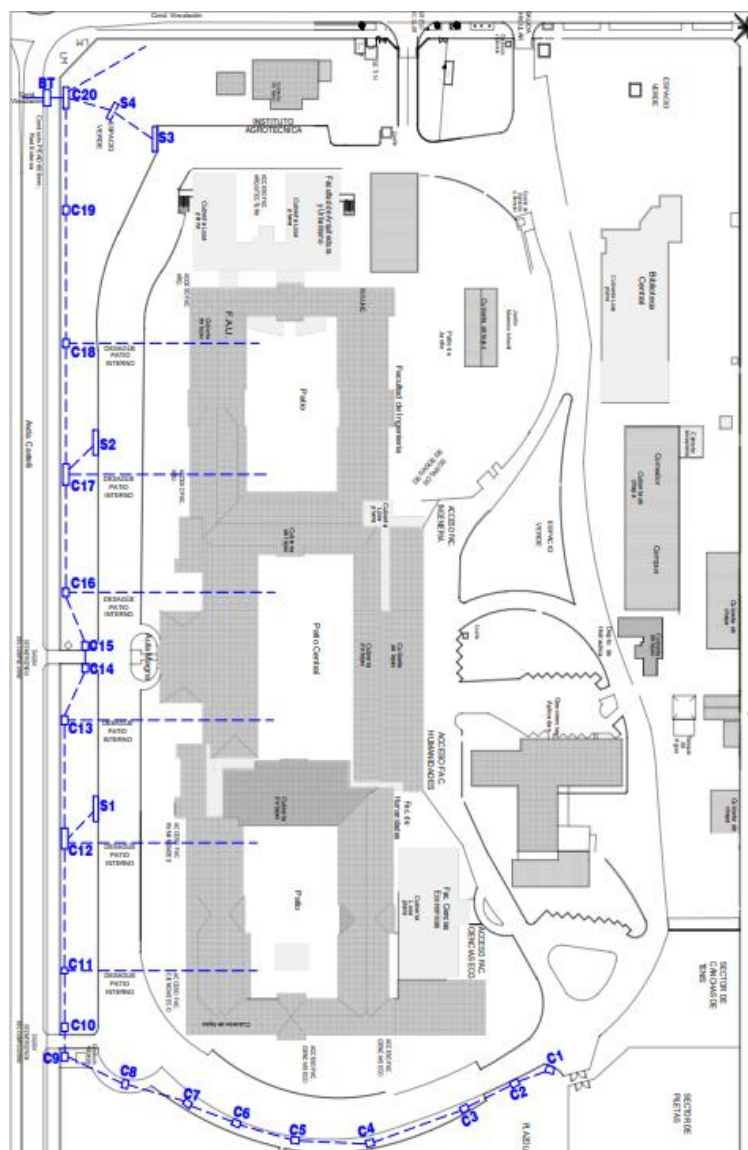


Figura 6. Demarcación del Colector 1 (Fuente: Elaboración propia a partir de planos otorgados por el Departamento de Mantenimiento UNNE, 2023).

➤ Colector 2 (Avenida Las Heras):

El recorrido del colector inicia frente a Ciencias Económicas y las canchas de tenis del Club. Se extiende frente a la Facultad mencionada, el Instituto de Medicina Regional, el CODIUNNE, la playa de estacionamiento y la zona verde frente a la Facultad de Ingeniería.

Prosigue por el patio del Jardín de Infantes y otros puntos, culminando en el portón de ingreso en Av. Las Heras; luego, sigue junto al muro, pasando por detrás del Instituto Agrotécnico hasta un poco más adelante del edificio y en ese punto el colector se conecta con un sumidero en la vereda, como se muestra en el plano de la Figura 7.

La zona de captación de este ramal abarca la Facultad de Ciencias Económicas, el Instituto de Medicina Regional, la Facultad de Humanidades, Geociencias Aplicadas, la Biblioteca, el Comedor, el Jardín de Infantes y la Facultad de Ingeniería, entre otros y consta de un ramal principal que alberga veintiuna cámaras ubicadas dentro del predio del sector académico; además cuenta con catorce elementos secundarios que se conectan al principal mediante conductos de conexión.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Método tradicional de reparación de tuberías (con zanja)

En primer lugar, una zanja es una excavación estrecha y larga que se ejecuta en una extensión de tierra con el fin de remover la misma, así como también cualquier tipo de material que se localice en la zona a excavar.

Para llevar a cabo la excavación de zanjas, se debe comprobar con los planos del lugar las conexiones existentes de otras instituciones para así evitar daños a redes de otros servicios de la comunidad, los cuales pueden resultar mortales como el caso de líneas de energía eléctrica u otros muy costosos como el caso de líneas de fibra óptica de las empresas de telecomunicación.

2.1.1. Descripción y características

Actualmente, la técnica de apertura de zanjas es el procedimiento más usado para sustituir cañerías y en términos generales consiste en excavar una zanja, remover el conducto existente, adecuar las condiciones de soporte para la nueva tubería a instalar y rellenar la zanja en torno a la misma con materiales acorde a un diseño estructural y compactarlo con equipos apropiados.

La excavación de tuberías con zanja se puede clasificar en zanja abierta y zanja estrecha. La primera es un sistema habitual donde la zanja se prepara con taludes o entibados, mientras que la segunda maneja máquinas con cortadoras o cucharones idóneos para el control del ancho y profundidad deseada en la excavación.

Cabe mencionar entonces que existe la excavación manual y la excavación mecánica.

A continuación, se enumeran las características y actividades que conlleva cada una de ellas.

➤ Excavación manual:

El material del terreno se excava y se remueve, sin necesidad de maquinaria, con un volumen de menor cuantía en la que los trabajadores emplean su fuerza física con la ayuda de herramientas como palas, picas, barras de acero, carretillas, etc.

Actividades de la excavación manual:

1. Señalización del área de trabajo: El área intervenida debe ser señalada con cinta de seguridad a manera de límites que sea visual.
2. Corte manual de material: La excavación se realiza con el uso de herramientas menores para llegar a las medidas dictaminadas en el diseño previo.
3. Carga, transporte y disposición: El material sobrante se debe colocar mínimo a 1 metro del borde, el mismo que debe poseer señalética de cintas y varillas, además, en caso de ser necesario se debe transportar en carretilla a un lugar despejado.

➤ **Excavación mecánica:**

Se lleva a cabo mediante máquinas excavadoras, equipos que deben ser operados por personal capacitado.

Actividades de la excavación mecánica:

1. Limpieza de la zona: de forma previa a una excavación se procede a retirar todo tipo de obstáculos.
2. Señalización y delimitación de obra.
3. Revisión del replanteo: En base a los planos de construcción se verificará que las distancias referenciales sean iguales.
4. Corte mecánico: Con los niveles topográficos y área localizada se procede a ejecutar una excavación mecánica o perfilada con la retroexcavadora.
5. Carga y transporte: El material que no sea necesario posteriormente se debe colocar en las zonas de depósito o sitio de reutilización.

2.1.2. Ventajas del método tradicional

- A través de las excavaciones de zanja se tiene libre acceso a las cañerías garantizando mayor facilidad en el control y manejo; a su vez permite al inspector cerciorarse de las condiciones en las que se encuentran las mismas a la hora de su inspección (Imagen 6).
- Para garantizar que las cañerías no se dañen ni se golpeen se cuenta con equipos y herramientas adecuadas para su manipulación (Imagen 7).
- El material excavado puede ser usado para rellenar calles y caminos. Dicho material se mantendrá ubicado de modo que no cause inconvenientes en el tráfico.



Imagen 6. Libre acceso a las cañerías (Fuente: ¿Cómo se realiza la excavación de una zanja?, Sevillano Grasa, 2021).



Imagen 7. Equipos para la manipulación de cañerías (Fuente: *¿Cómo se realiza la excavación de una zanja?*, Sevillano Grasa, 2021).

2.1.3. Características de los trabajos tradicionales

La reparación, rehabilitación y optimización de los sistemas de drenaje pluvial mediante la excavación de zanjas conlleva la interrupción del tráfico, ruidos, vibraciones, períodos prolongados de construcción y cortes en el suministro, lo que genera pérdidas económicas tanto para los contratistas como para la comunidad.

Para llevar a cabo el diseño y planificación de los pozos y zanjas en el proyecto, es esencial considerar una serie de datos fundamentales, que incluyen:

- Las dimensiones exactas, especialmente la profundidad y el ancho.
- Las características del lugar, junto con el estudio geotécnico (como el ángulo de fricción, la granulometría, la consistencia, la humedad, la permeabilidad, la estratigrafía, las fallas geológicas, los factores climáticos y las vibraciones).
- El nivel del agua subterránea y el caudal que ingresa a la zanja.
- Las fundaciones existentes, su profundidad y la distancia a la zanja.
- Las cargas cercanas y la posibilidad de impactos y sacudidas tanto dentro como fuera de la zanja.
- La presencia de conductos de cualquier tipo, incluido el tráfico cercano que pueda verse afectado.

2.1.4. Costos socioeconómicos

Los costos para considerar y que pesan fuertemente con el método tradicional de apertura de zanja son:

- Costos de excavación: la excavación de zanjas conlleva el uso de maquinaria pesada, la contratación de mano de obra calificada y la disposición adecuada del material excavado. dichos costos son importantes, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas (Imagen 8 y Figura 8).
- Interrupción del tráfico: la apertura de zanjas generalmente requiere el cierre parcial o total de calles y caminos, lo que puede llegar a ocasionar congestión del tráfico, desvíos y retrasos; por tanto no solo afecta a la movilidad de la sociedad, sino que también puede generar costos adicionales para las autoridades locales por ejemplo en tareas de gestión del tráfico, supervisión y cumplimiento de regulaciones a través de personal de inspección, etc.
- Duración de la construcción: estos trabajos suelen ser procesos extensos, lo que significa que la sociedad puede verse afectada durante un periodo prolongado. Como consecuencia, puede tener un impacto negativo en la calidad de vida y en la percepción de la comunidad sobre el proyecto.
- Corte de suministro: en ciertos casos, la apertura de zanjas puede exigir cortes temporales en el suministro de servicios públicos tales como agua, electricidad o gas; esto puede causar molestias tanto a los negocios locales como a los residentes.
- Restauración y repavimentación: tras realizar las reparaciones, es necesario restaurar y pavimentar las calles, implicando costos adicionales.



Imagen 8. Excavación y disposición del material excavado en zona urbana (Fuente: ¿Cómo se realiza la excavación de una zanja?, Sevillano Grasa, 2021).



Figura 8. Volumen de excavación al realizar método tradicional de apertura de zanjas
(Fuente: Tecnologías sin zanja (trenchless), Yepes Piqueras, 2016).

2.2. Método de reparación de tuberías sin zanja (métodos no destructivos)

Un sistema de tuberías sin zanja consiste en una tecnología innovadora que permite la rehabilitación o nuevas instalaciones de redes de agua potable, alcantarillado y conductos pluviales e industriales a partir de métodos no destructivos, amigables con el medio ambiente, que permiten renovar las tuberías sin romper el plano de la calzada, permitiendo el normal desarrollo de la actividad en la superficie.

Estas intervenciones son posibles gracias a las tecnologías de empresas, como la de Forever Pipe, que consta de distintos tipos de soluciones no destructivas.

Cuando se hace uso de estos sistemas existen dos fases principales, una de exploración y otra de aplicación de la tecnología en sí.

La primera consiste en la exploración del sistema actual para tener un diagnóstico seguro del estado de la tubería, para esto, se realiza una limpieza hidrodinámica utilizando equipos desobstructores y posteriormente se procede a una inspección televisiva computarizada.

Una vez finalizado el proceso de exploración, se analizan los resultados para seleccionar la alternativa más adecuada.

➤ Tecnologías existentes para la renovación de cañerías con métodos no destructivos

En el presente trabajo, se evaluaron las diversas metodologías y se identificó la más efectiva para abordar la problemática planteada, teniendo en cuenta sus respectivos campos de aplicación.

De todos los sistemas analizados, se descartaron:

- Sistema HPL (High Pressure Line) debido a que se usa para cañerías de alta presión como ser cañería de agua potable, de gas y de desagües cloacales.

- Sistema de espiral ya que se instala en aplicaciones verticales como pozos de bombeo, pozos de acceso y otras estructuras de gran diámetro.
- Sistema de PAD con refuerzos de acero y el sistema espiralado, ya que ambos se instalan para grandes diámetros.
- Sistema cracking y/o de microtunelería en situaciones donde sea necesario reemplazar las cañerías o se requiera modificar la traza del sistema, porque son convenientes económicamente a partir de 5.000 metros.

La conclusión derivada de estas evaluaciones llevó a proponer la rehabilitación del sistema mediante la siguiente tecnología:

- Sistema de manga con curado de rayos ultravioletas para los tramos que necesitan ser rehabilitados.

➤ Beneficios socio ambientales:

La aplicación de tecnologías para reparación de cañerías con métodos no destructivos ofrece beneficios económicos como también socioambientales al reducir el impacto negativo en el entorno y mejorando la calidad de vida de la sociedad. A continuación, se mencionan los principales aspectos que se pueden destacar:

- Reducción de la huella de carbono: se minimiza la necesidad de excavaciones y la consiguiente emisión de gases de efecto invernadero por parte de maquinaria pesada, lo cual contribuye a la reducción de la huella de carbono de las obras de reparación al limitar el consumo de combustibles fósiles como el Diesel, al reducir las emisiones durante el transporte y al disminuir los disturbios en el suelo, preservando el contenido de carbono y evitando su liberación a la atmósfera (Figura N°9).
- Conservación del entorno natural: ya que se evita la destrucción de áreas verdes, parques y espacios naturales que a menudo se ven afectados por las excavaciones tradicionales, lo cual ayuda a preservar el paisaje urbano y los ecosistemas locales.
- Reducción de la contaminación del agua: La implementación de tecnologías avanzadas, como el curado con manga UV, reduce la probabilidad de fugas y vertidos de aguas residuales no tratadas en el sistema pluvial, que contribuye a la preservación de la calidad del agua en ríos y cuerpos de agua cercanos.
- Mejora de la calidad del aire: Al minimizar el uso de maquinaria pesada y reducir la cantidad de tierra excavada, se disminuye la emisión de contaminantes atmosféricos, lo que conlleva una mejora en la calidad del aire en la comunidad circundante.
- Menos interrupciones en la vida cotidiana: La aplicación de métodos no destructivos tiende a ser menos intrusiva y rápida en comparación con las excavaciones tradicionales. Esto reduce las molestias para los residentes locales y el tráfico.
- Mayor durabilidad: Las metodologías no destructivas a menudo resultan en reparaciones de tuberías pluviales más duraderas y resistentes, lo que reduce la necesidad de futuras intervenciones y el gasto asociado.

- Ahorro de costos a largo plazo: Aunque la inversión inicial en tecnologías innovadoras puede ser mayor, a menudo se traduce en un menor costo total a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura, beneficiando a los gobiernos locales y a los contribuyentes.



Figura 9. Comparación de volumen de excavación por ambos métodos (Fuente: Tecnologías sin zanja (trenchless), Yepes Piqueras, 2016).

➤ Limpieza, inspección y mantenimiento

Se realiza para mantener todas las partes de la red en perfecto estado de funcionamiento, identificando las áreas donde la red existente sea deficiente para proponer las adecuaciones más convenientes. Consiste en aplicar un esquema de limpieza y mantenimiento por parte de alguna empresa, como por ejemplo la que brinda Forever Pipe que se describe a continuación.

- Personal:

Se asigna el personal para las cuadrillas que operan cada vehículo o equipo, capacitándose en el uso de los mismos, partes diarios internos de mantenimiento y operación. Se establece un programa de entrenamiento para las cuadrillas, incluyendo descripción y marco contractual, asignación de tareas para cada puesto, estructura organizativa, capacitaciones en seguridad e higiene, procedimientos eficientes para partes diarios, controles de calidad, metas de eficiencia y protocolos para emergencias. Además, se implementan estrategias para gestionar las relaciones con la comunidad, minimizando riesgos y molestias durante los trabajos.

- Equipos:

La empresa implementa un control de calidad vehicular, con el objetivo de garantizar el buen funcionamiento de las unidades al momento de operar, donde periódicamente se realizan y

documentan controles preventivos, más las tareas correctivas, derivadas del uso y con estos datos, se evalúa la relación prestación / rendimiento de cada equipo, y se detectan anomalías tanto en el funcionamiento de los vehículos y calidad de los repuestos, como en los vicios de operación de las cuadrillas.

Además, a cada equipo destinado al servicio se le instala un servicio de GPS y desde la oficina técnica se realiza el seguimiento de los mismos con la herramienta de rastreo satelital para tener control de las tareas a ejecutar.

- Servicio de mantenimiento:

El servicio de mantenimiento integral básico comprende las siguientes tareas:

- Catastro del sistema pluvial.
- Relevamiento permanente del sistema pluvial, con la informatización de los mismos y actualización.
- Video filmación de cada elemento de la red pluvial adjudicada.
- Desobstrucción y limpieza de cada elemento de la red pluvial, en calzadas, calles peatonales y obras de infraestructura pluvial existentes y a construir.
- Mantenimiento, desobstrucción y limpieza de rejas perimetrales.
- Cobertura de emergencias en caso de alerta meteorológico, constituyendo presencia en las zonas de mayor vulnerabilidad.
- Limpieza y mantenimiento de lagos reguladores y zonas de amortiguación.

Complementando las tareas de mantenimiento, se disponen las cuadrillas y equipos necesarios para la ejecución de obras complementarias de mejoramiento de la red, reconstrucción y adecuación de la infraestructura existente.

1. Confección de ruteos diarios para inspección

Con la base del relevamiento completo de la red pluvial, se confeccionan los ruteos diarios para los equipos de inspección televisiva.

Estos ruteos se organizan de tal manera que sean lo más ágil y razonables posible, en orden de optimizar los tiempos y rendimientos de cada equipo.

A continuación, se adjunta un modelo de parte diario para la inspección televisiva de sumideros, en el cuál figuran los datos necesarios para realizar un correcto y organizado trabajo de inspección y diagnóstico de sumideros y nexos pertenecientes a la red pluvial (Tabla 1 y 2).

Tabla 1. Planilla tipo de parte diario de trabajos (Fuente: Forever Pipe, 2023).

PARTE DIARIO DE TRABAJOS – SUMIDEROS Y NEXOS – TELECÁMARA										
<u>FECHA:</u>					<u>VEHÍCULO:</u>					
<u>ENCARGAD</u>					<u>TURNO:</u>					
<u>O:</u>										
N°	ZONA	N° SUM	CALLE	Altura	ENTRE	Cond.Φ	Long. insp.	Anomalías	Estado (Limpio, Sucio)	

Este parte diario será entregado al responsable de la cuadrilla de inspección de sumideros y nexos con los siguientes datos:

- Zona.
- Número de orden del sumidero.
- Número catastral otorgado al sumidero.
- Calle en donde se ubica el sumidero.
- Altura de la calle frente a la ubicación del sumidero.
- Esquina o entre calles en donde se ubica el sumidero.
- Turno de trabajo.
- Fecha del ruteo.
- Responsable de la cuadrilla
- Patente del equipo de inspección televisiva que se afectará al ruteo.

El responsable de la cuadrilla de inspección televisiva de sumideros y nexos completará los siguientes datos a medida que avance con sus tareas:

- Cantidad de sumideros y nexos inspeccionados.
- Diámetro del nexo inspeccionado.
- Longitud de nexo inspeccionado.
- Anomalías que se encontrasen con la inspección.
- Estado general del sumidero y/o nexo (sucio o limpio).

La planilla modelo de ruteo para la video filmación de conductos será la siguiente:

Tabla 2. Planilla tipo de parte diario de trabajos (Fuente: Forever Pipe, 2023).

PARTE DIARIO DE TRABAJOS – CONDUCTOS – TELECÁMARA								
<u>FECHA:</u>					<u>VEHÍCULO:</u>			
<u>ENCARGADO:</u>					<u>TURNO:</u>			
N º	ZONA	CALLE	ENTRE		Cond. Φ	Long. insp.	Anomalías	Estado (Limpio, Sucio)

Este parte diario será entregado al responsable de la cuadrilla de inspección de conductos con los mismos datos correspondientes al parte diario de sumideros y nexos.

De la misma manera ya mencionada, el responsable de la cuadrilla de inspección televisiva de conductos completa los datos a medida que avanza con sus tareas.

2. Ejecución de la inspección

A cada cuadrilla se le entrega el parte diario detallado anteriormente.

Cada cuadrilla está confeccionada por un equipo de inspección televisiva computarizada que se realiza mediante equipos que estarán dotados de todas las herramientas y accesorios necesarios para llevar a cabo las tareas de inspección y diagnóstico.

El personal afectado a las cuadrillas será el siguiente:

- 1 encargado, que será el responsable de la cuadrilla
- 2 ayudantes

El equipo a utilizar para la realización de las video filmaciones será una cámara autopropulsada con carro de arrastre y la misma está montada en un carro sobre ruedas todo terreno, que se maneja con un joystick, con comandos de avance, retroceso, rotación a 360° vertical y horizontal, zoom e iluminación. El equipo está montado en una camioneta y su alcance es de 200 metros (Imagen 10).



Imagen 9. Equipamiento para tele inspección (Fuente: Forever Pipe,2023).



Imagen 10. Camioneta de inspección televisiva de cañerías (Fuente: Forever Pipe, 2023).

Antes que el equipo de inspección se posicione frente al elemento a filmar, se procede a delimitar y alertar el área de trabajo mediante conos refractarios. (Imagen 11)

Una vez posicionado el equipo, se realiza la apertura de las rejillas y/o tapas de inspección con las herramientas adecuadas, para evitar daños a las mismas y al personal que se encuentra realizando esta tarea.

Inicialmente se introduce el robot autopropulsado (Imagen 13) al interior de la cuba del sumidero para obtener información general del estado en que se encuentran sus paredes y

piso (Imagen 12) y luego se lo introduce en el interior del nexo para inspeccionar en toda su longitud a partir del avance del robot que es comandado desde la unidad montada en el exterior. Para el caso de los conductos, se procede a introducir el robot autopropulsado al interior de la cámara BR, y después filmar su interior.



Imagen 11. Demarcación de la zona de trabajo para tele inspección de cañerías (Fuente: Forever Pipe).



Imagen 12. Inserción del robot para inspección de cañerías (Fuente: Forever Pipe).



Imagen 13. Robot tele-cámara para inspección de cañerías (Fuente: Forever Pipe).

Dependiendo fundamentalmente del diámetro de nexo o conducto a inspeccionar se opta por introducir robots de distintos tamaños y diferentes modalidades de iluminación.

El siguiente es un esquema en que se puede visualizar lo enunciado en párrafos anteriores.

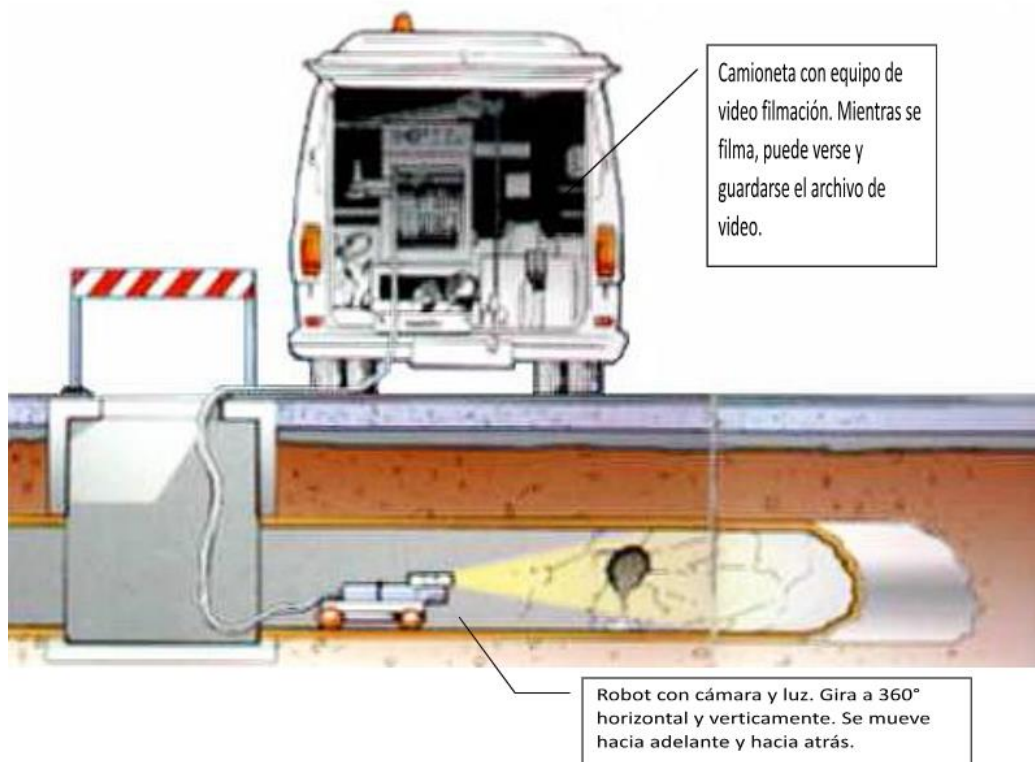


Figura 10. Esquema de la inspección televisiva computarizada (Fuente: Forever Pipe, 2023).

Terminada la inspección del sumidero, nexo o conducto, se retira el robot del interior del mismo y se cierran las rejas y/o tapas de inspección, verificando que las mismas no hayan sufrido daños y se encuentren en correcta posición y seguras, para evitar que terceros puedan sufrir daños.

Finalmente, se retiran los conos refractarios y demás elementos de seguridad dispuestos para delimitar y anunciar el área de trabajo.

A partir de esta inspección, se puede conocer con precisión el estado en que se encuentra la red pluvial hidráulica y estructuralmente. Se podrá identificar el origen de las fallencias, facilitando la elección de las acciones a tomar y sus costos.

Cuando se detecte alguna anomalía en los elementos de la red, la oficina técnica confecciona un informe con un detallado diagnóstico de las condiciones actuales en que se encuentra la red pluvial.

Análisis y resultados de la inspección:

Posteriormente, si existe solución técnico económica posible, se confecciona un proyecto ejecutivo para resolver el inconveniente detectado. El mismo será acompañado de un cómputo y presupuesto para la evaluación y posterior aprobación por parte de la inspección responsable del proyecto.

En cada video podrá observarse la localización del tramo filmado, el diámetro de la cañería, la pendiente y la progresiva desde el punto de comienzo de la filmación. En cada punto singular de la filmación, se detiene el robot para obtener una vista a 360°, más avances y retrocesos sucesivos de la cámara, en orden de captar la mejor visualización posible de fisuras, roturas, filtraciones y obstrucciones. (Imagen 14)

Se entregan las video filmaciones de toda la red en disco rígido portátil, con índices de cada video. Cada filmación se acompañará con un informe donde se indica material, diámetro y longitud de la cañería, cada anomalía encontrada con su descripción y su progresiva e imágenes ilustrativas.



Imagen 14. Visión del estado de la cañería proporcionado por la inspección televisada (Fuente: Forever Pipe,2023).

3. Limpieza y desobstrucción de sumideros y conductos

Comprende la limpieza de rejillas, cubas, nexos y conductos que conforman la red pluvial de la zona, removiendo los sedimentos y objetos que pudieran encontrarse en los mismos para maximizar su funcionamiento.

La limpieza de conductos de la red pluvial se realiza con cuadrillas específicas para esta tarea. Para la limpieza inicial comprendida dentro de la puesta a cero del sistema, se programarán primero los conductos de mayor diámetro, continuando por los de menor diámetro.

Se realizará la remoción y retiro de los elementos que se encuentren dentro de los sumideros, bocas de inspección, rejillas de captación y otros elementos de entrada de agua pluvial perteneciente a la red de infraestructura, y de conductos pluviales de hasta diámetro 1300mm incluido.

La limpieza de sumideros y conductos se realizan por separado, porque se emplearán equipos de diferente potencia y capacidad para cada tarea.

4. Confección de ruteos diarios para limpieza y desobstrucción

A partir del relevamiento completo de la red pluvial se confeccionan los ruteos diarios para los camiones desobstructores.

Estos ruteos se organizan de tal manera que sean lo más ágil y razonable posible para que se puedan optimizar los tiempos y rendimientos de cada equipo. Para ello se deberán tener en cuenta los sentidos de circulación y horarios pico de circulación, la actividad comercial de las zonas que en muchos casos obligarán a realizar ruteos en horarios nocturnos, las interferencias generadas por las autopistas, etc. Al inicio de cada mes se informan los ruteos programados por día, por cada camión y por cada turno de trabajo de 8h. para la aprobación de la inspección.

Los ruteos se cargan por sistema SAP y se comunican vía correo electrónico. Bajo similar formato, se comunica la programación de trabajos no regulares.

A continuación, se adjunta un modelo de parte diario, en el cual figuran los datos necesarios para realizar un correcto y organizado trabajo de limpieza de sumideros y nexos pertenecientes a la red pluvial (Tabla 3).

Tabla 3. Planilla tipo de parte diario de trabajos (Fuente: Forever Pipe, 2023).

 PARTE DIARIO PREVIO de la Jornada de Limpieza de Sumideros, Cámaras y Nexos.										CHOFER	EQUIPO		
ZONA	N°	N° Sumidero	CALLE	N° Catastral	ESQUINA / ENTRE	Cant. Sum.	Ø (mm)	Código de Defecto	PATENTE	TIPO Y COLOR DEL VEHICULO	HORARIO (COD. 28)	TURNO	FECHA

Este parte diario será entregado al responsable de la cuadrilla de limpieza de sumideros con los mismos datos requeridos en el ítem 1.

El responsable de la cuadrilla de limpieza de sumideros debe completar los siguientes datos a medida que avance con sus tareas:

- Cantidad de sumideros intervenidos.
- Diámetro del nexo intervenido.
- Código de defecto - si lo hubiese – de acuerdo a la nomenclatura del pliego de especificaciones técnicas generales para el Mantenimiento de la red pluvial y trabajos complementarios.

- Si existiese un vehículo estacionado que impida la limpieza del sumidero se anotarán los datos del vehículo (Patente, tipo y color) y el horario en que se lo encontró estacionado.

5. Ejecución de la limpieza

A cada cuadrilla que realiza la limpieza de conductos, se le entrega el parte diario detallado anteriormente.

Esta cuadrilla está confeccionada por un equipo desobstructor dotado de todas las herramientas y accesorios necesarios para llevar a cabo las tareas de limpieza.

Con respecto al personal de esta cuadrilla se compondrá de:

- 1 chofer (que será el responsable de la cuadrilla)
- 2 ayudantes

Antes que el equipo desobstructor se posicione sobre la cámara de BR, se procede a delimitar y alertar el área de trabajo. Para ello se emplearán conos refractarios que marcan el área de trabajo y el perímetro del camión desobstructor. (Imagen 15)



Imagen 15. Delimitación de la zona de trabajo del camión desobstructor (Fuente: Forever Pipe).

Una vez posicionado el equipo, se procede a la apertura de las rejillas y/o tapas de inspección con las herramientas adecuadas, para evitar daños a las mismas y al personal que se encuentra realizando esta tarea.

Inicialmente se limpian con la manguera de lavado con agua a presión las rejas y/o tapas de inspección liberándolas de grasa, hojas acumuladas, bolsas, botellas u otro material sedimentado. Con esta misma agua a presión se lavan las paredes de la cámara de inspección, según el caso, al mismo tiempo que con el manguerote de succión accionado por la bomba de vacío se aspira esta agua y demás materiales y sedimentos.

Paso siguiente se procede a la limpieza del conducto, proceso que se realiza con una herramienta hidrodinámica denominada tobera, de tamaño y forma adecuada dependiendo del diámetro, tipo de cañería y del tipo y cantidad de material existente en el interior de la conducción. (Imagen 16)



Imagen 16. Tobera trabajando en interior de cañería (Fuente: Forever Pipe,2023).

Esta tobera es accionada por agua a presión conducida por la manguera de desobstrucción (Imagen 17) que es entregada por una bomba de agua de alta presión, arrastrando los sedimentos y materiales del interior del conducto hasta la cámara de BR en donde se encuentra aspirando el manguerote de succión. Para una correcta limpieza, se realizan las pasadas de toberas que sean necesarias para que no quede material en el interior del conducto.



Imagen 17. Camión desobstructor en funcionamiento (Fuente: Forever Pipe,2023).

El agua sucia y los sedimentos recogidos son absorbidos por la bomba de vacío que los lleva hacia el tanque de desperdicios del camión desobstructor (Figura 11) donde se decantan los líquidos y los sedimentos quedan acumulados de forma independiente.

EQUIPO DESOBSTRUCTOR (Conductos)

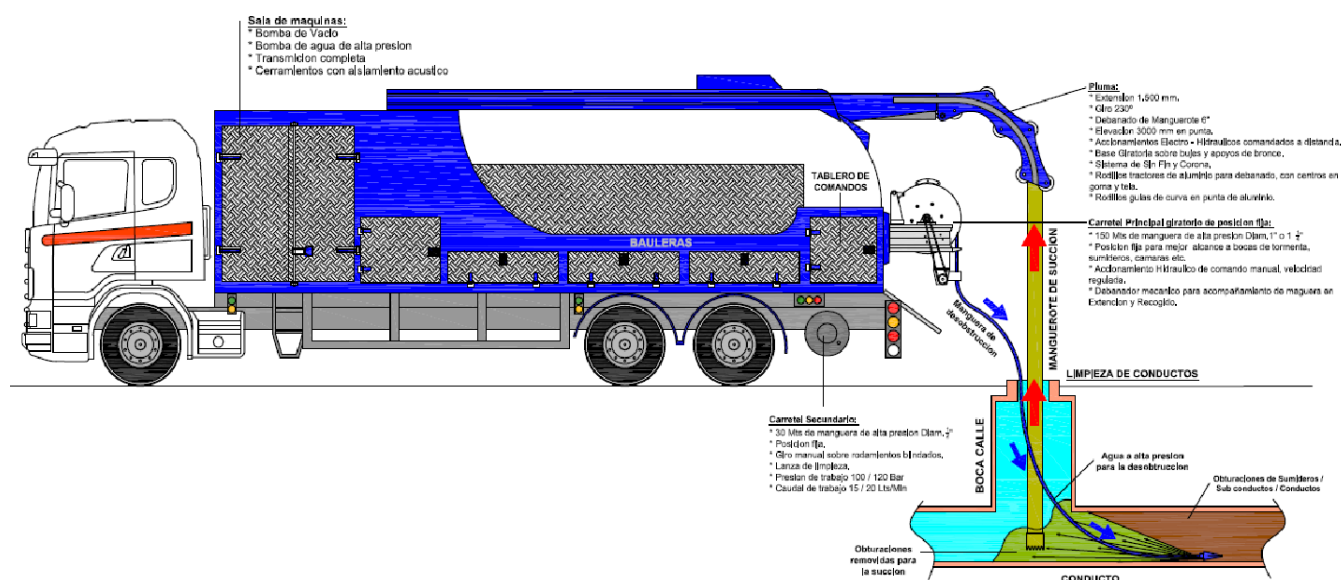


Figura 11. Camión desobstructor (Fuente: Memoria técnica de manga de curado UV, Forever Pipe).

Terminada la limpieza del tramo de conducto y cámaras de BR, se cierran las rejas y/o tapas de inspección, verificando que las mismas no hayan sufrido daños y se encuentren en correcta posición para evitar que terceros puedan sufrir daños.

Finalmente, se retiran los conos refractarios y demás elementos de seguridad.

Información a tener en cuenta:

- Cuando el tanque de desperdicios se encuentre lleno, se transportará hasta el centro de disposición final autorizado por el Municipio competente.
- El agua que se emplea para la limpieza podría ser tomada desde la red de agua potable ubicada en la zona del campus en donde se encuentren trabajando los equipos, para lo cual el Gobierno de la ciudad de Resistencia deberá tramitar con la empresa prestataria del servicio la autorización para su uso.
- En el caso en que no existan hidrantes en la cercanía en donde se realiza la limpieza del conducto, se debe emplear un camión cisterna de 8000 L de capacidad para abastecer de agua al equipo desobstructor y evitar que este se desplace a cargar agua y por lo tanto optimizar su rendimiento.

➤ Normativa

Es importante destacar que, si bien no existe una normativa nacional específica que aborde los procesos que deben llevarse a cabo, existen lineamientos técnicos proporcionados por AYSA (Aguas y Saneamientos Argentinos) que se encuentran detallados en pliegos técnicos.

Estos lineamientos técnicos desarrollados en colaboración con expertos y profesionales del sector, establecen directrices claras y recomendaciones para la ejecución de proyectos de rehabilitación de cañerías con métodos no destructivos. A través de estos pliegos se abordan aspectos esenciales como los materiales a utilizar, las técnicas de inspección, los procesos de reparación, los criterios de calidad y seguridad, entre otros.

Particularmente, la empresa Forever Pipe utiliza estos lineamientos como referencia clave para llevar a cabo sus proyectos de manera precisa y efectiva.

2.2.1. Reparación de tuberías sin zanja mediante manga con curado UV

El método consiste en introducir por tiro en la cañería a rehabilitar una manga previamente impregnada con resinas, que luego se expande mediante la inyección por dentro de aire a presión, copiando la superficie de la tubería existente. (Figura 12)



Figura 12. Sistema de Manga (Fuente: Forever Pipe, 2023).

Terminada la inserción del revestimiento, la resina es polimerizada mediante la aplicación de un tren de luces UV en el interior de la manga, el mismo se desplaza a lo largo del tramo a una velocidad constante y controlada asegurándose de que la alineación de la fuente lumínica esté centrada. Todo el proceso está supervisado y regulado desde un panel de control del equipo de UV. (Imagen 18)

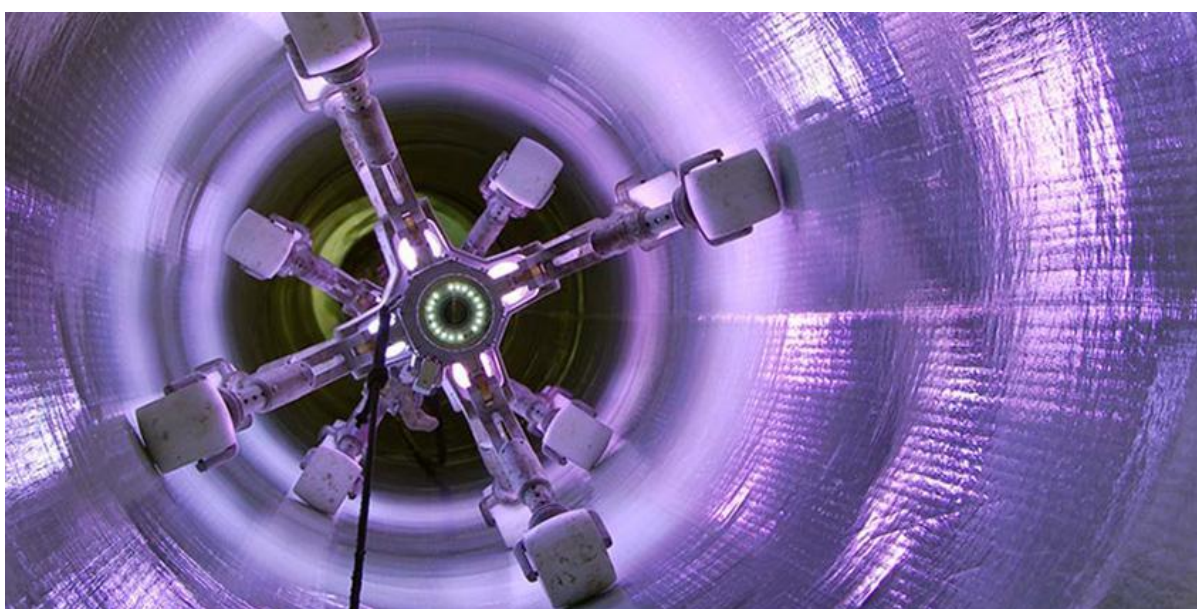


Imagen 18. Tren de luces UV dentro del sistema de Manga (Fuente: Forever Pipe, 2023).

Al finalizar la polimerización, se habrá realizado un nuevo conducto estructural de características mecánicas excepcionales y notable resistencia a los agentes químicos, la superficie interna realizada resultará muy lisa y por eso además de mejorar el flujo de los fluidos, impedirá la formación de sedimentos.

Las grandes características estructurales de esta manga permiten conseguir espesores mínimos, evitando de esta manera sensibles reducciones de las secciones de pasajes de los fluidos (Figura 13).

Una de las características principales del método es la de permitir al revestimiento ser introducido en el conducto por las entradas existentes sin necesidad de interrumpir la circulación, de manera más simple y rápida que los otros métodos de reparación tradicionales.

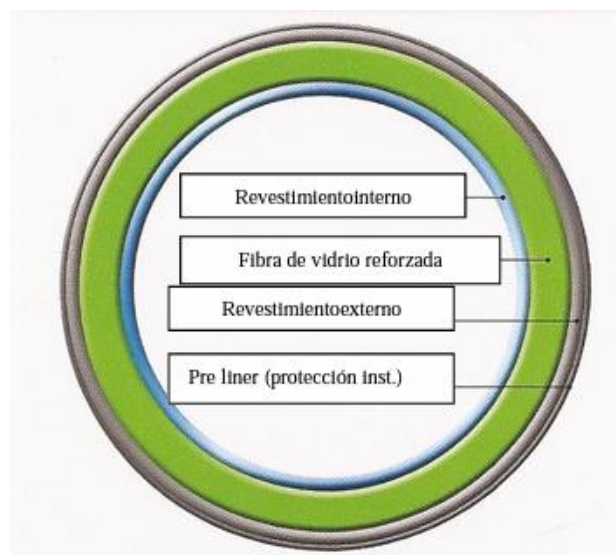


Figura 13. Sección transversal de manga curada in situ con UV (Fuente: Forever Pipe, 2023).

Instalación de manga con curado UV:

1. Transporte y almacenaje de manga: Durante el transporte y almacenaje de las mangas utilizadas en el proceso, es fundamental tomar precauciones adecuadas. Esto incluye protegerlas de la luz solar, la humedad y posibles daños mecánicos, además, se emplean registradores térmicos que se añaden a cada caja de mangas.
Los registradores permiten seguir de cerca la temperatura ambiente a la que se expone el producto ya que esta información es esencial para garantizar la calidad y la efectividad del proceso de rehabilitación. Los registros térmicos son identificados y guardados como referencia para cada tramo rehabilitado.
2. Inserción del pre liner: La inserción del pre liner es una etapa muy importante en el proceso de rehabilitación de cañerías mediante Cured-In-Place Pipe (CIPP). La misma se introduce antes de instalar la manga principal del CIPP y su función es proteger la manga principal durante el proceso de inserción.

La instalación del pre liner es obligatoria para evitar posibles daños a la manga principal, como raspaduras o pérdida de resina durante la instalación. Dado el estado de deterioro común de las cañerías existentes, la instalación de este pre liner es especialmente importante para prevenir daños. (Imagen 19)



Imagen 19. Inserción del pre liner (Fuente: Forever Pipe, 2023).

3. Inserción de manga: La inserción de la manga principal impregnada también es una fase esencial del proceso. Se introduce mediante tiro en el interior del pre liner.

Luego, se infla hasta alcanzar una presión aproximada de 0,5 bares, asegurando que se ajuste perfectamente a la superficie de la cañería existente sin dejar arrugas en su superficie. La inserción se realiza desde cámaras de inspección existentes o mediante pozos de acceso, según la longitud del tramo a renovar.

Durante todo este proceso, se filma la inserción para verificar su correcta ejecución. Además, se instala un empacador en los extremos antes de proceder al curado, lo que permite aplicar la presión necesaria durante esta fase (Imagen 20).

Es importante que la presión de trabajo siempre sea 0,2 bares mayor que la presión del agua subterránea para garantizar la efectividad del proceso.



Imagen 20. Sujeción de la manga al empacador (Fuente: Memoria técnica de manga de curado UV, Forever Pipe,2023).

4. Curado de la manga: Una vez que se ha verificado la correcta inserción y se ha instalado el empacador, comienza el proceso de curado. Esto se logra insertando un tren de luces UV en la manga expandible con aire a presión (Imagen 21).

El tren de luces se desplaza a lo largo del tramo a una velocidad controlada, asegurándose de que la fuente de luz esté centrada. Durante todo el proceso de curado, se registran datos en tiempo real, como la presión interior, el funcionamiento de cada lámpara individualmente, los intervalos de encendido, la velocidad, la temperatura en la superficie interior de la manga y la fecha y hora de ejecución. Estos registros son necesarios para garantizar la calidad y eficacia del proceso.



Imagen 21. Tren de luces UV (Fuente: Memoria técnica de manga de curado UV, Forever Pipe,2023)

5. Acabado y reconexión: Una vez que la manga CIPP ha endurecido adecuadamente, se procede al acabado y reconexión. Los extremos de la tubería se cortan utilizando sierras neumáticas.

Si hay conexiones de servicio, se desobstruye utilizando herramientas de corte robotizadas y se instalan capuchones para prevenir la infiltración de agua desde el suelo circundante.

Se realiza una inspección interna de la nueva cañería para asegurar que no haya arrugas, imperfecciones ni oquedades (Imagen 22).

Por último, se retiran los obturadores y bypass para restaurar el flujo de caudal a través del tramo intervenido y se genera un informe detallado que se entrega a la fiscalización de la obra.



Imagen 22. Cañería polimerizada y sellada en cámara de inspección (Fuente: Memoria técnica de manga de curado UV, Forever Pipe, 2023).

➤ Ventajas de la reparación de tuberías con manga con curado UV

- Menor impacto ambiental.
- Rapidez de trabajo.
- Ninguna excavación.
- Escasa molestia al tráfico vehicular.
- Impermeabilidad.
- Baja rugosidad.
- Mayor resistencia estructural.
- Espesores mínimos de la manga.
- Inercia química.
- Idoneidad al contacto con agua potable.
- Resistencia a la abrasión.
- Ausencia de conductividad eléctrica.
- Larga duración.
- Menor costo.
- Mayor velocidad del fluido.

- Característica mecánica elevada.

2.3. Sistema de captación de aguas de lluvias

2.3.1. Importancia de la reutilización del agua

El agua es un recurso esencial para la vida en la Tierra, pero en la actualidad, su disponibilidad se ve amenazada por el cambio climático y el uso irresponsable por parte de la humanidad.

Es importante tomar medidas para concienciar sobre la importancia de un uso más responsable de este recurso vital (Figura 14).

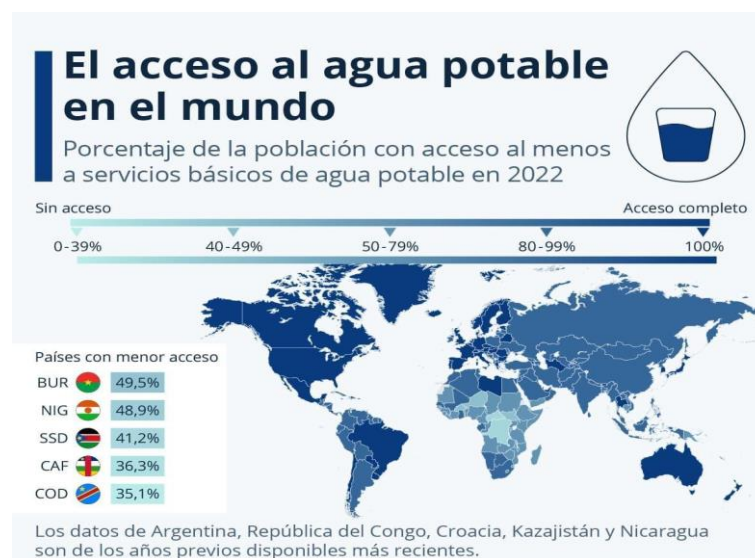


Figura 14. Porcentajes de acceso al agua potable en el mundo (Fuente: Programa de monitoreo OMS/UNICEF, 2023).

Una de las soluciones más efectivas es la reutilización del agua de lluvia a partir de la captación de la misma para su posterior utilización en actividades cotidianas, como la limpieza de instalaciones. Esta práctica beneficia al medio ambiente y contribuye a reducir el consumo de agua proveniente de servicios públicos en áreas que sí cuentan con acceso a ellos, al tiempo que proporciona una fuente vital de agua en lugares donde la disponibilidad de agua subterránea o fuentes superficiales es limitada.

La captación y uso eficiente del agua de lluvia no solo conserva un recurso valioso, sino que también ayuda a aliviar la presión sobre los sistemas de abastecimiento y reduce la energía necesaria para su tratamiento y distribución. Además, fomenta una mayor conciencia sobre la necesidad de cuidar nuestros recursos hídricos y adoptar prácticas sostenibles en nuestra vida diaria.

2.3.2. Características del sistema de captación

La captación de agua de lluvia es un proceso que implica la recolección, transporte y almacenamiento del agua que cae de manera natural o que es dirigida hacia una superficie

por medios artificiales este recurso puede ser utilizado para una variedad de propósitos, siempre y cuando se utilicen los filtros apropiados para cada tipo de uso.

Para aplicaciones de uso básico, como la limpieza de pisos, sanitarios y riego de jardines, se pueden emplear filtros simples y económicos que permitan eliminar partículas y sedimentos presentes en el agua, mejorando así su calidad y usabilidad (*Manual de captación de aguas de lluvia para centros urbanos, Adler y colaboradores, 2008*).

Sin embargo, cuando se trata de aplicaciones más sensibles, como el aseo personal o el consumo humano directo, es fundamental contar con sistemas de filtración más avanzados y específicos.

Los aspectos más relevantes a considerar al diseñar y habilitar un Sistema de Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia (SCALL) según el centro de información del agua de México.

1. Precipitación promedio anual del lugar: este valor se obtiene a través del promedio de las lluvias registradas en un año determinado. Este dato es importante para conocer cuánta agua está disponible anualmente para captar.
2. Intensidad de la precipitación: la intensidad de la lluvia se refiere a cuánta agua cae en un período de tiempo específico, generalmente expresado en milímetros por hora (mm/h). Este factor influye en la capacidad del sistema para captar agua en momentos de lluvias intensas.
3. Distribución temporal de la precipitación: en las áreas donde la precipitación está distribuida en un mayor número de meses del año, los SCALL tienen un desempeño más efectivo. Esto es particularmente relevante en regiones subhúmedas y húmedas, donde es posible captar agua en mayores ocasiones a lo largo del año.
4. Superficie de techumbres o áreas de captación de agua de lluvia: la cantidad de agua que se puede capturar depende en gran medida del tamaño de la superficie utilizada para la recolección, a mayor superficie, mayor cantidad de agua podrá ser recolectada.
5. Material del área de captación: el coeficiente de escurrimiento es una medida importante que indica la relación entre el volumen de agua que escurre y el volumen de lluvia caída, el mismo varía según el tipo de superficie utilizada para la captación (tejados, pavimentos, etc.), y es importante su conocimiento para calcular el volumen de agua que se puede recolectar efectivamente.
6. Distancia entre el área de captación y el lugar de almacenamiento: la ubicación del sistema de almacenamiento debe ser preferiblemente en un punto más bajo que el área de captación para permitir el transporte del agua por gravedad. La distancia entre ambos puntos afectará el costo del sistema, ya que, a mayor distancia, se requerirá una infraestructura de conducción más elaborada.
7. Tipo de material para el almacenamiento: el material utilizado en la construcción del sistema de almacenamiento tiene un impacto directo en los costos de excavación y

construcción; la elección del material debe ser adecuada para garantizar la durabilidad y la calidad del agua almacenada.

Considerar estos aspectos es fundamental para diseñar un sistema eficiente y efectivo, que aproveche al máximo el recurso de agua de lluvia disponible en una ubicación específica y contribuya a la gestión sostenible de los recursos hídricos.

2.3.3. Componentes del sistema

Para la implementación de un sistema de recolección de agua, se requieren cuatro componentes fundamentales (Figura 15): el recolector, la estructura conductora, el sistema de bombeo y el tanque de almacenamiento. (*Manual de captación de aguas de lluvia para centros urbanos, Adler y colaboradores, 2008*).

- Superficie de captación: Las áreas o superficies de recolección pueden ser techos, patios, explanadas, caminos pavimentados, garajes, y cualquier superficie no permeable por donde escurre el agua de lluvia, y sea factible recolectarla.

El cálculo del área se logra revisando los planos de la construcción o haciendo mediciones directas, pero se debe tener cuidado de medir únicamente las áreas en donde se podrá recolectar el agua y enviarla a la zona de almacenamiento.

- Estructura conductora: está conformada por canales horizontales y tubos verticales que se instalan para recoger el agua de lluvia de la superficie de captación y dirigirla hacia el sistema de almacenamiento. Es importante mantener una pendiente adecuada en los canales.

Se utilizan materiales como PVC, aluminio, vinilo y acero, pero es esencial evitar el plomo en canales de agua potable y el sellado se realiza con silicona y en algunos casos se utilizan tuberías de cobre para la distribución gravitacional del agua.

- Bombas o sistema de elevación de agua: la utilización de estos equipos en un sistema de captación de agua de lluvia depende del tratamiento que se requiera darle al agua. Generalmente se necesita algún sistema de bombeo, o si es posible, se debe diseñar el sistema de captación de tal manera que por gravedad se pueda distribuir el agua captada y tratada.

Por otro lado, cuando el agua se acumule en una cisterna o tanque bajo y se pretenda utilizarla para usos no potables, basta con algún método que nos permita acceder al agua tratada por medio de tubos, mangueras o sistemas mecánicos que no requieren electricidad (bombas de mecate o de vacío), y utilizarla para riego o limpieza, por ejemplo.

Los elementos para calcular la potencia de una bomba son la altura a la que subirá una cantidad determinada de litros de agua por minuto, el número de filtros por los que deba pasar, y la distancia horizontal hasta el contenedor final. Los fabricantes tienen recomendaciones para la potencia en base a la altura y el volumen de agua que subirá al contenedor.

- Tanque de almacenamiento: es el elemento destinado a contener el agua y debe ser lo suficientemente grande para poder albergar la cantidad de agua recolectada durante la precipitación. Es importante tener en cuenta que en algunas ocasiones el almacenamiento (cisterna) es el componente que demanda más espacio y el más caro del sistema de captación.

El factor clave es determinar la capacidad de reserva o el periodo de tiempo durante el cual se planea almacenar el agua, pudiendo ser para su consumo inmediato durante la temporada de lluvia, para su uso durante la temporada seca, o incluso para ambas opciones.

Las cisternas se pueden construir o adquirirlas prefabricadas de material plástico (geomembranas).

Una vez considerado el espacio necesario en un terreno para instalar la cisterna, la primera decisión a tomar es si se prefiere (y es viable) una enterrada o superficial.

Para una enterrada, se recomienda realizar un estudio del suelo para comprender sus características mecánicas, lo cual ayudará a tomar precauciones para evitar daños o movimientos en las paredes de la cisterna. En caso de no contar con un estudio de suelo, una técnica válida es investigar si en viviendas cercanas se han construido cisternas similares y si estas han funcionado correctamente o han presentado problemas como fisuras u otros inconvenientes.

En el caso de una cisterna superficial, se construye una estructura sobre la superficie del suelo u otra área disponible con la ventaja de requerir menos excavación y facilitar el mantenimiento o reparación, sin embargo, su desventaja radica en que ocupa más espacio.

En el dimensionamiento, se debe tener en cuenta el peso del agua, especialmente si se coloca sobre una superficie elevada o una estructura frágil y para calcular el peso total, se utiliza la relación de que 1 metro cúbico de agua equivale a 1 tonelada métrica de peso (1000 kg), y se suma al peso de la estructura de la cisterna.

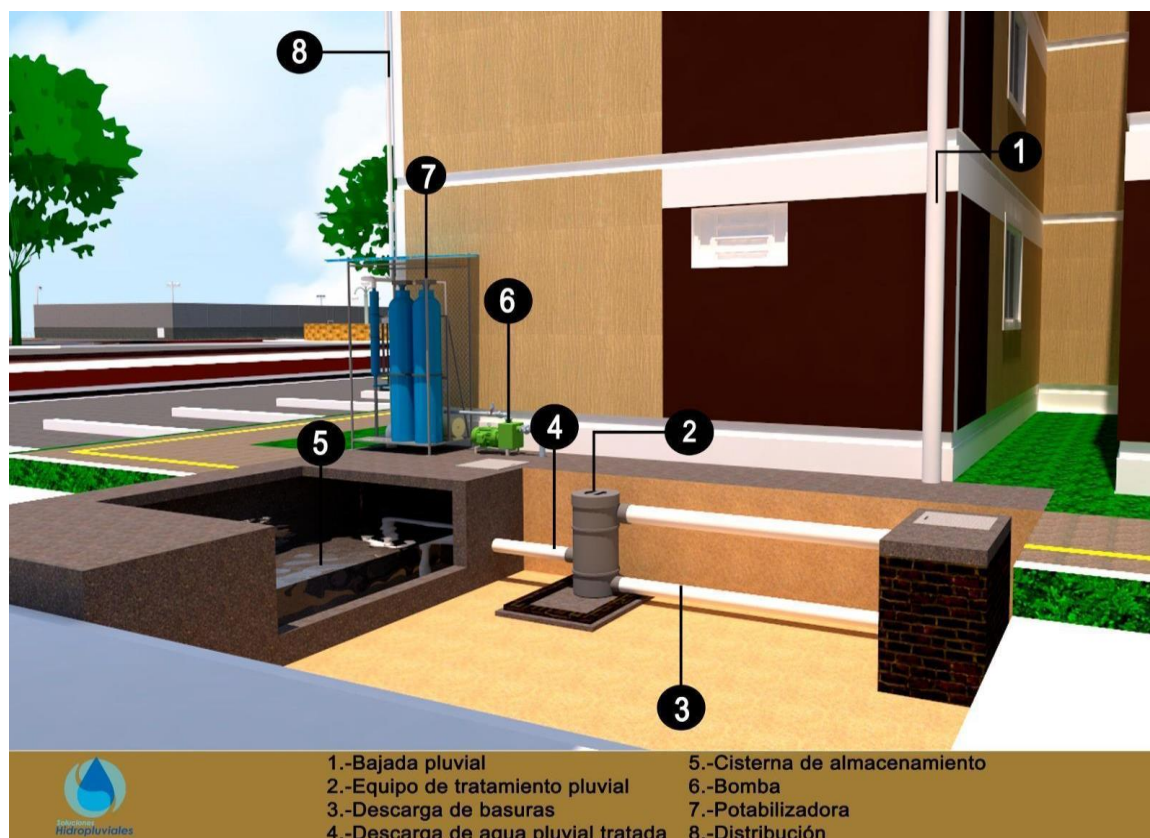


Figura 15. Ejemplo de un sistema de captación de lluvia (Fuente: Soluciones Hidropluviales).

2.3.4. Capacidad de Inversión

Los costos asociados con la instalación de un sistema de captación de agua de lluvia pueden recuperarse no solo a través del ahorro en las facturas de agua, sino también mediante los beneficios en términos de salud y bienestar que este sistema brinda.

La inversión inicial en un sistema de captación de agua de lluvia puede resultar elevada, sin embargo, es importante destacar que estos sistemas pueden instalarse gradualmente, utilizando los recursos y equipos existentes, con la planificación de una expansión futura para maximizar los beneficios de este recurso vital y gratuito que es el agua de lluvia.

Si se planifica desde el principio un crecimiento gradual del sistema a lo largo de varios años, las inversiones posteriores pueden agregarse al sistema, aumentando, por ejemplo, la capacidad de almacenamiento y la autonomía. (*Manual de captación de aguas de lluvia para centros urbanos, Adler y colaboradores, 2008*).

2.3.5. Beneficios

Los sistemas de recolección de agua de lluvia ofrecen una serie de ventajas, desde su fácil instalación y bajo mantenimiento hasta sus beneficios ambientales, económicos y sociales.

Diseño de fácil instalación:

- Los sistemas de recolección de agua de lluvia suelen contar con diseños simples y modulares que permiten una instalación rápida y sencilla. Esto facilita su adopción tanto en entornos urbanos como rurales.

Mantenimiento sencillo y bajo costo:

- La mayoría de los sistemas de recolección de agua de lluvia requieren poco mantenimiento. Las tareas de limpieza y verificación periódica son simples y generalmente no implican costos significativos.
- El mantenimiento se reduce a la limpieza e inspección de las tuberías para asegurar su integridad. Los filtros, que evitan la entrada de partículas grandes, son fáciles de mantener y reemplazar según sea necesario.

Beneficios ambientales:

- Además de conservar el agua, la recolección de agua de lluvia contribuye a reducir la erosión del suelo al disminuir el escurrimiento superficial de agua en épocas de lluvia intensa.
- Al reducir la cantidad de agua que fluye hacia alcantarillas y cuerpos de agua, se disminuye la contaminación y la carga de sedimentos que afectan a dichos sistemas.

Beneficios económicos:

- La implementación de sistemas de recolección de agua de lluvia puede resultar en un ahorro significativo en las facturas de agua, ya que se reduce la dependencia del suministro de agua potable.

Beneficios sociales:

- Estos sistemas son particularmente adecuados para comunidades dispersas y alejadas que pueden no tener acceso confiable a fuentes de agua potable. La recolección de agua de lluvia mejora la calidad de vida al proporcionar una fuente de agua segura y accesible.

Su versatilidad los convierte en una opción valiosa para abordar desafíos relacionados con el agua en diversas comunidades y entornos. Estos sistemas representan un paso importante hacia un futuro más sostenible y resiliente en cuanto al agua.

CAPÍTULO III: Diagnóstico de la situación actual del Sistema de Desagües Pluviales del Campus UNNE Sede Resistencia

3.1. Recopilación de datos

Para llevar a cabo la rehabilitación del sistema de desagües pluviales del campus, es fundamental contar con una comprensión completa de la situación actual del sistema y para lograr esto, se llevó a cabo la recopilación de datos que abarcó diversas fuentes de información y estudios básicos, lo cual resulta esencial para la toma de decisiones y la planificación de las intervenciones necesarias.

3.1.1. Fuentes de información

Se ha realizado una búsqueda de información proveniente de diversas fuentes, proporcionando un panorama completo sobre el sistema de desagües pluviales del campus universitario. Este apartado enumera la variedad de fuentes consultadas, desde documentos hasta conversaciones con profesionales y observaciones de campo, que ha permitido obtener una visión integral de la situación.

Área de Proyecto y Mantenimiento de la UNNE:

- Planimetría y croquis del campus.
- Entrevistas con profesionales.

Departamento de Hidráulica:

- Precipitaciones
- Informe de Plan de Manejo Pluvial para la zona Sur del AMGR.

Administración Provincial del Agua (APA):

- Puntos fijos de la ciudad de Resistencia con Cota IGN., materializados por APA.
- Curvas IDF del AMGR.

Municipalidad de Resistencia:

- Consulta a profesionales, sobre la capacidad disponible del sistema de desagüe exterior a la UNNE., para la descarga.
- Planimetría General del sistema de desagües pluviales con dimensiones de los conductos - Sistema externo.

Departamento de Estabilidad:

- Estudio de suelo existente en el campus brindado por la Ingeniera Jirina Tirner (Anexo).

Además:

- Entrevista con distintos profesionales de la UNNE.
- Consulta mediante Trabajos Finales anteriores.

3.1.2. Estudios Básicos

Los datos relevados fueron adquiridos a través de una combinación de actividades de campo y análisis de gabinete. La obtención de información topográfica del campus se llevó a cabo mediante el empleo de instrumentos proporcionados por el Departamento de Vías de Comunicación (Imagen 23).



Imagen 23. Nivel óptico y mira topográfica mediante los cuales se llevó a cabo la nivelación en campo (Fuente: Fotografía propia, 2023).

- Relevamiento topográfico

Se tomó en consideración un antecedente importante: previamente, estudiantes de la FI-UNNE habían realizado un levantamiento topográfico completo de todo el campus universitario, partiendo del punto fijo materializado por el APA (Imagen 24).

Con el objetivo de confirmar la precisión de estos datos, se llevó a cabo una nivelación por rodeo en un tramo del colector 1 tomando como punto de partida el punto fijo mencionado anteriormente ya que no solo garantiza la precisión de las mediciones llevadas a cabo y presentadas en este trabajo, sino que también establece una referencia común para otros proyectos.

Luego, se compararon las cotas resultantes con las obtenidas anteriormente. Esta fase de validación se realizó para verificar la exactitud de la información topográfica existente, proporcionando una base para el diagnóstico (Tabla 4).



Imagen 24. Ubicación del PF N°112 materializado por APA (Fuente: Administración Provincial del Agua).



Imagen 25. Ménsula APA en muro de la UNNE sobre Av. Castelli (Fuente: Fotografía propia, 2023).



Imagen 26. Nivelación por rodeo a partir de la ménsula APA en muro de la UNNE sobre Av. Castelli (Fuente: Fotografía propia, 2023).

Se adjunta la planilla con los datos obtenidos respectivamente:

Tabla 4. Planilla de Nivelación por Rodeo (Fuente: elaboración propia, 2023).

DISTANCIA (m)		LECTURAS HILO MEDIO (m)			COTAS (m)			LECTURAS HILO INFERIOR (m)	LECTURAS HILO SUPERIOR (m)	Error c/pto (m)
PARCIAL	PROGRESIVA	ATRAS	INTERMEDIA	ADELANTE	PLANO VISUAL	PROVISORIA	CORREGIDA			
17	17	1.012					50.25	0.915	1.085	
3.3	20.3			1.326		49.933	49.93	1.309	1.342	0.0002
16	36.3	1.321						1.251	1.411	
36.3	72.6			1.345		49.909	49.91	1.164	1.527	0.0008
18.2	90.8	1.35						1.26	1.442	
23.3	114.1			1.3		49.959	49.96	1.182	1.415	0.0012
21.3	135.4	1.379						1.271	1.484	
28.8	164.2			1.466		49.872	49.87	1.321	1.609	0.0017
29.1	193.3	1.35						1.203	1.494	
-18.8	174.5			1.255		49.967	49.97	1.349	1.161	0.0019
17.3	191.8	1.25						1.165	1.338	
25.5	217.3			1.302		49.915	49.92	1.175	1.43	0.0023
24.4	241.7	1.21						1.087	1.331	
26.6	268.3			1.186		49.939	49.94	1.049	1.315	0.0028
1.9	270.2	1.319						1.32	1.339	
12.7	282.9			1.013		50.245	50.25	0.951	1.078	0.0030

Además, se verificó que la diferencia de cierre sea menor a la tolerancia, es decir:

$$\varepsilon: |P.F. - P.F.*| < \text{Tolerancia}$$

Donde:

- ε : Error de cierre

- P.F.: Cota del Punto fijo N°112
- P.F*.: Cota Provisoria del Punto Fijo N°112

La consideración de la tolerancia de error de cierre es un factor determinante en cualquier trabajo de nivelación. Esta tolerancia se encuentra influenciada por varios elementos, incluyendo la relevancia del proyecto, la precisión de los instrumentos utilizados y las regulaciones vigentes.

En términos generales, la tolerancia de cierre se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$T = m\sqrt{K}$$

Donde:

- T = Tolerancia para el error de cierre en mm
- m = Valor dependiente de los instrumentos, método y tipo de nivelación; siendo este valor igual 5mm para una nivelación de primer orden (Valor adoptado).
- K = Longitud total de la nivelación en Km

Cuando se compara el error de cierre con esta tolerancia y se descubre que el error supera la tolerancia, resulta necesario repetir el proceso de nivelación. Por otro lado, si el error es menor que la tolerancia, se procede a la redistribución de dicho error.

Es importante destacar que la fórmula mencionada anteriormente muestra que la tolerancia está directamente relacionada con la distancia nivelada, lo que justifica por qué uno de los métodos de ajuste de nivelaciones se basa en la distribución proporcional del error en función de las distancias. A continuación, se adjunta la tolerancia y error correspondiente obtenido en la verificación:

Error	-2.00
Tolerancia	2.66

- Relevamiento del sistema de desagües.

Las actividades de campo llevadas a cabo forman parte de la continuidad del trabajo final previamente realizado por estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste. En dicho trabajo se documentó el estado de los componentes de los Colectores 1 y 2, incluyendo cámaras de inspección, sumideros, y cañerías, así como la toma de mediciones de las dimensiones físicas de estos elementos.

A partir del relevamiento realizado, se identificaron diversas situaciones críticas que resultaron determinantes al momento de proponer una nueva solución con el fin de garantizar el funcionamiento adecuado del sistema. Entre las situaciones más relevantes encontradas, se destacan las siguientes:

- Falta de mantenimiento y mala ejecución en componentes del sistema, así como también obstrucción generada por caño de lluvia de 500mm de diámetro en la salida pluvial hacia la Avenida Las Heras. (Imágenes 27 y 28).

- Presencia de raíces de árboles que afectan significativamente una parte del actual Colector 2, generando una obstrucción que supera el 50% de su capacidad (Imagen 29).
- Identificación de tramos que se encuentran en condiciones relativamente buenas, lo que sugiere mantenerlos en su estado actual, pero con la ejecución de limpieza e inspección periódica (Imágenes 30 y 31).

Estas situaciones críticas identificadas en el relevamiento son fundamentales para la formulación de una nueva solución que garantice un sistema de drenaje pluvial eficiente y en óptimas condiciones de funcionamiento en el campus de la UNNE. Las medidas propuestas tienen como objetivo abordar y resolver estas problemáticas, asegurando así un adecuado manejo de las aguas pluviales en la institución.



Imagen 27. Falta de mantenimiento y obstrucción por caño de agua potable en la salida del sistema pluvial por Av. Las Heras (Fuente: Fotografía propia, 2023).



Imagen 28. Cámara 5 del colector 2 en malas condiciones (Fuente: Fotografía propia, 2023).



Imagen 29. Conductos del Colector 2 frente a la Facultad de Ciencias Económicas obstruidos por raíces de árboles circundantes (Fuente: Departamento de Mantenimiento-UNNE, 2018).



Imagen 30. Cámara 12 del Colector 1 en buenas condiciones (Fuente: Fotografía propia, 2023).



Imagen 31. Cámara 12 del Colector 1 en buenas condiciones (Fuente: Fotografía propia, 2023).

3.2. Estudio de la capacidad actual de los desagües pluviales

El 30 de octubre de 2023, se llevó a cabo una observación en campo en respuesta a una precipitación significativa; durante este evento, se pudieron realizar observaciones claves que destacan las deficiencias en el sistema pluvial existente en el campus de la UNNE. Estas observaciones incluyen:

- Deficiencias en el diseño del sistema actual: las observaciones de campo revelaron ciertas características del sistema pluvial actual que contribuyeron a estos problemas. Esto incluye tuberías obsoletas o dañadas, canales insuficientes y una capacidad de almacenamiento inadecuada para gestionar eventos de lluvia intensa (Imagen 32).
- Anegaciones en áreas bajas: se observó que, en áreas con elevaciones más bajas, el agua de lluvia se acumulaba y quedaba estancada debido a la falta de un adecuado drenaje (Imagen 33).
- Inundación de zonas de circulación: tanto las zonas de circulación vehicular como las áreas peatonales se vieron afectadas por inundaciones. Esto tuvo un impacto directo en la movilidad y la accesibilidad de la comunidad durante y después de la precipitación (Imágenes 34 y 35).

Estas observaciones respaldan la necesidad de abordar las deficiencias del sistema pluvial y mejorar su capacidad de gestión de aguas pluviales, además, subrayan la importancia de considerar medidas de rehabilitación con el objetivo de mitigar estos problemas y garantizar la seguridad y la funcionalidad de la infraestructura de drenaje.



Imagen 32. Insuficiencia del sistema actual ante la precipitación del 30 de octubre del 2023
(Fuente: Fotografía propia, 2023).



Imagen 33. Zonas anegadas como consecuencia de la precipitación del 30 de octubre del 2023 (Fuente: Fotografía propia, 2023).



Imagen 34. Problemas de circulación vehicular como consecuencia de la precipitación del 30 de octubre del 2023 (Fuente: Fotografía propia, 2023).



Imagen 35. Zonas anegadas y problemas de circulación como consecuencia de la precipitación del 30 de octubre del 2023 (Fuente: Fotografía propia, 2023).

3.2.1. Hidrología

Con el propósito de llevar a cabo un estudio hidrológico del sistema de desagüe pluvial, se empleó el método del número de curva del Servicio de Conservación de Suelo (SCS). Este enfoque permite la determinación de la precipitación neta o excedente, basándose en la precipitación total registrada en la cuenca y en el análisis del uso del suelo.

Para transformar la precipitación excedente en un hidrograma de escorrentía directa, se recurrió al hidrograma unitario sintético de Delmarva, dado que su comportamiento se asemeja de manera significativa al de los sistemas en llanura.

Un análisis hidrológico detallado requiere subdividir el área de estudio en múltiples subcuencas (Figura 16), tomando en consideración la densidad de elementos de drenaje en el sistema. Una vez que se delimitaron estas subcuencas, se procedió al análisis del uso del suelo con el propósito de determinar los números de curva ponderados, al mismo tiempo que se obtuvieron los tiempos de concentración correspondientes a cada una de ellas.

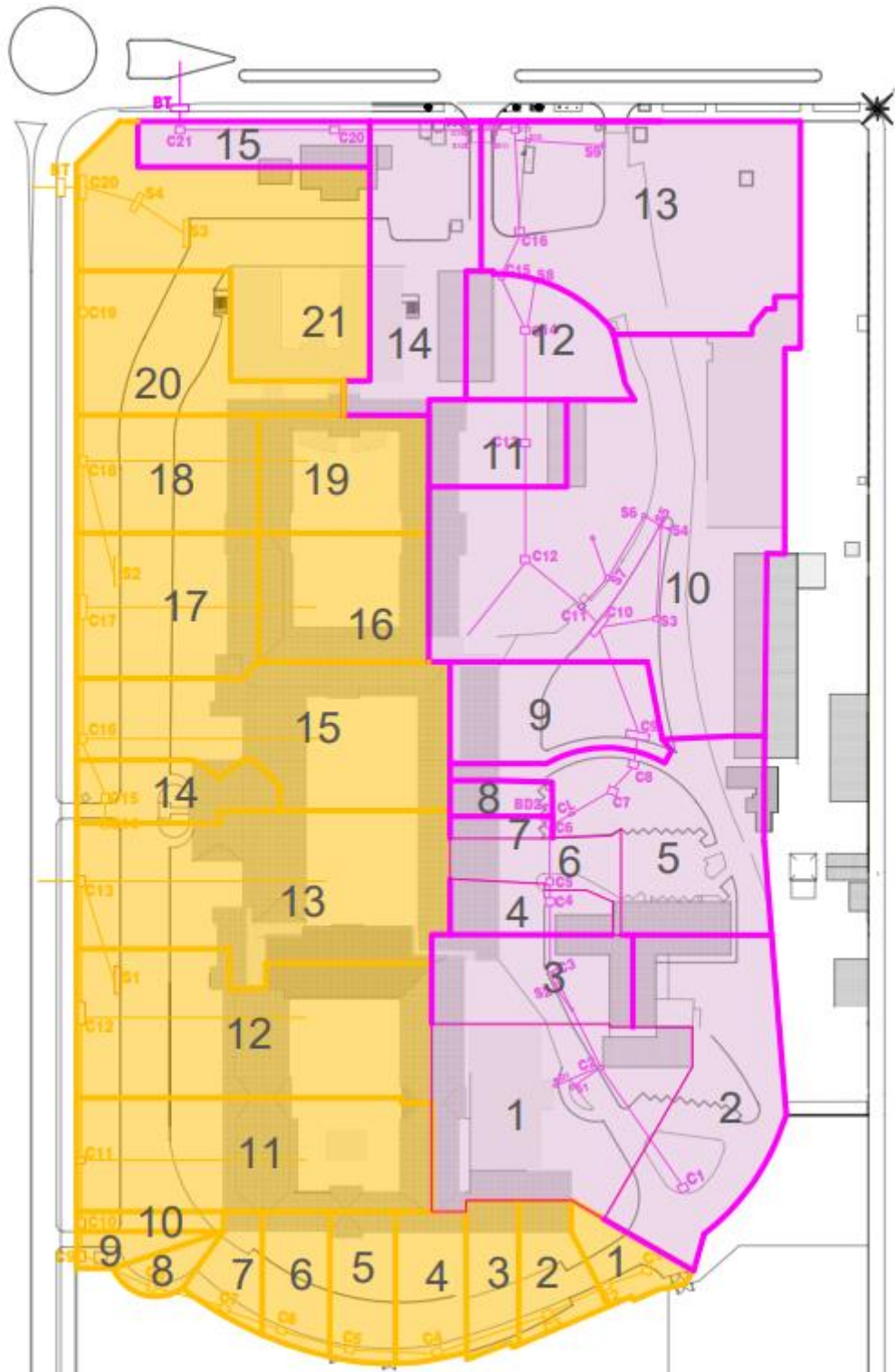


Figura 16. Áreas de aporte actuales - Colector 1 y 2 (Fuente: Elaboración propia).

La obtención del hietograma, que describe la distribución temporal de la lluvia de diseño, se realizó mediante la aplicación del método de bloques alternos. Para la determinación de la duración de lluvia de diseño, se adoptó un enfoque basado en métodos estadísticos para evaluar la precipitación máxima diaria en el AMGR desarrollado por Depettris y colaboradores (2021) evaluando particularmente para el presente trabajo un tiempo de recurrencia de 5 y

10 años, obteniendo un valor de altura de precipitación (hp) hasta el cual extender y acumular los valores y alcanzar así la duración de la lluvia para el hietograma correspondiente.

Diversos métodos de ajuste estadísticos, tales como el método de Loggauss, la distribución de Gumbel, la función de distribución de valores extremos generalizados (GEV), el método de Pearson, y la distribución log-Pearson, fueron aplicadas para analizar la información hidrológica disponible. Cada uno de estos métodos proporcionó estimaciones de la precipitación máxima diaria; sin embargo, se optó por seleccionar la estimación proveniente del método de Pearson ya que se trataba del método con menor error cuadrático medio de la variable (ECMV) con respecto a los demás métodos (Figura 17).

PROBABILIDAD	LOGGAUSS	GUMBEL	GEV	PEARSON	LOGPEARSON
0.0020	273.4	283.4	268.7	262.0	266.7
0.0050	248.0	255.8	246.2	245.7	247.7
0.0100	228.8	234.8	228.5	228.1	228.6
0.0200	209.5	213.8	210.2	210.0	209.4
0.0500	183.5	185.7	184.8	184.8	183.5
0.1000	163.2	164.0	164.5	164.5	163.2
0.2000	141.6	141.4	142.6	142.5	141.6
0.3000	127.8	127.3	128.6	128.2	127.8
0.4000	117.1	116.5	117.7	117.0	117.1
0.5000	107.9	107.3	108.2	107.5	107.9
0.6000	99.4	98.9	99.5	98.7	99.4
0.7000	91.1	90.7	90.8	90.2	91.1
0.8000	82.2	81.9	81.5	81.3	82.2
0.9000	71.3	71.1	69.8	70.8	71.2
0.9500	63.4	63.2	61.1	63.5	63.3
0.9800	55.5	55.2	52.2	56.8	55.4
0.9900	50.9	50.3	46.7	53.0	50.8

Figura 17. Valores de la variable precipitación máxima diaria para distintas probabilidades (Fuente: Análisis de precipitaciones extremas del AMGR, 2021).

Se decidió adoptar un tiempo de recurrencia de 5 años para la tormenta de diseño, esto se justifica considerando que, aunque el área de estudio no alberga residentes permanentes, se busca dimensionar el sistema de drenaje para eventos climáticos más intensos que puedan tener impactos significativos. Adicionalmente, se propuso el análisis para un tiempo de recurrencia de 10 años ya que permite planificar el sistema considerando un margen de seguridad más amplio frente a condiciones climáticas excepcionales.

Finalmente, para la obtención de los hidrogramas de escorrentía directa, se empleó el programa HEC-HMS, proporcionando así un enfoque más preciso y eficiente en la evaluación hidrológica del sistema de drenaje pluvial.

- Áreas de aporte.

Para la identificación y limitación del parteaguas, se llevó a cabo un análisis del plano topográfico del campus. Este proceso implicó considerar una variedad de factores para

entender completamente el sistema de drenaje pluvial en la zona. En primer lugar, se examinaron las descargas provenientes de los techos de los edificios, evaluando tanto la cantidad de agua que generan como su flujo.

Otro aspecto fue observar el comportamiento del sistema de drenaje durante los días de lluvia. Este enfoque permitió evaluar cómo el sistema se comportaba frente a precipitaciones intensas, así como también comprender estos patrones de flujo bajo condiciones de lluvia extrema (Tabla 5 y 6).

Tabla 5. Áreas de aporte de cada Subcuenca - Colector 1 (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	ÁREA
		m2
1	1	587,8
	2	844,9
	3	760,6
	4	1013,5
	5	953,7
	6	883,7
	7	594,7
	8	315,5
	9	326,8
	10	280,4
	11	3897,5
	12	4753,7
	13	5171,3
	14	1092,8
	15	4177,6
	16	2116,2
	17	2544,6
	18	2078,5
	19	1941,4
	20	2518,7
	21	4618,0

Tabla 6. Áreas de aporte de cada Subcuenca - Colector 2 (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	ÁREA m2
2	1	4002,8
	2	3645,5
	3	1737,4
	4	769,3
	5	3435,8
	6	838,2
	7	219,7
	8	348,9
	9	1921,4
	10	9668,0
	11	1157,6
	12	1655,8
	13	5864,1
	14	2983,9
	15	1023,1
TOTAL		39271,6

Área aporte Total= 80744 m2= 8.1 ha

- Análisis del uso del suelo.

A través de la utilización de una imagen satelital georreferenciada de Google Earth, analizada en QGIS, se procedió a determinar el porcentaje de área permeable e impermeable en cada subcuenca de drenaje mediante una clasificación supervisada.

El criterio empleado en la clasificación de las áreas se fundamentó en la consideración de superficies verdes como áreas permeables, mientras que las de techos, pavimentos, veredas y suelo desnudo compactado se categorizaron como impermeables.

La asignación de los números de curva correspondientes a los niveles de humedad antecedente Clase II e $Ia=0,2*S$ según las pautas establecidas por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, para los dos usos de la tierra mencionados anteriormente (Tabla 7).

A continuación, se ofrece una distribución de las áreas impermeables en cada subcuenca, junto con la asignación correspondiente de los números de curva. Se asignó a las áreas permeables una condición hidrológica favorable, caracterizada por la presencia de una cobertura de pasto que abarca más del 75 % del área y pertenece al grupo hidrológico B (Tabla 8), dado que se trata de suelos vegetales con la capacidad de retener significativas cantidades de precipitación.

Tabla 7. Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana para condiciones antecedentes de humedad II (Fuente: Ven Te Chow).

Uso de la tierra o cubierta	Tratamiento o práctica	Condiciones hidrológicas	Grupo hidrológico			
			A	B	C	D
Barbecho	en surco	deficientes	77	86	91	94
Cultivos en líneas	en surco	deficientes	72	81	88	91
	en surco	buenas	67	78	85	89
	en fajas a nivel	deficientes	70	79	81	88
	en fajas a nivel	buenas	65	75	82	86
	en fajas a nivel & terreno	deficientes	66	74	80	82
Cereales	en fajas a nivel & terreno	buenas	62	71	78	81
	en surco	deficientes	65	76	84	88
	en surco	buenas	63	75	83	87
	en fajas a nivel	deficientes	63	74	82	85
	en fajas a nivel	buenas	61	73	81	85
Leguminosa muy densas o praderas en rotación	en fajas a nivel & terreno	deficientes	61	72	79	82
	en fajas a nivel & terreno	buenas	59	70	78	81
	en surco	deficientes	66	77	85	89
	en surco	buenas	58	72	81	85
	en fajas a nivel	deficientes	64	75	83	85
Pastos	en fajas a nivel	buenas	55	69	78	83
	en fajas a nivel & terreno	deficientes	63	73	80	83
	en fajas a nivel & terreno	buenas	51	67	76	80
		deficientes	68	79	86	89
		regulares	49	69	79	84
Praderas (permanentes)		buenas	39	61	74	80
	en faja a nivel	deficientes	47	67	81	88
	en faja a nivel	regulares	25	59	75	83
Bosques	en faja a nivel	buenas	6	35	70	79
		Buenas	30	58	71	78
		deficientes	45	66	77	83
Granjas		regulares	36	60	73	79
		buenas	25	55	70	77
			59	74	82	86
Carreteras sin afirmar			72	82	87	89
Carreteras afirmadas			74	84	90	92

Tabla 8. Números de curva para el uso de suelo y estado de humedad antecedente (Fuente: elaboración propia).

Uso de Suelo	PRACTICA	CONDICION HIDROLOGICA	GRUPO HIDROLOGICO	CN II	CN III
Áreas Permeables	-	buenas	B	61	78

Con estos datos como base, se procede al cálculo del número de curva ponderado permeable para cada subcuenca, considerando dos estados de humedad antecedente: II y III. Este último estado se utiliza de manera específica para verificar el sistema actual y orientar el diseño propuesto (Tabla 9 y 10).

Estos datos revisten gran importancia para la implementación del programa HEC HMS, el cual desempeña un papel importante en la transformación de datos de precipitación en caudal en etapas posteriores del análisis empleando el método del número de curva del Servicio de Conservación de Suelo (SCS).

Tabla 7. Análisis de uso de suelo por subcuencas - Colector 1 (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	ÁREA	AREA IMPERMEABLE	CN ponderado
		m2	%	
1	1	587,8	52	37
	2	844,9	76	19
	3	760,6	70	24
	4	1013,5	66	26
	5	953,7	64	28
	6	883,7	72	22
	7	594,7	76	19
	8	315,5	76	19
	9	326,8	51	38
	10	280,4	64	28
	11	3897,5	62	30
	12	4753,7	67	26
	13	5171,3	72	22
	14	1092,8	61	30
	15	4177,6	74	20
	16	2116,2	60	31
	17	2544,6	48	41
	18	2078,5	50	39
	19	1941,4	76	19
	20	2518,7	51	38
	21	4618,0	55	35
TOTAL		41472,0		

Tabla 8. Análisis de uso de suelo por subcuencas - Colector 2 (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	ÁREA	AREA IMPERMEABLE	CN ponderado
		m2	%	
2	1	4002,8	65	27
	2	3645,5	63	29
	3	1737,4	70	23
	4	769,3	74	20
	5	3435,8	58	33
	6	838,2	69	24
	7	219,7	89	8
	8	348,9	91	7
	9	1921,4	59	32
	10	9668,0	53	37
	11	1157,6	58	33
	12	1655,8	37	49
	13	5864,1	37	49
	14	2983,9	56	34
	15	1023,1	41	46
TOTAL		39271,6		

- Tiempo de concentración.

El tiempo de concentración se define como el período de tiempo requerido para que la gota de agua que experimenta las condiciones hidráulicas menos favorables salga de la cuenca. En este caso, dicho tiempo se constituye por la suma del tiempo necesario para el escurrimiento superficial a través de áreas verdes y por pavimento, hasta alcanzar la entrada a un elemento de desagüe, que puede incluir rejillas o sumideros, entre otros:

$$tc = tv + ti$$

Siendo:

tv: tiempo de escurrimiento superficial por áreas verdes

ti: tiempo de escurrimiento superficial por pavimento

Los tiempos de escurrimiento superficial se han calculado empleando fórmulas empíricas. En una primera instancia, se recurrió a la fórmula de Kirpich, la cual originalmente se desarrolló para su aplicación en cuencas rurales de pequeña magnitud, aunque ha sido ampliamente aceptada en entornos urbanos. Las restricciones dimensionales de esta fórmula son las siguientes:

3 % < S < 10 %; A < 50 has

$$tc = 3,989 * L^{0,77} * S^{-0,385}$$

Dónde:

L: Máxima longitud de recorrido del agua [km].

S: Pendiente media del recorrido.

En el caso de superficie de hormigón o asfalto debe afectarse de un factor = 0,4.

En base al valor de "tc" previamente determinado, se realizó el cálculo de la intensidad de precipitación mediante la utilización de la ecuación de la curva IDF. A partir de la obtención de la intensidad de precipitación, se procedió al cálculo de un nuevo valor de "tc" mediante la aplicación del método de la onda cinemática.

$$t_c = \frac{441 * (L * n)^{0,60}}{(S^{0,30} * i^{0,40})}$$

Dónde:

n: Coeficiente de rugosidad de Manning, se adoptó 0,016 para pavimento teniendo en cuenta el mal estado que actualmente presenta el pavimento y 0,035 para pastos debido a que el flujo de agua se ve influenciado por la presencia de la vegetación (Tabla 11).

i: Intensidad de precipitación (mm/h)

Tabla 9. Valores de n generalmente usados para diseño (Fuente: Hidráulica de Tuberías y Canales, Arturo Rocha).

SUPERFICIE	n
Superficie metálica, lisa, sin pintar	0,012
Superficie metálica, lisa, pintada	0,013
Superficie metálica, corrugada	0,025
Cemento liso	0,011
Mortero de cemento	0,013
Madera cepillada	0,012
Madera sin cepillar	0,013
Tablones sin cepillar	0,014
Concreto liso	0,013
Concreto bien acabado, usado	0,014
Concreto frotachado	0,015
Concreto sin terminar	0,017
Gunita (sección bien terminada)	0,019
Gunita (sección ondulada)	0,022
Superficie asfáltica lisa	0,013
Superficie asfáltica rugosa	0,016
Tierra, limpia, sección nueva	0,018
Tierra, limpia, sección antigua	0,022
Tierra gravosa	0,025
Tierra, con poca vegetación	0,027
Tierra, con vegetación	0,035
Tierra, con piedras	0,035
Tierra, con pedrones	0,040
Para secciones circulares (trabajando como canal)	
Metal, liso	0,010
Acero soldado	0,012
Acero riveteado	0,016
Fierro fundido	0,013 – 0,014
Cemento	0,011 – 0,013
Vidrio	0,010

Luego de obtener un nuevo valor de "tc" a través del método de la onda cinemática, se procedió a recalcular la intensidad de precipitación utilizando las curvas IDF y de manera similar, se estima un valor actualizado de "tc" utilizando la misma fórmula. Este proceso se repite iterativamente hasta que se obtengan dos valores consecutivos de "tc" que sean similares entre sí.

El valor final de "tc" adoptado proviene de la ecuación de onda cinemática, ya que este método se ajusta de manera óptima, considerando especialmente la intensidad de precipitación, que es la variable más relevante en el análisis de cuencas de este tipo.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para un TR de 5 y 10 años, respectivamente:

Tabla 10. Tiempos de Concentración Subcuencas – Colector 1 para un TR= 5 años (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	KIRPICH (1940)	ITERACION 1		ITERACION 2		ITERACION 3		ITERACION 4		ITERACION 5	
			I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)
1	1	0,56	168	2,8	158	2,8	158	2,8	158	2,8	158	2,8
	2	0,71	167	3,4	156	3,4	155	3,4	155	3,4	155	3,4
	3	0,59	168	2,9	158	3,0	157	3,0	157	3,0	157	3,0
	4	0,89	166	4,0	153	4,1	153	4,1	153	4,1	153	4,1
	5	0,72	167	3,4	156	3,5	155	3,5	155	3,5	155	3,5
	6	0,49	168	2,5	159	2,6	159	2,6	159	2,6	159	2,6
	7	0,54	168	2,7	158	2,8	158	2,8	158	2,8	158	2,8
	8	0,66	167	3,1	157	3,2	156	3,2	156	3,2	156	3,2
	9	1,18	165	5,0	150	5,2	149	5,2	149	5,2	149	5,2
	10	1,43	164	5,8	147	6,1	146	6,1	146	6,1	146	6,1
	11	1,40	164	5,7	147	6,0	146	6,0	146	6,0	146	6,0
	12	1,53	163	6,1	146	6,4	145	6,5	145	6,5	145	6,5
	13	1,44	164	5,9	147	6,1	146	6,2	146	6,2	146	6,2
	14	1,45	164	5,9	147	6,2	146	6,2	146	6,2	146	6,2
	15	1,37	164	5,6	147	5,9	147	5,9	147	5,9	147	5,9
	16	1,07	165	4,6	151	4,8	150	4,8	150	4,8	150	4,8
	17	1,18	165	5,0	150	5,2	149	5,2	149	5,2	149	5,2
	18	1,12	165	4,8	150	5,0	150	5,0	150	5,0	150	5,0
	19	1,07	165	4,6	151	4,8	150	4,8	150	4,8	150	4,8
	20	1,39	164	5,7	147	5,9	146	6,0	146	6,0	146	6,0
	21	2,09	161	7,9	140	8,4	139	8,4	139	8,4	139	8,4

Tabla 11. Tiempos de Concentración Subcuencas – Colector 2 para un TR= 5 años (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	KIRPICH (1940)	ITERACION 1		ITERACION 2		ITERACION 3		ITERACION 4		ITERACION 5	
			I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)
2	1	0,94	166	4,2	153	4,3	152	4,3	152	4,3	152	4,3
	2	1,96	162	7,5	141	7,9	140	7,9	140	7,9	140	7,9
	3	0,56	168	2,8	158	2,8	158	2,8	158	2,8	158	2,8
	4	0,27	169	1,6	163	1,6	163	1,6	163	1,6	163	1,6
	5	1,77	162	6,9	143	7,3	142	7,3	142	7,3	142	7,3
	6	0,31	169	1,8	162	1,8	162	1,8	162	1,8	162	1,8
	7	0,28	169	1,6	163	1,6	163	1,6	163	1,6	163	1,6
	8	0,21	169	1,3	164	1,3	164	1,3	164	1,3	164	1,3
	9	0,41	168	2,2	161	2,2	160	2,2	160	2,2	160	2,2
	10	2,79	158	10,0	134	10,6	132	10,7	132	10,7	132	10,7
	11	0,86	166	3,9	154	4,0	153	4,0	153	4,0	153	4,0
	12	1,03	165	4,5	151	4,7	151	4,7	151	4,7	151	4,7
	13	1,19	165	5,0	150	5,2	149	5,2	149	5,2	149	5,2
	14	1,70	163	6,7	144	7,0	143	7,1	143	7,1	143	7,1
	15	0,74	167	3,5	155	3,6	155	3,6	155	3,6	155	3,6

Tabla 12. Tiempos de Concentración Subcuencas – Colector 1 para un TR= 10 años (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	KIRPICH (1940) (min)	ITERACION 1		ITERACION 2		ITERACION 3		ITERACION 4		ITERACION 5	
			I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)
1	1	0,56	187	2,7	177	2,7	177	2,7	177	2,7	177	2,7
	2	0,71	186	3,2	175	3,3	175	3,3	175	3,3	175	3,3
	3	0,59	187	2,8	177	2,8	177	2,8	177	2,8	177	2,8
	4	0,89	186	3,8	172	4,0	172	4,0	172	4,0	172	4,0
	5	0,72	186	3,2	175	3,3	175	3,3	175	3,3	175	3,3
	6	0,49	188	2,4	179	2,5	178	2,5	178	2,5	178	2,5
	7	0,54	187	2,6	178	2,6	177	2,6	177	2,6	177	2,6
	8	0,66	187	3,0	176	3,1	176	3,1	176	3,1	176	3,1
	9	1,18	184	4,8	169	5,0	168	5,0	168	5,0	168	5,0
	10	1,43	183	5,6	166	5,8	165	5,8	165	5,8	165	5,8
	11	1,40	183	5,5	166	5,7	165	5,7	165	5,7	165	5,7
	12	1,53	183	5,9	164	6,1	163	6,1	163	6,1	163	6,1
	13	1,44	183	5,6	165	5,9	164	5,9	164	5,9	164	5,9
	14	1,45	183	5,7	165	5,9	164	5,9	164	5,9	164	5,9
	15	1,37	183	5,4	166	5,6	165	5,6	165	5,6	165	5,6
	16	1,07	185	4,4	170	4,6	169	4,6	169	4,6	169	4,6
	17	1,18	184	4,8	169	5,0	168	5,0	168	5,0	168	5,0
	18	1,12	184	4,6	169	4,8	169	4,8	169	4,8	169	4,8
	19	1,07	185	4,4	170	4,6	169	4,6	169	4,6	169	4,6
	20	1,39	183	5,4	166	5,7	165	5,7	165	5,7	165	5,7
	21	2,09	180	7,6	158	8,0	157	8,0	157	8,0	157	8,0

Tabla 13. Tiempos de Concentración Subcuencas – Colector 2 para un TR= 10 años (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	KIRPICH (1940) (min)	ITERACION 1		ITERACION 2		ITERACION 3		ITERACION 4		ITERACION 5	
			I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)
2	1	0,94	185	4,0	172	4,1	171	4,1	171	4,1	171	4,1
	2	1,96	181	7,2	160	7,5	159	7,5	158	7,5	158	7,5
	3	0,56	187	2,6	177	2,7	177	2,7	177	2,7	177	2,7
	4	0,27	189	1,5	183	1,5	183	1,5	183	1,5	183	1,5
	5	1,77	181	6,6	162	6,9	161	6,9	161	6,9	161	6,9
	6	0,31	188	1,7	182	1,7	182	1,7	182	1,7	182	1,7
	7	0,28	189	1,5	183	1,5	182	1,5	182	1,5	182	1,5
	8	0,21	189	1,2	184	1,3	184	1,3	184	1,3	184	1,3
	9	0,41	188	2,1	180	2,1	180	2,1	180	2,1	180	2,1
	10	2,79	177	9,5	152	10,1	150	10,2	150	10,2	150	10,2
	11	0,86	186	3,7	173	3,8	172	3,8	172	3,8	172	3,8
	12	1,03	185	4,3	170	4,5	170	4,5	170	4,5	170	4,5
	13	1,19	184	4,8	168	5,0	168	5,0	168	5,0	168	5,0
	14	1,70	182	6,4	162	6,7	161	6,7	161	6,7	161	6,7
	15	0,74	186	3,3	175	3,4	174	3,4	174	3,4	174	3,4

- Hietograma de Lluvia de diseño.

La obtención del hietograma de lluvia de diseño se llevó a cabo mediante la aplicación del método de bloques alternos, que se basa en el análisis de las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF).

Se emplearon las curvas IDF correspondientes al Área Metropolitana del Gran Resistencia, las cuales han sido actualizadas hasta el año 2019 por la Dirección de Estudios Básicos del APA (Figura 18) y se encuentran aprobadas según lo establecido en la Resolución 1334/21.

En el desarrollo del hietograma, se utilizó como base el método convencional de bloques alternos, pero se implementó una modificación para el coeficiente de avance de la tormenta con el propósito de simular condiciones más desfavorables, el cual se estableció en 0,25. Esta elección se basa en la necesidad de contemplar la variabilidad en los tiempos de concentración previamente calculados, por lo que al adoptar este ajuste se busca una representación más adecuada debido a la necesidad de una respuesta más rápida y eficiente por parte del sistema.

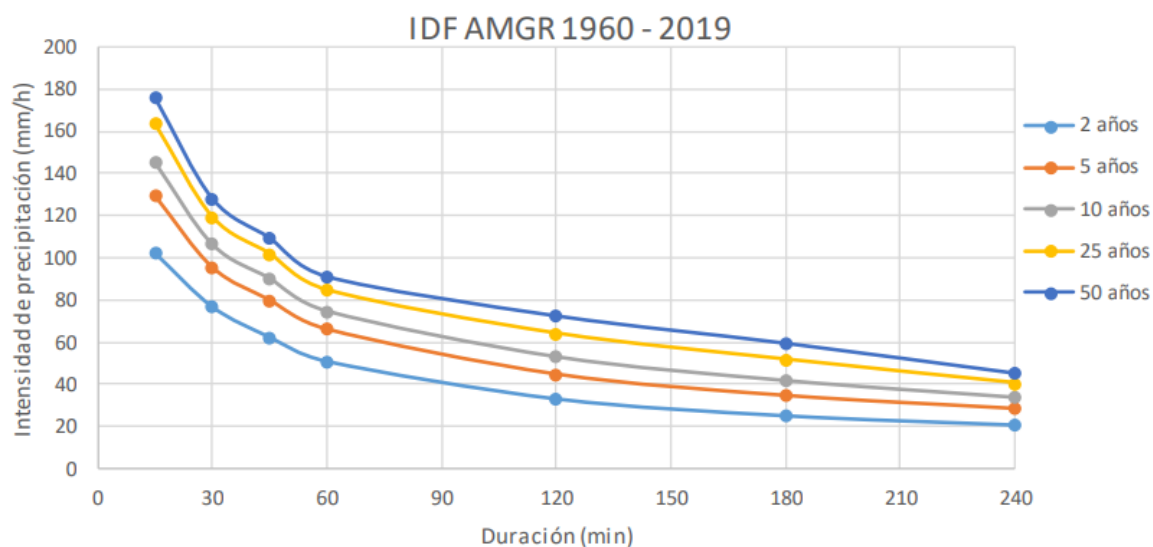


Figura 18. Curvas IDF del Área Metropolitana Del Gran Resistencia (Fuente: Dirección de Estudios Básicos del APA, 2019).

Tabla 14. Parámetros de la tormenta de diseño en Desagües Pluviales Urbanos del AMGR (Fuente: Dirección de Estudios Básicos del APA).

TR (años)	Parámetros		
	A	B	C
2	2711,632	29,742	0,871
5	2725,371	29,434	0,820
10	2740,193	29,190	0,791
25	2760,347	28,989	0,755
50	2786,493	28,757	0,741

Las planillas correspondientes al análisis de los hietogramas de la tormenta de diseño utilizando el método modificado de bloques alternos para los TR de 5 años y 10 años se pueden observar en los Anexos.

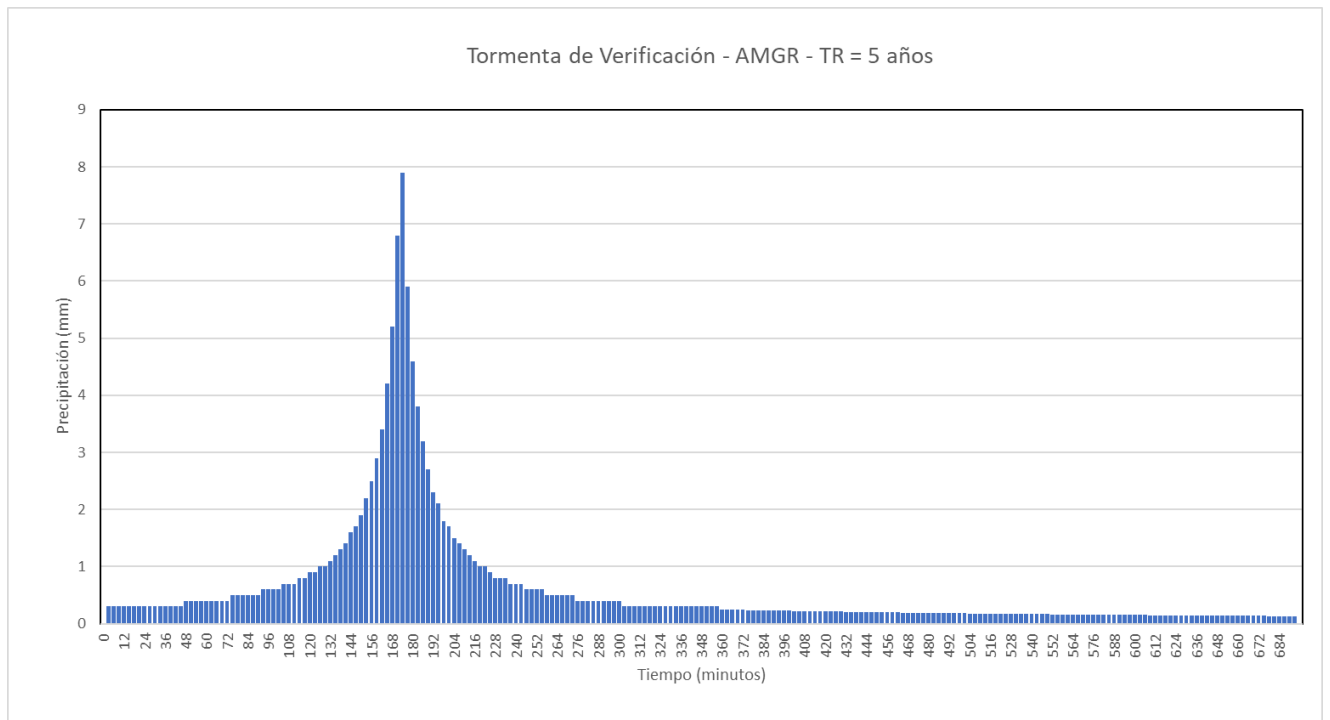


Figura 19. Hietograma de Diseño – TR= 5 años (Fuente: elaboración propia).

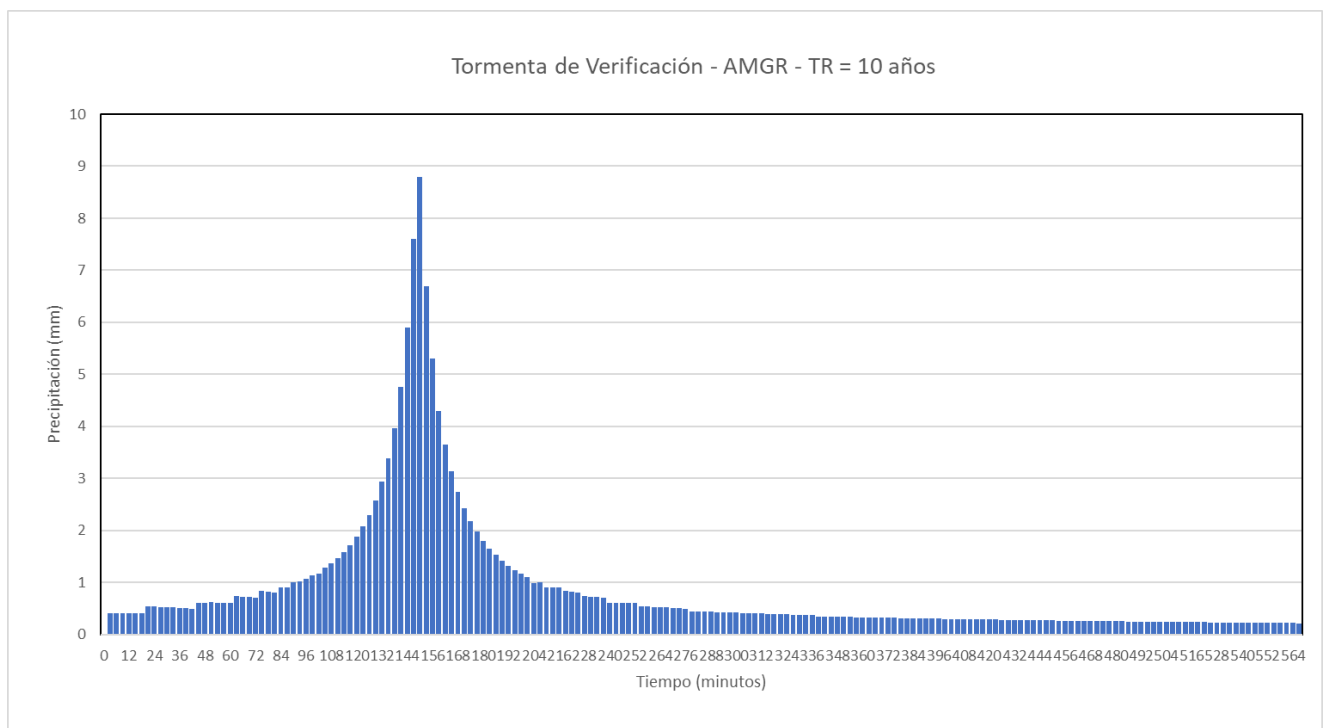


Figura 20. Hietograma de Diseño – TR= 10 años (Fuente: elaboración propia).

- Modelación hidrológica a través de HEC-HMS

En función de la información previamente recopilada y analizada, se procede a la obtención de los hidrogramas de escurrimiento directo (Figura 21), los volúmenes en exceso y las abstracciones hidrológicas. Para llevar a cabo este proceso, se ha empleado el programa HEC-HMS, el cual utiliza como método la pérdida propuesta por el número de curva "CN" y como modelo de transformación el hidrograma adimensional de Delmarva. Este enfoque permite una evaluación detallada de los patrones de escurrimiento y la distribución de caudales en respuesta a eventos pluviales específicos.

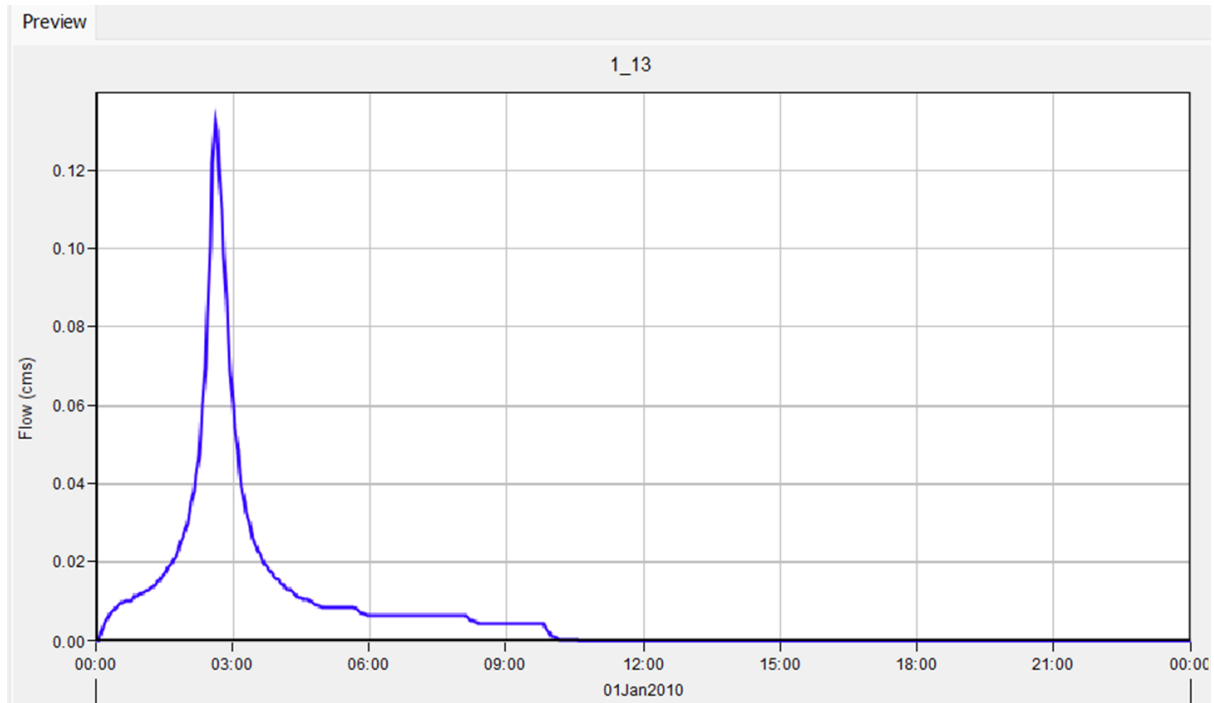


Figura 21. Hidrograma de la Subcuenca 1_13 para un TR de 10 años - Colector 1.

- Lluvia de diseño

Para realizar la modelación hidrológica con la tormenta de diseño, se utilizó la condición de humedad antecedente clase III, ya que es la que se considera para la etapa de diseño, por tratarse de la peor condición, obteniéndose los mayores caudales para cada subcuenca.

Los parámetros de entrada al modelo para cada una de las mismas son el hietograma de diseño (Figuras 19 y 20), el área de aporte en km², número de curva ponderado permeable (CN ponderado), Lag Time (Tiempo de retardo= $0,6 \cdot T_c$) en minutos y el porcentaje de área impermeable (Tablas 19 y 20).

Tabla 15. Parámetros de entrada al modelo HEC HMS - Colector 1 (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	ÁREA	ÁREA IMPERMEABLE	CN pond	TR 5 años		TR 10 años	
		m2	%		Tc (min)	Lag time (min)	Tc (min)	Lag time (min)
1	1	587,8	52	37	2,85	1,71	2,72	1,63
	2	844,9	76	19	3,45	2,07	3,29	1,97
	3	760,6	70	24	2,97	1,78	2,84	1,70
	4	1013,5	66	26	4,15	2,49	3,96	2,37
	5	953,7	64	28	3,47	2,08	3,31	1,99
	6	883,7	72	22	2,57	1,54	2,46	1,47
	7	594,7	76	19	2,77	1,66	2,64	1,58
	8	315,5	76	19	3,23	1,94	3,09	1,85
	9	326,8	51	38	5,21	3,13	4,97	2,98
	10	280,4	64	28	6,10	3,66	5,81	3,49
	11	3897,5	62	30	6,01	3,60	5,72	3,43
	12	4753,7	67	26	6,45	3,87	6,15	3,69
	13	5171,3	72	22	6,16	3,69	5,87	3,52
	14	1092,8	61	30	6,19	3,72	5,90	3,54
	15	4177,6	74	20	5,89	3,54	5,62	3,37
	16	2116,2	60	31	4,82	2,89	4,60	2,76
	17	2544,6	48	41	5,21	3,13	4,97	2,98
	18	2078,5	50	39	5,00	3,00	4,77	2,86
	19	1941,4	76	19	4,82	2,89	4,60	2,76
	20	2518,7	51	38	5,96	3,57	5,67	3,40
	21	4618,0	55	35	8,39	5,03	7,98	4,79

Tabla 16. Parámetros de entrada al modelo HEC HMS - Colector 2 (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	ÁREA	ÁREA IMPERMEABLE	CN pond	TR 5 años		TR 10 años	
		m2	%		Tc (min)	Lag time (min)	Tc (min)	Lag time (min)
2	1	4002,8	65	27	4,32	2,59	4,12	2,47
	2	3645,5	63	29	7,92	4,75	7,54	4,52
	3	1737,4	70	23	2,83	1,70	2,70	1,62
	4	769,3	74	20	1,61	0,97	1,54	0,92
	5	3435,8	58	33	7,29	4,37	6,94	4,16
	6	838,2	69	24	1,78	1,07	1,70	1,02
	7	219,7	89	8	1,62	0,97	1,55	0,93
	8	348,9	91	7	1,32	0,79	1,26	0,76
	9	1921,4	59	32	2,23	1,34	2,13	1,28
	10	9668,0	53	37	10,70	6,42	10,17	6,10
	11	1157,6	58	33	4,02	2,41	3,83	2,30
	12	1655,8	37	49	4,68	2,81	4,46	2,68
	13	5864,1	37	49	5,24	3,14	4,99	2,99
	14	2983,9	56	34	7,06	4,23	6,72	4,03
	15	1023,1	41	46	3,57	2,14	3,41	2,05

A continuación, se presenta una tabla resumen con las áreas totales, caudales picos obtenidos con sus respectivos tiempos al pico y volúmenes de excesos para cada subcuenca:

Tabla 17. Resultados de la Modelación Hidrológica en HEC HMS - Colector 1 para TR 10 años
(Fuente: elaboración propia).

Subcuencas	Área (m2)	Caudal pico (m3/seg)	Tiempo al pico	Escurrimiento (mm)	VED (m3)
1_1	587,82	0,0125	2:33	92,31	54,26
1_2	844,89	0,0235	2:36	126,24	106,66
1_3	760,61	0,022	2:33	116,28	88,44
1_4	1013,47	0,025	2:36	109,84	111,32
1_5	953,74	0,0247	2:36	106,96	102,01
1_6	883,72	0,0262	2:33	119,59	105,68
1_7	594,69	0,0183	2:33	126,24	75,07
1_8	315,47	0,0104	2:33	126,24	39,82
1_9	326,81	0,0056	2:36	91,53	29,91
1_10	280,42	0,0068	2:36	109,96	30,83
1_11	3897,50	0,0863	2:36	104,32	406,59
1_12	4753,68	0,113	2:36	111,49	529,99
1_13	5171,32	0,1329	2:36	119,59	618,44
1_14	1092,77	0,0238	2:36	102,70	112,23
1_15	4177,63	0,1114	2:36	122,91	513,47
1_16	2116,18	0,0468	2:36	101,48	214,75
1_17	2544,63	0,0444	2:36	89,54	227,85
1_18	2078,50	0,0388	2:36	90,81	188,75
1_19	1941,44	0,054	2:36	126,24	245,09
1_20	2518,70	0,0456	2:36	91,53	230,54
1_21	4618,04	0,084	2:39	95,62	441,58

Tabla 18. Resultados de la Modelación Hidrológica en HEC HMS - Colector 1 para TR 5 años
(Fuente: elaboración propia).

Subcuencas	Área (m2)	Caudal pico (m3/seg)	Tiempo al pico	Escurrimiento (mm)	VED (m3)
1_1	587,82	0,011	2:57	77,12	45,33
1_2	844,89	0,0207	3:00	108,22	91,43
1_3	760,61	0,0196	2:57	99,68	75,82
1_4	1013,47	0,022	3:00	93,98	95,25
1_5	953,74	0,0218	3:00	91,21	86,99
1_6	883,72	0,0233	2:57	102,53	90,61
1_7	594,69	0,0162	2:57	108,22	64,36
1_8	315,47	0,0093	2:57	108,22	34,14
1_9	326,81	0,0049	3:00	76,29	24,93
1_10	280,42	0,006	3:00	91,21	25,58
1_11	3897,50	0,0756	3:00	88,64	345,47
1_12	4753,68	0,0989	3:00	95,41	453,55
1_13	5171,32	0,1165	3:00	102,53	530,21
1_14	1092,77	0,0208	3:00	87,22	95,31
1_15	4177,63	0,0976	3:00	105,38	440,24
1_16	2116,18	0,0411	3:00	86,02	182,03
1_17	2544,63	0,0386	3:00	74,09	188,53
1_18	2078,50	0,0341	3:00	75,50	156,93
1_19	1941,44	0,0471	3:00	108,22	210,10
1_20	2518,70	0,04	3:00	76,29	192,15
1_21	4618,04	0,0732	3:03	80,32	370,92

Tabla 19. Resultados de la Modelación Hidrológica en HEC HMS - Colector 2 para TR 10 años
(Fuente: elaboración propia).

Subcuencas	Área (m2)	Caudal pico (m3/seg)	Tiempo al pico	Escorrimento (mm)	VED (m3)
2_1	4002,76	0,098	2:36	108,37	433,78
2_2	3645,49	0,0761	2:39	105,61	385,00
2_3	1737,43	0,0475	2:33	116,27	202,01
2_4	769,29	0,024	2:33	122,91	94,55
2_5	3435,76	0,0672	2:36	99,21	340,86
2_6	838,15	0,0223	2:33	114,62	96,07
2_7	219,72	0,0072	2:33	147,83	32,48
2_8	348,91	0,011	2:33	151,151	52,74
2_9	1921,44	0,0454	2:33	100,32	192,76
2_10	9668,02	0,16	2:39	93,85	907,34
2_11	1157,59	0,0264	2:36	99,21	114,84
2_12	1655,85	0,0276	2:36	82,85	137,19
2_13	5864,12	0,0937	2:39	82,85	485,84
2_14	2983,95	0,0578	2:36	96,59	288,22
2_15	1023,14	0,0174	2:36	84,63	86,59

Tabla 20. Resultados de la Modelación Hidrológica en HEC HMS - Colector 2 para TR 5 años
(Fuente: elaboración propia).

Subcuencas	Área (m2)	Caudal pico (m3/seg)	Tiempo al pico	Escorrimento (mm)	VED (m3)
2_1	4002,76	0,0863	3:00	92,57	370,54
2_2	3645,49	0,065	3:03	89,89	327,69
2_3	1737,43	0,042	2:57	99,68	173,19
2_4	769,29	0,0214	2:57	105,38	81,07
2_5	3435,76	0,0587	3:03	83,76	287,78
2_6	838,15	0,0199	2:57	98,26	82,36
2_7	219,72	0,0064	2:57	126,74	27,85
2_8	348,91	0,0099	2:57	129,59	45,22
2_9	1921,44	0,0405	2:57	84,86	163,05
2_10	9668,02	0,139	3:03	78,48	758,75
2_11	1157,59	0,0233	3:00	83,76	96,96
2_12	1655,85	0,0225	3:00	66,96	110,88
2_13	5864,12	0,0762	3:00	66,96	392,66
2_14	2983,95	0,0505	3:00	81,31	242,62
2_15	1023,14	0,0145	3:00	68,99	70,59

-Sistema Externo

Para el análisis hidrológico del sistema externo, se tendrá en cuenta los resultados del estudio realizado por Romero y Veliz Rach (2023), ingenieros civiles egresados de la Facultad de Ingeniería que fueron mencionados anteriormente por la elaboración del trabajo final titulado “Readecuación del Sistema de Desagües Pluviales y Pavimento del Campus UNNE. Sede Resistencia”.

Dado que la descarga de los dos colectores depende del nivel aguas abajo del colector principal San Lorenzo, se tendrá en cuenta el comportamiento de este colector para una precipitación de 2 años de tiempo de recurrencia.

A continuación, se proporcionan los parámetros que fueron necesarios para llevar a cabo la simulación hidrológica en el programa HEC-HMS.

Tabla 21. *Tiempos de escurrimientos en conductos para obtener el tiempo de concentración*
(Fuente: Readecuación del Sistema de Desagües Pluviales y Pavimento del Campus UNNE Sede Resistencia, Romero y Veliz Rach, 2023).

Tramo 1: Conducto desde Triunvirato hasta rotonda Av. Las Heras-Av. Castelli		
Descripcion	Designacion	Cantidad
Diametro (m)	D	0,6
Seccion (m2)	Ω	0,28
Radio Hidraulico (m)	RH	0,15
Pendiente supuesta (cm/km)	S	20
Coef. de Manning	η	0,016
Velocidad (m/s)	V	0,25
Caudal (m3/seg)	Q	0,071
Longitud (m)	L	500
Tiempo (min)	T	33
Tramo 2: Conducto secundario (Av. Castelli), desde rotonda Av. Las Heras-Av. Castelli a conducto principal San Lorenzo		
Descripcion	Designacion	Cantidad
Ancho (m)	B	1,5
Alto (m)	H	0,9
Seccion (m2)	Ω	1,35
Perimetro Mojado (m)	PM	3,3
Radio Hidraulico (m)	RH	0,41
Pendiente supuesta (cm/km)	S	20
Coef. de Manning	η	0,016
Velocidad (m/s)	V	0,487
Caudal (m3/seg)	Q	0,658
Longitud (m)	L	200
Tiempo (min)	T	7

Tabla 22. Valores de n dados por Horton (Fuente: Libro Cálculos hidrológicos e hidráulicos, Máximo Villón).

Superficie	Condiciones de las paredes			
	Perfectas	Buenas	Medianas	Malas
Tubería hierro forjado negro comercial	0.012	0.013	0.014	0.015
Tubería fierro forjado galvanizado comercial	0.013	0.014	0.015	0.017
Tubería de latón o vidrio	0.009	0.010	0.011	0.013
Tubería acero remachado en espiral	0.013	0.015*	0.017*	
Tubería de barro vitrificado	0.010	0.013*	0.015	0.017
Tubos comunes de barro para drenaje	0.011	0.012*	0.014*	0.017
Tabique vidriado	0.011	0.012	0.013	0.015
Tabique con mortero de cemento; albañales de tabique	0.012	0.013	0.015*	0.017
Superficies de cemento pulido	0.010	0.011	0.012	0.013
Superficies aplanadas con mortero de cemento	0.011	0.012	0.013*	0.015
Tuberías de concreto	0.012	0.013	0.015*	0.016
Tuberías de duela	0.010	0.011	0.012	0.013

Al sumar el tiempo que el agua tarda en escurrir a través de ambos conductos, se obtiene un tiempo de concentración igual a 40 minutos.

El tiempo de retardo se establece en 24 minutos.

El área de aporte se calcula en 0.140198 km², lo que equivale a 14.02 hectáreas.

La determinación del área de aporte se basó en datos recopilados del estudio de los desagües en la zona sur de Resistencia. Además, se utilizó la topografía de las calles circundantes al terreno de la UNNE y la observación del comportamiento del sistema durante días de lluvia (ANEXO).

Tabla 23. Uso de suelo de la cuenca del Colector San Lorenzo (Fuente: Readecuación del Sistema de Desagües Pluviales y Pavimento del Campus UNNE Sede Resistencia, Romero y Veliz Rach, 2023).

Colector San Lorenzo								
COBERTURA DEL SUELO	ÁREA (%)	PRÁCTICA	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	GRUPO HIDROLÓGICO	CN II	CN III	CN III pond.	CN II pond.
Áreas Permeables	21.00%	-	Buenas	B	61	78	16.4	12.8
Áreas Impermeables	79.00%	-	-	-	90	95	75.4	71.1
Total	100.00%						92	84

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en la modelación para una lluvia de diseño:

Tabla 24. Resultados de la Modelación Hidrológica en HEC-HMS para lluvia de diseño (Fuente: Readecuación del Sistema de Desagües Pluviales y Pavimento del Campus UNNE Sede Resistencia, Romero y Veliz Rach, 2023).

Resultados HEC-HMS. Colector San Lorenzo							
Subcuenca	Qp (m3/s)	Tp (hs)	P (m3)	Perdida (m3)	Exceso (m3)	Tb (min)	Perido de escurrimiento (hs)
San Lorenzo	1,0939	1:04	7571	2816,8	4753,9	287	00:11-04:58

3.2.2. Hidráulica

Las dimensiones requeridas para los diversos tramos del sistema se han calculado aplicando los principios de la hidráulica general que regulan el escurrimiento por gravedad. Estos cálculos se basan en los caudales generados por la tormenta de diseño en las diversas subcuencas de aporte del sistema.

Ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Siendo:

- V: Velocidad media del agua (m/s)
- Rh: Radio hidráulico (m)
- P: Pendiente (m/m)
- n: coeficiente de rugosidad (adimensional)

Ecuación de continuidad:

$$Q = A * V$$

Donde:

- Q: Caudal (m3/seg)

- A: Sección de cañería (m²)
- V: Velocidad de escurrimiento según Manning (m/s)

Simultáneamente, se llevó a cabo la simulación hidráulica utilizando el programa Storm Water Management Model (SWMM). Para la simulación hidráulica de la red de conductos, se empleó el método de la Onda Dinámica, el cual se basa en las ecuaciones unidimensionales de Saint Venant.

Este modelo de transporte con la Onda Dinámica permite considerar una serie de efectos, como el almacenamiento en los conductos, la formación de resaltos hidráulicos, el flujo inverso, el flujo presurizado y la capacidad de definir las condiciones bajo las cuales se produce la descarga en el elemento receptor (Conducto San Lorenzo), lo cual significa que se puede establecer si la descarga del sistema interno se produce con un nivel variable o fijo en el sistema externo.

Por lo tanto, este enfoque permite representar el comportamiento del sistema de una manera más realista, evitando simplificaciones excesivas presentes en los métodos estáticos.

Para llevar a cabo la modelación, es necesario definir la red de drenaje, que se materializa a través de nudos de conexión, conductos y nudos de vertido. Los nudos de conexión representan elementos como cámaras, sumideros, rejillas, cambios de sección, entre otros. Por otro lado, los nudos de vertido representan los puntos de salida del sistema, es decir, dónde se produce la descarga.

Una vez que se ha configurado la red de drenaje (Figura 22), se procede a cargar los parámetros correspondientes, que incluyen información sobre los nodos de conexión, los conductos y los nudos de vertido. Esto implica especificar datos como:

- Nudos de conexión: Cota de fondo, profundidad, hidrogramas de escurrimiento directo obtenidos en la modelación hidrológica, área de inundación, etc.
- Conductos: Diámetro o sección, longitud, coeficiente de rugosidad de Manning, desnivel de entrada y salida, etc.
- Nudos de Vertido: Cota de Fondo, nivel Fijo (Tipo de descarga adoptada, por ser la más desfavorable).

Finalmente, con todos estos datos configurados, se realiza la modelación y se procede a la evaluación de los resultados generados por el modelo.

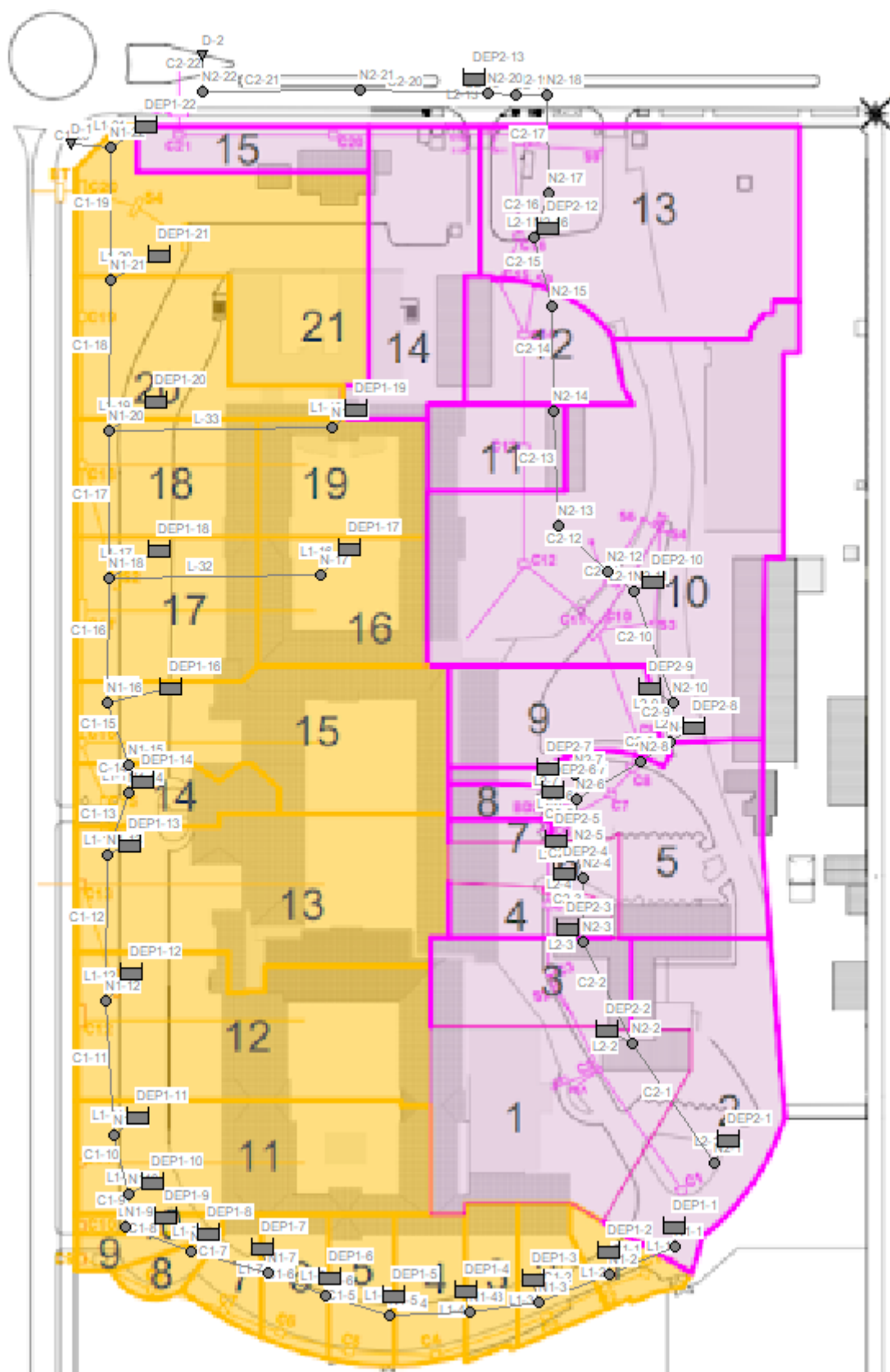


Figura 22. Red de drenaje actual (Fuente: elaboración propia a partir del programa SWMM).

Antes de proceder con la simulación, se llevó a cabo la estimación de la altura máxima que alcanzaría el agua en el conducto San Lorenzo. Para el análisis hidráulico, se ha optado por emplear la cota de descarga del sistema externo como condición de borde, la cual se corresponde con un tiempo de recurrencia de 2 años del estudio mencionado previamente. Esta elección se fundamenta en la ausencia de estudios básicos específicos para la zona en estudio y en la consideración de que estos estudios van más allá de los límites y alcances establecidos por el presente trabajo.

Este cálculo se realizó con el propósito de definir el valor de la cota del nivel fijo en el nudo de vertido, con el fin de modelar el sistema en su condición más desfavorable. La altura del agua en el conducto se determinó utilizando la ecuación de Manning a partir del caudal máximo de escurrimiento, que en este caso fue de 1.0939 m³/s (Tabla 28).

Se determinó la altura del agua en el conducto San Lorenzo, la cual resultó ser de 1.04 metros. Para establecer el valor de la cota del nivel fijo en el nodo de vertido, se consideró la cota de fondo del sumidero en la Avenida Las Heras, que fue de 48.234 m. Esta elección se hizo en lugar de utilizar la cota del sumidero en la Avenida Castelli, con el fin de obtener un nivel fijo más crítico.

La reducción en el valor de la cota de fondo se debió a la distancia entre el sumidero de la Avenida Las Heras y el conducto San Lorenzo, considerando una pendiente mínima de 1/5000 (equivalente a 20 cm/km). Además, se consideró una altura de sedimento en el conducto San Lorenzo equivalente al 10% de su altura, lo que resultó en una altura de sedimento de 0.11 m.

Por lo tanto, resulta un nivel fijo= $(48.234 - (1/5000) * 250 + 1.04 + 0.11)$ m= 49.334 m.

Con los resultados obtenidos de la modelación hidrológica, se realizaron dos modelaciones hidráulicas:

- Conductos actuales para un Tiempo de Recurrencia igual a 5 y 10 años.

El propósito de esta simulación es comparar y verificar los resultados generados por el modelo con los datos reales recopilados durante el día de la lluvia como por ejemplo la mancha y el tiempo de inundación que se observó en el sitio durante el evento (Imágenes 36 y 37).

A continuación, se adjuntan los resultados obtenidos en la modelación:

Tabla 25. Resultados de la Modelación Hidráulica en SWMM - Colector 1 para TR 5 años
(Fuente: elaboración propia).

CONDUCTO	DIÁMETRO	LONGITUD	PENDIENTE	RUGOSIDAD	INLET	OUTLET	CAUDAL prom.	CAUDAL pico	RH	Velocidad	Sección	Caudal OFERTA
	m	m	mm/m	n	m	m	m ³ /s	m ³ /s	m	m/s	m ²	m ³ /s
C1-1	0,4	29	2	0,018	0,268	0,254	0,003	0,006	0,100	0,535	0,126	0,067
C1-2	0,4	21,3	0	0,018	0,243	0,231	0,006	0,02	0,100	0,000	0,126	0,000
C1-3	0,4	21	3	0,018	0,245	0,166	0,01	0,035	0,100	0,656	0,126	0,082
C1-4	0,4	24	1	0,018	0,195	0,244	0,016	0,051	0,100	0,378	0,126	0,048
C1-5	0,4	20,6	0	0,018	0,236	0,206	0,02	0,067	0,100	0,000	0,126	0,000
C1-6	0,4	20,6	3	0,018	0,165	0,187	0,025	0,081	0,100	0,656	0,126	0,082
C1-7	0,4	26,67	2	0,018	0,204	0,163	0,017	0,047	0,100	0,535	0,126	0,067
C1-8	0,4	27,73	1	0,018	0,187	0,298	0,018	0,048	0,100	0,378	0,126	0,048
C1-9	0,6	8,65	-5	0,018	0,24	0,213	0,019	0,046	0,150	1,109	0,283	0,314
C1-10	0,6	11,5	2	0,018	0,209	0,225	0,02	0,045	0,150	0,701	0,283	0,198
C1-11	0,6	49,95	1	0,018	0,219	0,269	0,023	0,051	0,150	0,496	0,283	0,140
C1-12	0,6	38,25	1	0,018	0,256	0,239	0,035	0,083	0,150	0,496	0,283	0,140
C1-13	0,6	20,4	-3	0,018	0,184	0,314	0,054	0,123	0,150	0,859	0,283	0,243
C1-14	0,6	7,07	5	0,018	0,303	0,257	0,061	0,131	0,150	1,109	0,283	0,314
C1-15	0,6	17,65	3	0,018	0,283	0,306	0,061	0,131	0,150	0,859	0,283	0,243
C1-16	0,6	41,9	1	0,018	0,312	0,254	0,079	0,163	0,150	0,496	0,283	0,140
C1-17	0,6	44,75	-1	0,018	0,193	0,277	0,09	0,217	0,150	0,496	0,283	0,140
C1-18	0,6	43,5	0	0,018	0,253	0,303	0,106	0,256	0,150	0,000	0,283	0,000
C1-19	0,6	43,32	1	0,018	0,308	0,303	0,118	0,289	0,150	0,496	0,283	0,140
C1-20	0,6	5,05	-1	0,018	0,296	0,349	0,133	0,357	0,150	0,496	0,283	0,140

4 Pendientes negativas
3 Conductos más críticos

Tabla 26. Resultados de la Modelación Hidráulica en SWMM - Colector 2 para TR 5 años
(Fuente: elaboración propia).

CONDUCTO	DIÁMETRO	LONGITUD	PENDIENTE	RUGOSIDAD	INLET	OUTLET	CAUDAL prom.	CAUDAL pico	RH	Velocidad	Sección	Caudal OFERTA
	m	m	mm/m	n	m	m	m ³ /s	m ³ /s	m	m/s	m ²	m ³ /s
C2-1	0,4	38	1	0,1	0,278	0,241	0,004	0,01	0,100	0,068	0,126	0,009
C2-2	0,4	28	1	0,1	0,197	0,294	0,011	0,024	0,100	0,068	0,126	0,009
C2-3	0,4	17,7	0	0,02	0,271	0,315	0,019	0,041	0,100	0,000	0,126	0,000
C2-4	0,4	13,82	3	0,02	0,321	0,191	0,024	0,052	0,100	0,590	0,126	0,074
C2-5	0,4	4,8	7	0,02	0	0,225	0,027	0,059	0,100	0,901	0,126	0,113
C2-6	0,4	0,11	12	0,02	0	0,672	0,001	0,004	0,100	1,180	0,126	0,148
C2-7	0,4	29,3	4	0,02	0,211	0,415	0,029	0,063	0,100	0,681	0,126	0,086
C2-8	0,6	19	-1	0,02	0,468	0,21	0,029	0,063	0,150	0,446	0,283	0,126
C2-9	0,6	7,9	-3	0,02	0,109	0,173	0,035	0,072	0,150	0,773	0,283	0,219
C2-10	0,6	34,08	0	0,02	0,335	0,389	0,039	0,079	0,150	0,000	0,283	0,000
C2-11	0,6	9,25	-11	0,02	0,25	0,317	0,055	0,109	0,150	1,480	0,283	0,419
C2-12	0,6	20,2	3	0,02	0,325	0,301	0,055	0,109	0,150	0,773	0,283	0,219
C2-13	0,6	29,95	0	0,02	0,322	0,294	0,055	0,11	0,150	0,000	0,283	0,000
C2-14	0,6	31,4	1	0,02	0,299	0,289	0,06	0,122	0,150	0,446	0,283	0,126
C2-15	0,6	24,75	-4	0,02	0,252	0,306	0,065	0,144	0,150	0,893	0,283	0,252
C2-16	0,6	11,13	3	0,02	0,327	0,255	0,08	0,173	0,150	0,773	0,283	0,219
C2-17	0,6	35,2	1	0,02	0,253	0,206	0,08	0,173	0,150	0,446	0,283	0,126
C2-18	0,6	5,1	-11	0,02	0,127	0,329	0,08	0,173	0,150	1,480	0,283	0,419
C2-19	0,6	9,35	20	0,02	0,265	0,107	0,08	0,173	0,150	1,996	0,283	0,564
C2-20	0,6	35,55	2	0,02	0,252	0,136	0,092	0,216	0,150	0,631	0,283	0,178
C2-21	0,6	48,5	0	0,02	0,178	0,296	0,095	0,227	0,150	0,000	0,283	0,000
C2-22	0,6	5,35	55	0,02	0,21	0,007	0,095	0,227	0,150	3,310	0,283	0,936

5 Pendientes negativas
3 Conductos más críticos

Tabla 27. Resultados de la Modelación Hidráulica en SWMM - Colector 1 para TR 10 años
(Fuente: elaboración propia).

CONDUCTO	DIÁMETRO m	Longitud m	PENDIENTE mm/m	RUGOSIDAD n	INLET m	OUTLET m	CAUDAL prom. m3/s	CAUDAL pico m3/s	RH m	Velocidad m/s	Sección m2	Caudal OFERTA m3/s
C1-1	0,4	29	2	0,018	0,268	0,254	0,003	0,007	0,100	0,535	0,126	0,067
C1-2	0,4	21,3	0	0,018	0,243	0,231	0,008	0,023	0,100	0,000	0,126	0,000
C1-3	0,4	21	3	0,018	0,245	0,166	0,008	0,04	0,100	0,656	0,126	0,082
C1-4	0,4	24	1	0,018	0,195	0,244	0,013	0,057	0,100	0,378	0,126	0,048
C1-5	0,4	20,6	0	0,018	0,236	0,206	0,019	0,075	0,100	0,000	0,126	0,000
C1-6	0,4	20,6	3	0,018	0,165	0,187	0,03	0,092	0,100	0,656	0,126	0,082
C1-7	0,4	26,67	2	0,018	0,204	0,163	0,018	0,041	0,100	0,535	0,126	0,067
C1-8	0,4	27,73	1	0,018	0,187	0,298	0,019	0,043	0,100	0,378	0,126	0,048
C1-9	0,6	8,65	-5	0,018	0,24	0,213	0,021	0,041	0,150	1,109	0,283	0,314
C1-10	0,6	11,5	2	0,018	0,209	0,225	0,022	0,042	0,150	0,701	0,283	0,198
C1-11	0,6	49,95	1	0,018	0,219	0,269	0,03	0,064	0,150	0,496	0,283	0,140
C1-12	0,6	38,25	1	0,018	0,256	0,239	0,049	0,099	0,150	0,496	0,283	0,140
C1-13	0,6	20,4	-3	0,018	0,184	0,314	0,072	0,132	0,150	0,859	0,283	0,243
C1-14	0,6	7,07	5	0,018	0,303	0,257	0,077	0,139	0,150	1,109	0,283	0,314
C1-15	0,6	17,65	3	0,018	0,283	0,306	0,077	0,139	0,150	0,859	0,283	0,243
C1-16	0,6	41,9	1	0,018	0,312	0,254	0,104	0,19	0,150	0,496	0,283	0,140
C1-17	0,6	44,75	-1	0,018	0,193	0,277	0,133	0,231	0,150	0,496	0,283	0,140
C1-18	0,6	43,5	0	0,018	0,253	0,308	0,13	0,277	0,150	0,000	0,283	0,000
C1-19	0,6	43,32	1	0,018	0,308	0,303	0,142	0,315	0,150	0,496	0,283	0,140
C1-20	0,6	5,05	-1	0,018	0,296	0,349	0,166	0,392	0,150	0,496	0,283	0,140

4 Pendientes negativas
4 Conductos más críticos

Tabla 28. Resultados de la Modelación Hidráulica en SWMM - Colector 2 para TR 10 años
(Fuente: elaboración propia).

CONDUCTO	DIÁMETRO m	Longitud m	PENDIENTE mm/m	RUGOSIDAD n	INLET m	OUTLET m	CAUDAL prom. m3/s	CAUDAL pico m3/s	RH m	Velocidad m/s	Sección m2	Caudal OFERTA m3/s
C2-1	0,4	38	1	0,1	0,278	0,241	0,004	0,009	0,100	0,068	0,126	0,009
C2-2	0,4	28	1	0,1	0,197	0,294	0,011	0,024	0,100	0,068	0,126	0,009
C2-3	0,4	17,7	0	0,02	0,271	0,315	0,022	0,036	0,100	0,000	0,126	0,000
C2-4	0,4	13,82	3	0,02	0,321	0,191	0,027	0,047	0,100	0,590	0,126	0,074
C2-5	0,4	4,8	7	0,02	0	0,225	0,031	0,056	0,100	0,901	0,126	0,113
C2-6	0,4	0,11	12	0,02	0	0,672	0,001	0,004	0,100	1,180	0,126	0,148
C2-7	0,4	29,3	4	0,02	0,211	0,415	0,033	0,057	0,100	0,681	0,126	0,086
C2-8	0,6	19	-1	0,02	0,468	0,21	0,033	0,057	0,150	0,446	0,283	0,126
C2-9	0,6	7,9	-3	0,02	0,109	0,173	0,041	0,068	0,150	0,773	0,283	0,219
C2-10	0,6	34,08	0	0,02	0,335	0,389	0,042	0,073	0,150	0,000	0,283	0,000
C2-11	0,6	9,25	-11	0,02	0,25	0,317	0,061	0,105	0,150	1,480	0,283	0,419
C2-12	0,6	20,2	3	0,02	0,325	0,301	0,061	0,106	0,150	0,773	0,283	0,219
C2-13	0,6	29,95	0	0,02	0,322	0,294	0,061	0,106	0,150	0,000	0,283	0,000
C2-14	0,6	31,4	1	0,02	0,299	0,289	0,082	0,149	0,150	0,446	0,283	0,126
C2-15	0,6	24,75	-4	0,02	0,252	0,306	0,089	0,171	0,150	0,893	0,283	0,252
C2-16	0,6	11,13	3	0,02	0,327	0,255	0,109	0,193	0,150	0,773	0,283	0,219
C2-17	0,6	35,2	1	0,02	0,253	0,206	0,109	0,192	0,150	0,446	0,283	0,126
C2-18	0,6	5,1	-11	0,02	0,127	0,329	0,109	0,192	0,150	1,480	0,283	0,419
C2-19	0,6	9,35	20	0,02	0,265	0,107	0,109	0,192	0,150	1,996	0,283	0,564
C2-20	0,6	35,55	2	0,02	0,252	0,136	0,124	0,237	0,150	0,631	0,283	0,178
C2-21	0,6	48,5	0	0,02	0,178	0,296	0,128	0,251	0,150	0,000	0,283	0,000
C2-22	0,6	5,35	55	0,02	0,21	0,007	0,128	0,251	0,150	3,310	0,283	0,936

5 Pendientes negativas
3 Conductos más críticos

En resumen, los resultados obtenidos a través de la simulación hidráulica se asemejan a lo que se observó en el terreno.

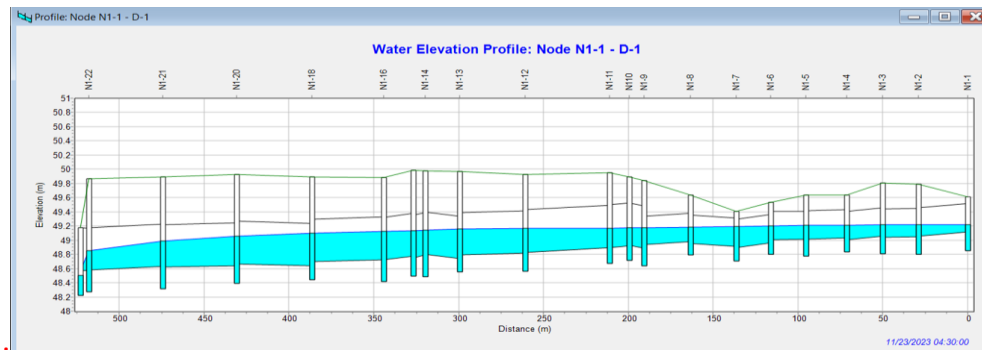


Figura 23. Perfil del nivel de agua en la hora más crítica para un TR de 5 años- Colector 1
(Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del programa SWMM).

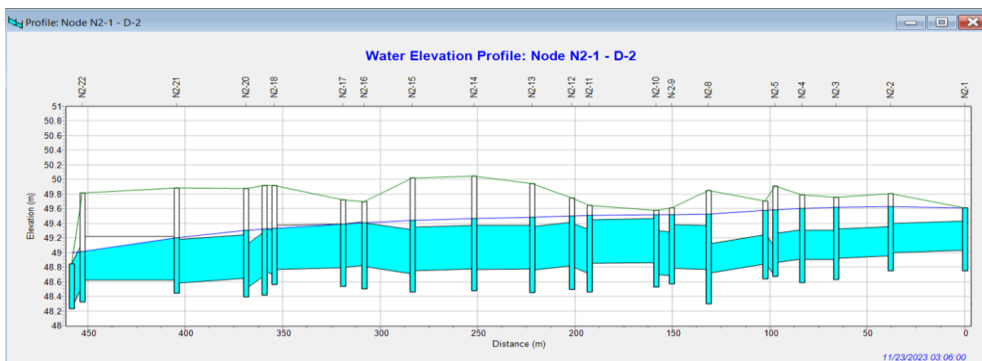


Figura 24. Perfil del nivel de agua en la hora más crítica para un TR de 5 años- Colector 2
(Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del programa SWMM).

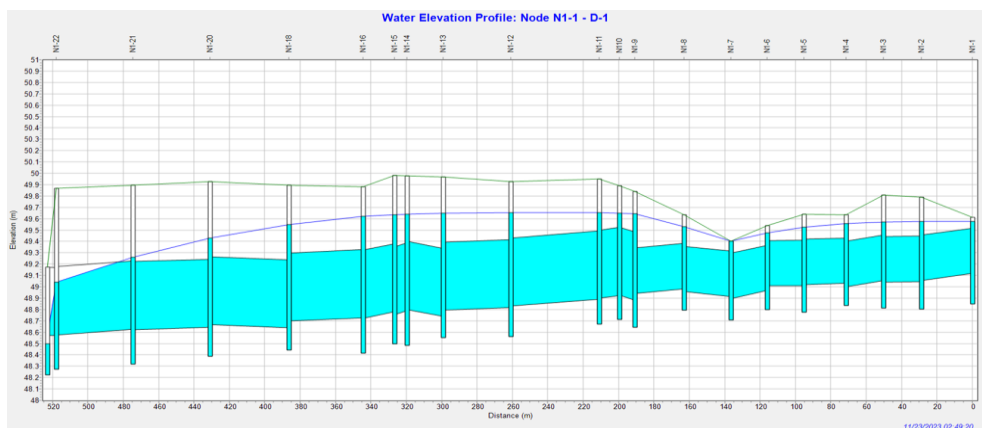


Figura 25. Perfil del nivel de agua en la hora más crítica para un TR de 10 años- Colector 1
(Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del programa SWMM).

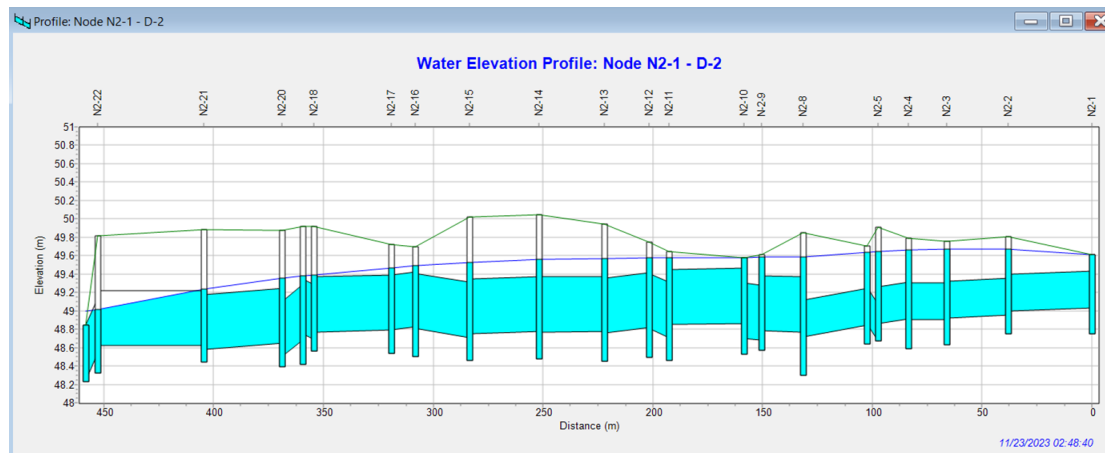


Figura 26. Perfil del nivel de agua en la hora más crítica para un TR de 10 años- Colector 2 (Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del programa SWMM).



Imagen 36. Respuesta del sistema ante la precipitación del 30 de octubre del 2023 - Colector 1 (Fuente: fotografía propia).



Imagen 37. Respuesta del sistema ante la precipitación del 30 de octubre del 2023 - Colector 2 (Fuente: fotografía propia).

Finalmente se puede concluir que la capacidad que tiene el sistema actual, teniendo en cuenta el almacenamiento en calles, es insuficiente para la demanda generada por una lluvia de diseño de 5 y 10 años de tiempo de retorno.

CAPÍTULO IV: Soluciones técnicas

4.1. Readecuación del sistema de desagües pluviales del campus UNNE sede Resistencia con zanja (método tradicional)

El trabajo final anteriormente mencionado propone reemplazar todos los elementos de desagües deteriorados, obsoletos, mal ejecutados y los que no tienen capacidad suficiente para conducir los excesos generados por la lluvia de diseño de 2 años de tiempo de retorno con el fin de resolver los constantes problemas de anegamientos que presenta la UNNE y para realizar dicha propuesta, se siguieron los siguientes lineamientos:

- 1) Mantener las dimensiones de los sumideros externos.
- 2) El sistema principal se modifica por completo y en el secundario se mantienen los que pueden transportar todos los excesos generados por la lluvia de diseño sin generarse inundación, se encuentran en buen estado y además tienen un recorrido corto que facilita la limpieza para los caños con diámetros menores a 600mm.
- 3) Disminuir en la mayor medida posible la variedad de diámetros, por cuestiones constructivas.
- 4) Optimizar el transporte de los caños mediante la elección de los diámetros, con la finalidad de permitir introducir los caños más chicos en el interior de los de mayor diámetro.
- 5) Se adoptó la pendiente de $1/5000=20\text{cm/km}$ para todos los tramos principales, con la finalidad de no modificar el fondo de los sumideros externos.
- 6) Mantener la ubicación de los elementos de desagües (sumideros, cámaras, etc.) o en su defecto moverlo pocos metros de su ubicación actual.
- 7) Agregar nuevos elementos de desagües en los sectores donde no existen y el agua se acumula por mucho tiempo, por ejemplo, el estacionamiento ubicado a la salida de la UNNE.
- 8) Se adoptaron caños PEAD para todos los tramos principales y secundarios, con un diámetro mínimo de 0,60 m por motivo de limpieza. En el anexo se puede observar el catálogo de Tigre ADS.
- 9) Los conductos de patio interno se reemplazan en su totalidad por caños PEAD, porque varios tramos no tienen capacidad de conducción, están mal contruidos (sección aguas abajo menor al de aguas arriba), muy obstruidos por sedimentos, etc.
- 10) Readecuar el recorrido de las instalaciones eléctricas o de agua, de manera de evitar interferencias.
- 11) Las cámaras y sumideros son de mampostería.
- 12) Se realizan modificaciones.
- 12) El desagüe de techo de arquitectura se readecua con el objetivo de facilitar el escurrimiento y la ejecución.

A partir de los hidrogramas obtenidos con el programa HEC HMS para la lluvia de diseño en cada subcuenca y cargados en el programa EPA SWMM, se realiza la modelación hidráulica con el método de la onda dinámica, se obtiene los diámetros necesarios de los conductos,

85

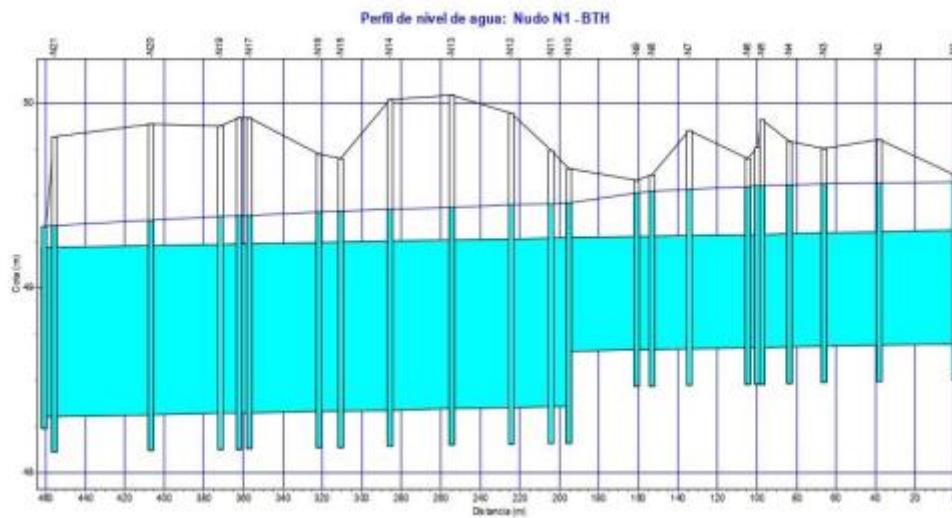


Figura 29. Situación más crítica - Colector 2 (Fuente: Readecuación del Sistema de Desagües Pluviales y Pavimento del Campus UNNE Sede Resistencia, Romero y Veliz Rach, 2023).

El caudal máximo a la salida de cada colector es:

Colector 1: 0,78 m³/s a los 41 minutos.

Colector 2: 0,53 m³/s a los 39 minutos.

Tabla 29. Diámetros, cotas, tapadas, etc. - Colector 1 (Fuente: Readecuación del Sistema de Desagües Pluviales y Pavimento del Campus UNNE Sede Resistencia, Romero y Veliz Rach, 2023).

CUADRO RESUMEN SOLUCIÓN TÉCNICA COLECTOR 1															
Tramo	ELEMENTO		Longitud	Cota Intrados		Cota Fondo		Tapada		Fondo de zanja		Pendiente	Diámetro comercial	Diámetro interno o H	Diámetro externo
	Aguas Arriba	Aguas Abajo		Inicio (Aguas Arriba)	Final (Aguas Abajo)	Inicio (Aguas Arriba)	Final (Aguas Abajo)	Inicio (Aguas Arriba)	Final (Aguas Abajo)	Inicio (Aguas Arriba)	Final (Aguas Abajo)				
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(mm)	(mm)	(mm)
S0-C1	S0	C1	8.1	49.312	49.31	48.498	48.496	0.441	0.412	1.280	1.251	0.0002	600	614	719
C1-C2	C1	C2	29	49.31	49.304	48.496	48.490	0.412	0.487	1.251	1.326	0.0002	600	614	719
C2-C3	C2	C3	21.3	49.304	49.30	48.490	48.486	0.487	0.556	1.326	1.395	0.0002	600	614	719
C3-C4	C3	C4	21	49.30	49.296	48.486	48.482	0.556	0.338	1.395	1.177	0.0002	600	614	719
C4-C5	C4	C5	24	49.296	49.291	48.482	48.477	0.338	0.489	1.177	1.328	0.0002	600	614	719
C5-C6	C5	C6	20.6	49.291	49.287	48.477	48.473	0.489	0.283	1.328	1.122	0.0002	600	614	719
C6-C7	C6	C7	20.6	49.287	49.283	48.473	48.469	0.283	0.444	1.122	1.283	0.0002	600	614	719
C7-C8	C7	C8	26.67	49.283	49.278	48.469	48.464	0.444	0.616	1.283	1.455	0.0002	600	614	719
C8-C9	C8	C9	27.73	49.278	49.272	48.464	48.458	0.616	0.574	1.455	1.413	0.0002	600	614	719
C9-C10	C9	C10	8.65	49.272	49.27	48.458	48.456	0.574	0.636	1.413	1.475	0.0002	600	614	719
C10-C11	C10	C11	11.5	49.27	49.268	48.456	48.153	0.636	0.541	1.810	1.715	0.0002	900	915	1054
DPI1-CL1	DPI1	CL1	32.4	49.381	49.375	48.567	48.561	0.518	0.576	1.357	1.415	0.0002	600	614	719
CL1-R1	CL1	R1	25.3	49.375	49.37	48.561	48.556	0.576	0.357	1.415	1.196	0.0002	600	614	719
R1-C11	R1	C11	11.5	49.37	49.368	48.556	48.554	0.493	0.441	1.332	1.280	0.0002	600	614	719
C11-C12	C11	C12	49.95	49.268	49.258	48.153	48.143	0.541	0.537	1.715	1.711	0.0002	900	915	1054
DPI2-CL2	DPI2	CL2	33.75	49.371	49.364	48.557	48.550	0.528	0.469	1.367	1.308	0.0002	600	614	719
CL2-R3	CL2	R3	25	49.364	49.359	48.550	48.545	0.469	0.296	1.308	1.135	0.0002	600	614	719
R3-C12	R3	C12	11.5	49.359	49.357	48.545	48.543	0.446	0.438	1.285	1.277	0.0002	600	614	719
S1-R3	S1	R3	11	49.361	49.359	48.547	48.545	0.419	0.457	1.258	1.296	0.0002	600	614	719
C12-C13	C12	C13	38.25	49.258	49.25	48.545	48.135	0.537	0.594	1.711	1.768	0.0002	900	915	1054
DPI3-CL3	DPI3	CL3	35	49.364	49.357	48.550	48.543	0.536	0.552	1.375	1.391	0.0002	600	614	719
CL3-R4	CL3	R4	27.15	49.357	49.352	48.543	48.538	0.552	0.359	1.391	1.198	0.0002	600	614	719
R4-C13	R4	C13	11.5	49.352	49.35	48.538	48.536	0.47	0.494	1.309	1.333	0.0002	600	614	719
C13-C14	C13	C14	20.4	49.25	49.246	48.135	48.131	0.594	0.611	1.768	1.785	0.0002	900	915	1054
C14-C15	C14	C15	7.07	49.246	49.245	48.131	48.130	0.556	0.477	1.730	1.651	0.0002	900	915	1054
C15-C16	C15	C16	17.65	49.245	49.241	48.130	48.126	0.671	0.639	1.845	1.813	0.0002	900	915	1054
DPI4-CL4	DPI4	CL4	35	49.355	49.348	48.541	48.534	0.525	0.552	1.364	1.391	0.0002	600	614	719
CL4-R5	CL4	R5	27.15	49.348	49.343	48.534	48.529	0.552	0.387	1.391	1.226	0.0002	600	614	719
R5-C16	R5	C16	11.5	49.348	49.346	48.529	48.532	0.484	0.434	1.323	1.273	0.0002	600	614	719
C16-C17	C16	C17	41.9	49.241	49.233	48.126	48.118	0.639	0.536	1.813	1.710	0.0002	900	915	1054
DPI5-CL5	DPI5	CL5	33.6	49.346	49.339	48.532	48.525	0.518	0.391	1.357	1.230	0.0002	600	614	719
CL5-R6	CL5	R6	25	49.339	49.334	48.525	48.520	0.391	0.292	1.230	1.131	0.0002	600	614	719
R6-C17	R6	C17	11.7	49.334	49.332	48.520	48.518	0.341	0.564	1.180	1.403	0.0002	600	614	719
S2-R6	S2	R6	11	49.336	49.334	48.522	48.520	0.339	0.498	1.178	1.337	0.0002	600	614	719
C17-C18	C17	C18	44.75	49.233	49.224	48.118	48.109	0.536	0.664	1.710	1.838	0.0002	900	915	1054
DPI6-CL6	DPI6	P1	33.4	49.337	49.33	48.523	48.516	0.538	0.529	1.377	1.368	0.0002	600	614	719
CL6-R7	P1	R7	24.5	49.33	49.325	48.516	48.511	0.529	0.371	1.368	1.210	0.0002	600	614	719
R7-C18	R7	C18	11.95	49.325	49.323	48.511	48.509	0.525	0.565	1.364	1.404	0.0002	600	614	719
C18-C19	C18	C19	43.5	49.224	49.215	48.109	48.100	0.664	0.605	1.838	1.779	0.0002	900	915	1054
C19-C20	C19	C20	42.32	49.215	49.207	48.100	48.092	0.605	0.561	1.779	1.735	0.0002	900	915	1054
S13- S14	S13	S14	36	49.439	49.432	48.625	48.496	0.300	0.308	1.139	1.147	0.0002	600	614	719
S14- S3	S14	S3	37	49.310	49.303	48.496	48.489	0.308	0.307	1.147	1.146	0.0002	600	614	719
S3-S4	S3	S4	15.65	49.303	49.299	48.489	48.485	0.510	0.453	1.349	1.292	0.0002	600	614	719
S4-C20	S4	C20	15.9	49.299	49.296	48.485	48.092	0.453	0.472	1.292	1.311	0.0002	600	614	719
C20-BT	C20	BT	5.05	49.207	49.206	48.092	48.224	0.561	0.494	1.735	1.668	0.0002	900	915	1054

Tabla 30. Diámetros, cotas, tapadas, etc. - Colector 2 (Fuente: Readequación del Sistema de Desagües Pluviales y Pavimento del Campus UNNE Sede Resistencia, Romero y Veliz Rach, 2023).

CUADRO RESUMEN SOLUCIÓN TÉCNICA COLECTOR 2															
Tramo	ELEMENTO		Longitud	Cota Intrados		Cota Fondo		Tapada		Fondo de zanja		Pendiente	Diámetro comercial	Diámetro interno o H	Diámetro externo
	Aguas Arriba	Aguas Abajo		Inicio (Aguas Arriba)	Final (Aguas Abajo)	Inicio (Aguas Arriba)	Final (Aguas Abajo)	Inicio (Aguas Arriba)	Final (Aguas Abajo)	Inicio (Aguas Arriba)	Final (Aguas Abajo)				
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(mm)	(mm)	(mm)
C1-C2	C1	C2	38	49.31	49.302	48.496	48.488	0.406	0.502	1.245	1.341	0.0002	600	614	719
C2-C3	C2	C3	28	49.302	49.297	48.488	48.483	0.502	0.569	1.341	1.408	0.0002	600	614	719
C3-C4	C3	C4	17.7	49.297	49.293	48.483	48.479	0.569	0.590	1.408	1.429	0.0002	600	614	719
C4-C5	C4	C5	13.82	49.293	49.290	48.479	48.476	0.590	0.550	1.429	1.389	0.0002	600	614	719
C5-REJA	C5	REJA	2.5	49.290	49.290	48.476	48.476	0.550	0.471	1.389	1.310	0.0002	600	614	719
REJA-C6	REJA	C6	4.8	49.290	49.289	48.476	48.475	0.471	0.547	1.310	1.386	0.0002	600	614	719
BD2-C6	BD2	C6	5.95	49.379	49.378	48.565	48.475	0.462	0.547	1.301	1.386	0.0002	600	614	719
C6-C7	C6	C7	29.3	49.289	49.283	48.475	48.469	0.547	0.479	1.386	1.318	0.0002	600	614	719
C7-C8	C7	C8	19	49.283	49.279	48.469	48.465	0.479	0.502	1.318	1.341	0.0002	600	614	719
C8-C9	C8	C9	7.9	49.279	49.278	48.465	48.464	0.334	0.302	1.173	1.141	0.0002	600	614	719
C9-C10	C9	C10	34.08	49.278	49.271	48.464	48.156	0.419	0.595	1.258	1.434	0.0002	600	614	719
S3-C10	S3	C10	24.96	49.330	49.325	48.516	48.156	0.394	0.541	1.233	1.380	0.0002	600	614	719
C10-C11	C10	C11	9.25	49.271	49.269	48.156	48.154	0.376	0.475	1.550	1.649	0.0002	900	915	1054
S5-S6	S5	S6	8.4	49.469	49.428	49.075	48.492	0.171	0.178	-	-	0.0049	-	200	-
S6-S7	S6	S7	11.9	49.306	49.304	48.492	48.490	0.473	0.456	1.312	1.295	0.0002	600	614	719
S7-C11	S7	C11	11.7	49.304	49.301	48.490	48.154	0.456	0.443	1.295	1.282	0.0002	600	614	719
C11-C12	C11	C12	20.2	49.269	49.265	48.154	48.150	0.556	0.579	1.730	1.753	0.0002	900	915	1054
C12-C13	C12	C13	29.95	49.265	49.259	48.150	48.144	0.579	0.686	1.753	1.860	0.0002	900	915	1054
C13-C14	C13	C14	31.4	49.259	49.253	48.144	48.138	0.686	0.787	1.860	1.961	0.0002	900	915	1054
S8-C14	S8	C14	16.5	49.405	49.402	48.591	48.138	0.410	0.466	1.249	1.305	0.0002	600	614	719
C14-C15	C14	C15	24.75	49.253	49.248	48.138	48.133	0.466	0.619	1.640	1.793	0.0002	900	915	1054
C15-C16	C15	C16	11.13	49.248	49.246	48.133	48.131	0.453	0.478	1.627	1.652	0.0002	900	915	1054
C16-C17	C16	C17	35.2	49.246	49.239	48.131	48.125	0.583	0.781	1.757	1.955	0.0002	900	915	1054
S9-S9	S9	S9	14	49.480	49.477	48.666	48.655	0.300	0.292	1.139	1.131	0.0002	600	614	719
S9-S10	S9	S10	23.15	49.469	49.464	48.655	48.650	0.374	0.461	1.213	1.300	0.0002	600	614	719
S10-C17	S10	C17	5	49.464	49.463	48.650	48.125	0.218	0.679	1.057	1.518	0.0002	600	614	719
C17-C18	C17	C18	5.1	49.239	49.238	48.125	48.123	0.679	0.683	1.853	1.857	0.0002	900	915	1054
S11-C18	S11	C18	3.93	49.748	49.572	49.271	48.123	0.126	0.349	-	-	0.0448	160	-	-
C18-C19	C18	C19	9.35	49.238	49.236	48.123	48.121	0.683	0.638	1.857	1.812	0.0002	900	915	1054
S12-C19	S12	C19	4.05	49.666	49.492	49.155	48.121	0.176	0.382	-	-	0.043	160	-	-
C19-C20	C19	C20	35.55	49.236	49.229	48.121	48.114	0.638	0.655	1.812	1.829	0.0002	900	915	1054
C20-C21	C20	C21	48.5	49.229	49.219	48.114	48.104	0.655	0.487	1.829	1.661	0.0002	900	915	1054
C21-BT	C21	BT	5.35	49.219	49.218	48.104	48.234	0.487	0.340	1.661	1.514	0.0002	900	915	1054

Referencias:

No se modifica con respecto al actual

Pasaron de Colector 2 a 1

Esta solución se realizó para el grado de impermeabilización actual ya que el FIS está próximo al máximo permitido por la Municipalidad de Resistencia (FIS=0,7) y además no se tienen proyectadas nuevas construcciones a futuro. En caso de que se siga impermeabilizando, se propone las siguientes medidas no estructurales:

- 1) Pavimento permeable, en lugar de redirigir el agua de las superficies impermeables. Puede utilizarse concreto poroso, adoquines, etc.
- 2) Techos verdes de las nuevas edificaciones, que permiten la captación del agua y mejoran el aislamiento térmico de los edificios.
- 3) Recolección de agua de lluvia mediante un depósito, donde luego esta puede ser utilizada para riego de los espacios verdes.
- 4) Cubrir el suelo desnudo mediante el uso de panes de césped.
- 5) Agregar más árboles.

4.2. Rehabilitación del Sistema de Desagües Pluviales del Campus UNNE - Sede Resistencia sin zanja (método no destructivo)

El sistema de drenaje pluvial del campus de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), como se mencionó anteriormente, se compone de dos colectores principales, uno situado en el lado de la Avenida Castelli y otro en el lado de la Avenida Las Heras.

Con el fin de abordar las problemáticas existentes y mejorar el sistema de drenaje, se ha desarrollado una nueva propuesta que se centra en aliviar la carga del sistema actual y resolver los desafíos planteados. Para lograr esto, se ha decidido dividir el sistema en tres colectores principales, manteniendo en gran medida las cañerías existentes, pero realizando algunas modificaciones necesarias.

El primer colector existente se dividirá en dos, siendo denominados como colector 1 y colector 2 respectivamente, esta división permitirá una distribución más eficiente de las aguas pluviales y contribuirá a evitar la saturación de las cañerías.

Por otro lado, el actual colector 2 ubicado en la Avenida Las Heras experimentará una modificación significativa en su descarga final. Este último se renombrará como Colector 3 (Figura 30).

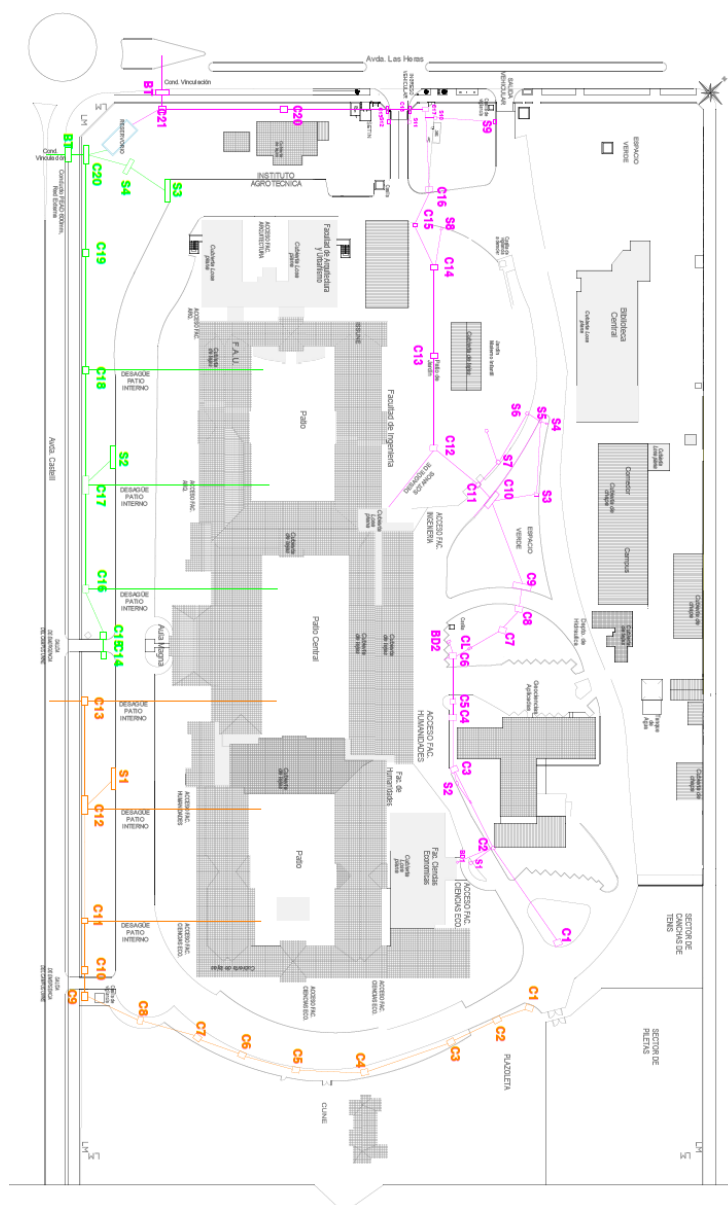


Figura 30. Sistema propuesto, colector 1 (naranja), colector 2 (verde), colector 3 (violeta)
(Fuente: elaboración propia a partir de los planos otorgados por el Departamento de Mantenimiento UNNE).

Colector 1

El colector 1 mantendrá su trayecto actual, con la excepción de que ahora su punto de descarga se reubicará antes de la ya existente a partir de una nueva cámara que permita la salida del desagüe pluvial del campus hacia el conducto pluvial ubicado por Av. Las Heras. Su inicio se sitúa frente a la Facultad de Ciencias Económicas y continuará su recorrido para finalizar en la Avenida Castelli donde actualmente se sitúa la cámara n°13 (Figura 30), a la altura de la Secretaría General de Extensión (ingreso al aula Magna).

Tras realizar una inspección en campo, se ha llegado a la conclusión de que el sistema del colector 1 se encuentra en condiciones aceptables, aunque ha experimentado un cierto grado de deterioro debido a la falta de mantenimiento. Como medida correctiva, se propone llevar a cabo una limpieza y mantenimiento del mismo para garantizar su óptimo funcionamiento.

Colector 2

El segundo colector, denominado colector 2, es el que se encuentra a continuación del anterior mencionado y cubre la totalidad del tramo restante del actual colector 1, desde la cámara n°14 (Figura 30) ubicada frente a la Secretaría General de Extensión hasta su salida en la Avenida Castelli. De manera similar al tramo anterior, se plantea llevar a cabo limpieza y mantenimiento conservando su diseño y estructura tradicionales.

Con el objetivo de independizar este colector del anterior, se implementará el bloqueo de la conexión entre la cámara 13 y la cámara 14. Estas acciones permitirán un funcionamiento independiente de ambos colectores.

Gracias a las modificaciones realizadas al dividir el colector original, se espera aliviar significativamente la carga del sistema de drenaje, ya que cada colector descargará un caudal menor.

Colector 3

Tras realizar la inspección en campo de las cañerías que conectan desde la cámara 1 hasta la 4, se ha identificado la presencia de sedimentación y obstrucciones en el colector 3, atribuibles al crecimiento de raíces de árboles (Imagen 29); en consecuencia, se ha decidido emplear el método de manga con curado UV a lo largo de 98 metros para abordar esta problemática (Figura 31).

El plan de acción inicial contempla la limpieza de los tramos afectados mediante equipos desobstructores que permitirán la extracción de las raíces y preparará la sección de la cañería para la siguiente fase. Una vez que la sección esté en condiciones óptimas, se procederá a la restauración mediante la inserción de la manga con curado UV.

Esta intervención no sólo permitirá recuperar el diámetro de escurrimiento, mejorando significativamente el flujo del agua pluvial, sino que también optimizará las condiciones de rugosidad; este ajuste favorecerá un escurrimiento más eficiente, contribuyendo a la rápida evacuación del agua y además, la técnica preservará la traza de la infraestructura existente, minimizando la necesidad de alteraciones significativas en la estructura.

Además de las mejoras en el rendimiento hidráulico, la implementación del sistema de manga aportará a la prolongación de la vida útil de la infraestructura ya que actúa como una barrera preventiva al impedir el crecimiento de raíces, evitando así la posibilidad de futuros

obstáculos en el flujo de agua. Al mismo tiempo, contribuye a prevenir la aparición de grietas y roturas que podrían comprometer el correcto funcionamiento del sistema pluvial con el tiempo.

Sumado a la solución anterior, se propone la construcción de un reservorio al final de este colector para aliviar la carga del sistema. El mismo a su vez, se conectará con la cámara n°20 del colector 2 de manera que cuando el nivel máximo en el reservorio se vea superado descargará por el mismo (Figura 30). El dimensionamiento del mismo se desarrolla en el ítem 4.2.1.3.

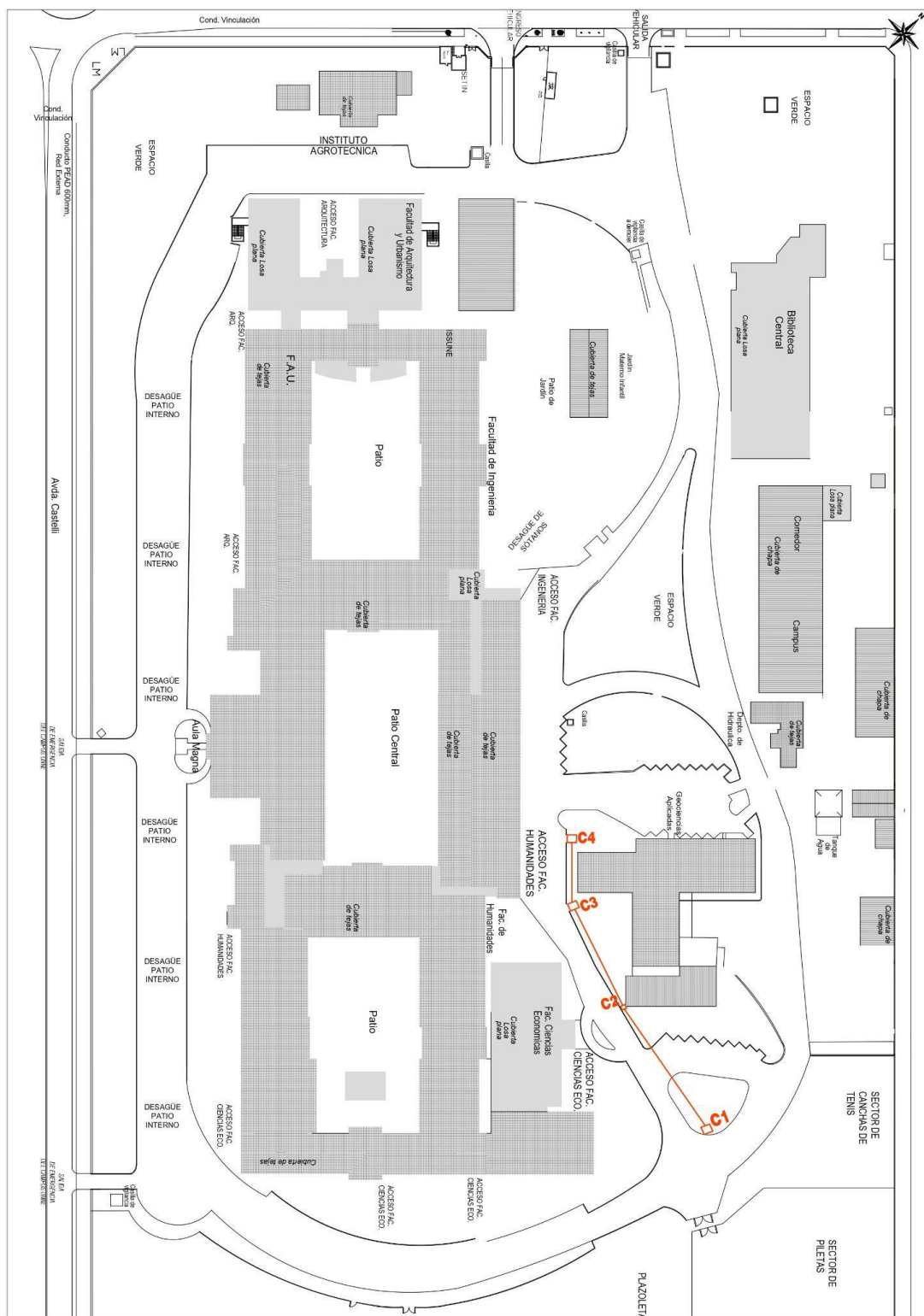


Figura 31. Tramos a ser rehabilitados mediante sistema de manga UV (Fuente: elaboración propia a partir de los planos otorgados por el Departamento de Mantenimiento UNNE).

4.2.1. Estudio de la capacidad del sistema propuesto

En esta sección, se llevará a cabo un análisis de la capacidad actual del sistema de drenaje pluvial propuesto para el campus. Este análisis abordará tanto los aspectos hidrológicos como los hidráulicos para evaluar de manera integral su desempeño.

4.2.1.1. Hidrología

➤ Áreas de aporte

Siguiendo los lineamientos mencionados en el capítulo 3, a la hora de identificar y definir los parteaguas de cada subcuenca (Figura 32), se llevó a cabo un análisis del plano topográfico del campus, así como también se analizaron las descargas provenientes de los techos de los edificios, evaluando las posibles direcciones de los flujos.

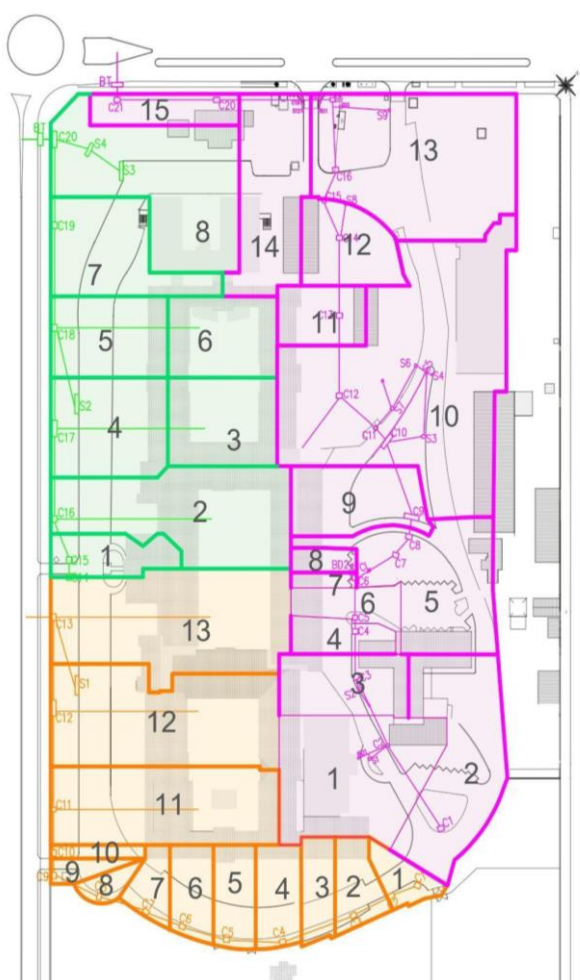


Figura 32. Áreas de aporte de la UNNE (Fuente: elaboración propia a partir de los planos otorgados por el Departamento de Mantenimiento UNNE).

A continuación, se adjuntan las tablas con las respectivas subcuencas para cada colector:

Tabla 31. Áreas de aporte de cada subcuenca - Colector 1 (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	ÁREA m2
1	1	587,8
	2	844,9
	3	760,6
	4	1013,5
	5	953,7
	6	883,7
	7	594,7
	8	315,5
	9	326,8
	10	280,4
	11	3897,5
	12	4753,7
	13	5171,3
TOTAL		20384,13530

Tabla 32. Áreas de aporte de cada subcuenca - Colector 2 (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	ÁREA m2
2	1	1092,8
	2	4177,6
	3	2116,2
	4	2544,6
	5	2078,5
	6	1941,4
	7	2518,7
	8	4618,0
TOTAL		21087,891

Tabla 33. Áreas de aporte de cada subcuenca - Colector 3 (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	ÁREA m2
3	1	4002,8
	2	3645,5
	3	1737,4
	4	769,3
	5	3435,8
	6	838,2
	7	219,7
	8	348,9
	9	1921,4
	10	9668,0
	11	1157,6
	12	1655,8
	13	5864,1
	14	2983,9
	15	1023,1
TOTAL		39271,62

➤ **Análisis del uso del suelo**

Conforme se detalló en el tercer capítulo, se definió como áreas permeables aquellas cubiertas por vegetación, mientras que se clasificaron como impermeables las superficies compuestas por techos, pavimentos, veredas y suelo compactado sin cobertura.

Se adoptaron los valores de la curva número para humedad antecedente clase II y el valor de $I_a = 0,2 * S$, establecidos por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (Tabla 8).

Se asignó a las áreas permeables una condición hidrológica favorable, caracterizada por la presencia de una cobertura de pasto que abarca más del 75 % del área y pertenece al grupo hidrológico B, dado que se trata de suelos vegetales con la capacidad de retener significativas cantidades de precipitación.

Con estos datos como base, se procede al cálculo del número de curva ponderado permeable para cada subcuenca, considerando dos estados de humedad antecedente: II y III. Este último estado se utiliza de manera específica para verificar el sistema actual y orientar el diseño propuesto.

En las tablas siguientes, se detalla la distribución de las áreas impermeables para cada subcuenca, junto con el número de curva ponderado permeable asignado a cada una. Estos datos son de importancia para la implementación del programa HEC HMS.

Tabla 34. *Análisis de uso de suelo por subcuencas - Colector 1 (Fuente: elaboración propia).*

COLECTOR	SUBCUENCA	ÁREA	ÁREA IMPERMEABLE	CN pon PERM
		m2	%	
1	1	587,8	52	37
	2	844,9	76	19
	3	760,6	70	24
	4	1013,5	66	26
	5	953,7	64	28
	6	883,7	72	22
	7	594,7	76	19
	8	315,5	76	19
	9	326,8	51	38
	10	280,4	64	28
	11	3897,5	62	30
	12	4753,7	67	26
	13	5171,3	72	22
TOTAL		20384,1		

Tabla 35. *Análisis de uso de suelo por subcuencas - Colector 2 (Fuente: elaboración propia).*

COLECTOR	SUBCUENCA	ÁREA	ÁREA IMPERMEABLE	CN pon PERM
		m2	%	
2	1	1092,8	61	30
	2	4177,6	74	20
	3	2116,2	60	31
	4	2544,6	48	41
	5	2078,5	50	39
	6	1941,4	76	19
	7	2518,7	51	38
	8	4618,0	55	35
TOTAL		21087,9		

Tabla 36. Análisis de uso de suelo por subcuencas - Colector 3 (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	ÁREA	ÁREA IMPERMEABLE	CN pond PERM
		m2	%	
3	1	4002,8	65	27
	2	3645,5	63	29
	3	1737,4	70	23
	4	769,3	74	20
	5	3435,8	58	33
	6	838,2	69	24
	7	219,7	89	8
	8	348,9	91	7
	9	1921,4	59	32
	10	9668,0	53	37
	11	1157,6	58	33
	12	1655,8	37	49
	13	5864,1	37	49
	14	2983,9	56	34
	15	1023,1	41	46
TOTAL		39271,6		

➤ Tiempo de concentración

En el capítulo anterior, se definió el tiempo de concentración, detallando las consideraciones para su cálculo, recordando que el mismo se compone de la suma del periodo necesario para el escurrimiento superficial a través de áreas verdes y pavimentos, hasta alcanzar la entrada a un elemento de desagüe, que puede incluir rejillas o sumideros, entre otros.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para un tiempo de recurrencia de 5 y 10 años.

Tabla 37. Tiempos de Concentración Subcuencas – Colector 1 para un TR= 10 años (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	KIRPICH (1940)	ITERACION 1		ITERACION 2		ITERACION 3		ITERACION 4		ITERACION 5	
			I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)
1	1	0,56	187	2,7	177	2,7	177	2,7	177	2,7	177	2,7
	2	0,71	186	3,2	175	3,3	175	3,3	175	3,3	175	3,3
	3	0,59	187	2,8	177	2,8	177	2,8	177	2,8	177	2,8
	4	0,89	186	3,8	172	4,0	172	4,0	172	4,0	172	4,0
	5	0,72	186	3,2	175	3,3	175	3,3	175	3,3	175	3,3
	6	0,49	188	2,4	179	2,5	178	2,5	178	2,5	178	2,5
	7	0,54	187	2,6	178	2,6	177	2,6	177	2,6	177	2,6
	8	0,66	187	3,0	176	3,1	176	3,1	176	3,1	176	3,1
	9	1,18	184	4,8	169	5,0	168	5,0	168	5,0	168	5,0
	10	1,43	183	5,6	166	5,8	165	5,8	165	5,8	165	5,8
	11	1,40	183	5,5	166	5,7	165	5,7	165	5,7	165	5,7
	12	1,53	183	5,9	164	6,1	163	6,1	163	6,1	163	6,1
	13	1,44	183	5,6	165	5,9	164	5,9	164	5,9	164	5,9

Tabla 38. Tiempos de Concentración Subcuencas – Colector 2 para un TR= 10 años (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	KIRPICH (1940)	ITERACION 1		ITERACION 2		ITERACION 3		ITERACION 4		ITERACION 5	
			I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)
2	1	1,45	183	5,7	165	5,9	164	5,9	164	5,9	164	5,9
	2	1,37	183	5,4	166	5,6	165	5,6	165	5,6	165	5,6
	3	1,07	185	4,4	170	4,6	169	4,6	169	4,6	169	4,6
	4	1,18	184	4,8	169	5,0	168	5,0	168	5,0	168	5,0
	5	1,12	184	4,6	169	4,8	169	4,8	169	4,8	169	4,8
	6	1,07	185	4,4	170	4,6	169	4,6	169	4,6	169	4,6
	7	1,39	183	5,4	166	5,7	165	5,7	165	5,7	165	5,7
	8	2,09	180	7,6	158	8,0	157	8,0	157	8,0	157	8,0

Tabla 39. Tiempos de Concentración Subcuencas – Colector 3 para un TR= 10 años (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	KIRPICH (1940)	ITERACION 1		ITERACION 2		ITERACION 3		ITERACION 4		ITERACION 5	
			I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)
3	1	0,94	185	4,0	172	4,1	171	4,1	171	4,1	171	4,1
	2	1,96	181	7,2	160	7,5	159	7,5	158	7,5	158	7,5
	3	0,56	187	2,6	177	2,7	177	2,7	177	2,7	177	2,7
	4	0,27	189	1,5	183	1,5	183	1,5	183	1,5	183	1,5
	5	1,77	181	6,6	162	6,9	161	6,9	161	6,9	161	6,9
	6	0,31	188	1,7	182	1,7	182	1,7	182	1,7	182	1,7
	7	0,28	189	1,5	183	1,5	182	1,5	182	1,5	182	1,5
	8	0,21	189	1,2	184	1,3	184	1,3	184	1,3	184	1,3
	9	0,41	188	2,1	180	2,1	180	2,1	180	2,1	180	2,1
	10	2,79	177	9,5	152	10,1	150	10,2	150	10,2	150	10,2
	11	0,86	186	3,7	173	3,8	172	3,8	172	3,8	172	3,8
	12	1,03	185	4,3	170	4,5	170	4,5	170	4,5	170	4,5
	13	1,19	184	4,8	168	5,0	168	5,0	168	5,0	168	5,0
	14	1,70	182	6,4	162	6,7	161	6,7	161	6,7	161	6,7
	15	0,74	186	3,3	175	3,4	174	3,4	174	3,4	174	3,4

Tabla 40. Tiempos de Concentración Subcuencas – Colector 1 para un TR= 5 años (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	PENDIENTE	LONGITUD	KIRPICH (1940)	ITERACION 1		ITERACION 2		ITERACION 3		ITERACION 4		ITERACION 5	
		m/m	km		I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)
1	1	0,006	0,019	0,559	167,6	2,778	158,1	2,84	157,8	2,85	157,8	2,85	157,8	2,85
	2	0,007	0,028	0,710	166,9	3,351	155,8	3,44	155,4	3,45	155,4	3,45	155,4	3,45
	3	0,008	0,024	0,590	167,5	2,899	157,6	2,97	157,3	2,97	157,3	2,97	157,3	2,97
	4	0,003	0,025	0,892	166,1	4,012	153,3	4,14	152,8	4,15	152,8	4,15	152,8	4,15
	5	0,008	0,032	0,715	166,9	3,371	155,7	3,47	155,4	3,47	155,3	3,47	155,3	3,47
	6	0,013	0,025	0,493	167,9	2,516	159,1	2,57	158,9	2,57	158,9	2,57	158,9	2,57
	7	0,017	0,032	0,539	167,7	2,701	158,4	2,76	158,1	2,77	158,1	2,77	158,1	2,77
	8	0,009	0,031	0,656	167,2	3,149	156,6	3,23	156,3	3,23	156,3	3,23	156,3	3,23
	9	0,004	0,043	1,179	164,8	5,002	149,6	5,20	148,9	5,21	148,9	5,21	148,9	5,21
	10	0,003	0,044	1,427	163,7	5,822	146,8	6,08	145,9	6,10	145,9	6,10	145,9	6,10
	11	0,004	0,056	1,402	163,8	5,739	147,1	5,99	146,2	6,01	146,2	6,01	146,2	6,01
	12	0,003	0,056	1,529	163,3	6,148	145,7	6,43	144,7	6,45	144,7	6,45	144,7	6,45
	13	0,005	0,059	1,445	163,6	5,878	146,6	6,14	145,7	6,16	145,7	6,16	145,7	6,16

Tabla 41. Tiempos de Concentración Subcuencas – Colector 2 para un TR= 5 años (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	PENDIENTE	LONGITUD	KIRPICH (1940)	ITERACION 1		ITERACION 2		ITERACION 3		ITERACION 4		ITERACION 5	
		m/m	Km		I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)
2	1	0,004	0,056	1,455	163,6	5,909	146,5	6,18	145,6	6,19	145,5	6,19	145,5	6,19
	2	0,005	0,058	1,370	164	5,634	147,4	5,88	146,6	5,89	146,5	5,89	146,5	5,89
	3	0,003	0,033	1,072	165,3	4,640	151	4,81	150,3	4,82	150,3	4,82	150,3	4,82
	4	0,006	0,053	1,180	164,8	5,005	149,6	5,20	148,9	5,21	148,9	5,21	148,9	5,21
	5	0,006	0,049	1,122	165,1	4,809	150,3	4,99	149,7	5,00	149,7	5,00	149,7	5,00
	6	0,003	0,033	1,072	165,3	4,640	151	4,81	150,3	4,82	150,3	4,82	150,3	4,82
	7	0,005	0,060	1,387	163,9	5,691	147,2	5,94	146,4	5,95	146,3	5,96	146,3	5,96
	8	0,006	0,109	2,095	160,9	7,904	140	8,36	138,7	8,39	138,6	8,39	138,6	8,39

Tabla 42. Tiempos de Concentración Subcuencas – Colector 3 para un TR= 5 años (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	PENDIENTE	LONGITUD	KIRPICH (1940)	ITERACION 1		ITERACION 2		ITERACION 3		ITERACION 4		ITERACION 5	
		m/m	Km		I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)	I (mm/h)	Tc (min)
3	1	0,006	0,038	0,988	165,9	4,174	152,7	4,315	152,1	4,322	152,1	4,322	152,1	4,322
	2	0,004	0,085	1,956	161,5	7,483	141,4	7,892	140,1	7,921	140	7,923	140	7,923
	3	0,012	0,027	0,556	167,6	2,765	158,1	2,831	157,9	2,832	157,9	2,832	157,9	2,832
	4	0,019	0,014	0,273	168,9	1,586	163	1,608	162,9	1,609	162,9	1,609	162,9	1,609
	5	0,005	0,081	1,771	162,2	6,911	143,2	7,265	142	7,289	142	7,289	142	7,289
	6	0,021	0,017	0,311	168,7	1,756	162,3	1,784	162,2	1,784	162,2	1,784	162,2	1,784
	7	0,013	0,011	0,275	168,9	1,594	163	1,617	162,9	1,618	162,9	1,618	162,9	1,618
	8	0,024	0,011	0,212	169,2	1,302	164,3	1,318	164,2	1,318	164,2	1,318	164,2	1,318
	9	0,018	0,023	0,411	168,3	2,184	160,5	2,226	160,3	2,227	160,3	2,227	160,3	2,227
	10	0,002	0,099	2,792	158	9,961	134	10,639	132,2	10,697	132	10,703	132	10,703
	11	0,006	0,034	0,858	166,2	3,890	153,7	4,014	153,3	4,018	153,2	4,019	153,2	4,019
	12	0,006	0,045	1,035	165,4	4,512	151,4	4,675	150,8	4,682	150,8	4,682	150,8	4,682
	13	0,016	0,087	1,186	164,8	5,026	149,6	5,225	148,9	5,235	148,8	5,236	148,8	5,236
	14	0,013	0,122	1,702	162,5	6,698	143,9	7,032	142,8	7,053	142,7	7,055	142,7	7,055
	15	0,026	0,059	0,742	166,8	3,469	155,3	3,570	155	3,572	154,9	3,573	154,9	3,573

➤ Hietograma de la lluvia de diseño

Tal como se mencionó anteriormente en el capítulo 3, se llevó a cabo la obtención del hietograma de lluvia de diseño mediante el método de bloques alternos, utilizando las curvas IDF actualizadas hasta el año 2019 para el AMGR, según la Resolución 1334/21 de la Dirección de Estudios Básicos de APA (Figura 18).

➤ Modelación hidrológica (HEC HMS)

En función de la información previamente recopilada y analizada, se procede a la obtención de los hidrogramas de escurrimiento directo (Figura 33), los volúmenes en exceso y las abstracciones hidrológicas. Para llevar a cabo este proceso, se ha empleado el programa HEC-HMS, el cual utiliza como método la pérdida propuesta por el número de curva "CN" y como modelo de transformación el hidrograma adimensional de Delmarva. Este enfoque permite una evaluación detallada de los patrones de escurrimiento y la distribución de caudales en respuesta a eventos pluviales específicos.

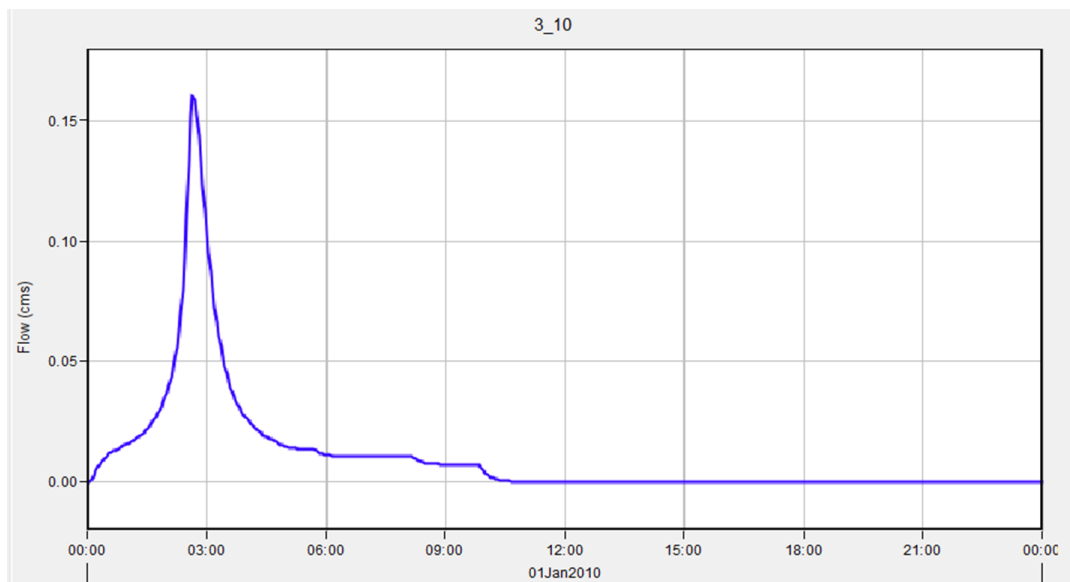


Figura 33. Hidrograma de la Subcuenca 3_10 para un TR de 10 años - Colector 3.

➤ Lluvia de diseño

Para realizar la modelación hidrológica con la tormenta de diseño, se utilizó la condición de humedad antecedente clase III, ya que es la que se considera para la etapa de diseño, por tratarse de la peor condición, obteniéndose los mayores caudales para cada subcuenca.

Los parámetros de entrada al modelo para cada una de las mismas son el hietograma de diseño (Figuras 19 y 20), el área de aporte en km², número de curva ponderado permeable (CNIII ponderado), Lag Time (Tiempo de retardo= $0,6 \cdot T_c$) en minutos y el porcentaje de área impermeable (Tablas 44,45 y 46).

Tabla 43. Parámetros de entrada al modelo HEC HMS - Colector 1 (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	ÁREA	ÁREA IMPERMEABLE	CN pond	TR 5 años		TR 10 años	
		m2	%		Tc (min)	Lag time (min)	Tc (min)	Lag time (min)
1	1	587,8	52	37	2,85	1,71	2,72	1,63
	2	844,9	76	19	3,45	2,07	3,29	1,97
	3	760,6	70	24	2,97	1,78	2,84	1,70
	4	1013,5	66	26	4,15	2,49	3,96	2,37
	5	953,7	64	28	3,47	2,08	3,31	1,99
	6	883,7	72	22	2,57	1,54	2,46	1,47
	7	594,7	76	19	2,77	1,66	2,64	1,58
	8	315,5	76	19	3,23	1,94	3,09	1,85
	9	326,8	51	38	5,21	3,13	4,97	2,98
	10	280,4	64	28	6,10	3,66	5,81	3,49
	11	3897,5	62	30	6,01	3,60	5,72	3,43
	12	4753,7	67	26	6,45	3,87	6,15	3,69
	13	5171,3	72	22	6,16	3,69	5,87	3,52

Tabla 44. Parámetros de entrada al modelo HEC HMS - Colector 2 (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	ÁREA	ÁREA IMPERMEABLE	CN pond	TR 5 años		TR 10 años	
		m2	%		Tc (min)	Lag time (min)	Tc (min)	Lag time (min)
2	1	1092,8	61	30	6,19	3,72	5,90	3,54
	2	4177,6	74	20	5,89	3,54	5,62	3,37
	3	2116,2	60	31	4,82	2,89	4,60	2,76
	4	2544,6	48	41	5,21	3,13	4,97	2,98
	5	2078,5	50	39	5,00	3,00	4,77	2,86
	6	1941,4	76	19	4,82	2,89	4,60	2,76
	7	2518,7	51	38	5,96	3,57	5,67	3,40
	8	4618,0	55	35	8,39	5,03	7,98	4,79
TOTAL		21087,891						

Tabla 45. Parámetros de entrada al modelo HEC HMS - Colector 3 (Fuente: elaboración propia).

COLECTOR	SUBCUENCA	ÁREA	ÁREA IMPERMEABLE	CN pond	TR 5 años		TR 10 años	
		m2	%		Tc (min)	Lag time (min)	Tc (min)	Lag time (min)
3	1	4002,8	65	27	4,32	2,59	4,12	2,47
	2	3645,5	63	29	7,92	4,75	7,54	4,52
	3	1737,4	70	23	2,83	1,70	2,70	1,62
	4	769,3	74	20	1,61	0,97	1,54	0,92
	5	3435,8	58	33	7,29	4,37	6,94	4,16
	6	838,2	69	24	1,78	1,07	1,70	1,02
	7	219,7	89	8	1,62	0,97	1,55	0,93
	8	348,9	91	7	1,32	0,79	1,26	0,76
	9	1921,4	59	32	2,23	1,34	2,13	1,28
	10	9668,0	53	37	10,70	6,42	10,17	6,10
	11	1157,6	58	33	4,02	2,41	3,83	2,30
	12	1655,8	37	49	4,68	2,81	4,46	2,68
	13	5864,1	37	49	5,24	3,14	4,99	2,99
	14	2983,9	56	34	7,06	4,23	6,72	4,03
	15	1023,1	41	46	3,57	2,14	3,41	2,05

A continuación, se presenta una tabla resumen con las áreas totales, caudales picos obtenidos con sus respectivos tiempos al pico y volúmenes de excesos para cada subcuenca:

Tabla 46. Resultados de la Modelación Hidrológica en HEC HMS - Colector 1 para TR 10 años
(Fuente: elaboración propia).

Subcuencas	Área (m2)	Caudal pico (m3/seg)	Tiempo al pico	Escorrentamiento (mm)	VED (m3)
1_1	587,82	0,0125	2:33	92,31	54,26
1_2	844,89	0,0235	2:36	126,24	106,66
1_3	760,61	0,022	2:33	116,28	88,44
1_4	1013,47	0,025	2:36	109,84	111,32
1_5	953,74	0,0247	2:36	106,96	102,01
1_6	883,72	0,0262	2:33	119,59	105,68
1_7	594,69	0,0183	2:33	126,24	75,07
1_8	315,47	0,0104	2:33	126,24	39,82
1_9	326,81	0,0056	2:36	91,53	29,91
1_10	280,42	0,0068	2:36	109,96	30,83
1_11	3897,50	0,0863	2:36	104,32	406,59
1_12	4753,68	0,113	2:36	111,49	529,99
1_13	5171,32	0,1329	2:36	119,59	618,44

Tabla 47. Resultados de la Modelación Hidrológica en HEC HMS - Colector 2 para TR 10 años
(Fuente: elaboración propia).

Subcuencas	Área (m2)	Caudal pico (m3/seg)	Tiempo al pico	Escorrentamiento (mm)	VED (m3)
2_1	1092,77	0,0238	2:36	102,70	112,23
2_2	4177,63	0,1114	2:36	122,91	513,47
2_3	2116,18	0,0468	2:36	101,48	214,75
2_4	2544,63	0,0444	2:36	89,54	227,85
2_5	2078,50	0,0388	2:36	90,81	188,75
2_6	1941,44	0,054	2:36	126,24	245,09
2_7	2518,70	0,0456	2:36	91,53	230,54
2_8	4618,04	0,084	2:39	95,62	441,58

Tabla 48. Resultados de la Modelación Hidrológica en HEC HMS - Colector 3 para TR 10 años
(Fuente: elaboración propia).

Subcuencas	Área (m2)	Caudal pico (m3/seg)	Tiempo al pico	Escurrencimiento (mm)	VED (m3)
3_1	4002,76	0,098	2:36	108,37	433,78
3_2	3645,49	0,0761	2:39	105,61	385,00
3_3	1737,43	0,0475	2:33	116,27	202,01
3_4	769,29	0,024	2:33	122,91	94,55
3_5	3435,76	0,0672	2:36	99,21	340,86
3_6	838,15	0,0223	2:33	114,62	96,07
3_7	219,72	0,0072	2:33	147,83	32,48
3_8	348,91	0,011	2:33	151,151	52,74
3_9	1921,44	0,0454	2:33	100,32	192,76
3_10	9668,02	0,16	2:39	93,85	907,34
3_11	1157,59	0,0264	2:36	99,21	114,84
3_12	1655,85	0,0276	2:36	82,85	137,19
3_13	5864,12	0,0937	2:39	82,85	485,84
3_14	2983,95	0,0578	2:36	96,59	288,22
3_15	1023,14	0,0174	2:36	84,63	86,59

Tabla 49. Resultados de la Modelación Hidrológica en HEC HMS - Colector 1 para TR 5 años
(Fuente: elaboración propia).

Subcuencas	Área (m2)	Caudal pico (m3/seg)	Tiempo al pico	Escurrencimiento (mm)	VED (m3)
1_1	587,82	0,011	2:57	77,12	45,33
1_2	844,89	0,0207	3:00	108,22	91,43
1_3	760,61	0,0196	2:57	99,68	75,82
1_4	1013,47	0,022	3:00	93,98	95,25
1_5	953,74	0,0218	3:00	91,21	86,99
1_6	883,72	0,0233	2:57	102,53	90,61
1_7	594,69	0,0162	2:57	108,22	64,36
1_8	315,47	0,0093	2:57	108,22	34,14
1_9	326,81	0,0049	3:00	76,29	24,93
1_10	280,42	0,006	3:00	91,21	25,58
1_11	3897,50	0,0756	3:00	88,64	345,47
1_12	4753,68	0,0989	3:00	95,41	453,55
1_13	5171,32	0,1165	3:00	102,53	530,21

Tabla 50. Resultados de la Modelación Hidrológica en HEC HMS - Colector 2 para TR 5 años
(Fuente: elaboración propia).

Subcuencas	Área (m2)	Caudal pico (m3/seg)	Tiempo al pico	Escurrencimiento (mm)	VED (m3)
2_1	1092,77	0,0208	3:00	87,22	95,31
2_2	4177,63	0,0976	3:00	105,38	440,24
2_3	2116,18	0,0411	3:00	86,02	182,03
2_4	2544,63	0,0386	3:00	74,09	188,53
2_5	2078,50	0,0341	3:00	75,50	156,93
2_6	1941,44	0,0471	3:00	108,22	210,10
2_7	2518,70	0,04	3:00	76,29	192,15
2_8	4618,04	0,0732	3:03	80,32	370,92

Tabla 51. Resultados de la Modelación Hidrológica en HEC HMS - Colector 3 para TR 5 años
(Fuente: elaboración propia)

Subcuencas	Área (m2)	Caudal pico (m3/seg)	Tiempo al pico	Escurrencimiento (mm)	VED (m3)
3_1	4002,76	0,0863	3:00	92,57	370,54
3_2	3645,49	0,065	3:03	89,89	327,69
3_3	1737,43	0,042	2:57	99,68	173,19
3_4	769,29	0,0214	2:57	105,38	81,07
3_5	3435,76	0,0587	3:03	83,76	287,78
3_6	838,15	0,0199	2:57	98,26	82,36
3_7	219,72	0,0064	2:57	126,74	27,85
3_8	348,91	0,0099	2:57	129,59	45,22
3_9	1921,44	0,0405	2:57	84,86	163,05
3_10	9668,02	0,139	3:03	78,48	758,75
3_11	1157,59	0,0233	3:00	83,76	96,96
3_12	1655,85	0,0225	3:00	66,96	110,88
3_13	5864,12	0,0762	3:00	66,96	392,66
3_14	2983,95	0,0505	3:00	81,31	242,62
3_15	1023,14	0,0145	3:00	68,99	70,59

4.2.1.2. Hidráulica

Siguiendo los lineamientos mencionados en el capítulo 3, a partir de los hidrogramas obtenidos para ambas lluvias de diseño en cada subcuenca y cargados en el programa SWMM, se realizó la modelación hidráulica con el método de la onda dinámica.

A continuación, se detalla la red de drenaje adoptada con los cambios correspondientes (Figura 34), los resultados de la modelación hidráulica y una tabla resumen para los tiempos de recurrencia de 5 y 10 años respectivamente.

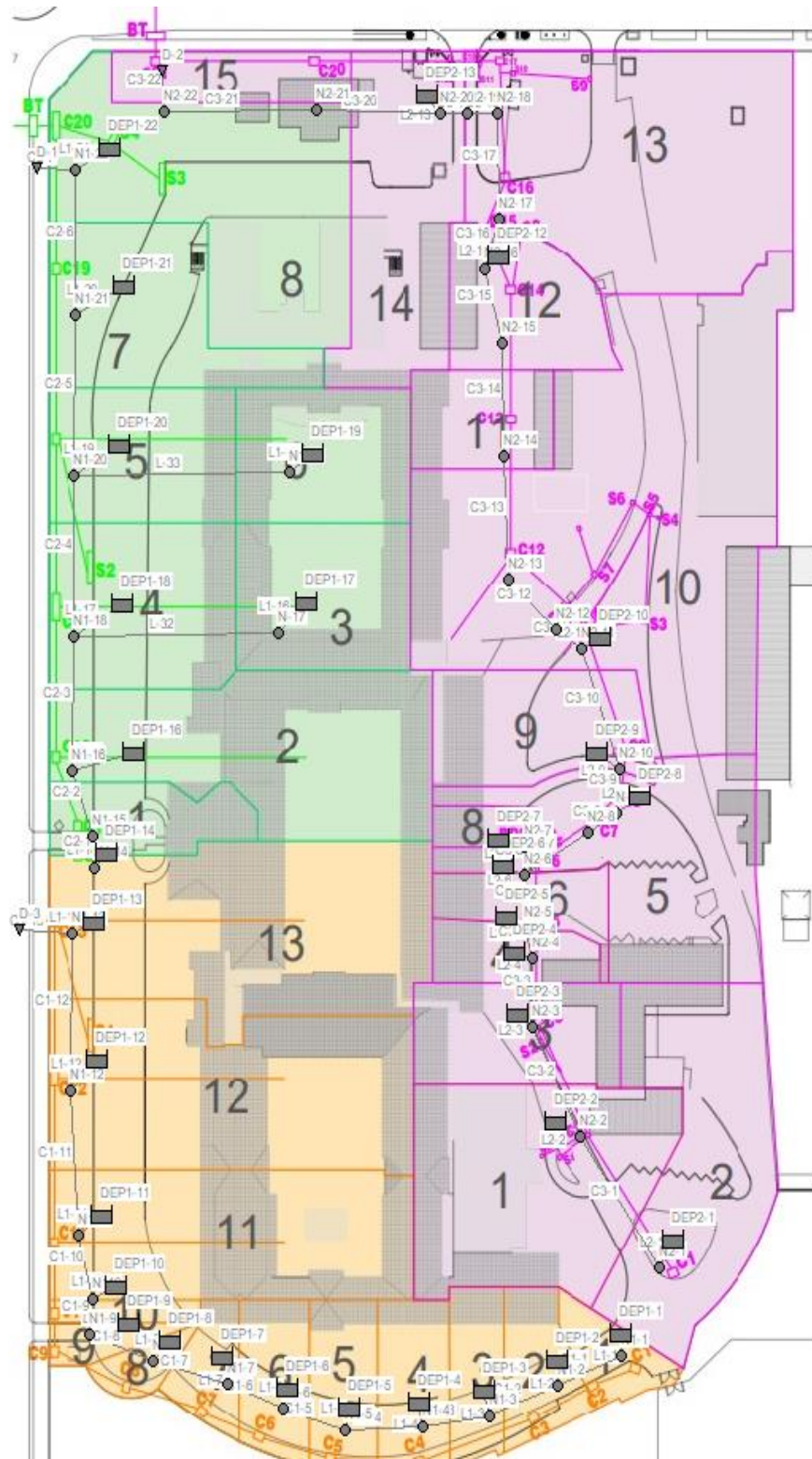


Figura 34. Red de drenaje adoptada para la modelación en SWMM (Fuente: elaboración propia, 2023).

Tabla 52. Resultados de la Modelación Hidráulica en SWMM - Colector 1 para TR 5 años.

CONDUCTO	DIÁMETRO m	LONGITUD m	PENDIENTE mm/m	RUGOSIDAD n	INLET m	OUTLET m	CAUDAL prom. m³/s	CAUDAL pico m³/s	RH m	Velocidad m/s	Sección m²	Caudal OFERTA m³/s	CONDICIÓN
C1-1	0,4	29	2	0,018	0,268	0,254	0,003	0,006	0,100	0,535	0,126	0,067	VERIFICA
C1-2	0,4	21,3	0	0,018	0,243	0,231	0,007	0,02	0,100	0,000	0,126	0,000	NO VERIFICA
C1-3	0,4	21	3	0,018	0,245	0,166	0,011	0,035	0,100	0,656	0,126	0,082	VERIFICA
C1-4	0,4	24	1	0,018	0,195	0,244	0,016	0,051	0,100	0,378	0,126	0,048	NO VERIFICA
C1-5	0,4	20,6	0	0,018	0,236	0,206	0,021	0,067	0,100	0,000	0,126	0,000	NO VERIFICA
C1-6	0,4	20,6	3	0,018	0,165	0,187	0,025	0,081	0,100	0,656	0,126	0,082	VERIFICA
C1-7	0,4	26,67	2	0,018	0,204	0,163	0,026	0,07	0,100	0,535	0,126	0,067	VERIFICA
C1-8	0,4	27,73	1	0,018	0,187	0,298	0,029	0,074	0,100	0,378	0,126	0,048	NO VERIFICA
C1-9	0,6	8,65	-5	0,018	0,24	0,213	0,03	0,075	0,150	1,109	0,283	0,314	VERIFICA
C1-10	0,6	11,5	2	0,018	0,209	0,225	0,031	0,076	0,150	0,701	0,283	0,198	VERIFICA
C1-11	0,6	49,95	1	0,018	0,219	0,269	0,036	0,085	0,150	0,496	0,283	0,140	VERIFICA
C1-12	0,6	38,25	1	0,018	0,256	0,239	0,061	0,162	0,150	0,496	0,283	0,140	VERIFICA
C1-13	0,6	5,05	-3	0,018	0,42	0,22	0,082	0,201	0,150	0,859	0,283	0,243	VERIFICA

2 Pendientes negativas

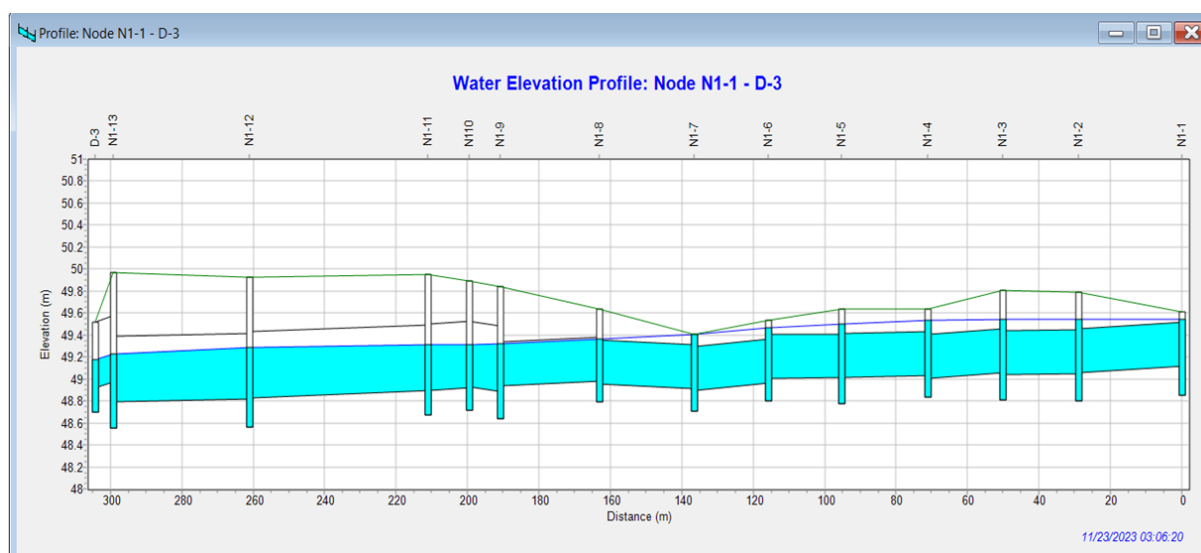


Figura 35. Perfil del nivel de agua en la hora más crítica para un TR de 5 años- Colector 1
(Fuente: Resultados obtenidos del programa SWMM).

Tabla 53. Resultados de la Modelación Hidráulica en SWMM - Colector 2 para TR 5 años.

CONDUCTO	DIÁMETRO m	LONGITUD m	PENDIENTE mm/m	RUGOSIDAD n	INLET m	OUTLET m	CAUDAL prom. m³/s	CAUDAL pico m³/s	RH m	Velocidad m/s	Sección m²	Caudal OFERTA m³/s	CONDICIÓN
C1-14	0,6	7,07	5	0,018	0,303	0,257	0,005	0,016	0,150	1,109	0,283	0,314	VERIFICA
C1-15	0,6	17,65	3	0,018	0,283	0,306	0,005	0,017	0,150	0,859	0,283	0,243	VERIFICA
C1-16	0,6	41,9	1	0,018	0,312	0,254	0,027	0,093	0,150	0,496	0,283	0,140	VERIFICA
C1-17	0,6	44,75	-1	0,018	0,193	0,277	0,043	0,161	0,150	0,496	0,283	0,140	NO VERIFICA
C1-18	0,6	43,5	0	0,018	0,253	0,303	0,057	0,2	0,150	0,000	0,283	0,000	NO VERIFICA
C1-19	0,6	43,32	1	0,018	0,308	0,303	0,068	0,233	0,150	0,496	0,283	0,140	NO VERIFICA
C1-20	0,6	5,05	-1	0,018	0,296	0,349	0,084	0,3	0,150	0,496	0,283	0,140	NO VERIFICA

2 Pendientes negativas

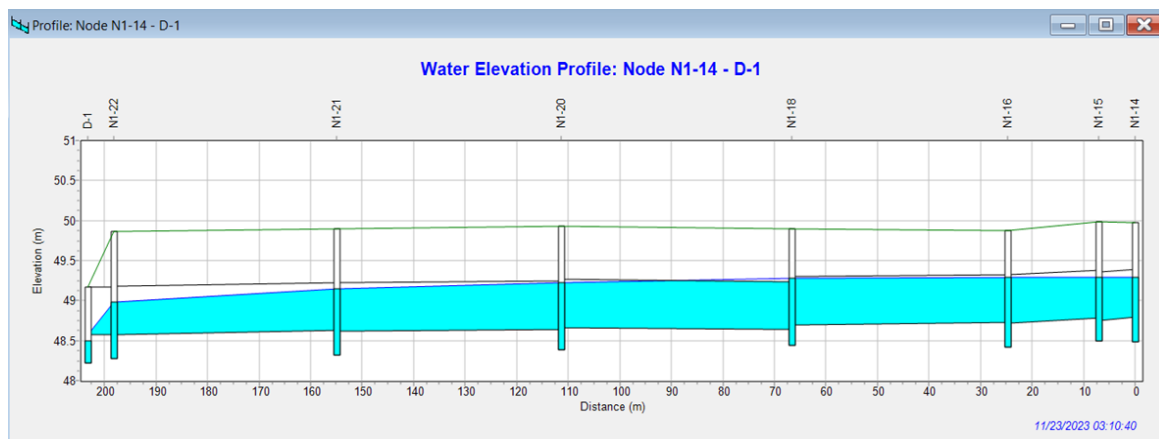


Figura 36. Perfil del nivel de agua en la hora más crítica para un TR de 5 años- Colector 2
(Fuente: Resultados obtenidos del programa SWMM).

Tabla 54. Resultados de la Modelación Hidráulica en SWMM - Colector 3 para TR 5 años.

CONDUCTO	DIÁMETRO	LONGITUD	PENDIENTE	RUGOSIDAD	INLET	OUTLET	CAUDAL prom.	CAUDAL pico	RH	Velocidad	Sección	Caudal OFERTA	CONDICIÓN
	m	m	mm/m	n	m	m	m ³ /s	m ³ /s	m	m/s	m ²	m ³ /s	
C3-1	0,4	38	1	0,01	0,278	0,241	0,008	0,018	0,100	0,681	0,126	0,086	VERIFICA
C3-2	0,4	28	1	0,01	0,197	0,294	0,014	0,034	0,100	0,681	0,126	0,086	VERIFICA
C3-3	0,4	17,7	0	0,01	0,271	0,315	0,024	0,047	0,100	0,000	0,126	0,000	NO VERIFICA
C3-4	0,4	13,82	3	0,01	0,321	0,191	0,028	0,058	0,100	1,180	0,126	0,148	VERIFICA
C3-5	0,4	4,8	7	0,01	0	0,225	0,03	0,062	0,100	1,803	0,126	0,227	VERIFICA
C3-6	0,4	0,11	12	0,02	0	0,672	0,001	0,004	0,100	1,180	0,126	0,148	VERIFICA
C3-7	0,4	29,3	4	0,02	0,211	0,415	0,032	0,07	0,100	0,681	0,126	0,086	VERIFICA
C3-8	0,6	19	-1	0,02	0,468	0,21	0,032	0,069	0,150	0,446	0,283	0,126	VERIFICA
C3-9	0,6	7,9	-3	0,02	0,109	0,173	0,039	0,079	0,150	0,773	0,283	0,219	VERIFICA
C3-10	0,6	34,08	0	0,02	0,335	0,389	0,042	0,086	0,150	0,000	0,283	0,000	NO VERIFICA
C3-11	0,6	9,25	-11	0,02	0,25	0,317	0,058	0,117	0,150	1,480	0,283	0,419	VERIFICA
C3-12	0,6	20,2	3	0,02	0,325	0,301	0,058	0,117	0,150	0,773	0,283	0,219	VERIFICA
C3-13	0,6	29,95	0	0,02	0,322	0,294	0,057	0,117	0,150	0,000	0,283	0,000	NO VERIFICA
C3-14	0,6	31,4	1	0,02	0,299	0,289	0,063	0,126	0,150	0,446	0,283	0,126	VERIFICA
C3-15	0,6	24,75	-4	0,02	0,252	0,306	0,068	0,148	0,150	0,893	0,283	0,252	VERIFICA
C3-16	0,6	11,13	3	0,02	0,327	0,255	0,083	0,172	0,150	0,773	0,283	0,219	VERIFICA
C3-17	0,6	35,2	1	0,02	0,253	0,206	0,083	0,172	0,150	0,446	0,283	0,126	NO VERIFICA
C3-18	0,6	5,1	-11	0,02	0,127	0,329	0,083	0,172	0,150	1,480	0,283	0,419	VERIFICA
C3-19	0,6	9,35	20	0,02	0,265	0,107	0,082	0,172	0,150	1,996	0,283	0,564	VERIFICA
C3-20	0,6	35,55	2	0,02	0,252	0,136	0,095	0,215	0,150	0,631	0,283	0,178	NO VERIFICA
C3-21	0,6	48,5	0	0,02	0,178	0,296	0,098	0,226	0,150	0,000	0,283	0,000	NO VERIFICA
C3-22	0,6	5,35	55	0,02	0,21	0,007	0,098	0,226	0,150	0,776	0,283	0,220	VERIFICA

5 Pendientes negativas

4 Conductos a reemplazar con manga UV

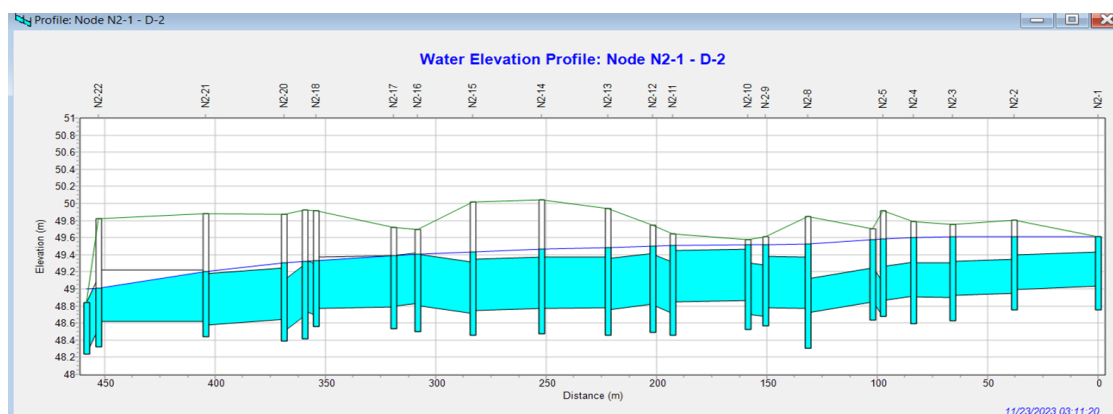


Figura 37. Perfil del nivel de agua en la hora más crítica para un TR de 5 años- Colector 3
(Fuente: Resultados obtenidos del programa SWMM).

Tabla 55. Resultados de la Modelación Hidráulica en SWMM - Colector 1 para TR 10 años.

CONDUCTO	DIÁMETRO m	Longitud m	PENDIENTE mm/m	RUGOSIDAD n	INLET m	OUTLET m	CAUDAL prom. m3/s	CAUDAL pico m3/s	RH m	Velocidad m/s	Sección m2	Caudal OFERTA m3/s	CONDICIÓN
C1-1	0,4	29	2	0,018	0,268	0,254	0,003	0,007	0,100	0,535	0,126	0,067	VERIFICA
C1-2	0,4	21,3	0	0,018	0,243	0,231	0,008	0,023	0,100	0,000	0,126	0,000	NO VERIFICA
C1-3	0,4	21	3	0,018	0,245	0,166	0,013	0,04	0,100	0,656	0,126	0,082	VERIFICA
C1-4	0,4	24	1	0,018	0,195	0,244	0,019	0,057	0,100	0,378	0,126	0,048	NO VERIFICA
C1-5	0,4	20,6	0	0,018	0,236	0,206	0,025	0,075	0,100	0,000	0,126	0,000	NO VERIFICA
C1-6	0,4	20,6	3	0,018	0,165	0,187	0,03	0,091	0,100	0,656	0,126	0,082	NO VERIFICA
C1-7	0,4	26,67	2	0,018	0,204	0,163	0,028	0,065	0,100	0,535	0,126	0,067	VERIFICA
C1-8	0,4	27,73	1	0,018	0,187	0,298	0,03	0,069	0,100	0,378	0,126	0,048	NO VERIFICA
C1-9	0,6	8,65	-5	0,018	0,24	0,213	0,031	0,07	0,150	1,109	0,283	0,314	VERIFICA
C1-10	0,6	11,5	2	0,018	0,209	0,225	0,033	0,072	0,150	0,701	0,283	0,198	VERIFICA
C1-11	0,6	49,95	1	0,018	0,219	0,289	0,053	0,121	0,150	0,496	0,283	0,140	VERIFICA
C1-12	0,6	38,25	1	0,018	0,256	0,239	0,082	0,214	0,150	0,496	0,283	0,140	NO VERIFICA
C1-13	0,6	5,05	1	0,018	0,42	0,22	0,107	0,258	0,150	0,496	0,283	0,140	NO VERIFICA

2 Pendientes negativas

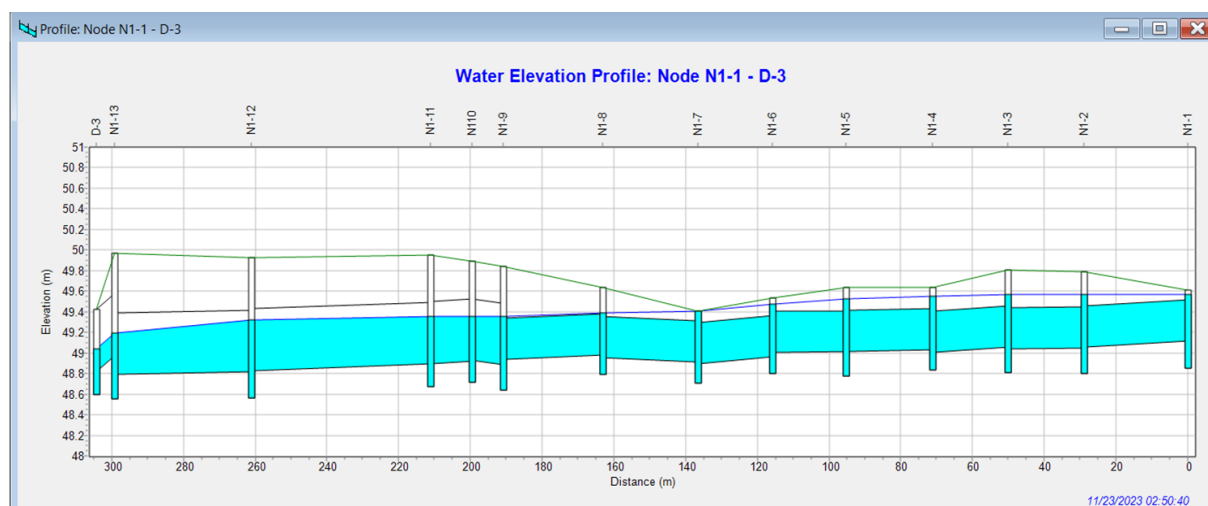


Figura 38. Perfil del nivel de agua en la hora más crítica para un TR de 10 años- Colector 1
(Fuente: Resultados obtenidos del programa SWMM).

Tabla 56. Resultados de la Modelación Hidráulica en SWMM - Colector 2 para TR 10 años.

CONDUCTO	DIÁMETRO m	Longitud m	PENDIENTE mm/m	RUGOSIDAD n	INLET m	OUTLET m	CAUDAL prom. m3/s	CAUDAL pico m3/s	RH m	Velocidad m/s	Sección m2	Caudal OFERTA m3/s	CONDICIÓN
C1-14	0,6	7,07	5	0,018	0,303	0,257	0,006	0,019	0,150	1,109	0,283	0,314	VERIFICA
C1-15	0,6	17,65	3	0,018	0,283	0,306	0,006	0,019	0,150	0,859	0,283	0,243	VERIFICA
C1-16	0,6	41,9	1	0,018	0,312	0,254	0,032	0,108	0,150	0,496	0,283	0,140	VERIFICA
C1-17	0,6	44,75	-1	0,018	0,193	0,277	0,05	0,155	0,150	0,496	0,283	0,140	NO VERIFICA
C1-18	0,6	43,5	0	0,018	0,253	0,303	0,066	0,2	0,150	0,000	0,283	0,000	NO VERIFICA
C1-19	0,6	43,32	1	0,018	0,308	0,303	0,077	0,239	0,150	0,496	0,283	0,140	NO VERIFICA
C1-20	0,6	5,05	-1	0,018	0,296	0,349	0,1	0,316	0,150	0,496	0,283	0,140	NO VERIFICA

2 Pendientes negativas

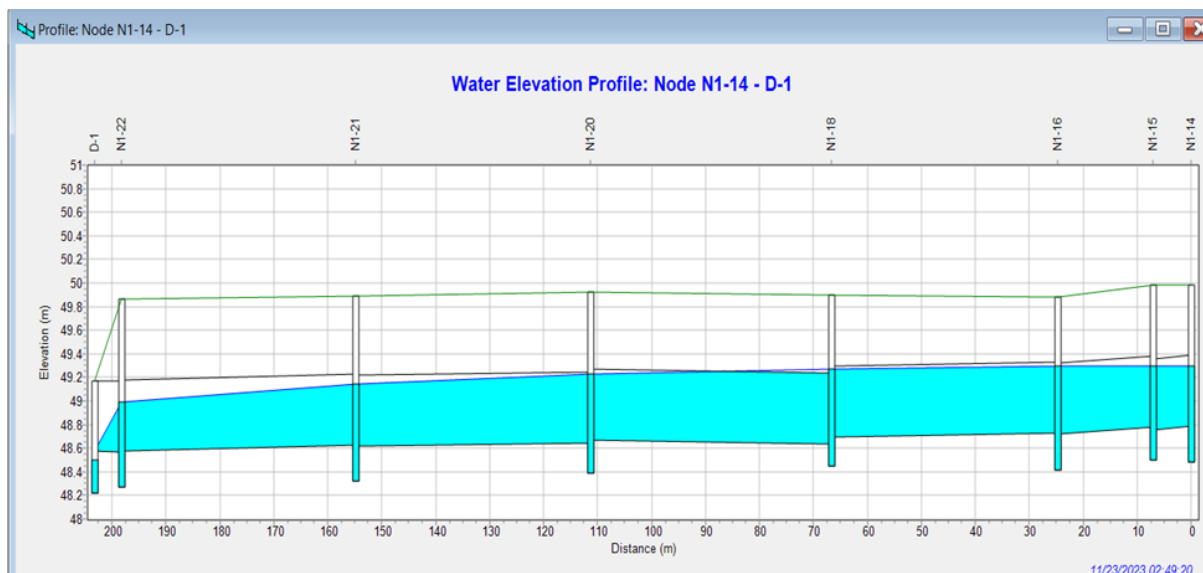


Figura 39. Perfil del nivel de agua en la hora más crítica para un TR de 10 años- Colector 2
(Fuente: Resultados obtenidos del programa SWMM).

Tabla 57. Resultados de la Modelación Hidráulica en SWMM - Colector 3 para TR 10 años.

CONDUCTO	DIÁMETRO m	Longitud m	PENDIENTE mm/m	RUGOSIDAD n	INLET m	OUTLET m	CAUDAL prom. m3/s	CAUDAL pico m3/s	RH	Velocidad m/s	Sección m2	Caudal OFERTA m3/s	CONDICIÓN
C3-1	0,4	38	1	0,01	0,278	0,241	0,009	0,02	0,100	0,681	0,126	0,086	VERIFICA
C3-2	0,4	28	1	0,01	0,197	0,294	0,018	0,036	0,100	0,681	0,126	0,086	VERIFICA
C3-3	0,4	17,7	0	0,01	0,271	0,315	0,025	0,045	0,100	0,000	0,126	0,000	NO VERIFICA
C3-4	0,4	13,82	3	0,01	0,321	0,191	0,03	0,053	0,100	1,180	0,126	0,148	VERIFICA
C3-5	0,4	4,8	7	0,01	0	0,225	0,033	0,057	0,100	1,803	0,126	0,227	VERIFICA
C3-6	0,4	0,11	12	0,02	0	0,672	0,001	0,003	0,100	1,180	0,126	0,148	VERIFICA
C3-7	0,4	29,3	4	0,02	0,211	0,415	0,035	0,06	0,100	0,681	0,126	0,086	VERIFICA
C3-8	0,6	19	-1	0,02	0,468	0,21	0,035	0,06	0,150	0,446	0,283	0,126	VERIFICA
C3-9	0,6	7,9	-3	0,02	0,109	0,173	0,043	0,076	0,150	0,773	0,283	0,219	VERIFICA
C3-10	0,6	34,08	0	0,02	0,335	0,389	0,045	0,082	0,150	0,000	0,283	0,000	NO VERIFICA
C3-11	0,6	9,25	-11	0,02	0,25	0,317	0,065	0,115	0,150	1,480	0,283	0,419	VERIFICA
C3-12	0,6	20,2	3	0,02	0,325	0,301	0,065	0,115	0,150	0,773	0,283	0,219	VERIFICA
C3-13	0,6	29,95	0	0,02	0,322	0,294	0,064	0,115	0,150	0,000	0,283	0,000	NO VERIFICA
C3-14	0,6	31,4	1	0,02	0,299	0,289	0,085	0,149	0,150	0,446	0,283	0,126	NO VERIFICA
C3-15	0,6	24,75	-4	0,02	0,252	0,306	0,092	0,171	0,150	0,893	0,283	0,252	VERIFICA
C3-16	0,6	11,13	3	0,02	0,327	0,255	0,112	0,193	0,150	0,773	0,283	0,219	VERIFICA
C3-17	0,6	35,2	1	0,02	0,253	0,206	0,112	0,192	0,150	0,446	0,283	0,126	NO VERIFICA
C3-18	0,6	5,1	-11	0,02	0,127	0,329	0,112	0,192	0,150	1,480	0,283	0,419	VERIFICA
C3-19	0,6	9,35	20	0,02	0,265	0,107	0,112	0,192	0,150	1,996	0,283	0,564	VERIFICA
C3-20	0,6	35,55	2	0,02	0,252	0,136	0,127	0,237	0,150	0,631	0,283	0,178	NO VERIFICA
C3-21	0,6	48,5	0	0,02	0,178	0,296	0,131	0,257	0,150	0,000	0,283	0,000	NO VERIFICA
C3-22	0,6	5,35	55	0,02	0,21	0,007	0,131	0,251	0,150	0,776	0,283	0,220	NO VERIFICA

5

Pendientes negativas

4

Conductos a reemplazar con manga UV

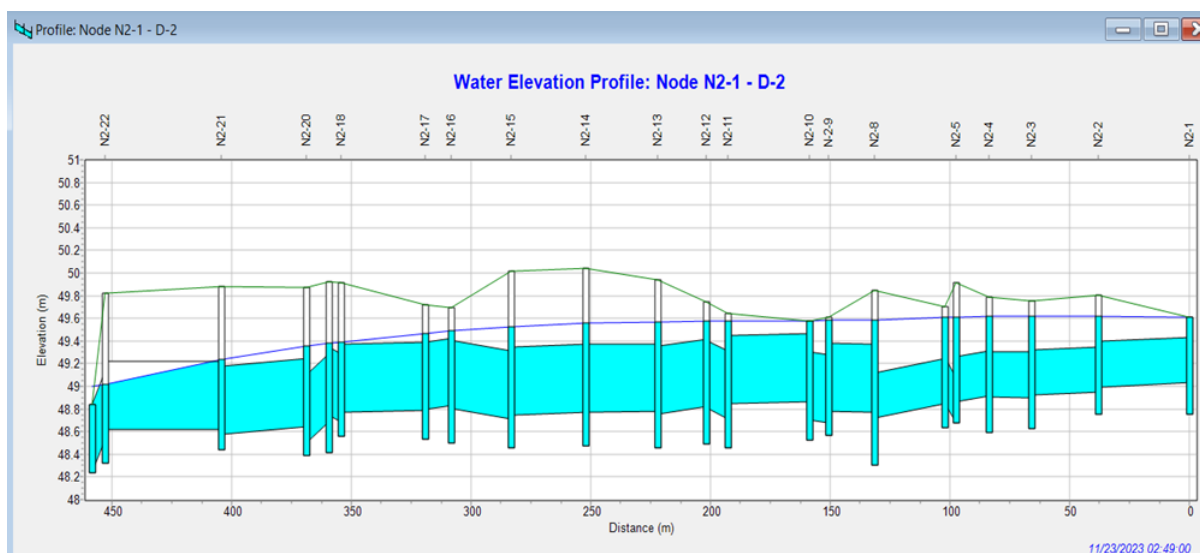


Figura 40. Perfil del nivel de agua en la hora más crítica para un TR de 10 años- Colector 3
(Fuente: Resultados obtenidos del programa SWMM).

4.2.1.3. Diseño y dimensionamiento del reservorio

Se propone la construcción de un reservorio enterrado que será destinado al almacenamiento del agua de lluvia y a su vez permitiría aliviar al sistema pluvial interno del campus. La ubicación sugerida para el mismo se encuentra al final de los colectores 2 y 3 (Plano N°7 del Anexo).

La estructura planificada estará compuesta por losas de pared, losa de fundación y losa de tapa, complementada con tabiques intermedios que funcionarán como soporte de la losa de tapa. Será de hormigón armado H-25, con una resistencia característica de $\sigma'_{bk}=25$ MPa y el acero a utilizar para este proyecto será del tipo ADN-420.

Las dimensiones de la estructura se han definido en función del volumen deseado de almacenamiento, estableciendo un mínimo de 210 m³. Para determinar este volumen, se llevó a cabo un estudio hidrológico a partir del programa SWMM del cual se obtuvo el volumen total que escurre por el colector 3, concluyendo que, para una lluvia con un tiempo de recurrencia de 2 años, el reservorio tendría la capacidad de almacenar aproximadamente el 40% del escurrimiento generado por dicha precipitación (Tabla 59). Este enfoque garantiza que el reservorio sea capaz de captar y almacenar una cantidad significativa de agua de lluvia, contribuyendo así a la atenuación de inundaciones.

Tabla 58. Resultados de la Modelación Hidráulica en SWMM – Volumen de salida colector 3 para TR 2 años.

Tiempo de Recurrencia	2 años
Volumen de Salida (10 ⁶ Litros)	0,509
Porcentaje (%)	41,26

- Determinación de la ubicación y dimensiones

La determinación de la ubicación del reservorio se basa en consideraciones críticas del sistema, específicamente en la obstrucción provocada por el caño de agua potable en la salida del colector 3 hacia la Avenida Las Heras (Imagen 27). Se ha evaluado entonces que la presencia de un reservorio al final de este colector sería ideal para aliviar la carga del sistema, proporcionando así una justificación para su ubicación en esta área.

Adicionalmente, para definir las dimensiones posibles del reservorio, se llevó a cabo una inspección en el campo. Durante este proceso, se consideraron diversos factores, como la ubicación de los árboles y el espacio disponible en la zona (Imagen 38).



Imagen 38. Zona donde se propone realizar el reservorio (Fuente: Fotografía propia, 2024).

Para definir la profundidad del reservorio, se tuvo en cuenta la cota de dintel del último caño correspondiente al colector 3, ya que este determina la entrada de agua que recarga el reservorio limitándola a una profundidad de -0,60 metros con respecto al nivel de terreno natural. Además, se propuso que la salida del agua que se almacena, en el caso que el nivel máximo se vea superado, se produce hacia la cámara N°20, perteneciente al colector N°2 que produce la descarga por la Avenida Castelli (Plano N°7 del Anexo).

Además, se consideró que el destino propuesto para este reservorio es una fuente ornamental que funcionará con un sistema de bombeo y por tanto, como parte del diseño, se ha previsto la construcción de un muro de hormigón con una elevación de 0,40 metros por encima de la losa de tapa (Figura 41).

Cabe destacar que para reducir el efecto del levantamiento del reservorio por la interacción suelo-estructura se propone diseñar un talón perimetral de 50 cm, en coincidencia con el nivel de la losa de fondo (Figura 41).

A continuación, se desarrollará el diseño y dimensionamiento del reservorio con capacidad de almacenamiento de 251,5 m³ empleando el programa CYPECAD que utiliza una metodología basada en el análisis de elementos finitos y, el dimensionamiento de los elementos estructurales se realiza según las normativas de diseño aplicables, en este caso, siguiendo la normativa de diseño por factor de carga y resistencia (LRFD). Este proceso se llevó a cabo bajo la dirección y asesoramiento de un ingeniero civil, combinando la capacidad del programa con la experiencia profesional para garantizar resultados óptimos.

La primera fase consistió en definir las dimensiones del reservorio (Figuras 41, 42 y 43), considerando su capacidad de almacenamiento requerida.

- Longitud total= 16,20m
- Ancho total= 6,60 m
- Altura hasta nivel de losa de tapa= 2,70m
- Altura por encima de la losa de tapa= 0,40m
- Espesor de paredes exteriores= 0,25m
- Espesor de tabiques intermedios= 0,20m
- Espesor de la losa de tapa= 0,20m
- Espesor de la losa de fondo= 0,25m

Con lo cual la capacidad del mismo será:

$$V = (2,25 * 15,7 * 6,1 - 0,20 * 5,1 * 2,25) + (0,40 * 15,7 * 6,1) = 251,5 \text{ m}^3$$

Donde el primer término corresponde al volumen que puede almacenar en su interior y el segundo corresponde al volumen superior, es decir, por encima de la losa de tapa.

Se puede observar que la capacidad es superior a 210m³, con lo que se podrá almacenar un volumen de 48% de una lluvia con un TR=2 años.

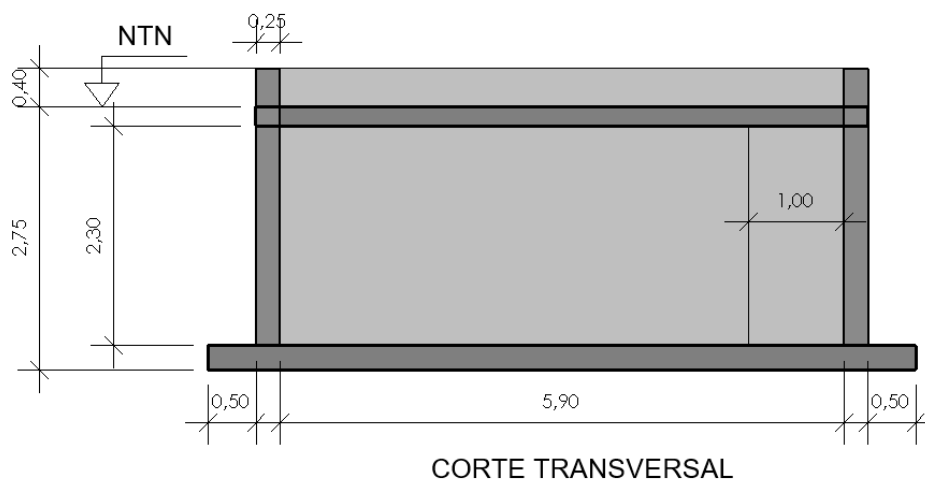


Figura 41. Corte transversal del reservorio (Fuente: elaboración propia).

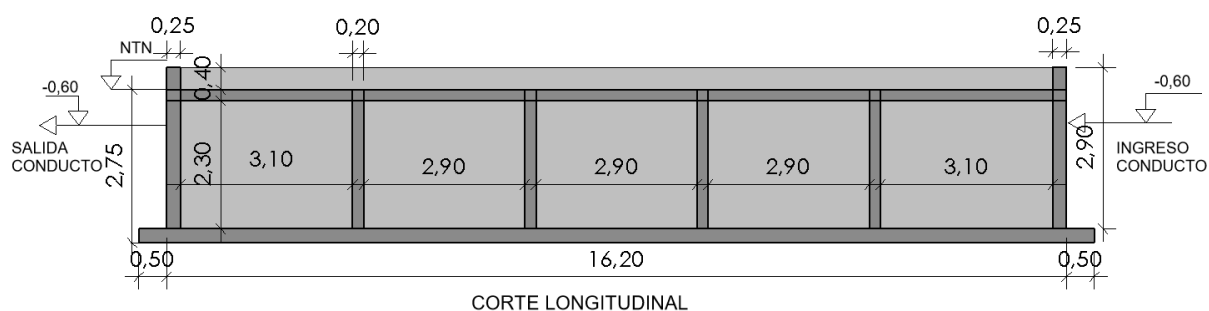


Figura 42. Corte longitudinal del reservorio (Fuente: elaboración propia).

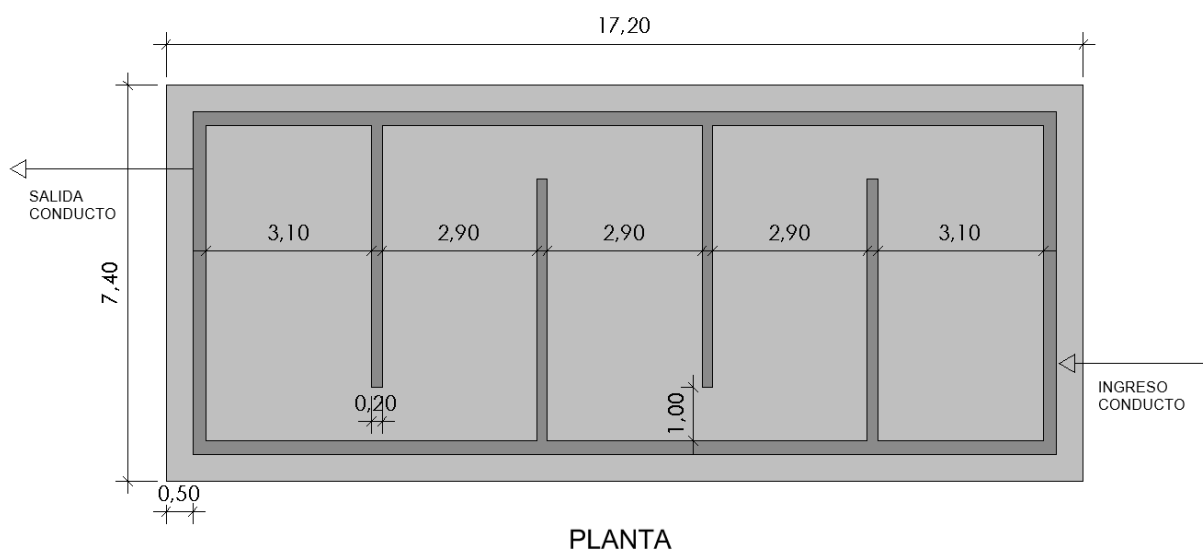


Figura 43. Vista en planta (Fuente: elaboración propia).

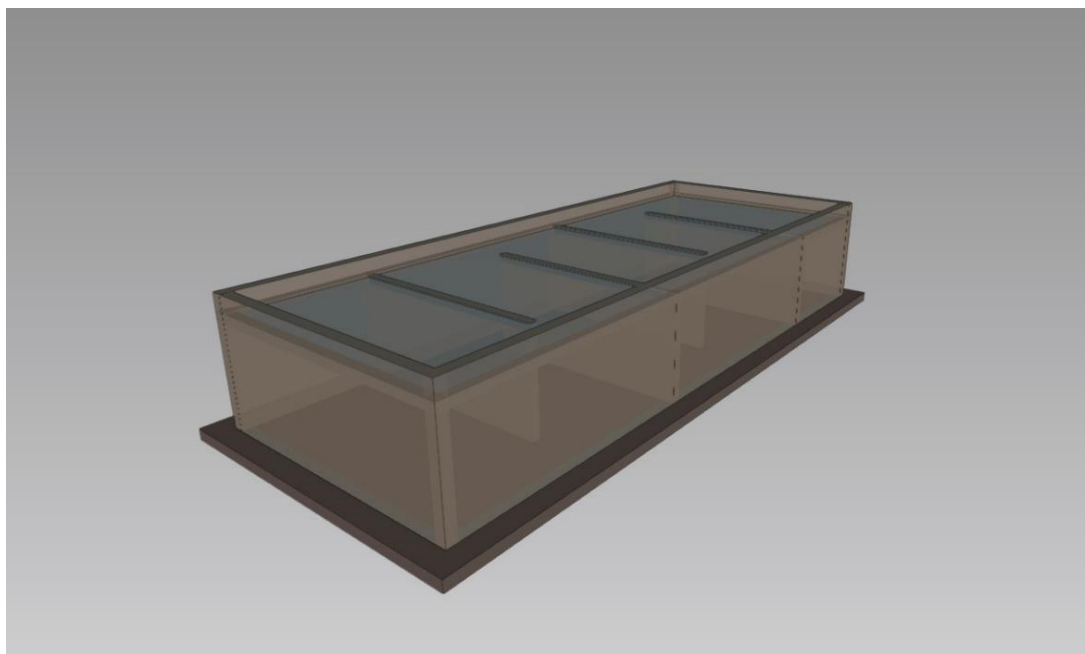


Figura 44. Modelación en CYPECAD del reservorio.

Posteriormente, se configuraron en el programa todas las variables relevantes del reservorio: alto, ancho, espesor de paredes y losas, largo y recubrimientos. La resistencia del hormigón

(H25) y la calidad del acero (ADN 420) también fueron especificadas de acuerdo con lo establecido por el CIRSOC 201.

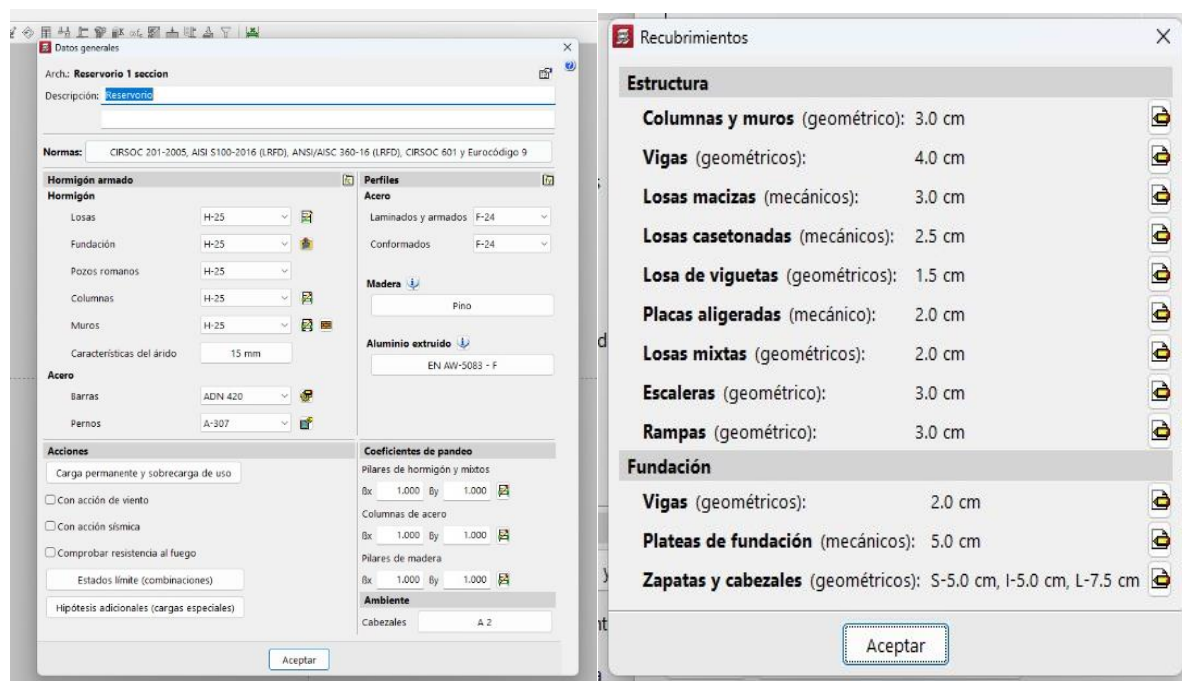


Figura 45. Datos cargados al programa CYPECAD para la modelación.

A través de un estudio de suelo existente en el campus (Anexo), se obtuvieron datos como la cohesión, peso específico y tensión admisible del suelo. Estos parámetros fueron fundamentales para determinar las presiones del terreno a partir de la teoría de Rankine. (Tabla 59).

Tabla 59. Cálculo de las presiones exteriores a partir de la teoría de Rankine (Fuente: elaboración propia)

Presiones	Acción	Profundidad (m)	Presión Horizontal (t/m2)
Exteriores	Suelo	0,34	0
		2,5	2,06
	Nivel Freático	0,35	0
		2,15	2,15
Interiores	Agua almacenada	0	0
		0,4	0,4
		0,6	0
		2,5	1,9

Se establecieron diversas hipótesis de cálculo para modelar el comportamiento del reservorio bajo condiciones específicas. Entre estas, se consideraron las presiones debidas al suelo, al nivel freático, al agua almacenada en el reservorio y sobre la losa de tapa (Figura 46, 47 y 48). Cada hipótesis se fundamentó en la necesidad de comprender y anticipar las fuerzas que actuarían sobre la estructura.

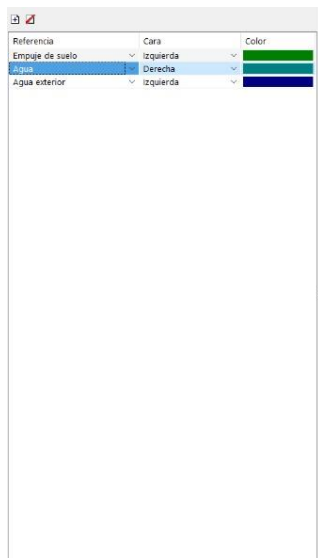


Figura 46. Diagrama de presiones interiores debidas al agua almacenada.

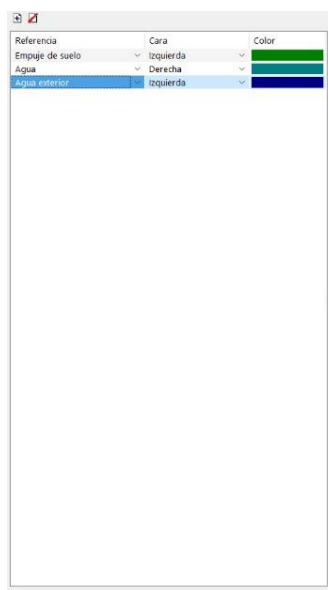


Figura 47. Diagrama de presiones exteriores debidas al nivel freático.

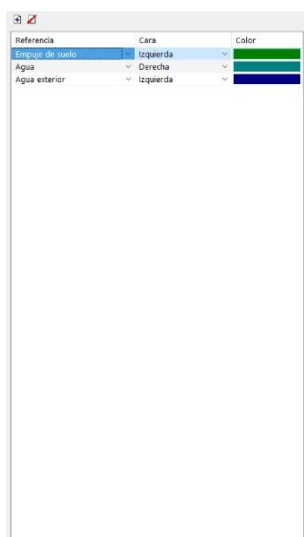


Figura 48. Diagrama de presiones exteriores debidas al suelo.

Particularmente para las losas de tapa y de fondo que poseen una luz de 15,95 metros, se tendrá ciertas consideraciones que se contemplan en el ACI (Instituto Americano del Hormigón por sus siglas en inglés).

Dicha normativa, sugiere que para luces menores a 30 metros se puede prescindir de juntas de dilatación (Tabla 60).

Tabla 60. Espacios para juntas de dilatación (Fuente: Datos del Comité 224 del ACI, Juntas en la construcción de hormigón, 1995).

Author	Spacings
Lewerenz (1907)	75 ft (23 m) for walls
Hunter (1953)	80 ft (25 m) for walls and insulated roofs 30–40 ft (9–12 m) for uninsulated walls
Billig (1960)	100 ft (30 m) maximum building length without joints; recommends joint placement at abrupt changes in plan and at changes in building heights to account for potential stress concentrations
Wood (1981)	100–120 ft (30–35 m) for walls
Indian Standards Institution (1964)	148 ft (45 m) maximum building length between joints
PCA (1982)	200 ft (60 m) maximum building length without expansion joint
Kaminetsky (2001)	100 ft (30 m) maximum in environmental structures (see also Table 17.5)

Además, para el caso de juntas de contracción, de cumplir con la cuantía mínima, según lo establecido por el ACI, se garantiza condiciones adecuadas que permiten prescindir de las mismas. Para el análisis, corresponde realizar la conversión de la luz máxima, en este caso de 15,95 metros a pies, resultando 50 pies, por lo que ingresando al ábaco (Figura 49) y considerando que se trata de un acero de grado 60, se define la cuantía mínima de $4,5 \times 1000$.

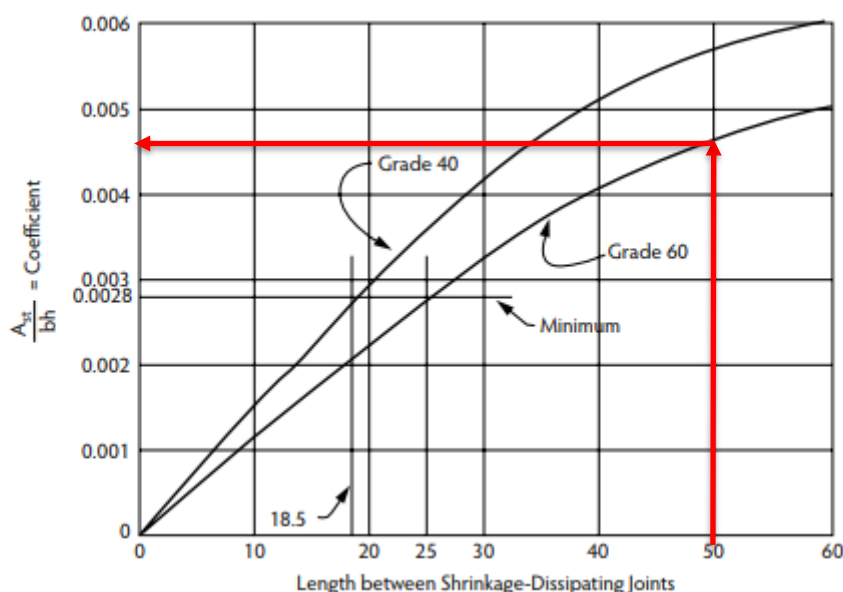


Figura 49. Refuerzo contra la retracción y la temperatura para estructuras de hormigón de ingeniería medioambiental (Fuente: Datos del Comité 224 del ACI, Juntas en la construcción de hormigón, 2006).

A continuación, se adjuntan las plantas de losa de tapa y de fondo, respectivamente:

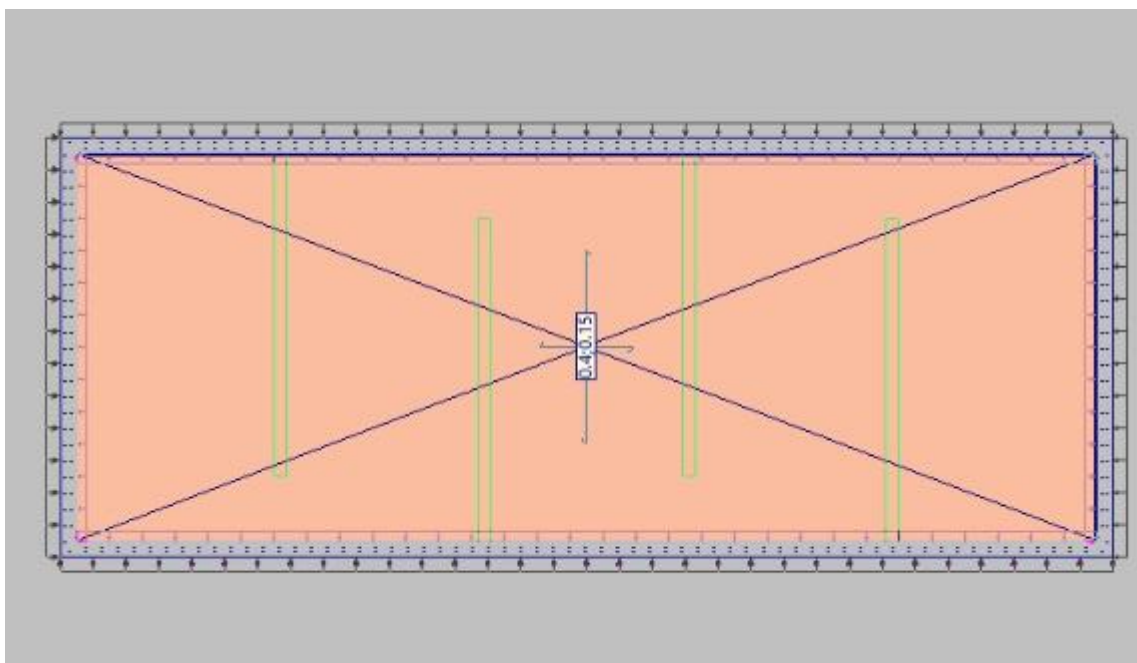


Figura 50. Losa de tapa con las presiones actuantes.

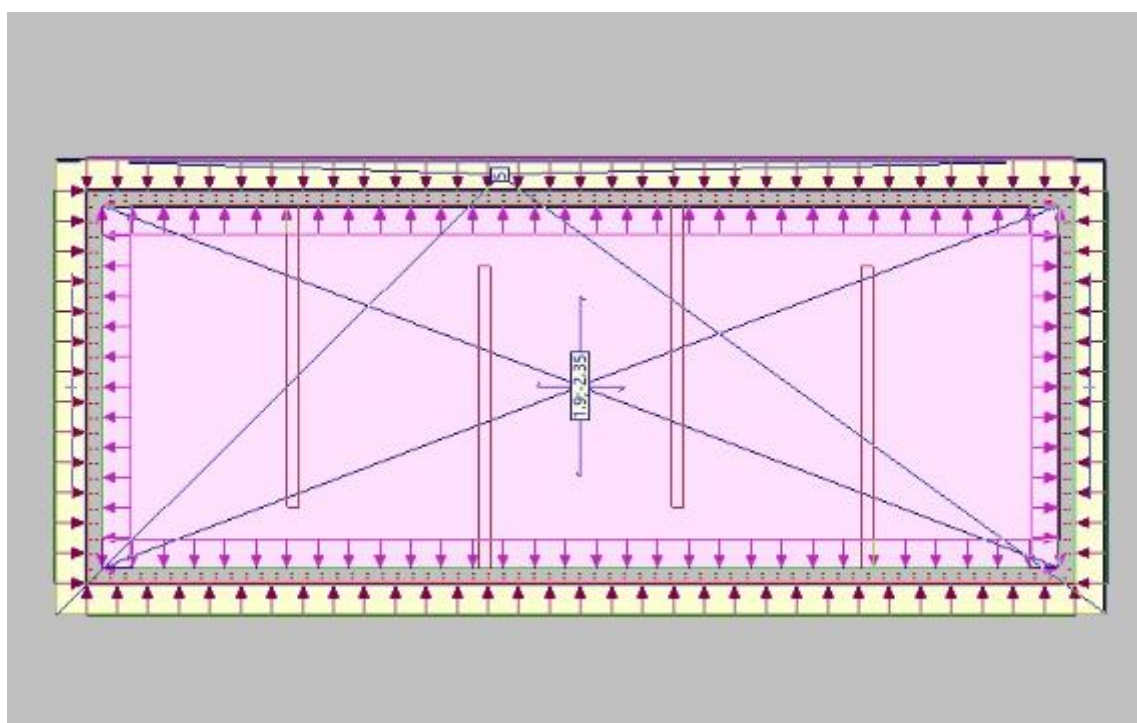


Figura 51. Losa de fondo con las presiones actuantes.

Una vez que el programa CYPECAD fue ejecutado con todos los parámetros y dimensiones previamente establecidos, se procedió a verificar las tensiones máximas sobre el terreno generadas por las hipótesis de carga (Figura 52). Este análisis permitió identificar las zonas críticas de la estructura.

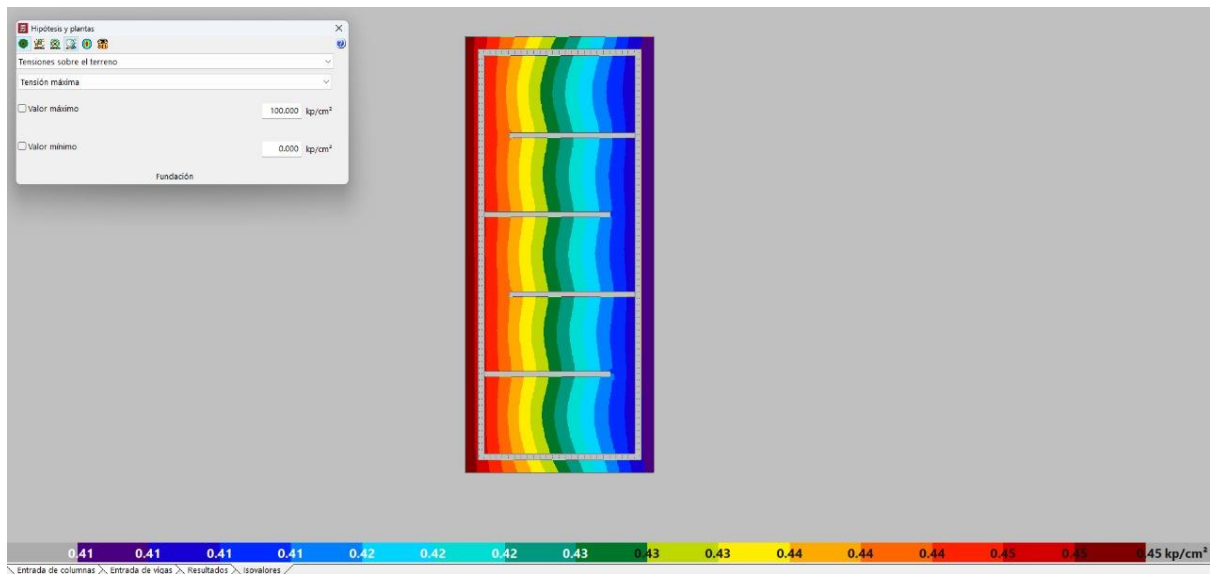


Figura 52. Tensiones máximas sobre el terreno.

Teniendo calculadas las tensiones y verificando las cuantías, se seleccionaron las armaduras adecuadas para garantizar la seguridad y estabilidad del reservorio. Este proceso se centró especialmente en la losa de fondo y la losa de tapa, asegurando que cumplieran con las condiciones de resistencia y deformabilidad requeridas.

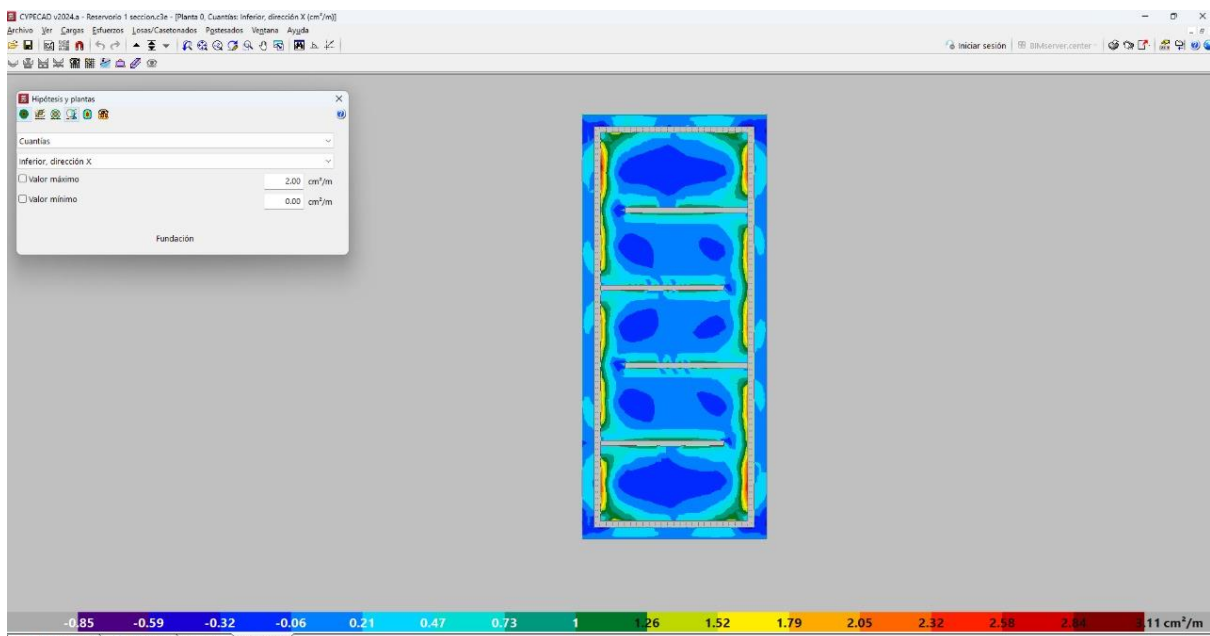
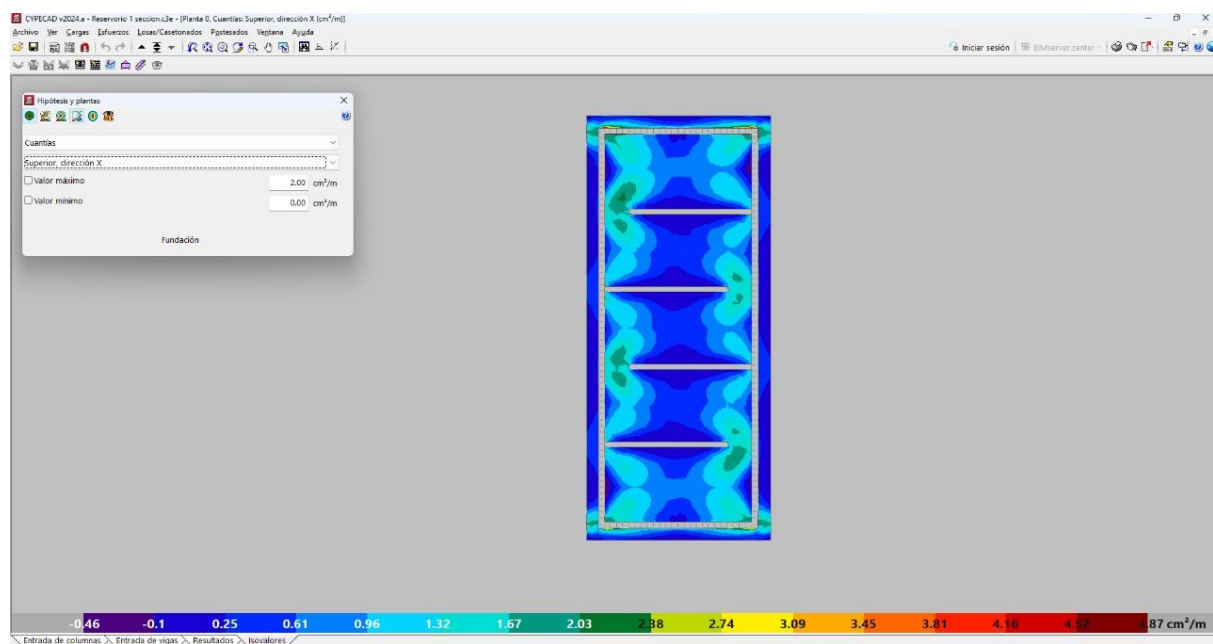
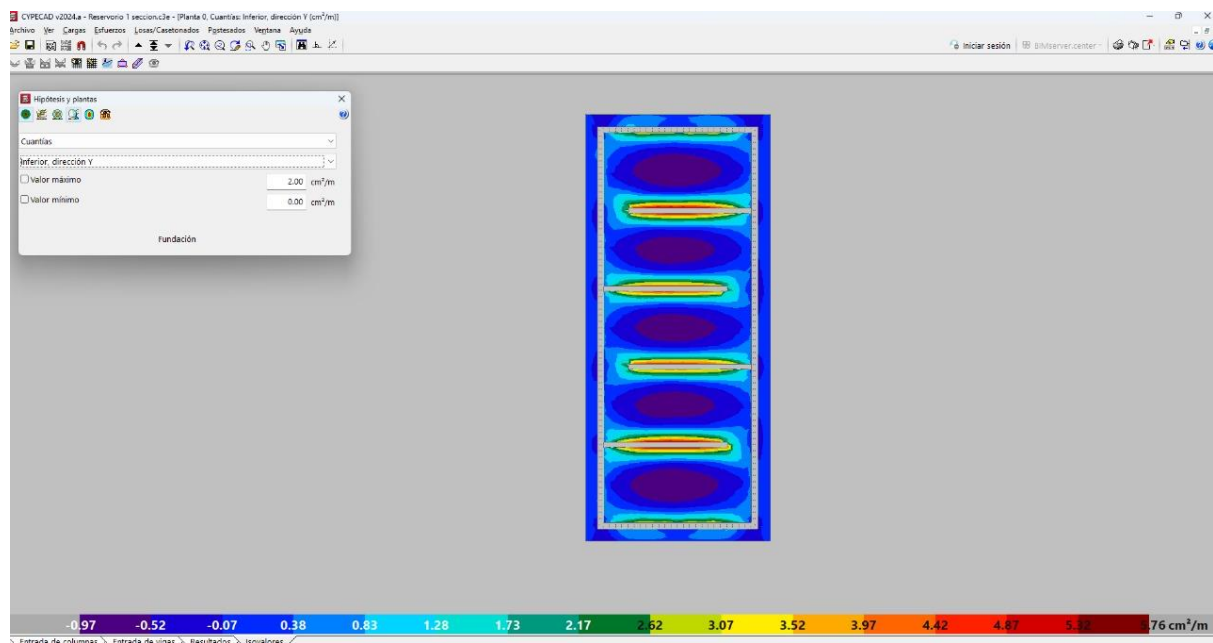


Figura 53. Losa de fondo – Cuantías: inferior, dirección X (cm²/m).



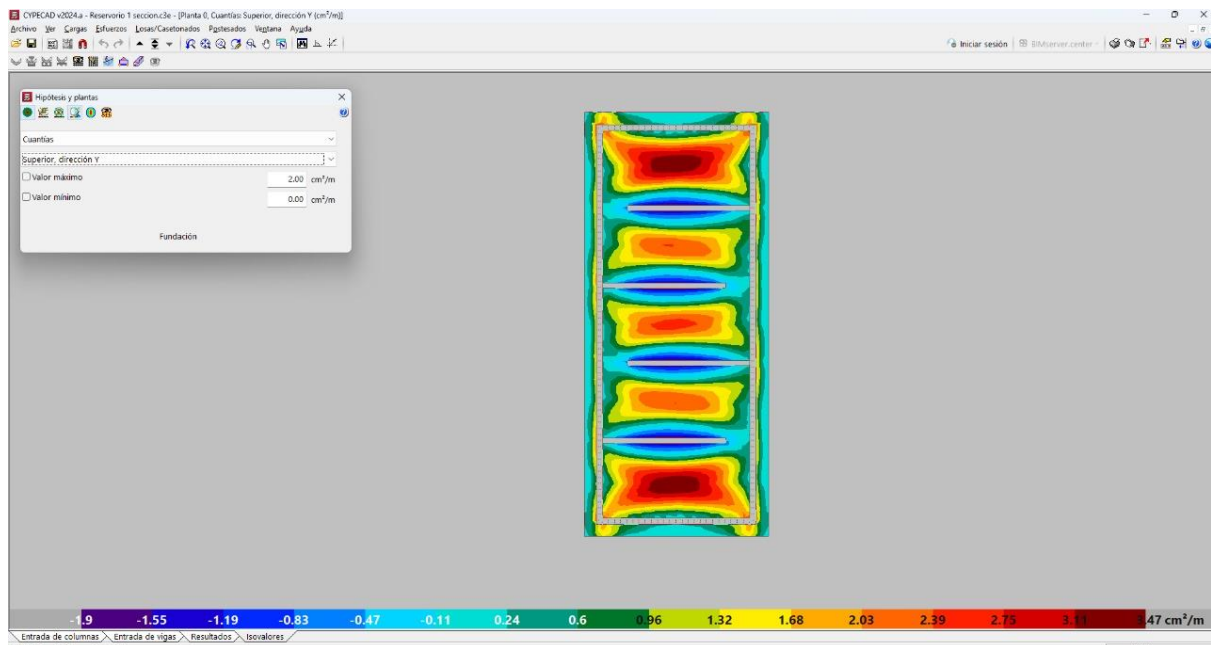


Figura 56. Losa de fondo – Cuantías: superior, dirección Y (cm²/m).

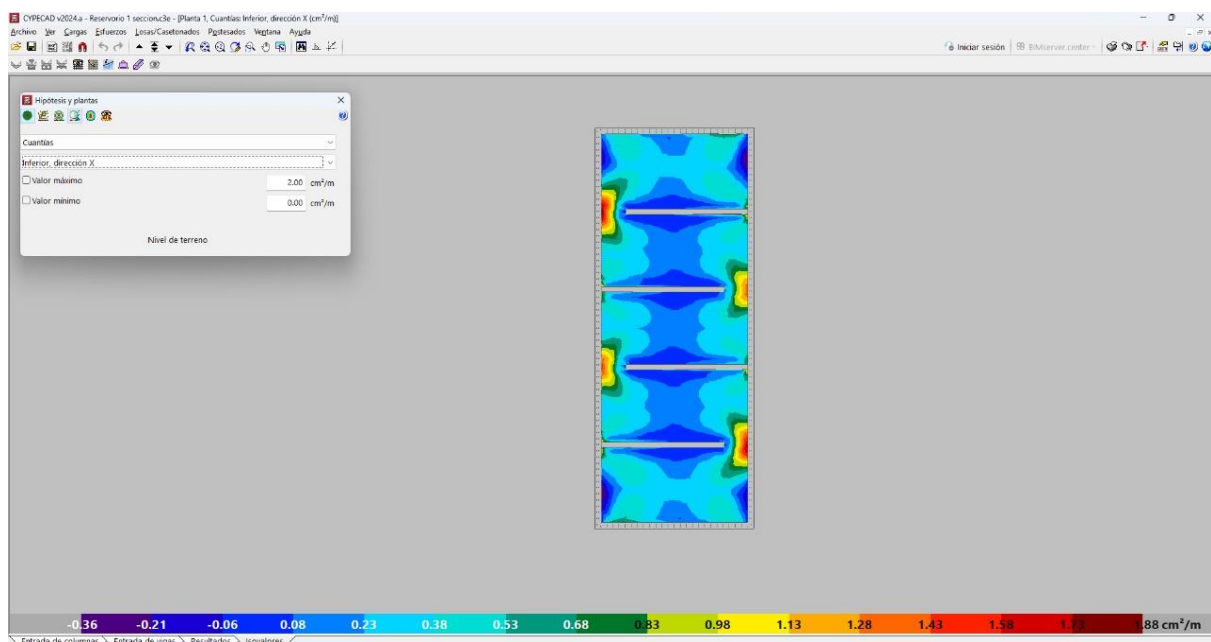


Figura 57. Losa de tapa – Cuantías: inferior, dirección X (cm²/m).

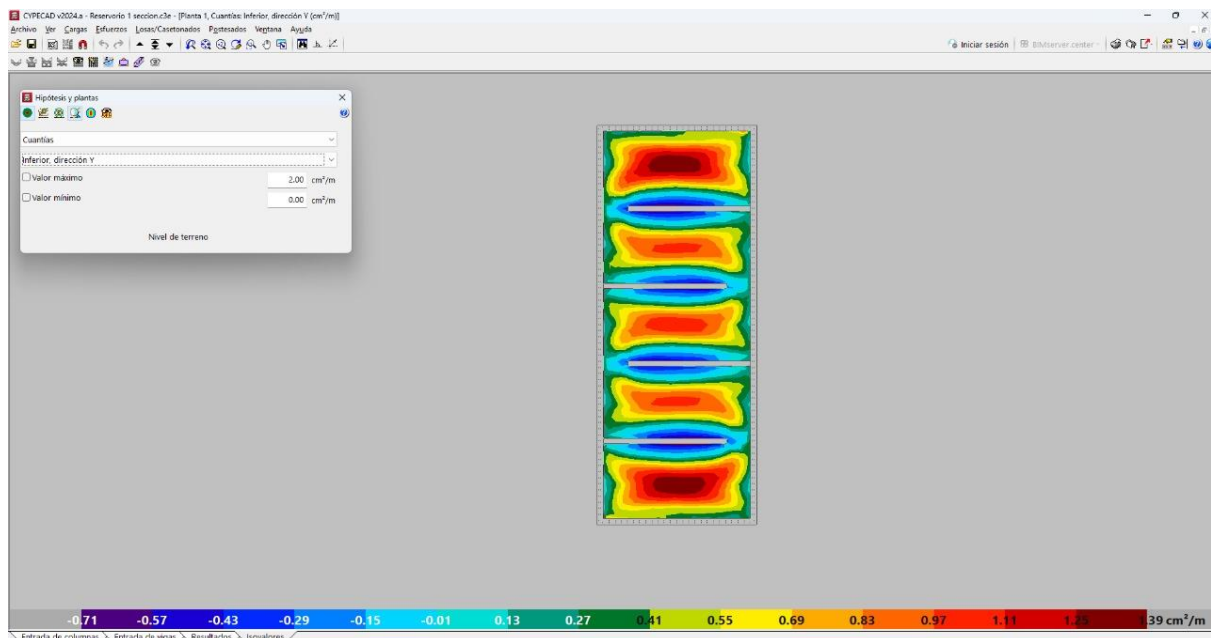


Figura 58. Losa de tapa – Cuantías: inferior, dirección Y (cm²/m).

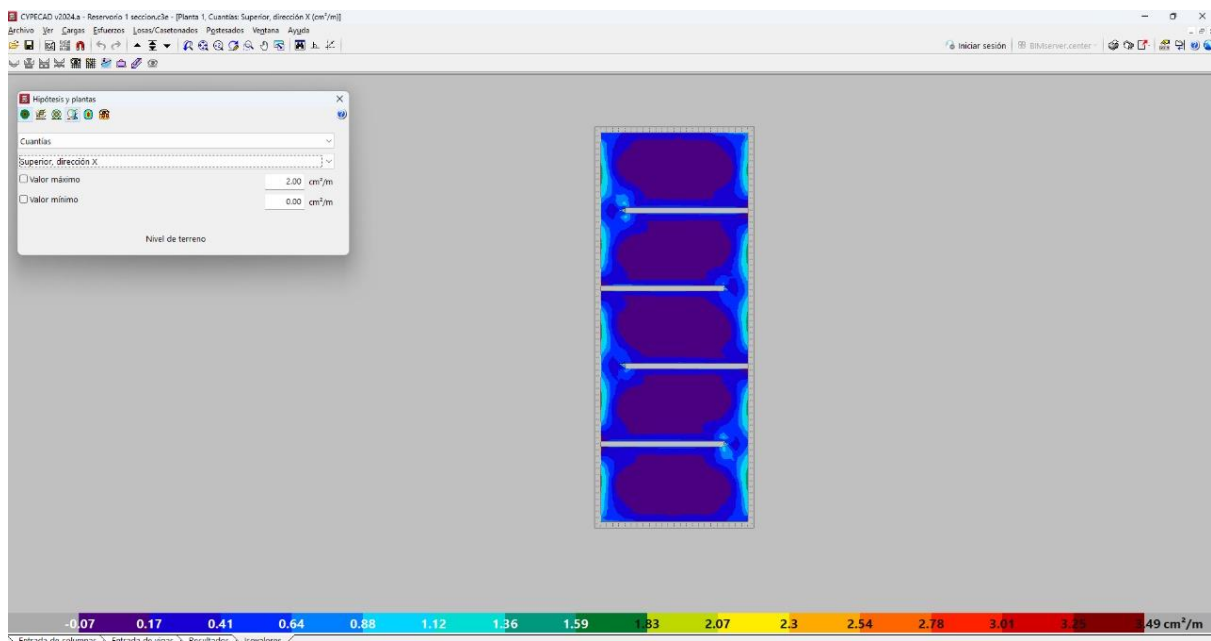


Figura 59. Losa de tapa – Cuantías: superior, dirección X (cm²/m).

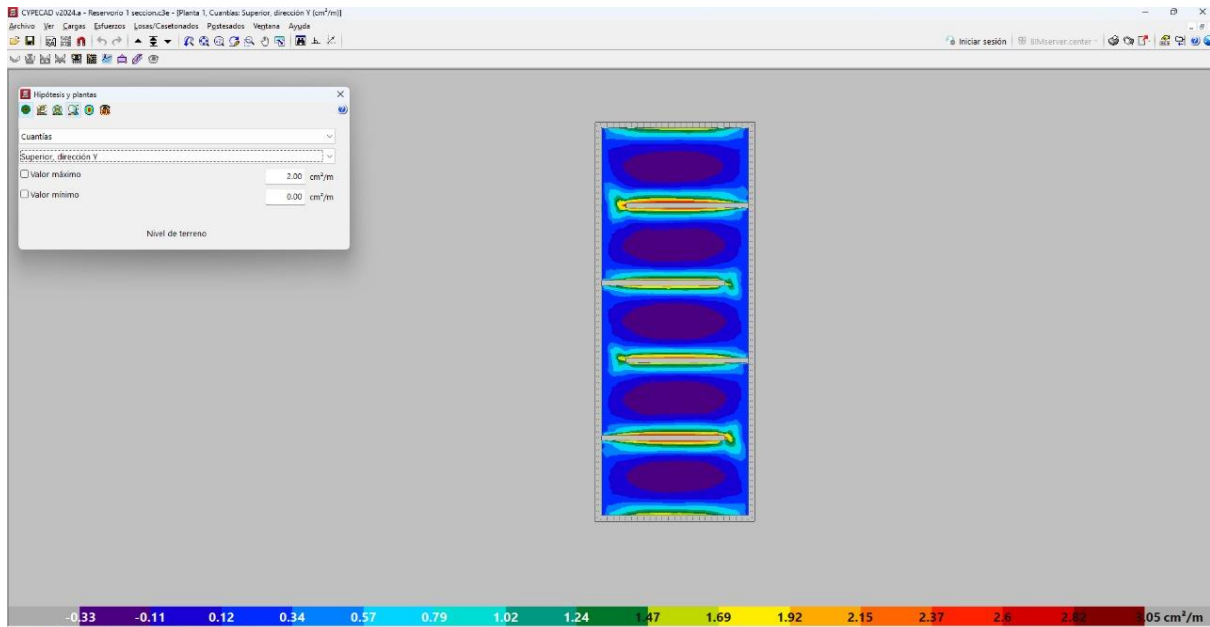


Figura 60. Losa de tapa – Cuantías: superior, dirección Y (cm²/m).

- Armadura para losa de fondo:

Cuantías obtenidas del CYPECAD:

- Cuantía inferior mínima necesaria en dirección x= 3,11 cm²/m
- Cuantía inferior mínima necesaria en dirección y=5,76cm²/m
- Cuantía superior mínima necesaria en dirección x=4,87 cm²/m
- Cuantía superior mínima necesaria en dirección y=3,47 cm²/m

Dirección X, losa de fondo:

Se adopta 1 Φ 12 c/20cm y se verifica la cuantía mínima inferior en la dirección X.

Separaciones máximas según CIRSOC 201:

$$s_l \begin{cases} \leq 2,5 \text{ veces el espesor del tabique o de la losa} \\ \leq 25 d_b \text{ de la barra o alambre de menor diámetro} \\ \leq 300 \text{ mm} \end{cases}$$

- $s_1 \leq 2,5 \cdot 25 \text{ cm} = 50 \text{ cm}$
- $s_2 \leq 25 \cdot 1,2 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$
- $s_3 \leq 30 \text{ cm}$

Se adopta $s=20 \text{ cm}$ B.C

$$\rho_{x(\text{inferior})} = \frac{\text{área } \Phi 12}{\text{separación}} = \frac{1,13 \text{ cm}^2}{0,20 \text{ m}} = 5,65 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \geq 3,11 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \rightarrow \text{B. C}$$

(Resulta mayor a la necesaria debido a que si no, no verifica la condición según ACI)

Se adopta 1 Φ 12 c/20cm y se verifica la cuantía mínima superior en la dirección X:

$$\rho_{x(superior)} = \frac{\text{área } \Phi 12}{\text{separación}} = \frac{1,13\text{cm}^2}{0,20\text{m}} = 5,65 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \geq 4,87 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \rightarrow \text{B. C}$$

Finalmente, se verifica la cuantía según ACI:

Según ACI, la cuantía mínima por retracción y temperatura es de 0,0045

$$\rho(\text{ACI}) = 0,0045 * 25 * 100 = 11,25\text{cm}^2/\text{m}$$

$$\rho = \rho_{x(inferior)} + \rho_{x(superior)} = 5,65 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} + 5,65 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} = 11,30 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \geq 11,25 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \rightarrow \text{B. C}$$

También se cumplen las cuantías mínimas propuestas por CIRSOC 201:

$$f_y \begin{cases} \leq 420 \text{ MPa cuantía mínima} = 0,0018 \\ > 420 \text{ MPa cuantía mínima} = \frac{0,0018 \cdot 420}{f_y} \geq 0,0014 \end{cases}$$

Cuantía mínima según CIRSOC = 0,018*25*100=4,5 cm²/m B.C

Con lo cual se adopta 2 Φ 12 c/20cm (armadura superior e inferior) en la dirección X para la losa de fondo.

Dirección Y, losa de fondo:

Se adopta 1 Φ 16 c/30cm y se verifica la cuantía mínima inferior en la dirección Y:

Separaciones máximas según CIRSOC 201:

$$s_l \begin{cases} \leq 2,5 \text{ veces el espesor del tabique o de la losa} \\ \leq 25 d_b \text{ de la barra o alambre de menor diámetro} \\ \leq 300 \text{ mm} \end{cases}$$

- $S1 \leq 2,5 * 25\text{cm} = 50 \text{ cm}$
- $S2 \leq 25 * 2\text{cm} = 40\text{cm}$
- $S3 \leq 30\text{cm}$

Se adopta s=30cm B.C

$$\rho_{y(inferior)} = \frac{\text{área } \Phi 16}{\text{separación}} = \frac{2,01\text{cm}^2}{0,30\text{m}} = 6,70 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \geq 5,76 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \rightarrow \text{B. C}$$

Se adopta 1 Φ 12 c/20cm y verificamos la cuantía mínima superior en la dirección Y:

$$\rho_{y(superior)} = \frac{\text{área } \Phi 12}{\text{separación}} = \frac{1,13\text{cm}^2}{0,20\text{m}} = 5,65 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \geq 3,47 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \rightarrow \text{B. C}$$

(Resulta mayor a la necesaria debido a que si no, no verifica la condición según ACI)

Finalmente, verificamos la cuantía según ACI:

Según ACI, la cuantía mínima por retracción y temperatura es de 0,0045

$$\rho(ACI) = 0,0045 * 25 * 100 = 11,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rho_{y(inferior)} + \rho_{y(superior)} = 5,65 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} + 6,70 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} = 12,35 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \geq 11,25 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \rightarrow \text{B. C}$$

También se cumplen las cuantías mínimas propuestas por CIRSOC 201:

$$f_y \begin{cases} \leq 420 \text{ MPa} \text{ cuantía mínima} = 0,0018 \\ > 420 \text{ MPa} \text{ cuantía mínima} = \frac{0,0018 * 420}{f_y} \geq 0,0014 \end{cases}$$

Cuantía mínima según CIRSOC = $0,018 * 25 * 100 = 4,5 \text{ cm}^2/\text{m}$ B.C

Con lo cual adoptamos 1 Φ 12 c/20cm (armadura superior) y 1 Φ 16 c/30cm en la dirección Y para la losa de fondo.

-Armadura para losa de tapa

Cuantías obtenidas del CYPECAD:

- Cuantía inferior mínima necesaria en dirección x= $1,88 \text{ cm}^2/\text{m}$
- Cuantía inferior mínima necesaria en dirección y= $1,39 \text{ cm}^2/\text{m}$
- Cuantía superior mínima necesaria en dirección x= $3,49 \text{ cm}^2/\text{m}$
- Cuantía superior mínima necesaria en dirección y= $3,05 \text{ cm}^2/\text{m}$

En este caso, las cuantías son menores, pero como se debe cumplir con una cuantía mínima según ACI, se adoptan **2 Φ 12 c/25cm** tanto para la armadura en X como para la armadura en Y, debido a que es la mínima armadura que permite verificar dicha condición.

$$\rho = \frac{\text{área } \Phi 12}{\text{separación}} = \frac{1,13 \text{ cm}^2}{0,25 \text{ m}} = 4,52 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Según ACI, la cuantía mínima por retracción y temperatura es de 0,0045

$$\rho(ACI) = 0,0045 * 20 * 100 = 9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rho = 4,52 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} + 4,52 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} = 9,04 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \geq 9 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \rightarrow \text{B. C}$$

Verificándose también los requerimientos establecidos por el CIRSOC 201.

- Losas de muro

Para las losas de muro, tanto exteriores como intermedias, el programa CYPECAD fue empleado para definir las armaduras necesarias. Se llevó a cabo un análisis, ajustando las cuantías y las disposiciones de las armaduras para alcanzar un cumplimiento cercano al 100 por ciento de las condiciones especificadas en las normativas y criterios de diseño.

Por lo tanto, se concluye que para las paredes exteriores se utilizara $\Phi 12$ cada 20 cm para la armadura vertical y $\Phi 8$ cada 20 cm para la armadura horizontal (Figuras 61-64), mientras que

para el caso de las paredes intermedias se propone utilizar $\Phi 10$ cada 20 cm para la armadura vertical y $\Phi 8$ cada 20 cm para la armadura horizontal (Figura 65).

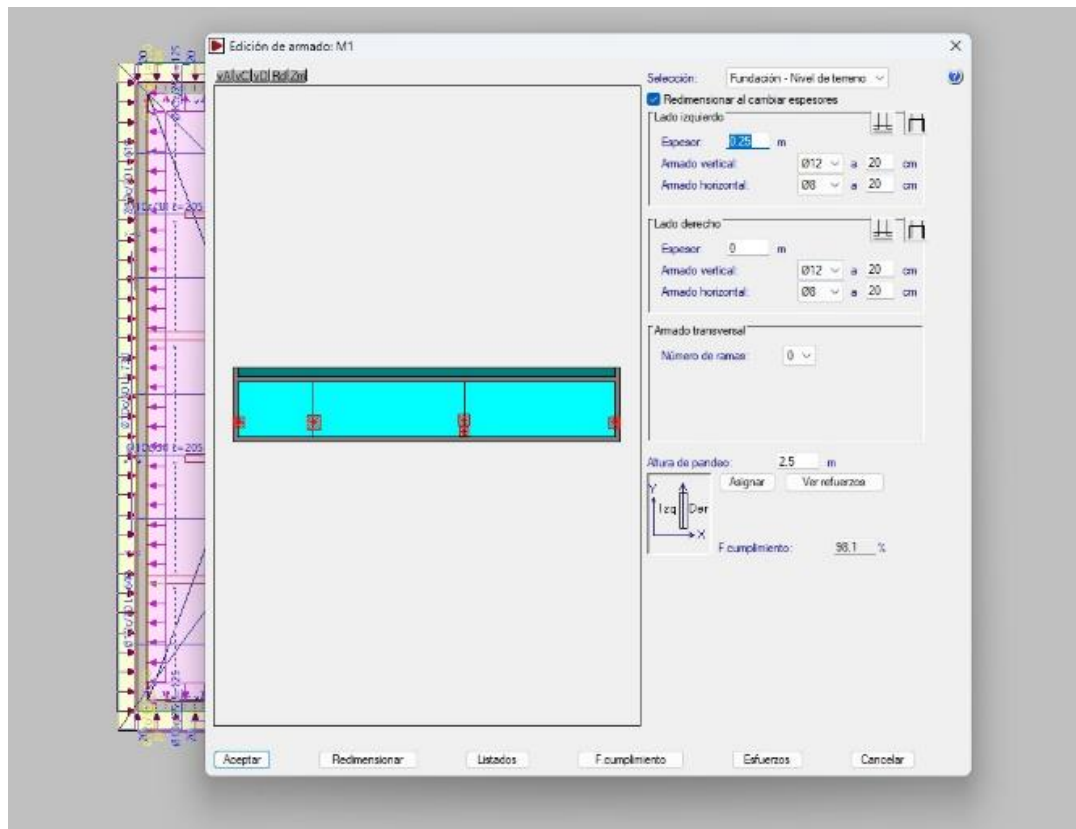


Figura 61. Armado vertical y horizontal para una de las paredes exteriores del reservorio.

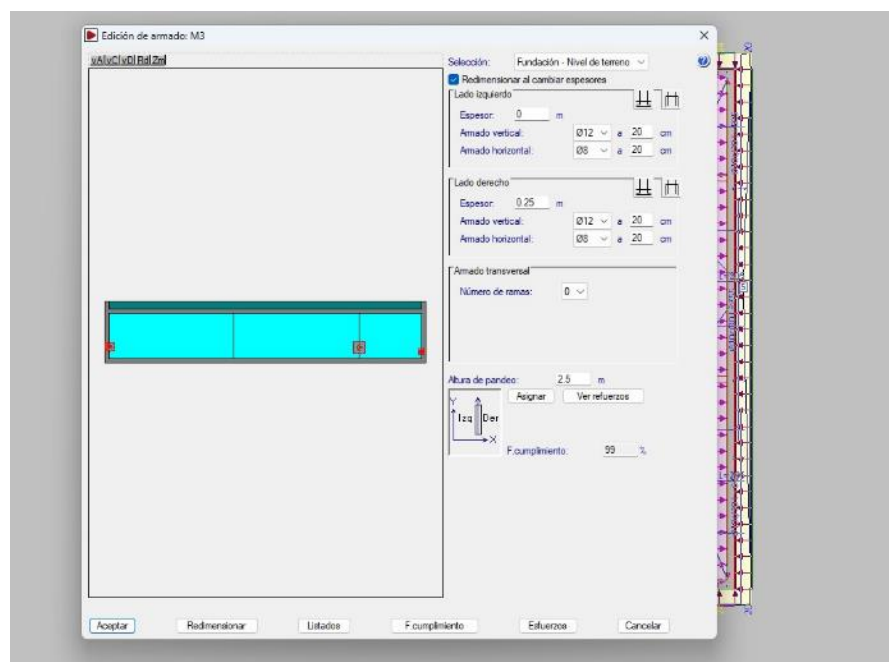


Figura 62. Armado vertical y horizontal para una de las paredes exteriores del reservorio.

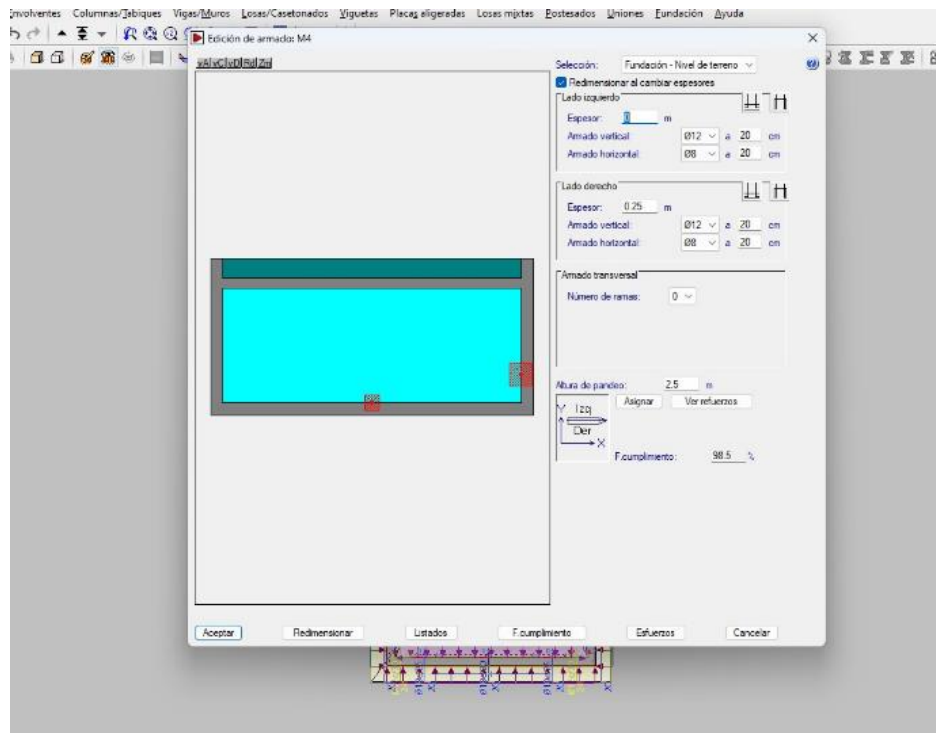


Figura 63. Armado vertical y horizontal para una de las paredes exteriores del reservorio.

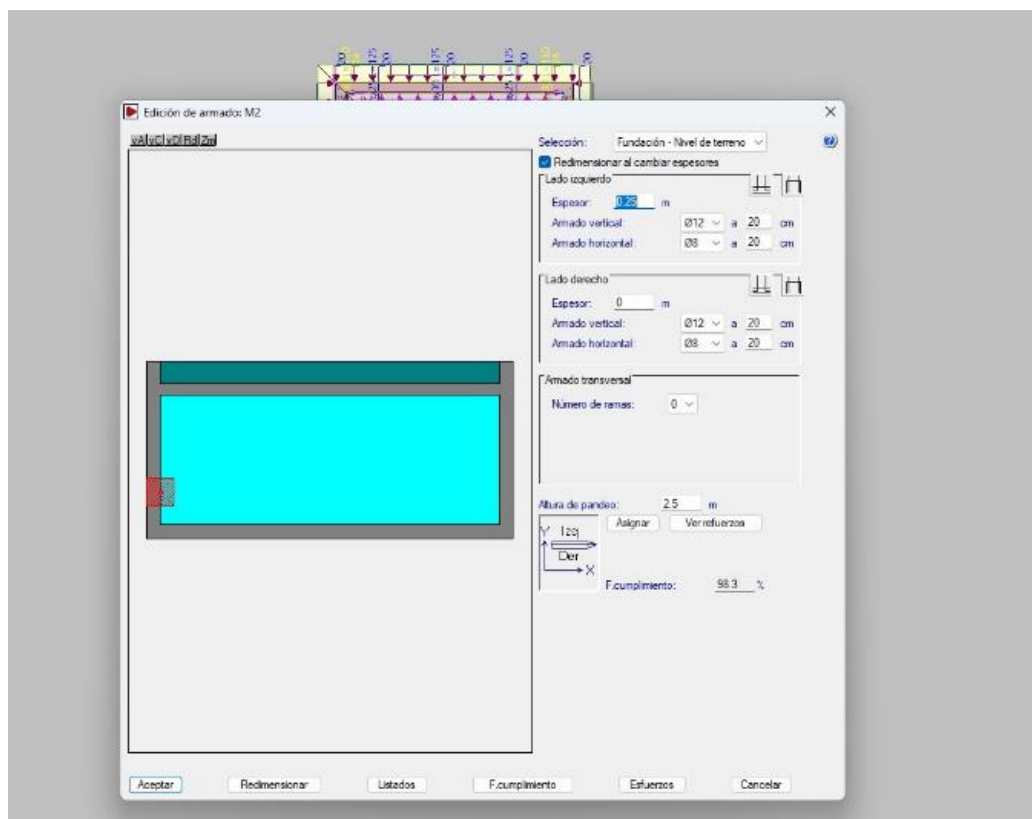


Figura 64. Armado vertical y horizontal para una de las paredes exteriores del reservorio.

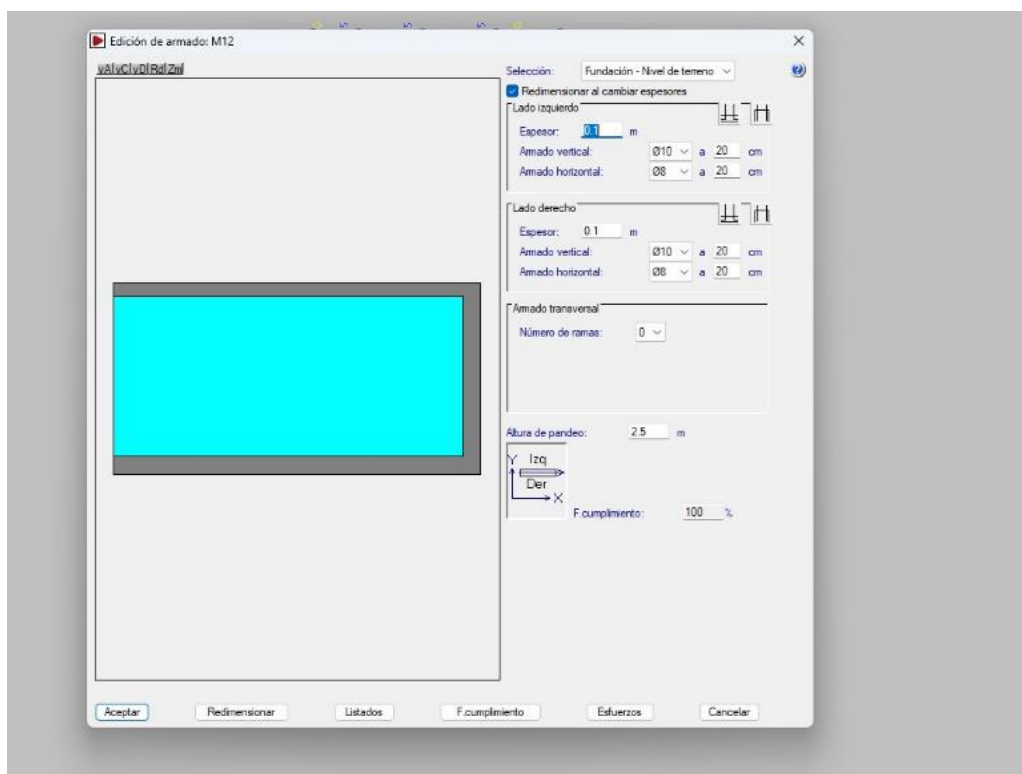


Figura 65. Armado vertical y horizontal para cada uno de los tabiques interiores del reservorio.

CAPÍTULO V: Cómputo y presupuesto de las alternativas a aplicar en el sistema de desagües pluviales del campus UNNE sede Resistencia

5.1. Cómputo y presupuesto por el método tradicional

A continuación, se presenta el cómputo y presupuesto correspondiente a la rehabilitación del sistema pluvial mediante el método tradicional del proyecto tomado como referencia. Este cálculo se derivó de un análisis detallado de los precios unitarios asociados tanto al desagüe pluvial como al pavimento propuesto con la modificación de que solo se tuvo en cuenta el sector que necesitó ser intervenido y reconstruido para el funcionamiento sistema pluvial.

Los precios unitarios utilizados fueron obtenidos mediante un análisis individual de cada ítem, y estos se encuentran referidos al mes de marzo de 2023. En cuanto a la mano de obra, los precios se calcularon considerando los jornales de salarios básicos establecidos por el convenio colectivo de trabajo 76/75, también correspondientes a la misma fecha.

El presupuesto de la obra se determinó en pesos argentinos y dólares estadounidenses, utilizando el tipo de cambio oficial del Banco Nación, que fue de \$213,57 al 27 de marzo de 2023.

Se ha llevado a cabo una actualización del cómputo y presupuesto. Este proceso se fundamentó en el índice de variación del dólar, el cual considera la fluctuación de los precios desde el mes de marzo hasta el mes de enero del presente año. En esta actualización, el valor del índice utilizado fue de $i = 3,07178$.

Se presenta la planilla con el presupuesto final (Tabla 61), expresado tanto en pesos argentinos como en dólares estadounidenses, reflejando la actualización realizada.

Tabla 61. Presupuesto total por el método tradicional (Fuente: Readecuación del Sistema de Desagües Pluviales y Pavimento del Campus UNNE Sede Resistencia, Romero y Veliz Rach, 2023).

RUBRO/ITEM	Designación	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio unitario actualizado	Importes Parciales
1	OBRA HIDRAULICA					
1.1	Excavación, demolición y colocación de cañería de PEAD unión Campana- Espiga de diametro 600 mm	ml	1062	\$ 71.540,09	\$ 219.755,89	\$ 233.380.758
1.2	Excavación, demolición y colocación de cañería de PEAD unión Campana- Espiga de diametro 900 mm	ml	589	\$ 130.145,49	\$ 399.779,18	\$ 235.469.936
2	Camaras y piezas especiales					
2.1	Sumideros vertical o de cordon de mampostería de 1,2m x 1,2 m	u.	40	\$ 252.605,09	\$ 775.948,94	\$ 31.037.958
2.2	Camaras de limpieza de mampostería de 1,2m x 1,2m	u.	11	\$ 232.839,47	\$ 715.233,17	\$ 7.867.565
2.3	Sumideros de mampostería de 1,5m x 1,5m con reja	u.	5	\$ 302.161,31	\$ 928.175,08	\$ 4.640.875
2.4	Cámaras de limpieza de mampostería de 1,5m x 1,5m	u.	18	\$ 282.395,69	\$ 867.459,31	\$ 15.614.268
2.5	Sumideros horizontal de mampostería de 1,2m x 3,5m	u.	1	\$ 349.923,66	\$ 1.074.890,83	\$ 1.074.891
IMPORTE DESAGUE						\$ 529.086.251
3	TAREAS PREVIAS					
3.1	Demolición de pavimento existente	m2	549,45	\$ 388,43	\$ 1.193,17	\$ 655.590
3.2	Acarreo de pavimento demolido	m3	87,912	\$ 2.752,04	\$ 8.453,68	\$ 743.180
3.3	Bacheos de calzada Existente e= 16cm	m2	549,45	\$ 11.397,53	\$ 35.010,78	\$ 19.236.673
3.4	Sellado de juntas y fisuras	m2	10,551	\$ 466,85	\$ 1.434,06	\$ 15.131
3.5	Riego de liga	m2	549,45	\$ 644,45	\$ 1.979,61	\$ 1.087.698
3.6	Mezcla Asfáltica para Restitución de Gálibo	t	549,45	\$ 95.358,54	\$ 292.921,09	\$ 160.945.493
4	REPAVIMENTACIÓN					
4.1	Riego de liga	m2	549,45	\$ 644,45	\$ 1.979,61	\$ 1.087.698
4.2	Colocación de Geogrilla	m2	549,45	\$ 617,97	\$ 1.898,27	\$ 1.043.006
4.3	Mezcla asfáltica modificada con polímeros para refuerzo	t	80	\$ 126.293,88	\$ 387.947,85	\$ 31.035.828
IMPORTE PAVIMENTO						\$ 215.850.296,70
IMPORTE US\$ (DÓLAR OFICIAL=873,50)						\$ 744.936.547,38
TOTAL						\$ 744.936.547,38
US\$						\$ 852.818,03

5.2. Cómputo y presupuesto por el método sin zanja

A continuación, se presentan las planillas correspondientes al análisis de precios unitarios y presupuesto de la obra para la opción de rehabilitación mediante métodos no destructivos. Los precios unitarios utilizados fueron obtenidos mediante un análisis individual de cada ítem, y estos se encuentran referidos al mes de enero del año 2024. En cuanto a los precios de la mano de obra, se calcularon considerando los jornales de salarios básicos establecidos por el convenio colectivo de trabajo 76/75, correspondientes al mes de diciembre del presente año.

El presupuesto correspondiente a la reparación de manga con curado UV y el de la desobstrucción y limpieza fue determinado en dólares y posteriormente transformado a pesos, utilizando el tipo de cambio oficial del Banco Nación, que fue de \$873,50 al momento de la evaluación, coincidente con el mes de enero del 2024.

Cabe mencionar que para la elaboración de los análisis correspondientes para la ejecución del reservorio y de la cámara de conexión del colector 1 hacia la Av. Castelli, se tuvieron como referencia los análisis establecidos por la Dirección Provincial de Obras (DPO) de la ciudad de Corrientes y se determinaron en pesos argentinos.

-Análisis de precios:

Se adjunta el correspondiente análisis de precios en lo que respecta a la rehabilitación a partir de la manga con curado UV para el tramo que va desde la cámara 1 hasta la cámara 4 (Tabla 62).

Es importante aclarar que el presupuesto en lo que refiere a la rehabilitación por medio de manga con curado UV y, la limpieza y mantenimiento no Incluye: intervenciones puntuales, en el caso que sea necesario, con rotura de firme, excavación con retiro y disposición de tierra,

depresión de napa, tablestacado, provisión de suelo seleccionado y reconstrucción de calzada y/o vereda de iguales características al existente.

Tabla 62. Análisis de precios de manga con curado UV - Forever Pipe (Fuente: elaboración propia).

ANÁLISIS DE PRECIOS						
ITEM	1.1	Rehabilitación Estructural de conducto pluvial de DN 400 mm		unidad:		mi
1 MATERIALES						
	Designación	Cantidad		Costo unitario		
	185 Manga curada con luz UV DN400mm Tipo S+ (esp. 4mm)	1,05 ml	x \$	190,28 /ml	= \$	199,79
	193 Safety cap DN400mm - Con cierre 1.5 mts	1,26 u	x \$	90,26 /u	= \$	113,73
	199 Gliding foil - DN400mm	0,03 ml	x \$	2,25 /ml	= \$	0,07
			x \$	-	= \$	-
			x		= \$	-
TOTAL MATERIALES					\$	313,59
2 MANO DE OBRA						
	Categoría	cantidad		Costo unitario		
X	Oficial Especializado (Con desarraigo)	0,40 hs	x \$	6,34 /hs	= \$	2,53
VIII	Oficial (Con desarraigo)	0,40 hs	x \$	5,61 /hs	= \$	2,25
VII	Ayudante (Con desarraigo)	1,20 hs	x \$	4,77 /hs	= \$	5,72
XI	Oficial Especializado Vaina (Con desarraigo)	1,20 hs	x \$	7,13 /hs	= \$	8,56
XII	Chofer de 1º Desobstructor/ Telecamara (Con desarraigo)	0,80 hs	x \$	7,07 /hs	= \$	5,66
		hs	x \$	-	= \$	-
TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA					\$	24,71
4 EQUIPOS						
	Descripción	Rendimiento		Costo unitario		
G	Compresor	0,40 hs	x \$	5,44 /hs	= \$	2,18
H	Generador 15 KW	0,40 hs	x \$	2,67 /hs	= \$	1,07
I	Bomba de achique	0,80 hs	x \$	4,29 /hs	= \$	3,43
J	Camioneta Sprinter	0,40 hs	x \$	19,58 /hs	= \$	7,83
K	Camión Grúa con volcadora (8m3)	0,40 hs	x \$	68,52 /hs	= \$	27,41
L	Generador 68KVA- 220V/380V Insonorizado	0,40 hs	x \$	6,53 /hs	= \$	2,61
N	Camioneta doble cabina	0,40 hs	x \$	7,62 /hs	= \$	3,05
P	Camión con equipo para catalización de UV	0,40 hs	x \$	156,75 /hs	= \$	62,70
Q	Lote herramientas menores	0,40 hs	x \$	0,85 /hs	= \$	0,34
S	Malacate para tiro de manga	0,40 hs	x \$	28,13 /hs	= \$	11,25
T	Camión Cisterna/Atmosférico	0,40 hs	x \$	58,19 /hs	= \$	23,28
u	Camión desobstructor	0,40 hs	x \$	78,65 /hs	= \$	31,46
v	Telecamara con fresadora	0,40 hs	x \$	77,43 /hs	= \$	30,97
x	Container refrigerado 40´	0,40 hs	x \$	5,94 /hs	= \$	2,38
TOTAL AMORTIZACION DE VEHICULOS Y EQUIPOS					\$	209,95
5 COMBUSTIBLE, LUBRICANTES Y MANTENIMIENTO						
	Descripción	Rendimiento		Costo unitario		
G	Compresor	0,12 hs	x \$	5,59	= \$	0,67
H	Generador 15 KW	0,40 hs	x \$	1,79	= \$	0,72
I	Bomba de achique	1,60 hs	x \$	1,29	= \$	2,06
J	Camioneta Sprinter	0,40 hs	x \$	8,67	= \$	3,47
K	Camión Grúa con volcadora (8m3)	0,20 hs	x \$	26,49	= \$	5,30
L	Generador 68KVA- 220V/380V Insonorizado	0,40 hs	x \$	9,37	= \$	3,75
N	Camioneta doble cabina	0,40 hs	x \$	5,25	= \$	2,10
P	Camión con equipo para catalización de UV	0,20 hs	x \$	53,94	= \$	10,79
Q	Lote herramientas menores	0,40 hs	x \$	0,26	= \$	0,10
S	Malacate para tiro de manga	0,12 hs	x \$	10,75	= \$	1,29
T	Camión Cisterna/Atmosférico	0,20 hs	x \$	25,37	= \$	5,07
u	Camión desobstructor	0,20 hs	x \$	37,43	= \$	7,49
v	Telecamara con fresadora	0,20 hs	x \$	26,52	= \$	5,30
x	Container refrigerado 40´	0,40 hs	x \$	1,78	= \$	0,71
TOTAL GASTOS OPERATIVOS Y MANTENIMIENTO DE VEHICULOS					\$	48,82
6 SERVICIOS						
	Designación	Cantidad		Costo unitario		
	189 Hospedaje	0,72 persona/día	x \$	20,00 /persona/día	= \$	14,36
	190 Comida	0,72 persona/día	x \$	25,00 /persona/día	= \$	17,95
	209 Traslado de equipos	0,0205 gl	x \$	320,00 /gl	= \$	6,56
			x \$	-	= \$	-
TOTAL GASTOS SERVICIOS					\$	38,86
MANO DE OBRA						\$ 24,71
MATERIALES						\$ 313,59
EQUIPOS						\$ 209,95
COMBUSTIBLES						\$ 48,82
SERVICIOS						\$ 38,86
(A) COSTO DIRECTO						\$ 635,93
(B) GASTOS INDIRECTOS DE OBRA						\$ 82,67
(C) GASTOS GENERALES DE EMPRESA						\$ 57,23
(D) SUBTOTAL (A+B+C)						\$ 775,83
(E) COSTO FINANCIERO						\$ 38,79
(F) SUBTOTAL (D+E)						\$ 814,62
(G) BENEFICIO						\$ 81,46
(H) IVA						\$ 896,09
(H) IVA						\$ 219,54
TOTAL COTIZADO (G+F) USD						\$ 1.115,63

Para tramos restantes, se consideró suficiente con la implementación de limpieza y mantenimiento, sumando un total de 1511 metros (Tabla 63).

Tabla 63. Análisis de precios de limpieza y mantenimiento – Forever Pipe (Fuente: elaboración propia).

ANÁLISIS DE PRECIOS										
ITEM	1.2	Mantenimiento red pluvial. Limpieza con camión desbstructor combinada. Fecuencia de limpieza recomendada: 1 vez cada 12 meses.	unidad:	ml						
1 MATERIALES										
	Designación	Cuántia	Costo unitario							
			x \$	-	= \$	-				
			x \$	-	= \$	-				
			x \$	-	= \$	-				
			x \$	-	= \$	-				
			x		= \$	-				
			TOTAL MATERIALES \$							-
2 MANO DE OBRA										
	Categoría	cantidad	Costo unitario							
X	Oficial Especializado (Con desarraigo)	0,08 hs	x \$	6,34 /hs	= \$	0,49				
VIII	Oficial (Con desarraigo)	hs	x \$	5,61 /hs	= \$	-				
VII	Ayudante (Con desarraigo)	0,08 hs	x \$	4,77 /hs	= \$	0,37				
XI	Oficial Especializado Vaina (Con desarraigo)	hs	x \$	7,13 /hs	= \$	-				
XII	Chofer de 1º Desobstructor/ Telecamara (Con desarraigo)	0,08 hs	x \$	7,07 /hs	= \$	0,54				
		hs	x \$	-	= \$	-				
			TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA \$							1,40
4 EQUIPOS										
	Descripción	Rendimiento	Costo unitario							
G	Compresor	hs	x \$	5,44 /hs	= \$	-				
H	Generador 15 KW	hs	x \$	2,67 /hs	= \$	-				
I	Bomba de achique	hs	x \$	4,29 /hs	= \$	-				
J	Camioneta Sprinter	0,08 hs	x \$	19,58 /hs	= \$	1,51				
K	Camión Grúa con volcadora (8m3)	hs	x \$	68,52 /hs	= \$	-				
L	Generador 68KVA- 220V/380V insonorizado	hs	x \$	6,53 /hs	= \$	-				
N	Camioneta doble cabina	hs	x \$	7,62 /hs	= \$	-				
P	Camión con equipo para catalización de UV	hs	x \$	156,75 /hs	= \$	-				
Q	Lote herramientas menores	0,08 hs	x \$	0,85 /hs	= \$	0,07				
S	Malacate para tiro de manga	hs	x \$	28,13 /hs	= \$	-				
T	Camión Cisterna/Atmosférico	hs	x \$	58,19 /hs	= \$	-				
u	Camión desobstructor	0,08 hs	x \$	78,65 /hs	= \$	6,05				
v	Telecamara con fresadora	hs	x \$	77,43 /hs	= \$	-				
x	Container refrigerado 40 ´	hs	x \$	5,94 /hs	= \$	-				
			TOTAL AMORTIZACION DE VEHICULOS Y EQUIPOS \$							7,62
5 COMBUSTIBLE, LUBRICANTES Y MANTENIMIENTO										
	Descripción	Rendimiento	Costo unitario							
G	Compresor	hs	x \$	5,59	= \$	-				
H	Generador 15 KW	hs	x \$	1,79	= \$	-				
I	Bomba de achique	hs	x \$	1,29	= \$	-				
J	Camioneta Sprinter	0,08 hs	x \$	8,67	= \$	0,67				
K	Camión Grúa con volcadora (8m3)	hs	x \$	26,49	= \$	-				
L	Generador 68KVA- 220V/380V insonorizado	hs	x \$	9,37	= \$	-				
N	Camioneta doble cabina	hs	x \$	5,25	= \$	-				
P	Camión con equipo para catalización de UV	hs	x \$	53,94	= \$	-				
Q	Lote herramientas menores	0,08 hs	x \$	0,26	= \$	0,02				
S	Malacate para tiro de manga	hs	x \$	10,75	= \$	-				
T	Camión Cisterna/Atmosférico	hs	x \$	25,37	= \$	-				
u	Camión desobstructor	0,08 hs	x \$	37,43	= \$	2,88				
v	Telecamara con fresadora	hs	x \$	26,52	= \$	-				
x	Container refrigerado 40 ´	hs	x \$	1,78	= \$	-				
			TOTAL GASTOS OPERATIVOS Y MANTENIMIENTO DE VEHICULOS \$							3,57
6 SERVICIOS										
	Designación	Cuántia	Costo unitario							
189	Hospedaje	0,03 persona/día	x \$	20,00 /persona/día	= \$	0,59				
190	Comida	0,03 persona/día	x \$	25,00 /persona/día	= \$	0,74				
209	Traslado de equipos	0,0013 gl	x \$	320,00 /gl	= \$	0,42				
			x \$	-	= \$	-				
			TOTAL GASTOS SERVICIOS \$							1,74
MANO DE OBRA \$ 1,40										
MATERIALES \$ -										
EQUIPOS \$ 7,62										
COMBUSTIBLES \$ 3,57										
SERVICIOS \$ 1,74										
(A) COSTO DIRECTO \$ 14,33										
(B) GASTOS INDIRECTOS DE OBRA		13,00%	\$ 1,86							
(C) GASTOS GENERALES DE EMPRESA		9,00%	\$ 1,29							
			(D) SUBTOTAL (A+B+C) \$ 17,48							
(E) COSTO FINANCIERO		5,00%	\$ 0,87							
			(F) SUBTOTAL (D+E) \$ 18,35							
(G) BENEFICIO		10,00%	\$ 1,83							
			\$ 20,18							
(H) IVA		24,50%	\$ 4,94							
			TOTAL COTIZADO (G+F) USD \$ 25,12							

A continuación, se adjuntan los análisis correspondientes para la ejecución del reservorio y de la cámara de conexión del colector 1 hacia la Av. Castelli (Tablas 64 y 65).

Tabla 64. Análisis de precios del reservorio (Fuente: elaboración propia).

ANÁLISIS DE PRECIOS RESERVORIO						
2.2.1	Excavación de pozos	M3				\$9.721,90
	MANO DE OBRA					
	Ayudante	hs	2,9	\$3.352,38	\$9.721,90	
2.2.2	Nivelación y compactación	M3				\$6.044,35
	MANO DE OBRA					
	Ayudante	hs	1	\$3.352,38	\$3.352,38	
	MATERIALES					
	provisión de suelo p/relleno	m3	1	\$2.691,97	\$2.691,97	
2.2.1	Losa de fondo p/ reservorio	m3				\$463.562,01
	MANO DE OBRA					\$ 155.860,93
	Oficial	hs	23,8	\$3.959,84	\$94.244,23	
	Ayudante	hs	18,38	\$3.352,38	\$61.616,70	
	MATERIALES					\$307.701,08
	Cemento Portland (LOMA NEGRA)(bolsa de 50 k) Bolsa		5,7	\$9.933,57	\$56.621,36	
	Arena x 6 mts.(puesto en obra)	m3	0,612	\$14.630,81	\$8.954,05	
	Piedra partida 6/20 (puesto en obra)	m3	0,612	\$30.005,50	\$18.363,37	
	Hierro diametro 12mm barra 12 metros	\$/kg	40	\$2.187,27	\$87.490,98	
	Hierro diametro 16 mm barra 12 metros	\$/kg	40	\$2.273,22	\$90.928,77	
	Alambre negro N° 14	Kg	0,45	\$2.661,56	\$1.197,70	
	Clavos punta paris 2"	Kg.	1	\$3.038,06	\$3.038,06	
	Madera pino 1" x 5"	m2	4,7	\$8.746,13	\$41.106,80	
2.2.2	Losa de tapa p/ reservorio	m3				\$438.251,48
	MANO DE OBRA					\$ 155.860,93
	Oficial	hs	23,8	\$3.959,84	\$94.244,23	
	Ayudante	hs	18,38	\$3.352,38	\$61.616,70	
	MATERIALES					\$282.390,55
	Cemento Portland (LOMA NEGRA)(bolsa de 50 k) Bolsa		5,7	\$9.933,57	\$56.621,36	
	Arena x 6 mts.(puesto en obra)	m3	0,612	\$14.630,81	\$8.954,05	
	Piedra partida 6/20 (puesto en obra)	m3	0,612	\$30.005,50	\$18.363,37	
	Hierro diametro 12mm barra 12 metros	\$/kg	35	\$2.187,27	\$76.554,61	
	Hierro diametro 12mm barra 12 metros	\$/kg	35	\$2.187,27	\$76.554,61	
	Alambre negro N° 14	Kg	0,45	\$2.661,56	\$1.197,70	
	Clavos punta paris 2"	Kg.	1	\$3.038,06	\$3.038,06	
	Madera pino 1" x 5"	m2	4,7	\$8.746,13	\$41.106,80	
2.2.3	Paredes externas	M3				\$439.485,40
	MANO DE OBRA					\$160.663,33
	Oficial	hs	20	\$4.553,82	\$91.076,36	
	Ayudante	hs	18,05	\$3.855,23	\$69.586,98	
	MATERIALES					\$278.822,07
	Cemento Portland (LOMA NEGRA)(bolsa de 50 k) Bolsa		5,7	\$9.933,57	\$56.621,36	
	Arena x 6 mts.(puesto en obra)	m3	0,612	\$14.630,81	\$8.954,05	
	Piedra partida 6/20 (puesto en obra)	m3	0,612	\$30.005,50	\$18.363,37	
	Hierro de 10 mm. barra 12 mts.	\$/kg	75	\$1.988,55	\$149.141,50	
	Alambre negro N° 14	Kg	0,6	\$2.661,56	\$1.596,93	
	Clavos punta paris 2"	Kg.	1	\$3.038,06	\$3.038,06	
	Madera pino 1" x 5"	m2	4,7	\$8.746,13	\$41.106,80	
3.2.4	Paredes internas	M3				\$439.485,40
	MANO DE OBRA					\$160.663,33
	Oficial	hs	20	\$4.553,82	\$91.076,36	
	Ayudante	hs	18,05	\$3.855,23	\$69.586,98	
	MATERIALES					\$278.822,07
	Cemento Portland (LOMA NEGRA)(bolsa de 50 k) Bolsa		5,7	\$9.933,57	\$56.621,36	
	Arena x 6 mts.(puesto en obra)	m3	0,612	\$14.630,81	\$8.954,05	
	Piedra partida 6/20 (puesto en obra)	m3	0,612	\$30.005,50	\$18.363,37	
	Hierro de 10 mm. barra 12 mts.	\$/kg	75	\$1.988,55	\$149.141,50	
	Alambre negro N° 14	Kg	0,6	\$2.661,56	\$1.596,93	
	Clavos punta paris 2"	Kg.	1	\$3.038,06	\$3.038,06	
	Madera pino 1" x 5"	m2	4,7	\$8.746,13	\$41.106,80	
2.3.1	Provisión y colocación del sistema de bombeo	UN				\$229.288,67
	MANO DE OBRA					\$29.856,34
	Oficial	hs	5	\$3.959,84	\$19.799,21	
	Ayudante	hs	3	\$3.352,38	\$10.057,13	
	MATERIALES					\$199.432,32
	Bomba 1 HP	un	1	\$114.412,49	\$114.412,49	
	Boquillas para fuente 1/2"	un	3	\$19.609,14	\$58.827,42	
	caños p/agua a presión 1"	ml	13	\$463,05	\$6.019,71	
	accesorios p/instalación	gl	0,15	\$134.484,69	\$20.172,70	
2.3.2	Provisión y Colocación de caño PEAD 600mm	M				\$92.354,94
	MANO DE OBRA					\$6.704,76
	Oficial	hs	0			
	Ayudante	hs	2	\$3.352,38	\$6.704,76	
	MATERIALES					\$85.650,18
	Excavación de zanjas	m3	0,6	\$11.398,08	\$6.838,85	
	Relleno de arena	m3	0,1	\$17.983,19	\$1.798,32	
	Terraplenes y nivelación	m3	0,5	\$7.207,61	\$3.603,81	
	Caño PEAD 600mm	m	1	\$73.409,21	\$73.409,21	

Tabla 65. Análisis de precios de la cámara de conexión (Fuente: elaboración propia).

ANÁLISIS DE PRECIOS CÁMARA DE CONEXIÓN					
3.1.1	Excavación de pozos	M3			\$9.721,90
	MANO DE OBRA				
	Ayudante	hs	2,9	\$3.352,38	\$9.721,90
3.1.2	Nivelación y compactación	M3			\$4.698,36
	MANO DE OBRA				
	Ayudante	hs	1	\$3.352,38	\$3.352,38
	MATERIALES				
	provisión de suelo p/relleno	m3	1	\$1.345,99	\$1.345,99
3.2.1	Base de hormigón para cámara	M2			\$12.434,20
	Sobre terreno natural - Esp. 10/12cm				
	MANO DE OBRA				\$8.970,52
	Oficial	hs	0,7	\$4.553,82	\$3.187,67
	Ayudante	hs	1,5	\$3.855,23	\$5.782,85
	MATERIALES				\$3.463,68
	Cemento Portland (LOMA NEGRA)(bolsa de 50 k Bolsa		0,09	\$9.933,57	\$894,02
	Cal aerea hidratada en polvo (bolsa de 25 kgs.) Bolsa		0,16	\$8.749,47	\$1.399,92
	Arena x 6 mts.(puesto en obra)	m3	0,051	\$14.630,81	\$746,17
	Cascote de ladrillo	m3	0,076	\$5.573,32	\$423,57
3.2.2	Tapa de hormigón com malla t/sima esp.=12cm	M2			\$21.974,45
	MANO DE OBRA				\$6.933,34
	Oficial	hs	0,288	\$3.959,84	\$1.140,43
	Ayudante	hs	1,728	\$3.352,38	\$5.792,91
	MATERIALES				\$15.041,11
	Cemento Portland (LOMA NEGRA)(bolsa de 50 k Bolsa		0,684	\$9.933,57	\$6.794,56
	Arena x 6 mts.(puesto en obra)	m3	0,048	\$14.630,81	\$702,28
	Piedra partida 6/20 (puesto en obra)	m3	0,09612	\$30.005,50	\$2.884,13
	Malla hierro t/simma 15 x 15	m2	1,42	\$3.281,79	\$4.660,14
3.2.3	Ladrillos comunes reforzado c/hierro	M3			\$146.314,24
	MANO DE OBRA				\$54.537,91
	Oficial	hs	7	\$3.959,84	\$27.718,89
	Ayudante	hs	8	\$3.352,38	\$26.819,02
	MATERIALES				\$91.776,33
	Ladrillo común	Mil	0,4	\$91.064,39	\$36.425,76
	Cemento Portland (LOMA NEGRA)(bolsa de 50 k Bolsa		3,06	\$9.933,57	\$30.396,73
	Hierro de 6 mm. barra 12 mts.	\$/kg	10	\$2.016,96	\$20.169,57
	Arena x 6 mts.(puesto en obra)	m3	0,327	\$14.630,81	\$4.784,27
3.2.4	Revoque Exterior a la cal c/hidrofugo term. al fieltro	M2			\$11.506,64
	MANO DE OBRA				\$8.819,66
	Oficial	hs	1,55	\$3.959,84	\$6.137,75
	Ayudante	hs	0,8	\$3.352,38	\$2.681,90
	MATERIALES				\$2.686,99
	Hidrófugo Tipo Ceresita x 20Kg.	Kg.	0,15	\$1.267,58	\$190,14
	Cemento Portland (LOMA NEGRA)(bolsa de 50 k Bolsa		0,1	\$9.933,57	\$993,36
	Cal aerea hidratada en polvo (bolsa de 25 kgs.) Bolsa		0,12	\$8.749,47	\$1.049,94
	Arena x 6 mts.(puesto en obra)	m3	0,031	\$14.630,81	\$453,56

Finalmente, se presenta el presupuesto:

Tabla 66. Presupuesto total del sistema propuesto (Fuente: elaboración propia).

UBICACIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE, RESISTENCIA-CHACO OBRA: COPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA PLUVIAL							
MES BASICO:ENERO 2024				dólar		857,62	
COMPUTO Y PRESUPUESTO							
Orden	Descripción	Un.	Cant.	Prec. Unit	Prec.Parcial	Prec. Rubro	Inc. %
1 REHABILITACIÓN CON SISTEMA DE MANGA UV (Incluye materiales, MO y equipos)							
1.1.1	REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL CONDUCTO PLUVIAL DN 400 mm	ml	97,5	\$ 953.321,82	\$ 92.967.943,48	\$ 92.967.943,48	46,24%
1.1.2	UMPIEZA Y MANTENIMIENTO (Con camión desbstructor combinada, frecuencia de limpieza recomendada: 1 vez cada 12 meses).	ml	1511,0	\$ 21.320,43	\$ 32.215.174,57	\$ 32.215.174,57	16,02%
2 RESERVORIO							
2.1 MOVIMIENTO DE SUELOS							
2.2.1	Excavación	m3	344,0	\$ 15.480,17	\$ 5.325.179,67	\$ 5.422.435,31	2,70%
2.2.2	Nivelación y Compactación	m3	13,0	\$ 7.481,20	\$ 97.255,64		
2.2 HORMIGÓN ARMADO							
2.2.1	Losa de fondo (incluye talón)	m3	32,7	\$ 738.129,79	\$ 24.136.844,29		
2.2.2	Losa de tapa	m3	21,4	\$ 697.827,83	\$ 14.933.515,65		
2.2.3	Paredes externas	m3	35,4	\$ 699.792,61	\$ 24.737.668,71		
2.2.4	Paredes internas	m3	4,7	\$ 699.792,61	\$ 3.289.025,26		
2.3 OTROS							
2.3.1	Provisión y colocación del sistema de bombeo (para fuente)	un	1,0	\$ 365.096,34	\$ 365.096,34	\$ 3.012.118,11	1,50%
2.3.2	Provisión y colocación de cañerías	ml	18,0	\$ 147.056,76	\$ 2.647.021,76		
3 CAMARA DE CONEXIÓN COLECTOR 1-AV.CASTELLI							
3.1 MOVIMIENTO DE SUELOS							
3.1.1	Excavación	m3	4,9	\$ 15.480,17	\$ 75.852,85	\$ 78.321,65	0,04%
3.1.2	Nivelación y Compactación	m3	0,3	\$ 7.481,20	\$ 2.468,80		
3.2 HORMIGÓN							
3.2.1	Base de Hormigón	m2	3,3	\$ 19.798,98	\$ 64.346,70	\$ 276.242,46	0,14%
3.2.2	Tapa de hormigón e=10cm (con malla)	m2	2,0	\$ 34.989,91	\$ 68.580,23		
3.2.3	Mampostería de ladrillos comunes e=20cm (con refuerzo)	m3	0,5	\$ 232.976,16	\$ 104.839,27		
3.2.4	Revoque impermeable	m2	2,1	\$ 18.322,03	\$ 38.476,26		
					TOTAL:	\$ 201.069.289,47	100%

-Plan de trabajos y curva de inversión

Se llevó a cabo la planificación de las actividades en el plazo de 1 mes y en función de dicho plan de trabajos se generó la curva de inversión para la presente propuesta (Tablas 67 y 68).

Tabla 67. Plan de trabajos para el sistema propuesto (Fuente: elaboración propia).

UBICACIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE, RESISTENCIA-CHACO							
OBRA: COPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA PLUVIAL							
MES BASICO:ENERO 2024							
Plan de Trabajos							
Orden	Descripción	Prec. Rubro	Inc. %	semana 1	semana2	semana 3	semana 4
1 REHABILITACIÓN CON SISTEMA DE MANGA UV (Incluye materiales, MO y equipos)							
1.1.1	REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL CONDUCTO PLUV	\$ 92.967.943,48	46,24%	32,37%	13,87%		
1.1.2	LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO (Con camión desbstructor combinada, frecuencia de limpieza recomendada: 1 vez cada 12 meses).	\$ 32.215.174,57	16,02%		8,01%	8,01%	
2 RESERVORIO							
2.1	MOVIMIENTO DE SUELOS	\$ 5.422.435,31	2,70%		2,70%		
2.2	HORMIGÓN ARMADO	\$ 67.097.053,90	33,37%		33%		
2.3	OTROS	\$ 3.012.118,11	1,50%			0,75%	0,75%
3 CAMARA DE CONEXIÓN COLECTOR 1-AV.CASTELLI							
3.1	MOVIMIENTO DE SUELOS	\$ 78.321,65	0,04%			0,04%	
3.2	HORMIGÓN	\$ 276.242,46	0,14%			0,14%	
		\$ 201.069.289,47	100,00%	semana 1	semana2	semana 3	semana 4
	Total Periodo %			32,37%	57,95%	8,94%	0,75%
	Total Acumulado %			32,37%	90,31%	99,25%	100,00%
	Total Periodo \$			\$ 65.077.560,43	\$ 116.517.459,54	\$ 17.968.210,45	\$ 1.506.059,05
	Total Acumulado \$			\$ 65.077.560,43	\$ 181.595.019,97	\$ 199.563.230,42	\$ 201.069.289,47



Figura 66. *Curva de avance e inversión (Fuente: elaboración propia).*

CAPÍTULO VI: FACTIBILIDAD DE LA APLICACIÓN DE REPARACIONES SIN ZANJA

En la gestión del abastecimiento de agua potable y saneamiento de la provincia, SAMEEP (Servicio de Agua y Mantenimiento Empresa del Estado Provincial) desempeña un papel importante ya que es la empresa encargada de diversas actividades que abarcan obras, adquisición de equipos, operación y mantenimiento de sistemas, así como la gestión administrativa y financiera. Dicha entidad busca asegurar la eficiencia y sostenibilidad de la infraestructura urbana.

En el ámbito de las reparaciones, la entidad ha optado generalmente por la rotura de pavimentos con zanja abierta, seguida de la reposición de la capa de rodadura. No obstante, esta metodología ha revelado costos a largo plazo significativamente elevados. La implementación de tecnologías sin zanja, se presenta como una solución alternativa más viable y económicamente rentable para la sociedad.

A lo largo de este capítulo, se presentarán gráficos que proporcionan una representación visual de los costos asociados con las diferentes actividades de rehabilitación, los porcentajes de incidencias encontradas durante el proceso, y los tiempos de trabajo requeridos para cada método: el tradicional y el sin zanja permitiendo una mejor comprensión de la distribución presupuestaria.

Al comparar estos gráficos, se espera obtener conclusiones significativas que respalden la factibilidad de la aplicación de reparaciones sin zanja en la rehabilitación del sistema pluvial del Campus UNNE. La información recopilada permitirá tomar decisiones fundamentadas en la selección del método más adecuado, considerando aspectos económicos, operativos y medioambientales para optimizar la sostenibilidad y la eficacia de las intervenciones en la infraestructura pluvial del campus universitario.

6.1. Análisis del método tradicional

El siguiente grafico (Figura 67) revela que la inversión principal se dirige al sector de materiales, cuestión lógica dada la complejidad de la instalación de nuevas cañerías. Esto sucede ya que va más allá de la adquisición de conductos, abarcando también los gastos asociados a la excavación previa necesaria para la instalación, así como también la necesidad de accesorios específicos para el correcto funcionamiento. Además, dentro del sector de materiales, aunque se encuentre en menor medida, se identifica la construcción de nuevos sumideros como otro componente significativo de los gastos.

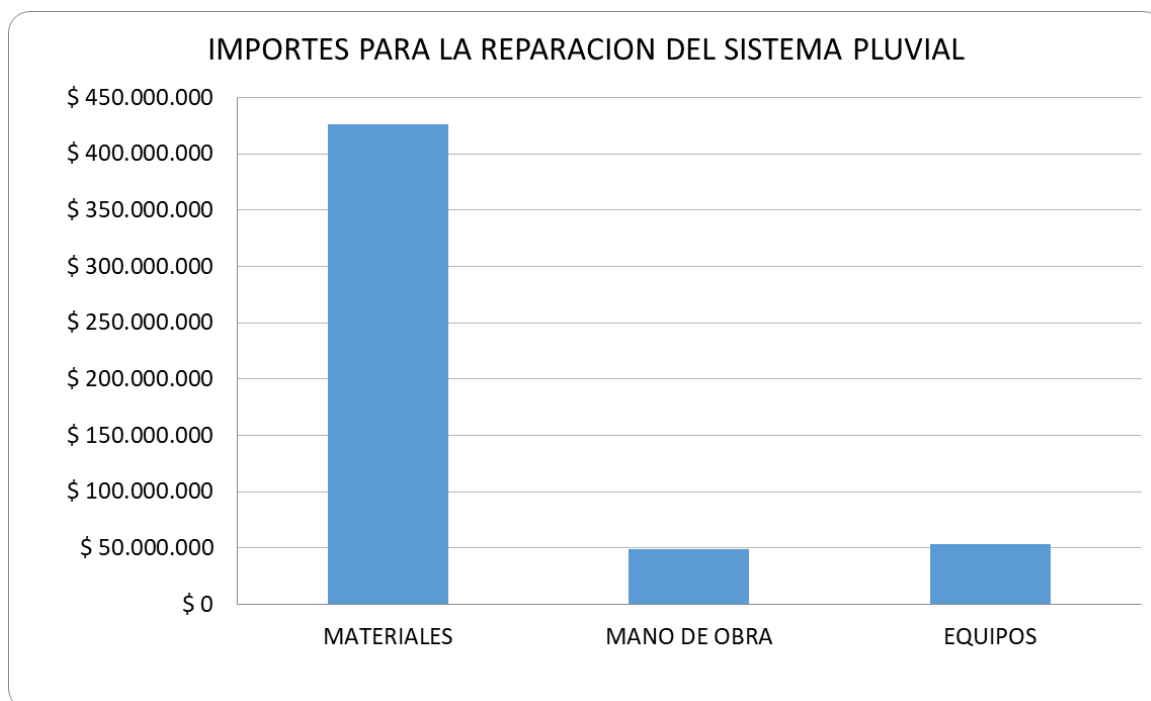


Figura 67. *Importe para la reparación del sistema pluvial con método tradicional (Fuente: elaboración propia).*

Con respecto a la reparación del pavimento del campus, recordando que se consideró únicamente la zona que requería intervención y reconstrucción para el correcto funcionamiento del sistema pluvial, se presenta el siguiente gráfico (Figura 68) donde se demuestra que la mayor inversión se requiere para los equipos, respaldado por diversos factores ya que el costo del combustible que necesitan los equipos utilizados en proyectos de repavimentación es uno de los aspectos más relevantes.

En segundo lugar, en términos de inversión, se asigna al sector de materiales debido a que la calidad y durabilidad del pavimento depende de la elección de los mismos, siendo la adquisición de mezcla asfáltica de alta calidad la que mayor desembolso económico demanda.

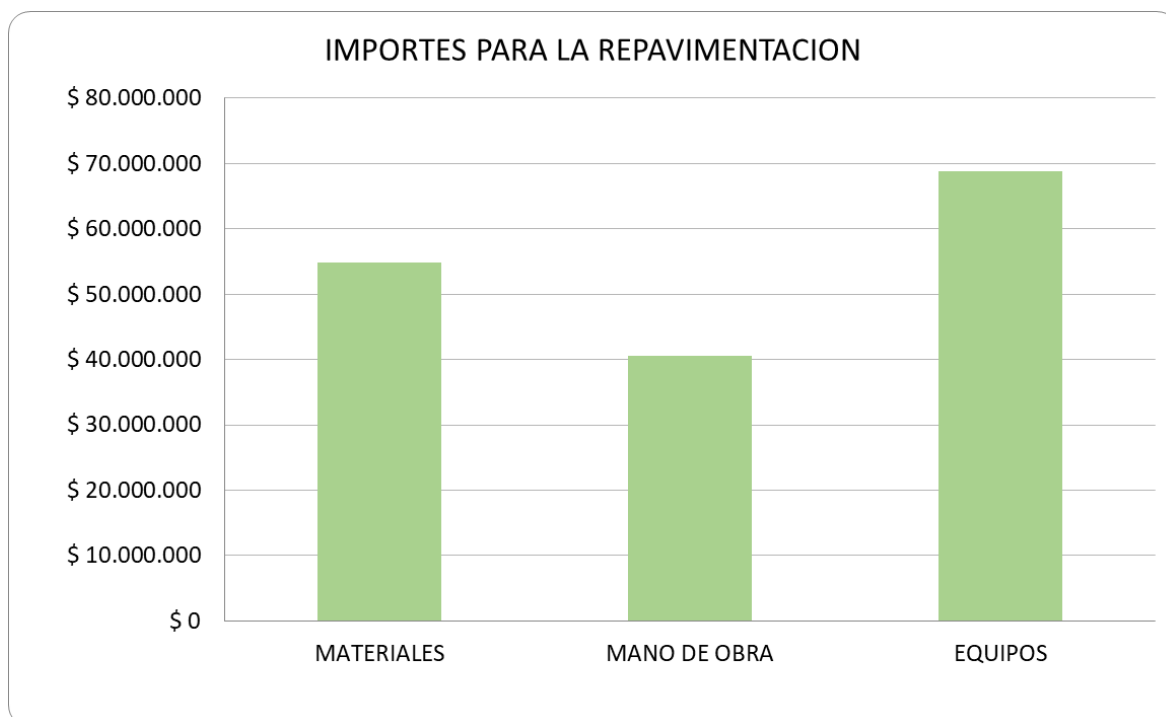


Figura 68. *Importe por actividades para la reparación del pavimento (Fuente: elaboración propia).*

El siguiente gráfico de barras proporciona una representación del importe de las actividades planificadas en el proyecto de rehabilitación (Figura 69), considerando tanto la reparación del sistema de desagüe como la intervención del pavimento del campus.

En el primer conjunto de barras a la izquierda, se observa que la inversión más substancial se destina a la reparación del sistema de desagüe, específicamente en la instalación de nuevas cañerías y la mejora de la red existente, representando una inversión de aproximadamente 240 millones de pesos por cada diámetro, resultando en una suma de 480 millones de pesos aproximadamente. Este segmento representa la columna vertebral del proyecto, ya que una infraestructura pluvial eficiente es esencial para garantizar la funcionalidad y durabilidad del sistema en su conjunto.

Por otro lado, el segundo conjunto de barras por la derecha refleja la inversión asociada a las actividades de intervención en el pavimento. La mayor proporción de estos costos se atribuye a la aplicación de la mezcla asfáltica, indicando la importancia de una superficie de calidad para la integridad estructural.

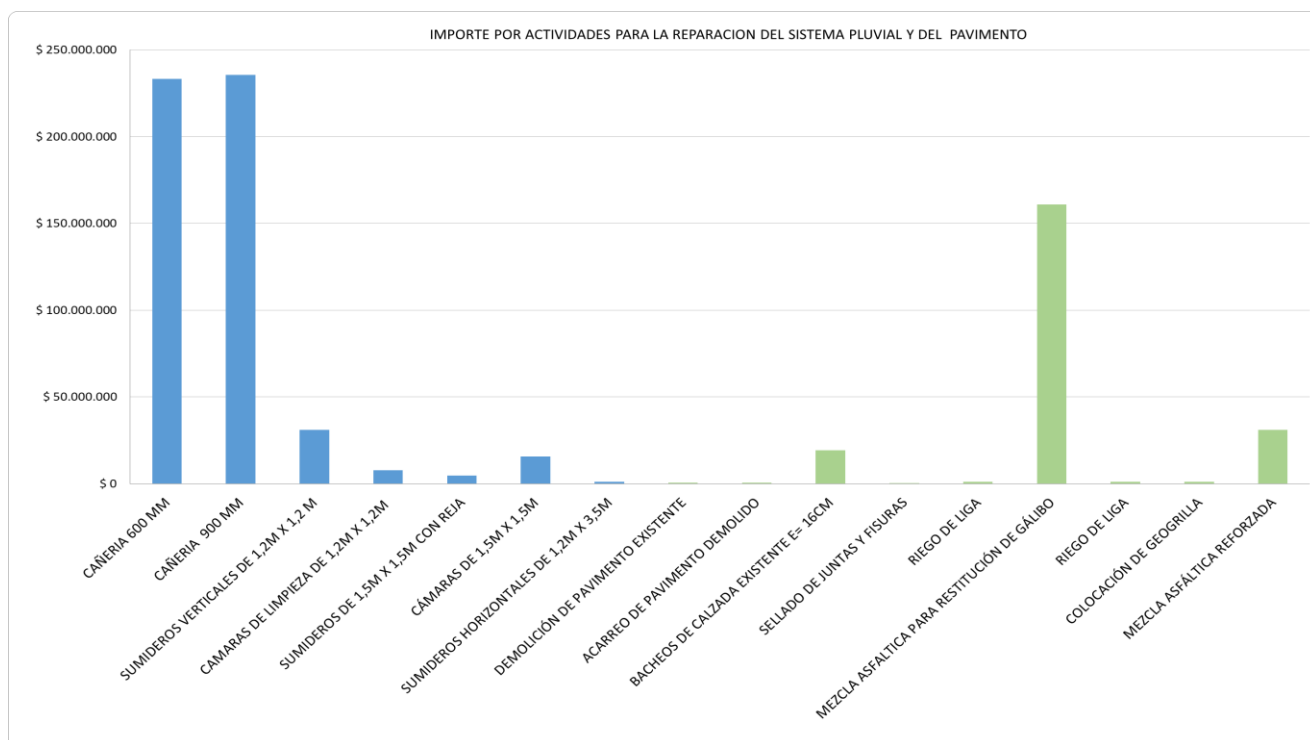


Figura 69. Importe por actividades para la readecuación del sistema pluvial y reparación del pavimento (Fuente: elaboración propia).

En resumen, el gráfico de barras indica que las dos áreas de máxima inversión en este proyecto de rehabilitación son la colocación de las cañerías en el sistema de desagüe y la aplicación de la mezcla asfáltica en el pavimento. Estos dos puntos estratégicos no solo representan los mayores desembolsos económicos, sino que también son fundamentales para asegurar la eficacia y la durabilidad de las mejoras planificadas en el campus de la UNNE.

De manera adicional, se presenta un gráfico donde se reflejan los porcentajes de incidencia de las cuestiones mencionadas anteriormente (Figura 70), donde se puede notar que los mayores números se concentran en los siguientes aspectos: “Excavación, demolición y colocación de cañería PEAD unión Campana- Espiga” de ambos diámetros representando en conjunto 63 por ciento de la inversión total, seguido de la “mezcla asfáltica para restitución del gálibo” siendo 22 por ciento.

PORCENTAJES DE INCIDENCIA POR ACTIVIDAD

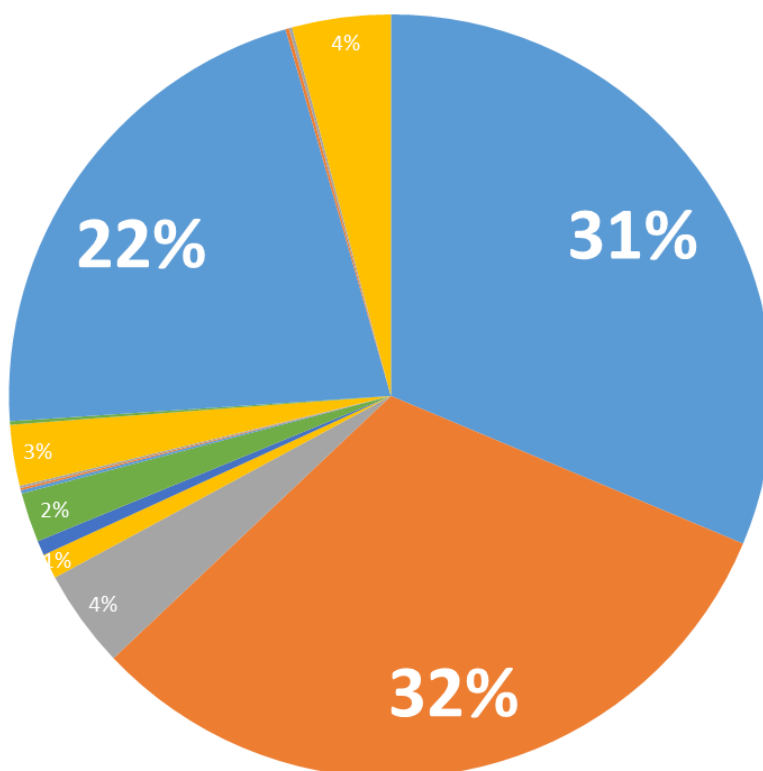
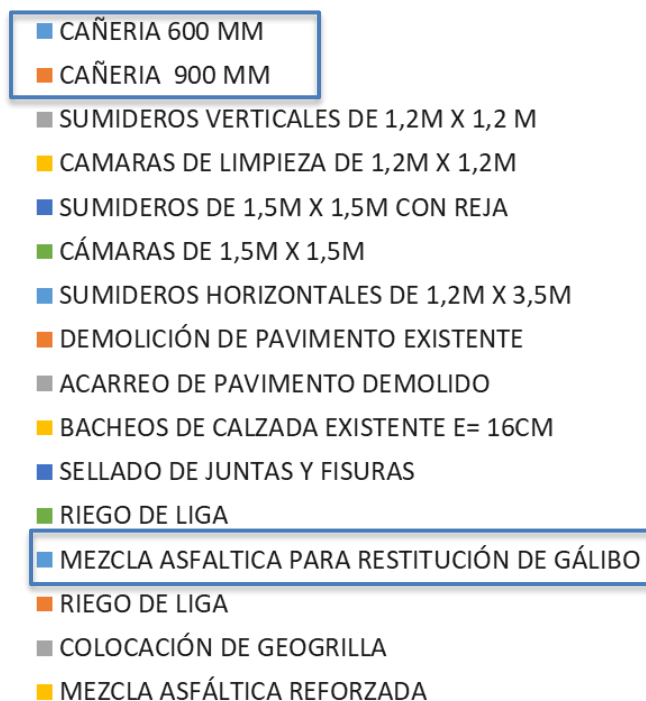


Figura 70. Porcentajes de incidencia por actividad (Fuente: elaboración propia).

El proyecto propuesto se ha definido con una duración de dos meses, donde a través del siguiente gráfico se permitirá una comprensión visual de la distribución de los tiempos que requieren cada una de las actividades involucradas en la reparación por el método tradicional del sistema pluvial como del pavimento (Figura 71).

Al observar el gráfico, es posible evidenciar que las actividades que demandan más tiempo en su ejecución son: en primer lugar, la colocación de las cañerías, seguido de la construcción de los sumideros: ambas actividades requieren prácticamente la mitad del tiempo total de la obra para su finalización. En tercer lugar, los bacheos de la calzada, así como el sellado de las juntas requerirán alrededor de un tercio del tiempo total de la obra para su terminación.



Figura 71. Tiempo en meses de cada actividad según plan de trabajo propuesto (Fuente: elaboración propia).

6.2. Análisis del método sin zanja

Para comprender los costos asociados con esta técnica, se presentan los siguientes gráficos.

El mismo revela que la mayor proporción del importe se destina a los materiales necesarios para la reparación con manga y curado UV (Figura 70). Este componente incluye la adquisición de mangas UV especializadas, cascos de seguridad, y otros materiales específicos para garantizar la calidad y seguridad durante la aplicación de la tecnología. La alta inversión en materiales remarca la importancia de utilizar productos de calidad para asegurar una reparación duradera y eficaz de las cañerías.

Por otro lado, se observa que la segunda categoría de gastos más significativa corresponde a los equipos necesarios para llevar a cabo este tipo de reparación. Esta categoría abarca la utilización de camiones especializados, generadores, telecámaras, y otros equipos técnicos esenciales para la implementación exitosa de la técnica de manga y curado UV. Estos equipos contribuyen directamente a la eficiencia y precisión del proceso de rehabilitación.

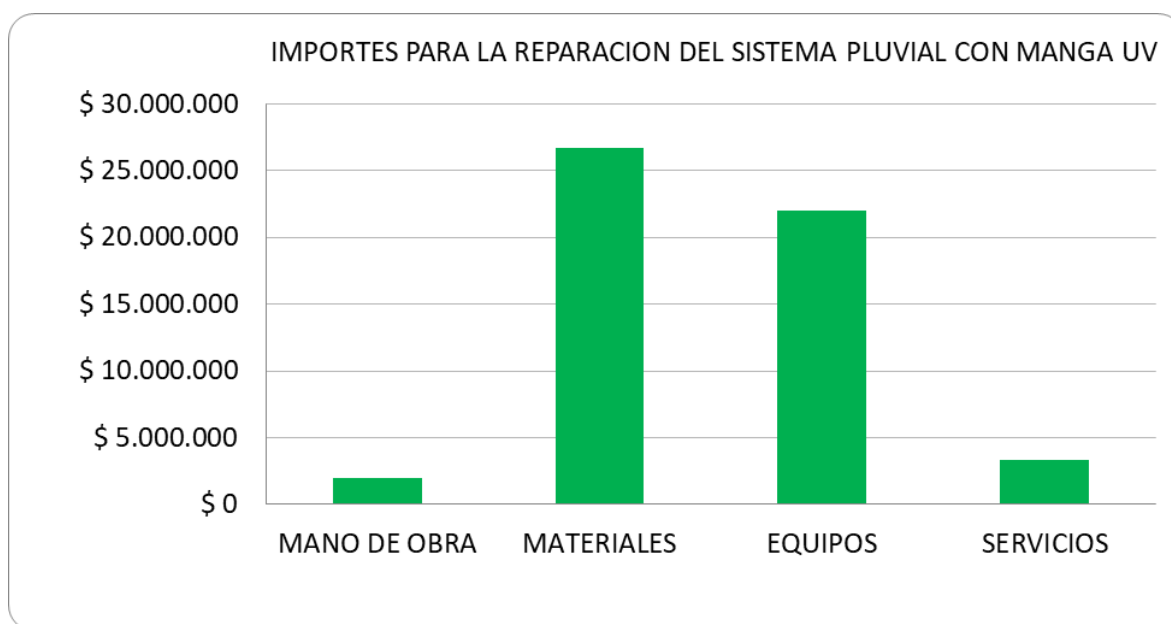


Figura 72. Importes para la reparación del sistema pluvial con manga con curado UV
(Fuente: elaboración propia).

En el contexto de la rehabilitación del sistema de pluvial, la desobstrucción y limpieza de cañerías juega un papel importante en el mantenimiento y funcionamiento eficiente de la infraestructura. Para llevar a cabo estas tareas, es posible notar a partir del gráfico que la mayor inversión se concentra para la utilización de los equipos, principalmente equipos desobstructores, bombas, generadores, entre otros equipamientos indispensables (Figura 73).

De forma complementaria, se observa que una proporción significativa del importe se destina a los costos de combustibles, como gasolina o diésel. La intensidad de los recursos energéticos utilizados en estas tareas radica en la necesidad de generar la potencia suficiente para realizar la limpieza efectiva y la eliminación de obstrucciones en los conductos. La eficacia de estos equipos depende en gran medida de la cantidad y calidad del combustible utilizado, justificando así la posición destacada de los costos de combustibles en el gráfico.

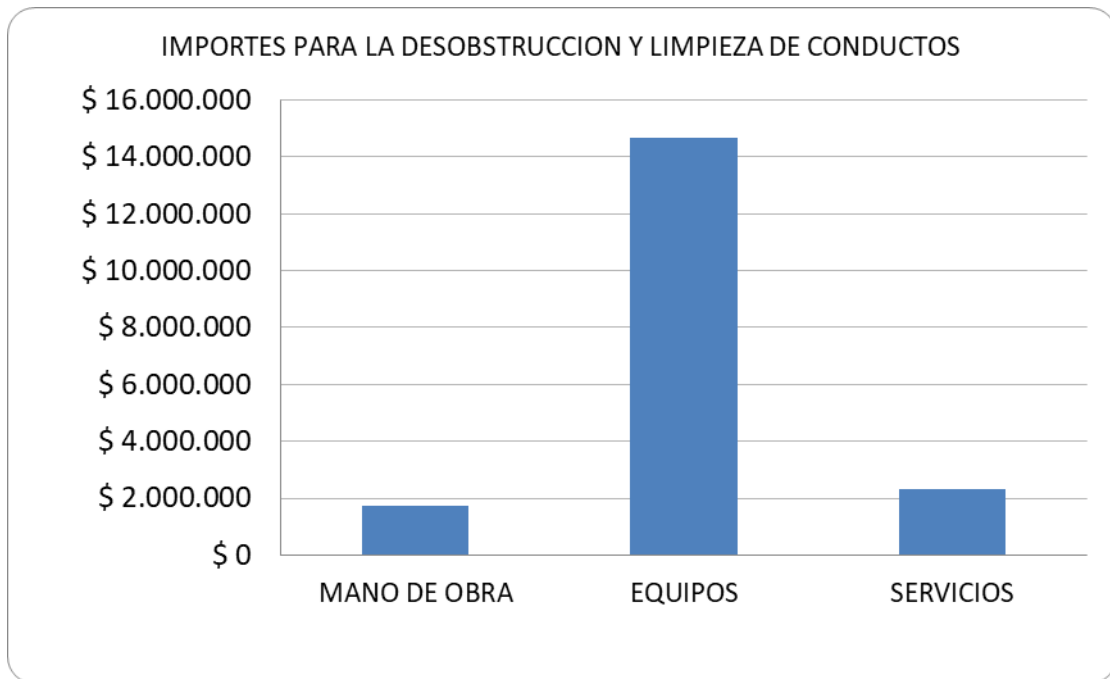


Figura 73. Importes para la desobstrucción y limpieza de conductos (Fuente: elaboración propia).

En el siguiente gráfico (Figura 74) se observa una representación de los porcentajes asignados a cada actividad dentro del marco de la rehabilitación del sistema de desagüe en el campus universitario, siendo las dos actividades propuestas: la reparación de canalizaciones con manga representando un 74 por ciento de la inversión total, mientras que el proceso de desobstrucción y limpieza ocupa un 26 por ciento.

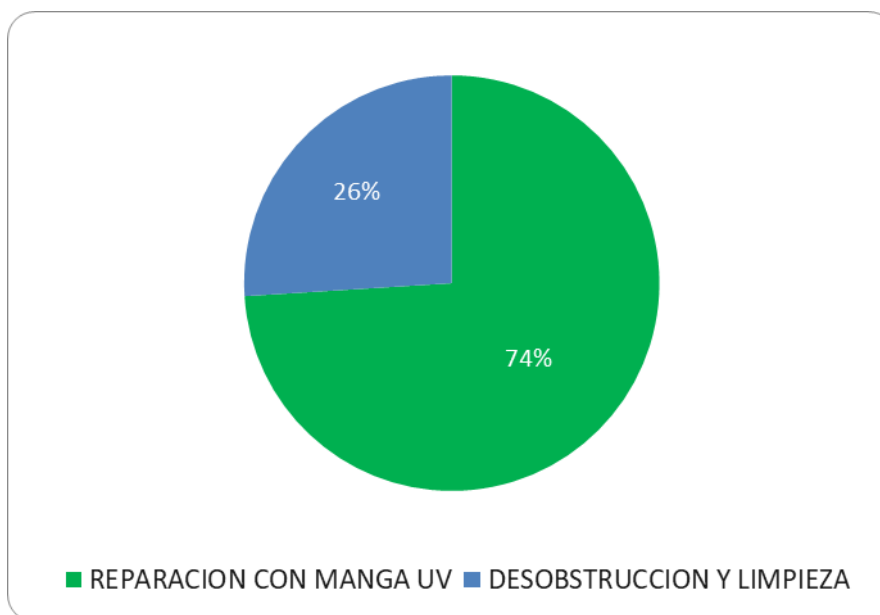


Figura 74. Porcentajes asignados a cada una de las actividades de la solución propuesta (Fuente: elaboración propia).

Con la finalidad de justificar y concluir el presente trabajo, a continuación, se realizará un análisis comparativo entre el método tradicional y el método sin zanja. En este contexto, se evaluará la factibilidad de la aplicación de reparaciones sin zanja, destacando aspectos clave como materiales, mano de obra, equipos y tiempos de duración.

El siguiente gráfico muestra claramente cómo la aplicación de reparaciones sin zanja reduce los costos asociados a los materiales en comparación con el método tradicional (Figura 75).

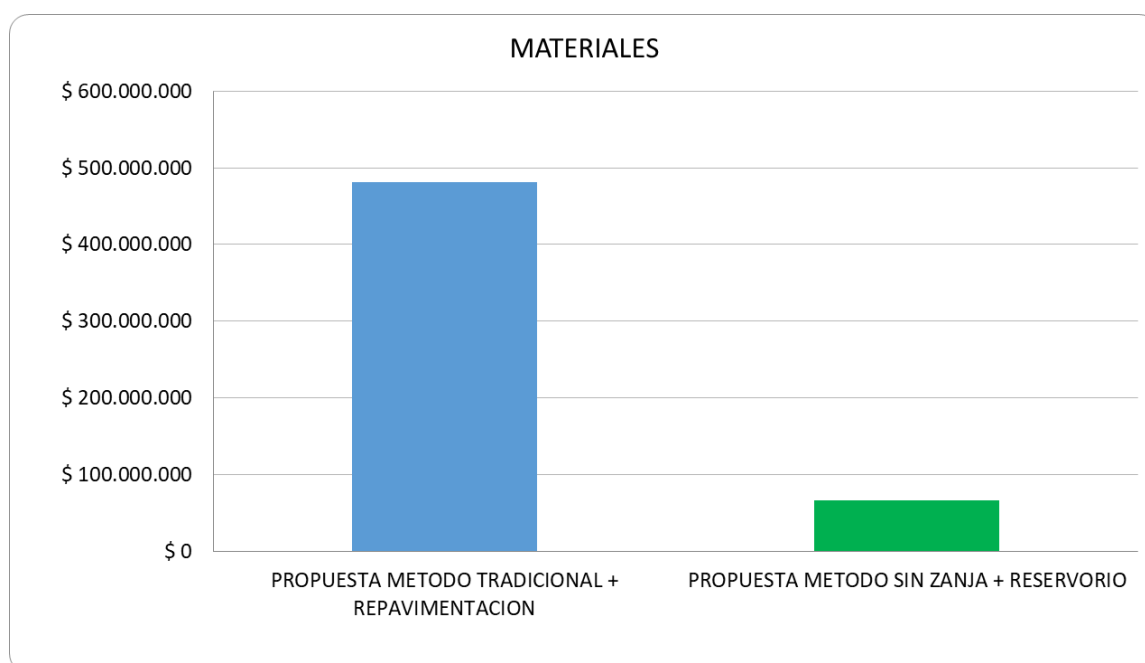


Figura 75. Costos asociados a los materiales que se emplearían en cada método (Fuente: elaboración propia).

La mano de obra es un componente importante en cualquier proyecto de construcción. Los resultados evidencian la eficiencia del método sin zanja en términos de uso de recursos humanos (Figura 76).

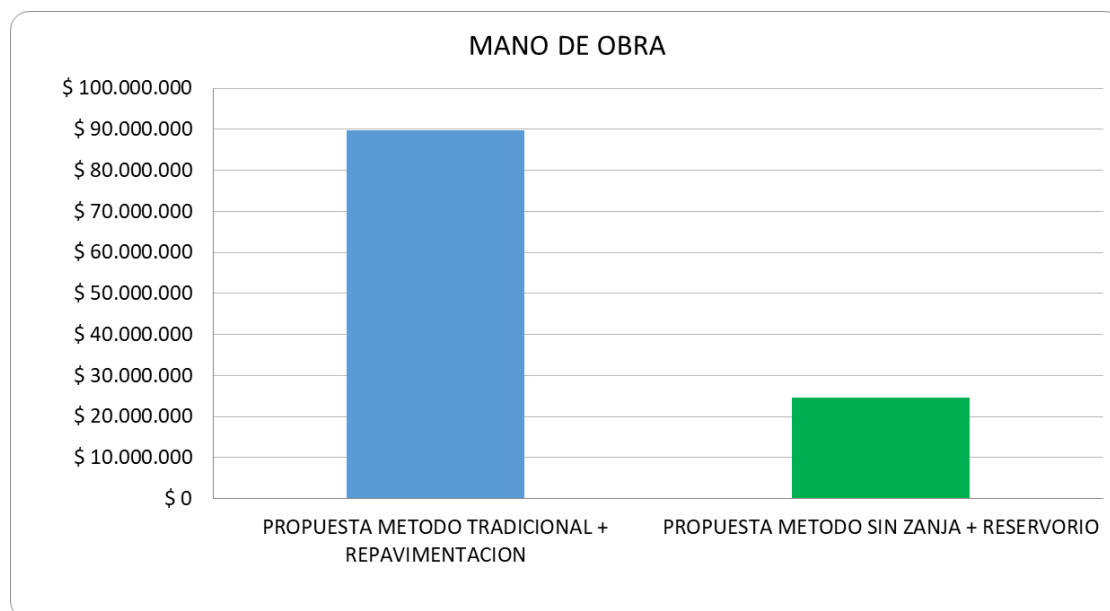


Figura 76. Costos asociados a la mano de obra en cada método (Fuente: elaboración propia).

La inversión en equipos especializados suele ser significativa en proyectos de rehabilitación. Se demuestra entonces cómo el método sin zanja puede minimizar la necesidad de equipos pesados en comparación con el método convencional, resultando en una gestión más eficiente de los recursos (Figura 77).

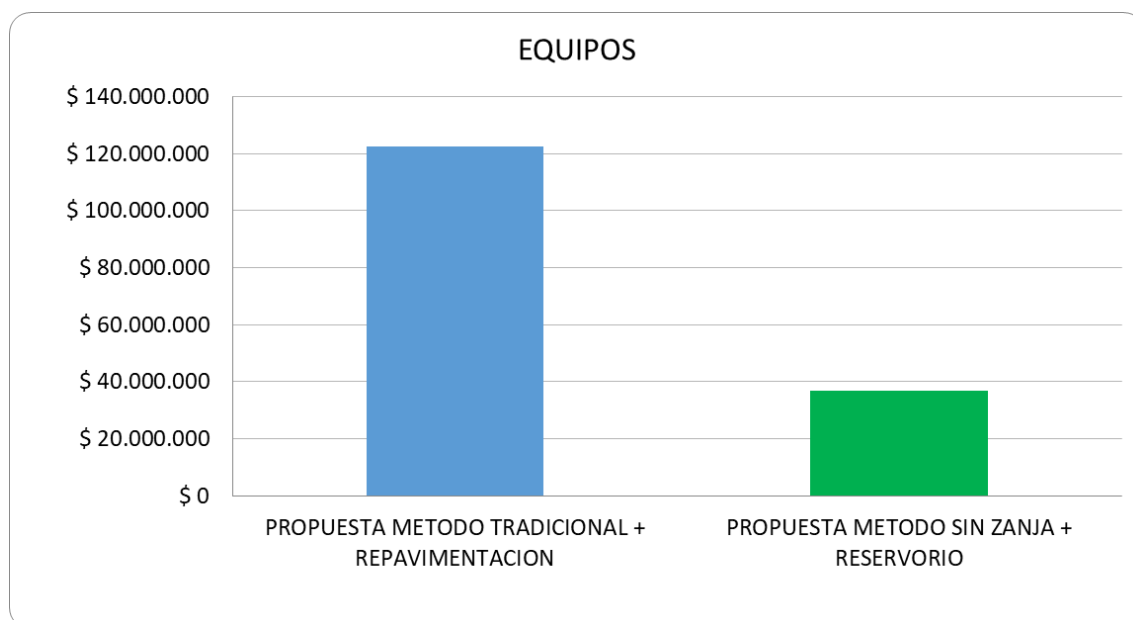


Figura 77. Costos asociados a la inversión en equipos en cada método (Fuente: elaboración propia).

La duración de los proyectos impacta directamente en la operatividad del campus. En este apartado, se evidencia la reducción significativa de los tiempos de duración al emplear el

método sin zanja, lo que contribuye a minimizar las interrupciones en las actividades cotidianas (Figura 78).

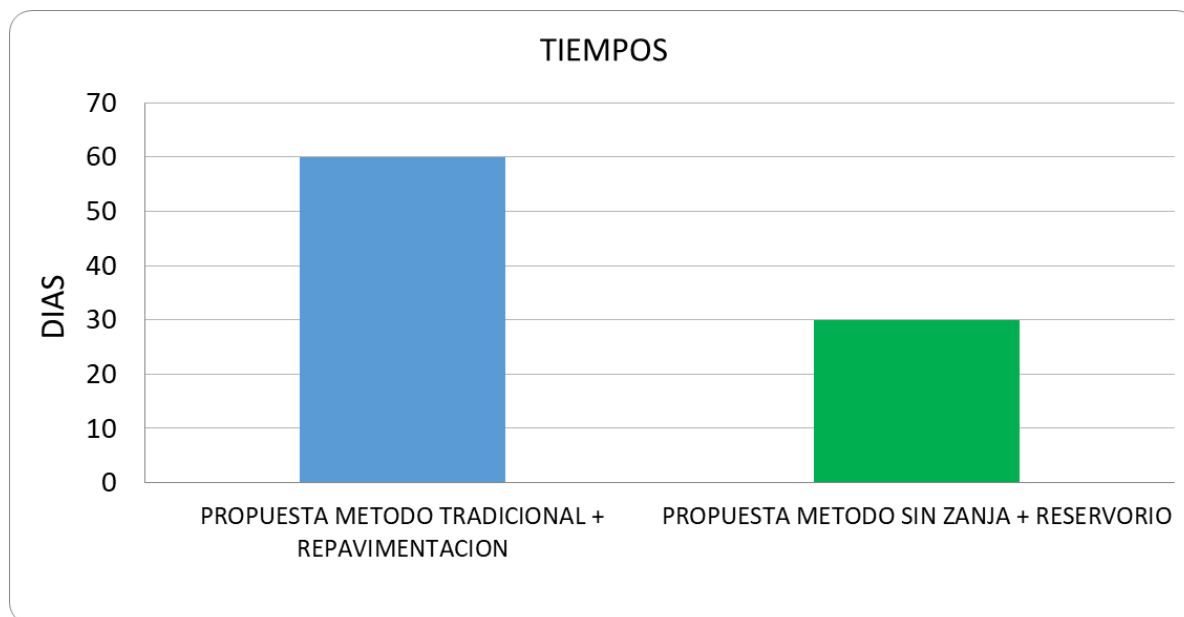


Figura 78. Costos asociados a los tiempos de ejecución de cada método (Fuente: elaboración propia).

Aunque la rehabilitación con método tradicional ha sido históricamente la opción más comúnmente empleada, la optimización lograda mediante la aplicación de métodos no destructivos, como el sin zanja, resulta más conveniente cuando el objetivo principal es mejorar la circulación del flujo en el campus a través de un método que se destaque por la rapidez en su ejecución y sin generar grandes cantidades de movimiento de suelos ni disturbios a su alrededor. La eficiencia financiera y la capacidad de minimizar interrupciones en las actividades cotidianas respaldan la recomendación de adoptar enfoques innovadores para la gestión de infraestructuras pluviales.

A continuación, se puede observar la gran diferencia del presupuesto comparando ambos métodos (Figura 79).

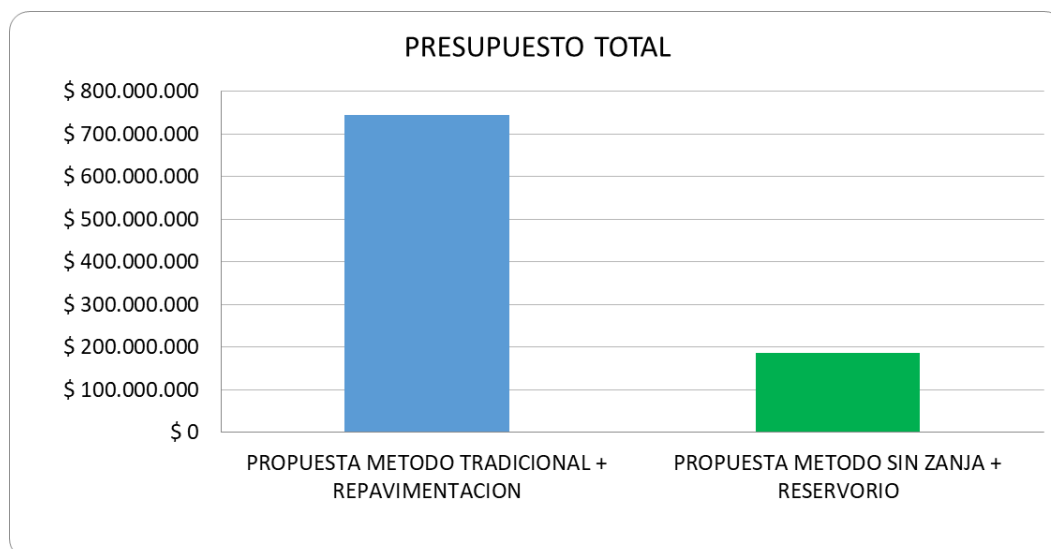


Figura 79. Presupuesto total de cada uno de los métodos (Fuente: elaboración propia).

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A lo largo del desarrollo del presente trabajo, se han identificado diversas problemáticas y se proponen otras soluciones para optimizar la gestión de las aguas pluviales. Las conclusiones y recomendaciones derivadas de este estudio se presentan a continuación.

- Conclusiones

En conclusión, este estudio ha demostrado que la optimización del sistema pluvial del campus de la Universidad Nacional del Nordeste mediante la aplicación de tecnologías innovadoras es una buena alternativa para mejorar su rendimiento y eficiencia ya que a través de la tecnología de manga con curado UV y la limpieza y mantenimiento de tramos afectados, se logró una mejora significativa en el funcionamiento del sistema.

También, la introducción de modificaciones adicionales, como la instalación de una nueva cámara de salida de agua en un colector y la creación de un reservorio de acumulación para controlar el flujo, ha demostrado ser efectiva para reducir los problemas existentes.

La comparación entre la rehabilitación utilizando métodos tradicionales y la implementación de las estrategias propuestas reveló resultados favorables en todos los aspectos. No solo se logró una mejora significativa en el rendimiento hidráulico, sino que también se observaron beneficios económicos y sociales al favorecer el método sin zanja. Este enfoque no solo ofrece una solución efectiva y eficiente para el problema del sistema pluvial, sino que también reduce el tiempo de inactividad y minimiza las molestias para la comunidad universitaria y el entorno circundante.

-Recomendaciones

1. Gestión eficiente del agua para el reservorio

En la evaluación del reservorio de agua pluvial, se destaca la sensibilidad del sistema a las variaciones en las precipitaciones. En situaciones de escasa lluvia o niveles insuficientes en el reservorio para la alimentación de la fuente, se propone la siguiente solución: se recomienda la instalación de un mecanismo que permita la alimentación del sistema desde una fuente alternativa, como agua potable. Esto garantizará un suministro constante, mitigando los impactos negativos causados por condiciones climáticas adversas.

2. Optimización del conducto de salida del campus hacia Av. Las Heras

Como se mencionó anteriormente, el conducto encargado de evacuar las aguas pluviales fuera del campus se ve afectado por la obstrucción causada por el conducto de agua potable de la ciudad. Para abordar esta problemática, se propone la implementación de un sistema de sifonaje como medida correctiva.

Este sistema de sifonaje implicaría la modificación de la trayectoria del conducto del campus, diseñándolo de manera que rodee el conducto de agua potable antes de integrarse de manera efectiva con la red pluvial correspondiente.

Es importante destacar que la acumulación de sedimentos en el sifón puede comprometer su funcionamiento, por lo que la implementación de un programa de limpieza y mantenimiento periódico es esencial para garantizar un flujo continuo y despejado de las aguas pluviales.

La flexibilidad y eficacia de este sistema, respaldado por prácticas de limpieza proactivas, permitirán optimizar la gestión del drenaje pluvial, asegurando la eficiencia y sostenibilidad del sistema rehabilitado.

3. Control de acumulación de agua en sector Ciencias Económicas

La zona frente al ingreso de la Facultad de Ciencias Económicas ha sido identificada como propensa a la acumulación de agua debido a la falta de cámaras pluviales en ese sector (Imagen 39). Se propone la creación de un conducto específico (rectangular, abierto, u otro que resulte adecuado) que permita el drenaje eficiente de las aguas de lluvia, dirigiéndolas hacia la calle Franklin. Esta medida evitará inundaciones y contribuirá a mantener dicho sector del campus en condiciones seguras y operativas.



Imagen 39. *Acumulación de agua frente a Ciencias Económicas (Fuente: fotografía propia, 2023).*

4. Optimización del sistema y estacionamiento con pavimento permeable:

Al determinar las áreas de aporte, se ha identificado una extensa porción que carece de un sistema actual de evacuación de aguas pluviales (Figura 80). Esta carencia contribuye desfavorablemente a la problemática de inundaciones y afecta la eficacia del sistema de

evacuación existente. En virtud de lo anterior, se recomienda la implementación de un sistema de evacuación superficial de aguas pluviales hacia la calle Franklin.

Adicionalmente, durante una inspección en campo se pudo observar la presencia de numerosas zonas impermeables sin un uso específico (Imagen 40) con lo cual, se sugiere la eliminación de las mismas y su reemplazo por áreas verdes. Asimismo, se ha detectado gran acumulación de residuos (Imagen 41), por lo que se recomienda su retiro y en caso de ser necesario, se aconseja llevar a cabo una nivelación del terreno que favorezca el escurrimiento superficial propuesta hacia la calle Franklin.



Imagen 40. Zonas impermeabilizadas por estructuras de hormigón que están en desuso (Fuente: fotografía propia, 2024).



Imagen 41. Gran acumulación de residuos (Fuente: fotografía propia, 2024).

Asimismo, con el objetivo de optimizar la absorción de las aguas pluviales y reducir la carga sobre el colector 3, se sugiere la construcción de un estacionamiento con pavimento permeable en el sector frente a la Avenida Las Heras-Franklin. Este estacionamiento facilitará la filtración gradual del agua de lluvia en el suelo en lugar de dirigirla directamente al sistema de alcantarillado. Esta medida no solo aliviará la presión sobre el sistema pluvial, sino que también fomentará prácticas sostenibles en la gestión del agua, promoviendo una mayor armonía con el entorno y reduciendo el impacto ambiental asociado con las inundaciones.

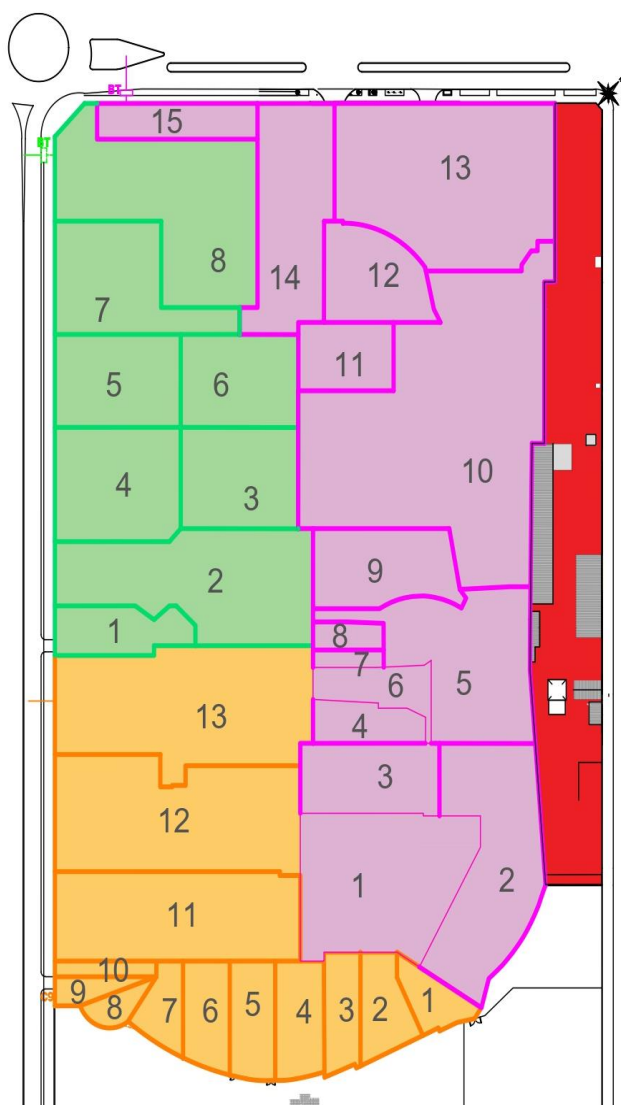


Figura 80. Subcuencas de aporte al sistema pluvial (naranja, violeta y verde) y zona sin desagüe (rojo) (Fuente: elaboración propia).

5. Amortización de costos debido al transporte de equipos (Forever Pipe)

Debido al alto costo asociado con la implementación de la manga UV, que abarca tanto los materiales como los gastos de transporte de los equipos necesarios desde la provincia de Buenos Aires, se recomienda considerar la realización de esta propuesta en conjunto con otra obra que también requiera la aplicación de estas tecnologías. De esta manera, se aprovecharía el traslado de los equipos y se optimizarían los costos asociados.

CAPÍTULO VIII: BIBLIOGRAFÍA

- Administración Provincial del Agua del Chaco** (2019). Curvas IDF del AMGR. APA.
- Alarcón Rocha, J. A., y Pacheco Calvo, J. L.** (2014). Comparación tecnológica y costos del método de instalación de tuberías sin zanja (trenchless) más eficiente para los suelos encontrados en un proyecto de Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/16783>
- ASTM F1216–07b.** Práctica estándar para la rehabilitación de tuberías y conductos existentes mediante la inserción y curado de un tubo impregnado de resina. Pensilvania, Estados Unidos. Sociedad Estadounidense para Ensayos y Materiales (ASTM), 2007.
- Benavides Villacis, M., E.** (2022). Análisis de factibilidad para el uso de inspección por circuito cerrado de televisión (CCTV) y rehabilitación por curado in situ (CIPP) en el análisis y reparación de tuberías en la ciudad de Quito. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Carabajal, Delgado, Pou y Varela.** (2022). Reparación de líneas de saneamiento con mantas poliméricas. Universidad de la república.
- Depettris, C., Pilar, J., Rohrmann, H., y Gómez, M.** (2021). Análisis de precipitaciones extremas en el área metropolitana del Gran Resistencia. <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/51765>
- DWA-M 144-3.** Condiciones contractuales técnicas complementarias para el saneamiento de sistemas de drenaje fuera de edificios: Parte 3, renovación mediante procedimiento de revestimiento interior con manga (revestimiento interior con manga en canales de endurecimiento in situ) para canales de desagüe). Renania del Norte-Westfalia, Alemania, Asociación Alemana para Agua, Aguas Residuales y Residuos (DWA), 2011.
- Giraldo Agudelo, F.** (2016). Diseño y construcción de un sistema recolector de aguas de lluvias para el módulo eco sostenible de la Fundación Kyrios. Universidad Tecnológica de Pereira. <https://hdl.handle.net/11059/6604>
- Navarro Guerrero, A., Cabrera Flores, N., Pineda Segovia, C., Silva Lozano, E. y Barrientos, J.** (2022). Implementación de un sistema de captación de agua de lluvia en la ENMSGTO. XXVII Verano De la Ciencia, 1-7. www.jovenesenlaciencia.ugto.mx
- Romero, V. E., & Veliz Rach, R.** (2023). Readecuación del sistema de desagües Pluviales y pavimento del Campus UNNE-Sede Resistencia. <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/51608>
- Yataco Torres, J., O.** (2021). Método cracking como propuesta para la renovación de tuberías de agua potable y alcantarillado, Grocio Prado, Chíncha. Universidad César Vallejo.
- Universidad Nacional del Nordeste** (2014). Planimetría y croquis del campus. Área de proyecto y mantenimiento de la UNNE. Universidad Nacional Del Nordeste.

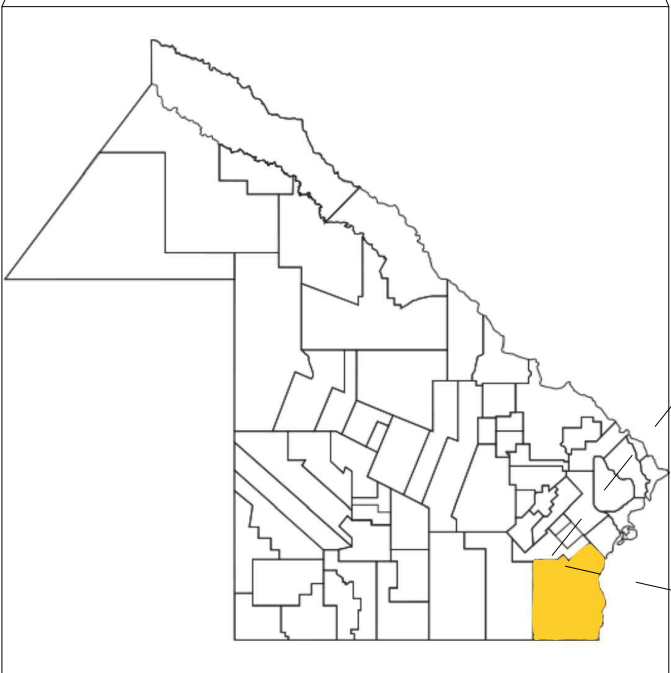
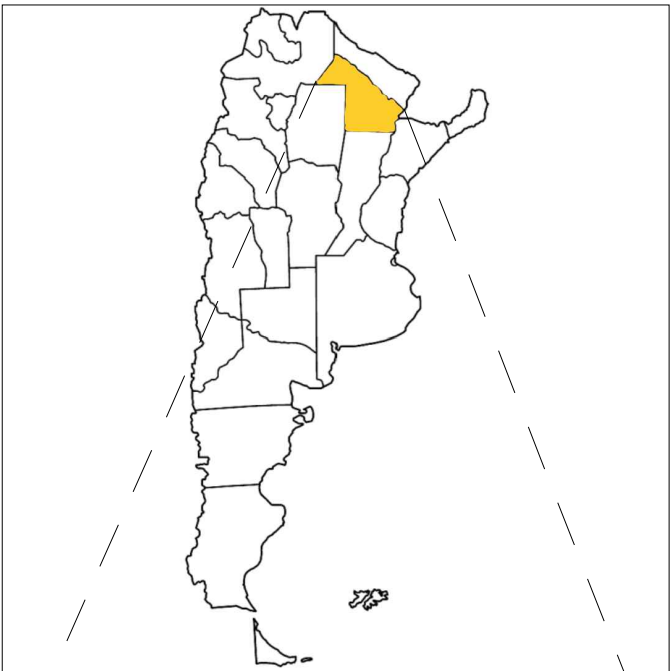
Universidad Nacional del Nordeste (2023). Registro de precipitaciones e informe del plan de manejo para la zona sur del AMGR. Universidad Nacional del Nordeste.

Universidad Nacional del Nordeste (2023). UNNE en cifras.

<https://www.unne.edu.ar/nosotros/unne-en-cifras/>

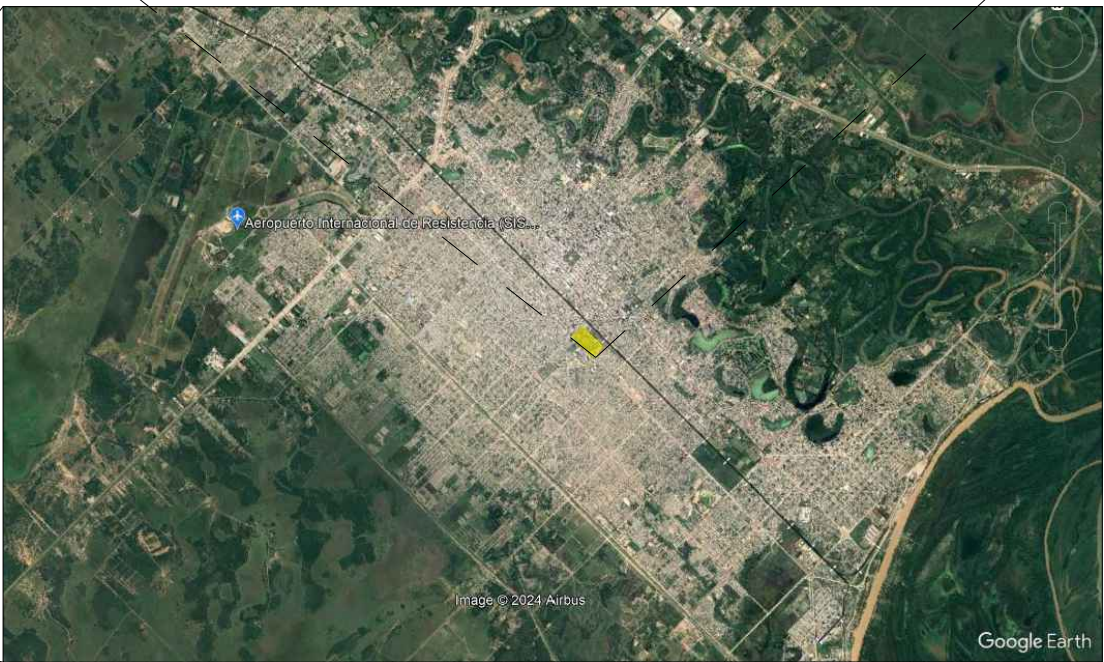
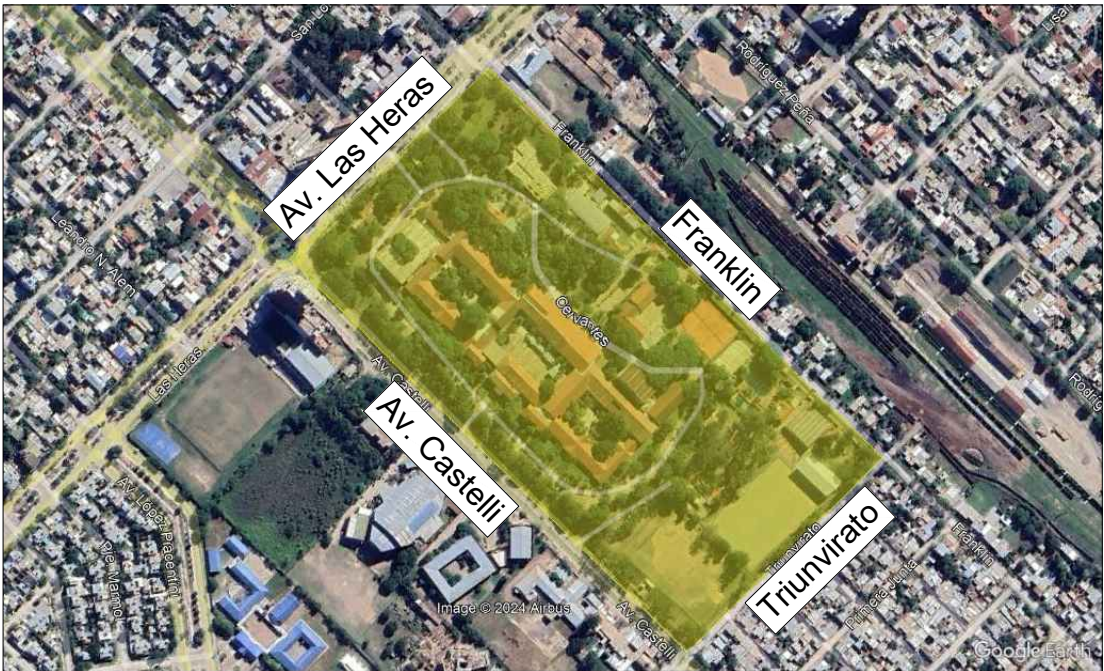
ANEXOS

REPUBLICA ARGENTINA



PROVINCIA DEL CHACO

SITIO EN ESTUDIO: CAMPUS UNNE SEDE RESISTENCIA

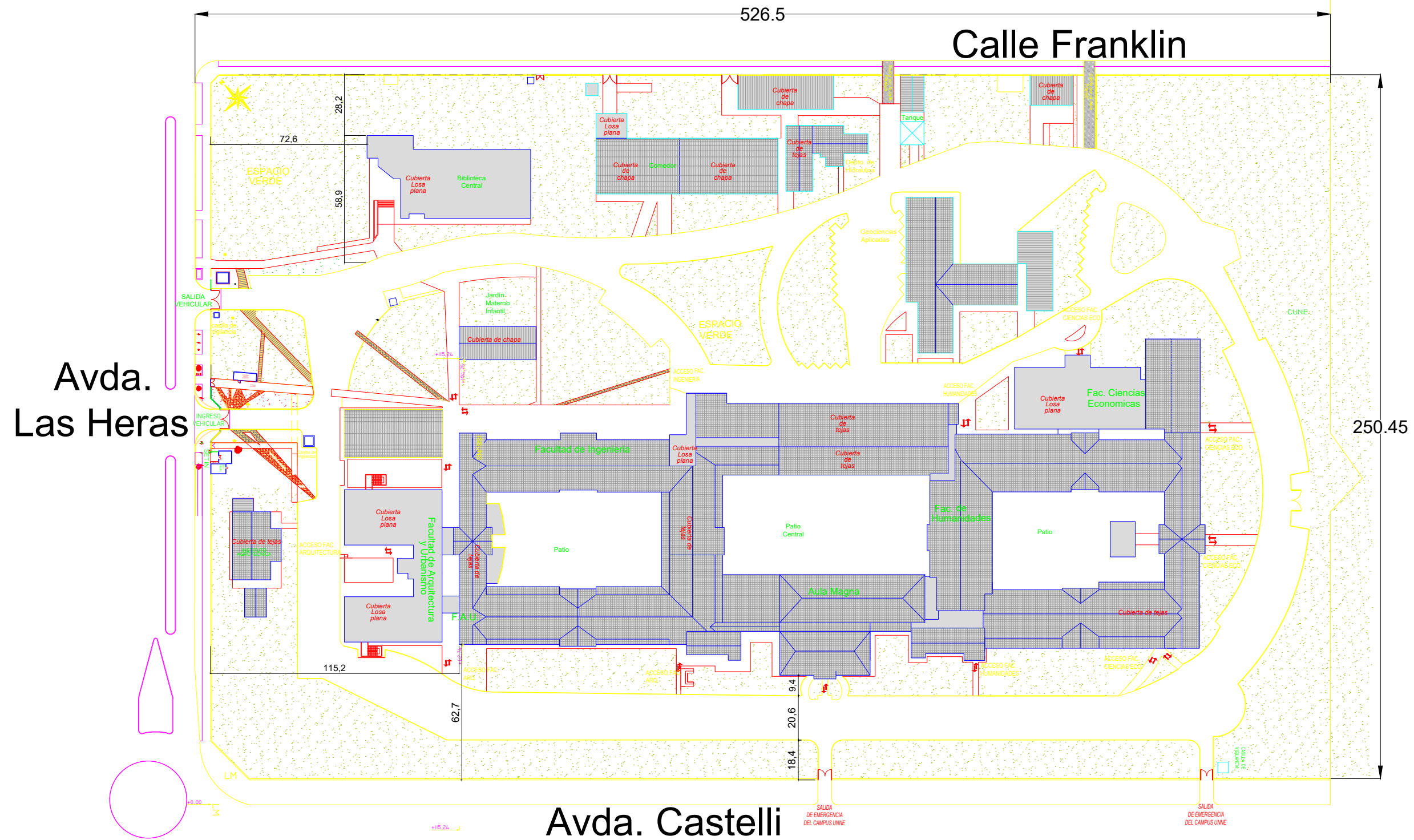


AREA METROPOLITANA DEL GRAN RESISTENCIA

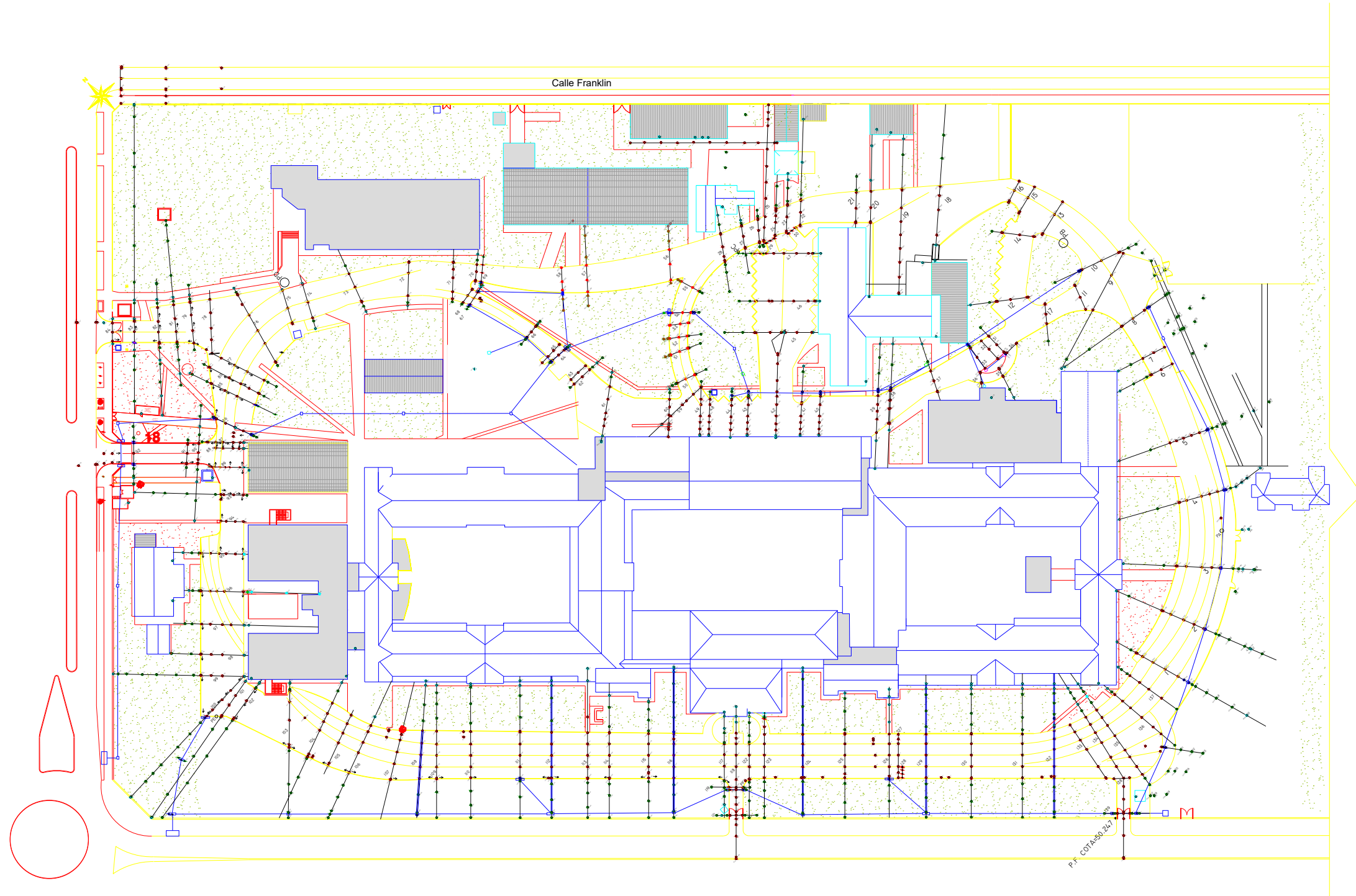
REFERENCIA

 SITIO EN ESTUDIO

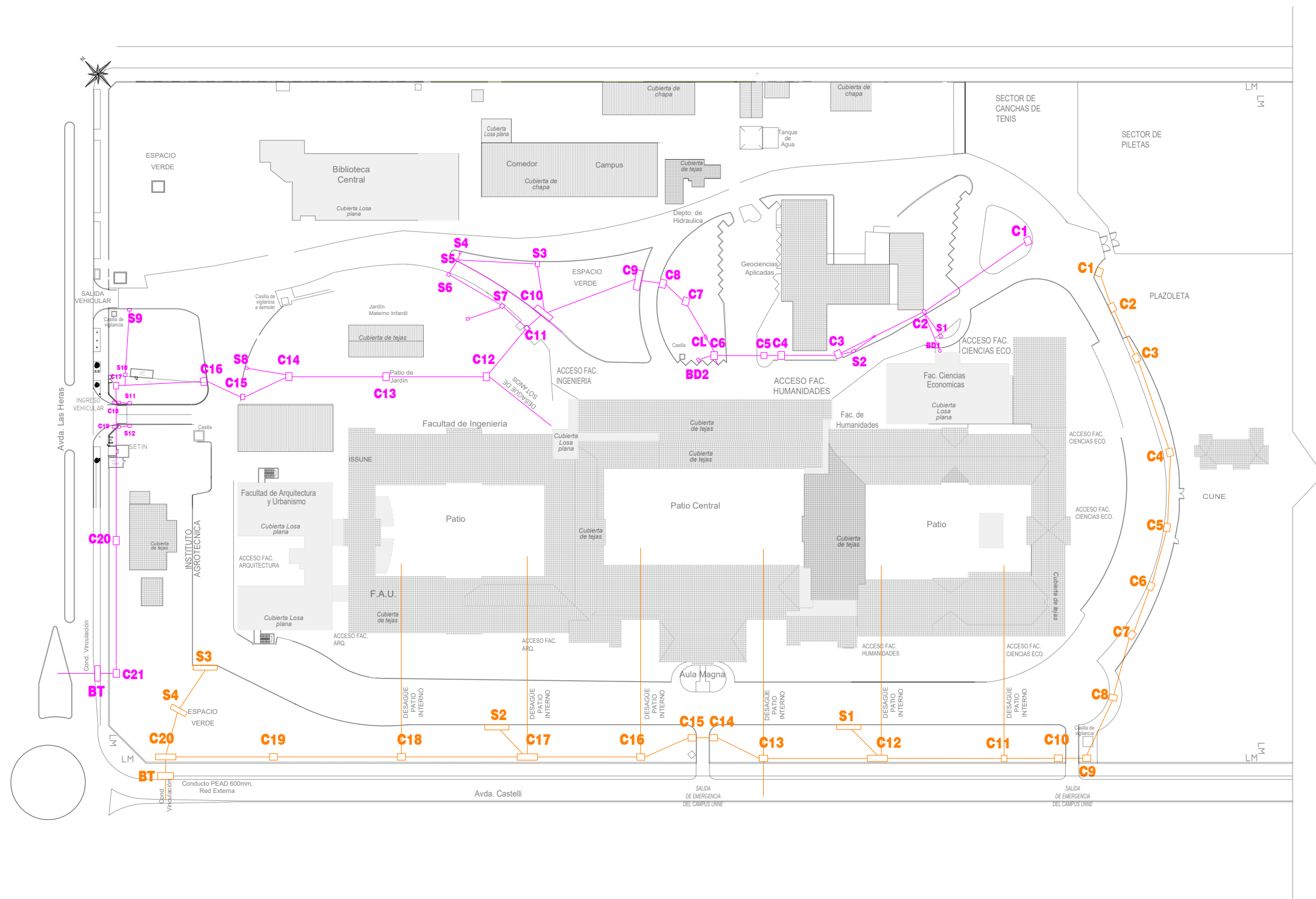
	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - FACULTAD DE INGENIERÍA	
	TRABAJO FINAL	
	Ubicación del sitio en estudio	
Larroza, Mariana Martínez Quiñones, María Quenardelle, Agustín	L.U. 19237 L.U. 18682 L.U. 19188	Plano N° 1
		Escala: S/E
		Año 2024



 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - FACULTAD DE INGENIERÍA		
TRABAJO FINAL		
Planimetría del campus UNNE- Sede Resistencia		
Larroza, Mariana Martínez Quiñones, María Quenardelle, Agustín	L.U. 19237 L.U. 18682 L.U. 19188	Plano N° 2
		Escala: 1/500
		Año 2024

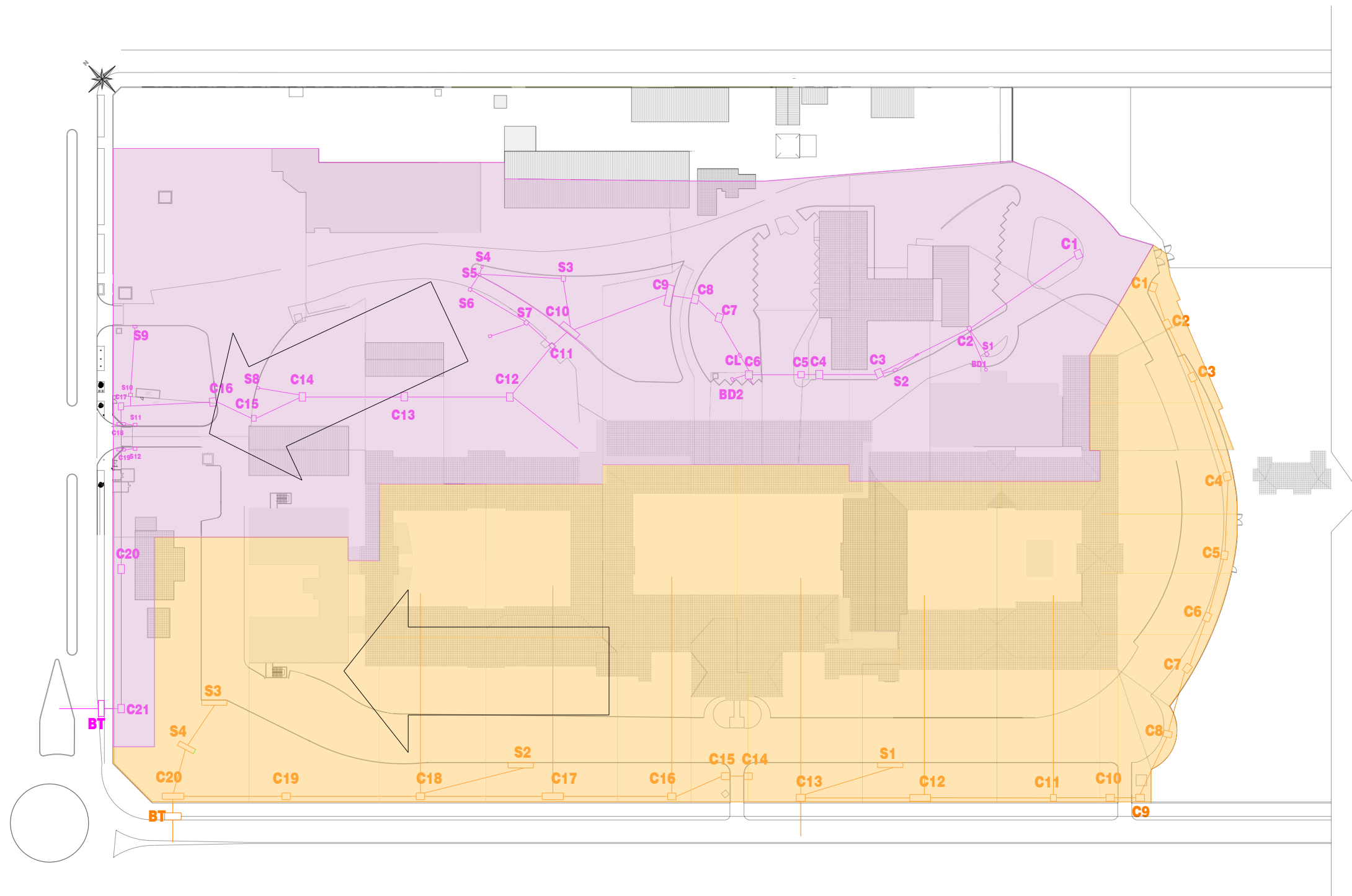


		UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - FACULTAD DE INGENIERÍA	
		TRABAJO FINAL	
		Levantamiento topográfico - Transectas	
Larroza, Mariana		L.U. 19237	Plano N° 3
Martínez Quiñones, María		L.U. 18682	Escala: 1/500
Quenardelle, Agustín		L.U. 19188	Año 2024



- REFERENCIAS
- COLECTOR 1
 - COLECTOR 2

 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - FACULTAD DE INGENIERÍA		
TRABAJO FINAL		
Sistema de desagües pluviales actual		
Larroza, Mariana Martínez Quiñones, María Quenardelle, Agustín	L.U. 19237 L.U. 18682 L.U. 19188	Plano N°4
		Escala: 1/500
		Año 2024



REFERENCIAS

- SUBCUENCA DEL COLECTOR 1
- SUBCUENCA DEL COLECTOR 2
- ← SENTIDO DE ESCURRIMIENTO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL

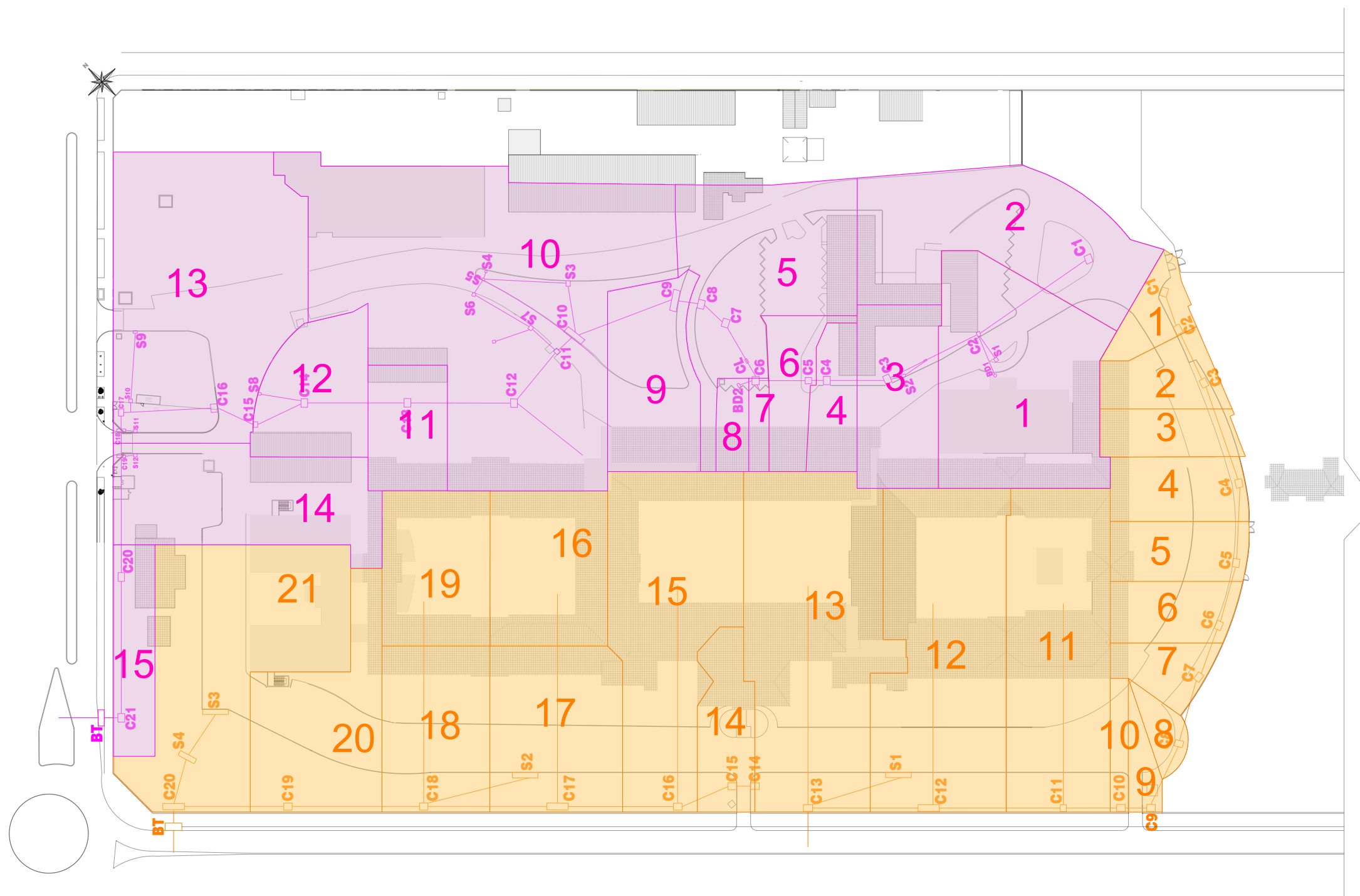
Delimitación de subcuencas del sistema actual

Larroza, Mariana L.U. 19237
Martínez Quiñones, María L.U. 18682
Quenardelle, Agustín L.U. 19188

Plano N° 5

Escala: 1/500

Año 2024



REFERENCIAS

- AREAS DE APOORTE DE LA SUBCUENCA DEL COLECTOR 1
- AREAS DE APOORTE DE LA SUBCUENCA DEL COLECTOR 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL

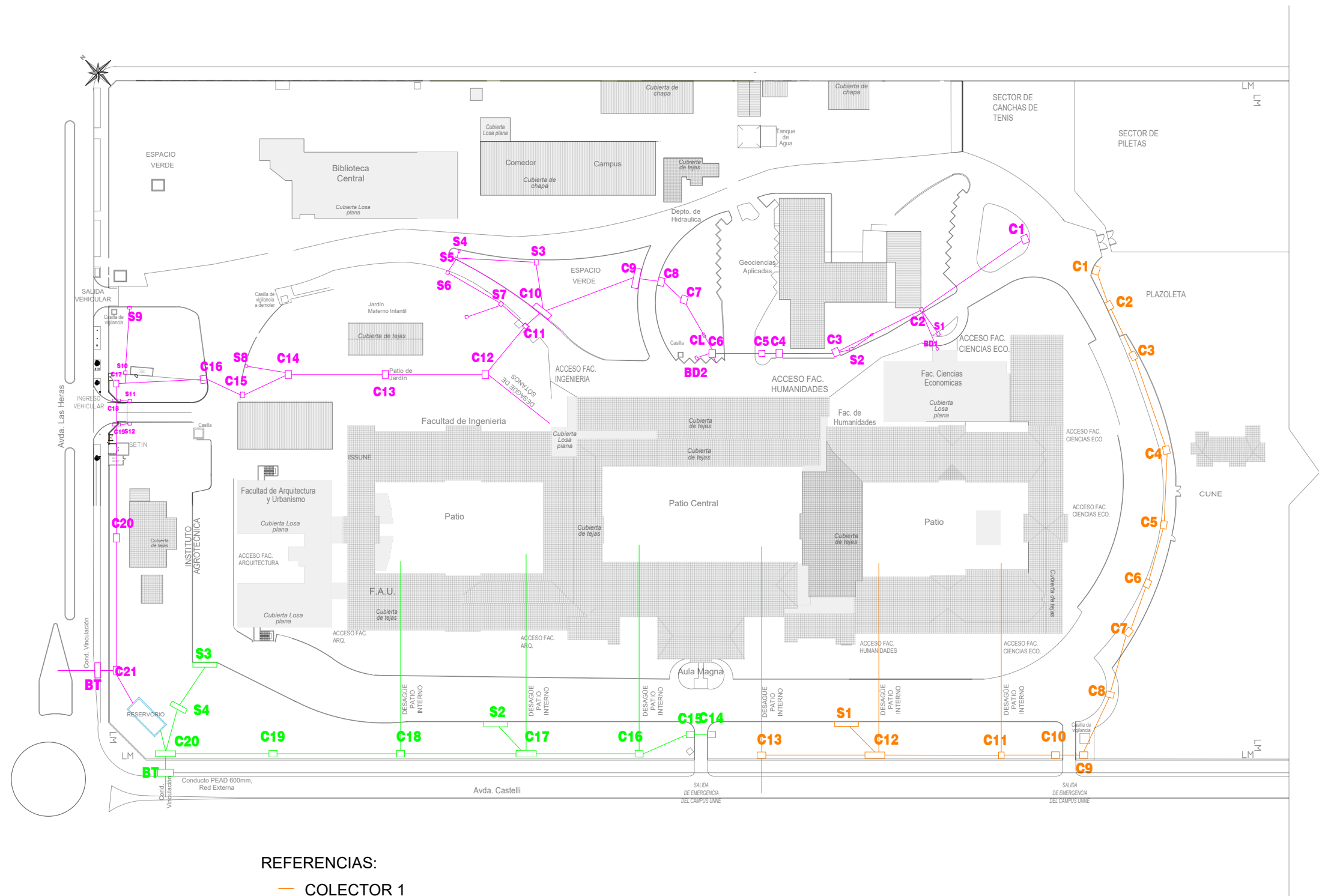
Subcuencas y áreas de aporte del sistema actual

Larroza, Mariana L.U. 19237
Martínez Quiñones, María L.U. 18682
Quenardelle, Agustín L.U. 19188

Plano N° 6

Escala:1/500

Año 2024



REFERENCIAS:

- COLECTOR 1
- COLECTOR 2
- COLECTOR 3



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL

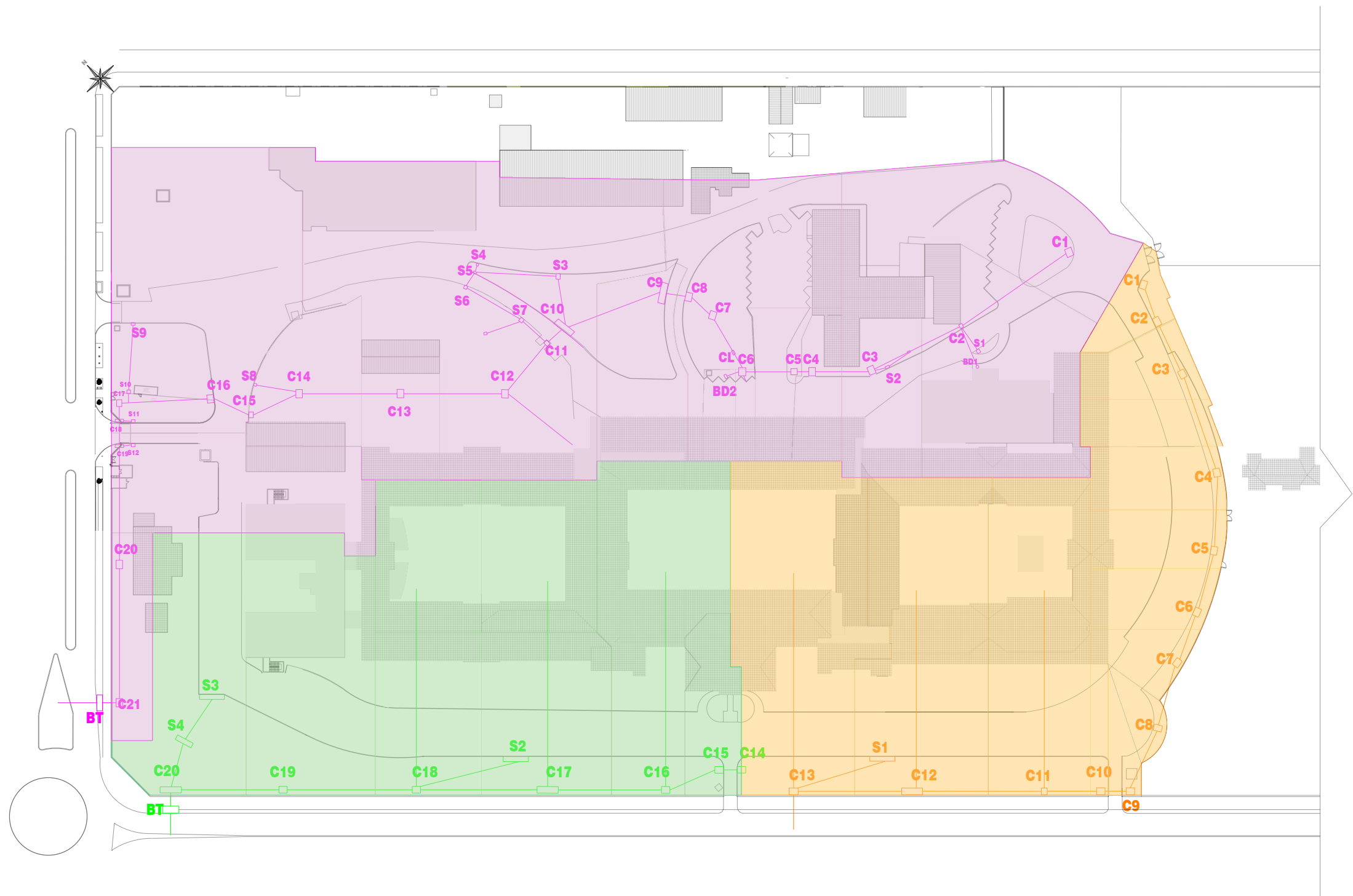
Diseño propuesto para la red de desagües

Larroza, Mariana L.U. 19237
Martínez Quiñones, María L.U. 18682
Quenardelle, Agustín L.U. 19188

Plano N° 7

Escala: 1/500

Año 2024



REFERENCIAS

- SUBCUENCA DEL COLECTOR 1
- SUBCUENCA DEL COLECTOR 2
- SUBCUENCA DEL COLECTOR 3



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL

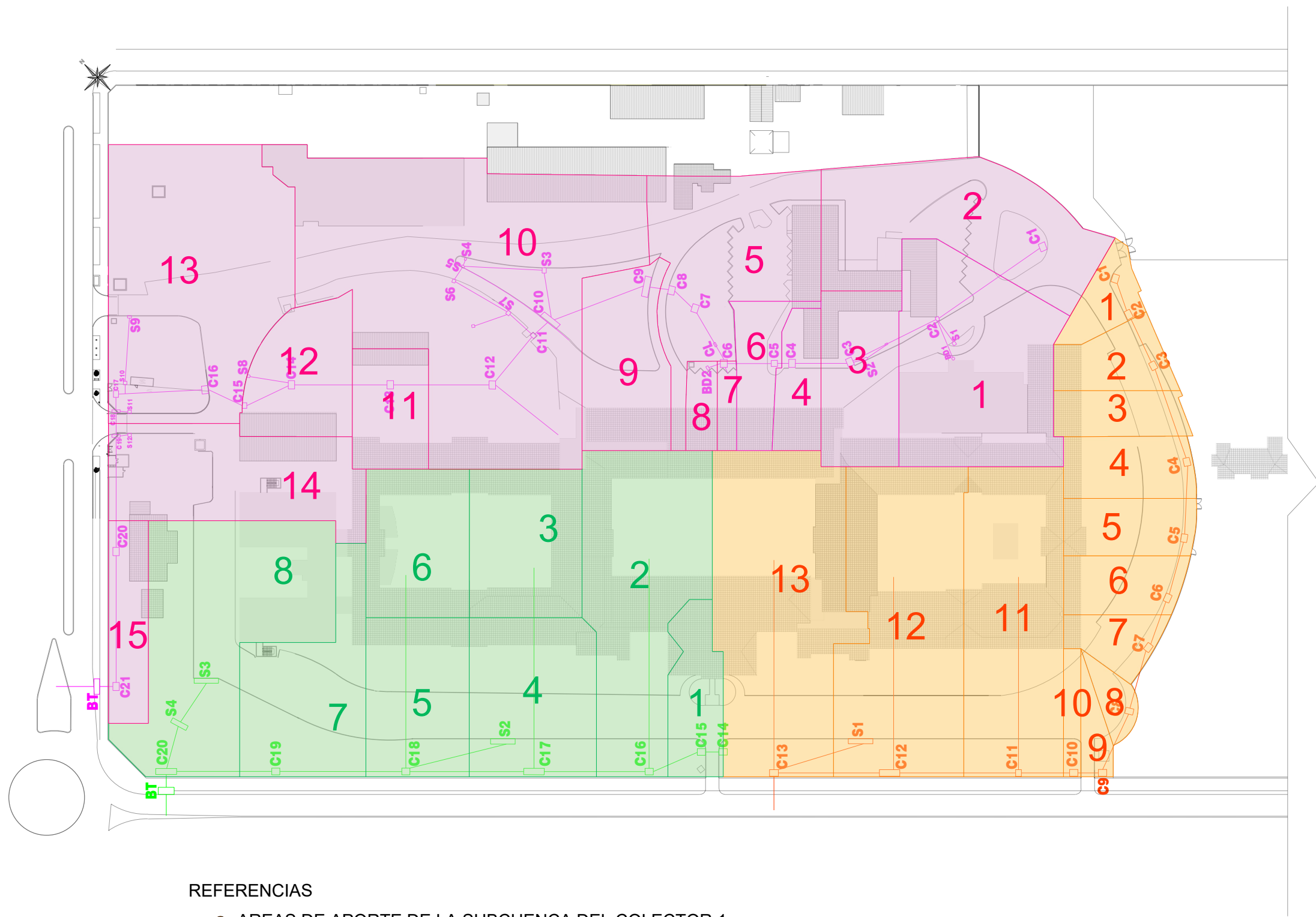
Delimitación de subcuencas del sistema propuesto

Larroza, Mariana L.U. 19237
Martínez Quiñones, María L.U. 18682
Quenardelle, Agustín L.U. 19188

Plano N° 8

Escala: 1/500

Año 2024



REFERENCIAS

- AREAS DE APOORTE DE LA SUBCUENCA DEL COLECTOR 1
- AREAS DE APOORTE DE LA SUBCUENCA DEL COLECTOR 2
- AREAS DE APOORTE DE LA SUBCUENCA DEL COLECTOR 3



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL

Subcuencas y áreas de aporte del sistema propuesto

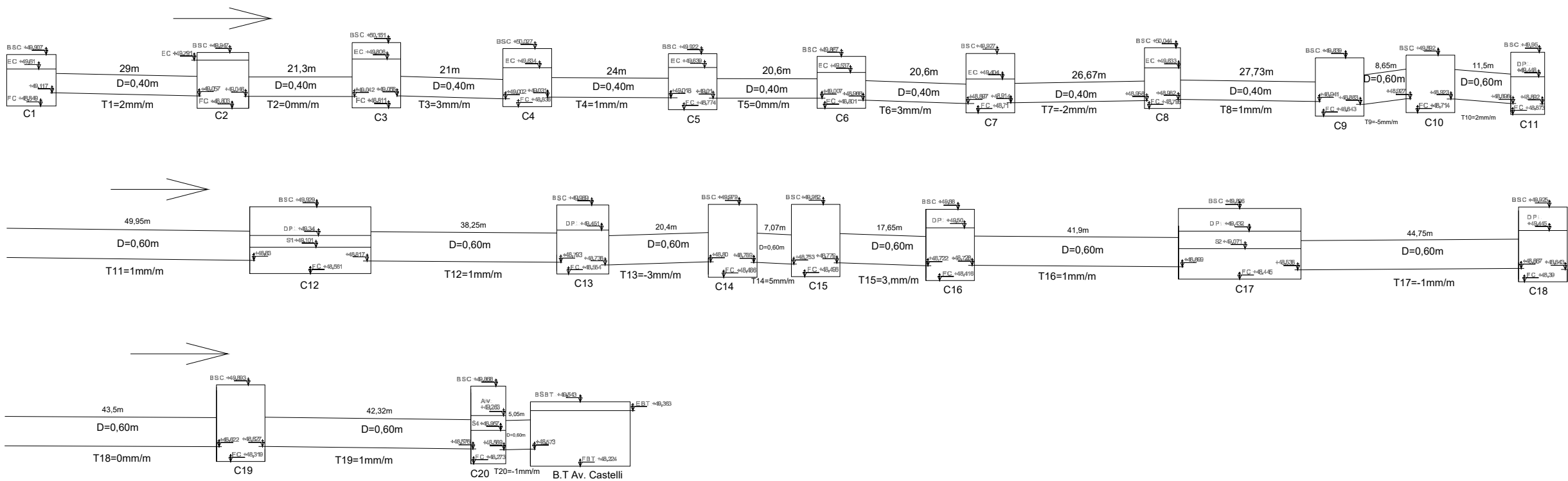
Larroza, Mariana L.U. 19237
Martínez Quiñones, María L.U. 18682
Quenardelle, Agustín L.U. 19188

Plano N° 9

Escala: 1/500

Año 2024

COLECTOR 1 (Av. Castelli)



REFERENCIAS:

- B.S.C.: Borde Superior de Cámaras
- E.C.: Entrada de Cámaras
- F.C.: Fondo de Cámaras
- Ti.: Tramos de Conductos Principales
- Si.: Invertido de cañería proveniente de Sumideros
- D.P.I.: Invertido de Conducto proveniente de Patios Internos
- E.B.T.: Entrada a Boca de Tormenta
- F.B.T.: Fondo de Boca de Tormenta
- D: Diámetro de Conductos Principales
- B.T: Boca de Tormenta



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL

Perfil longitudinal - Colector 1

Larroza, Mariana
Martínez Quiñones, María
Quenardelle, Agustín

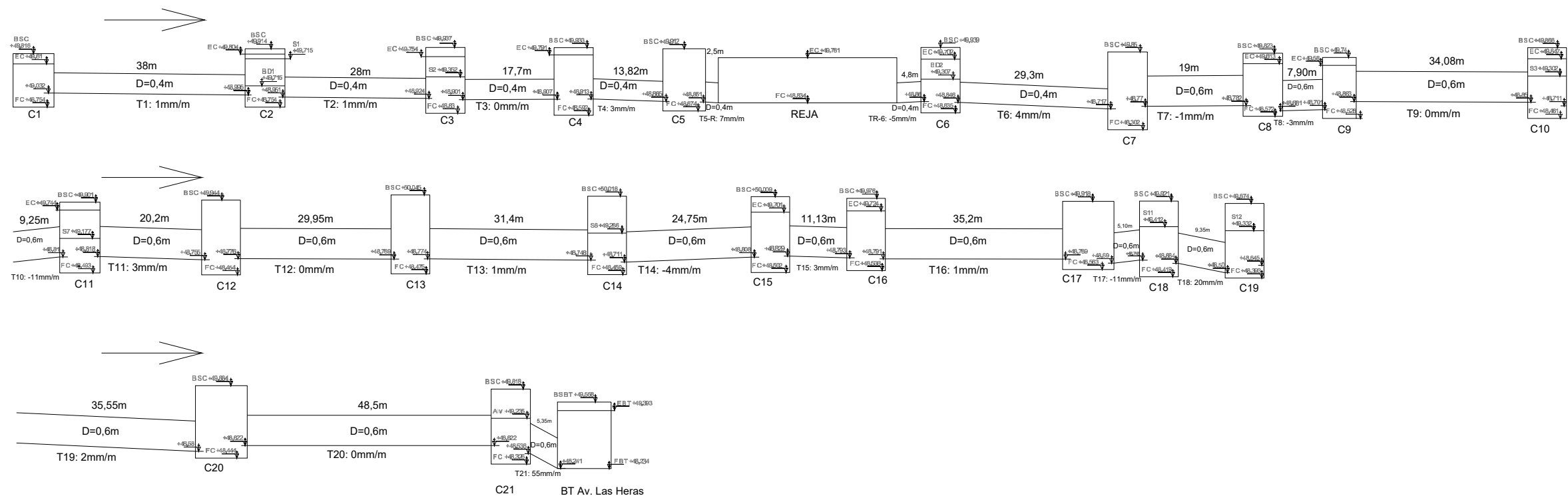
L.U. 19237
L.U. 18682
L.U. 19188

Plano N° 10

Esc. Camaras: 1:50 - Esc. Longitud Caños: 1:500

Año 2024

COLECTOR 2 (Av. Las Heras)



REFERENCIAS:

- B.S.C.: Borde Superior de Cámaras
- E.C.: Entrada de Cámaras
- F.C.: Fondo de Cámaras
- Ti.: Tramos de Conductos Principales
- Si.: Invertido de cañería proveniente de Sumideros
- B.Di: Invertido de Conducto proveniente de Bocas de desagües
- E.B.T.: Entrada a Boca de Tormenta
- F.B.T.: Fondo de Boca de Tormenta
- D: Diámetro de Conductos Principales
- B.T: Boca de Tormenta



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL

Perfil longitudinal - Colector 2

Larroza, Mariana
Martínez Quiñones, María
Quenardelle, Agustín

L.U. 19237
L.U. 18682
L.U. 19188

Plano N° 11

Esc. Camaras: 1:50 - Esc. Longitud Caños: 1:500

Año 2024

CORTE

Malla 1Ø6
c/15cm

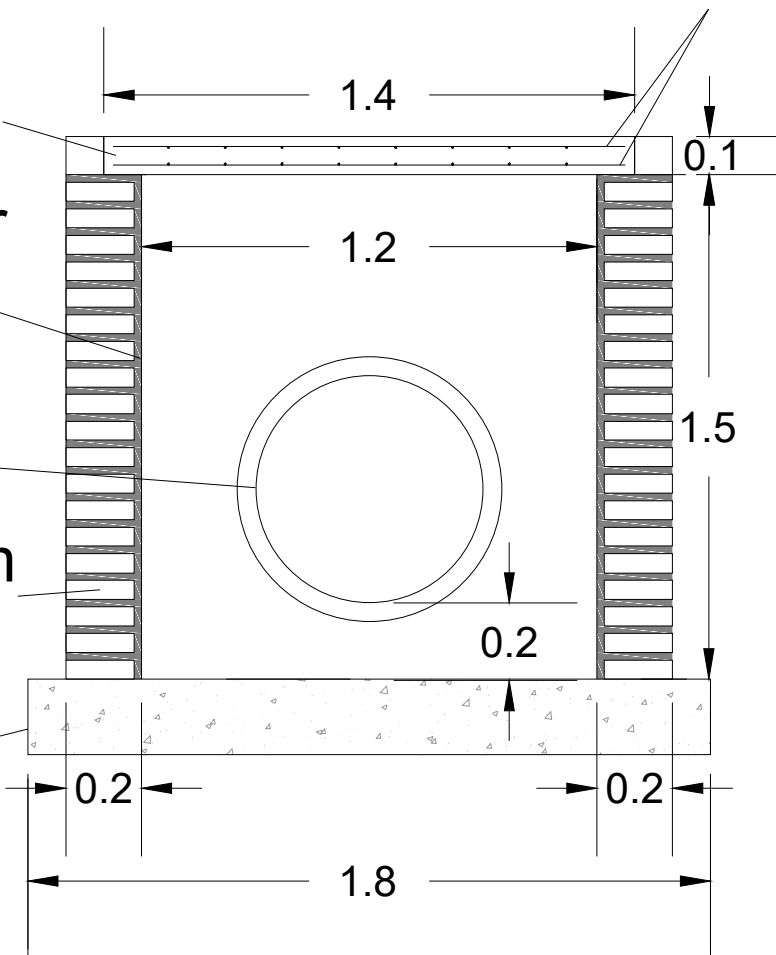
Tapa de H° H-21. e = 0.10m

Revoque de 2 cm de espesor
MCI (1:3+10%Hidrófugo)

Conducto existente
(Ø0.60m)

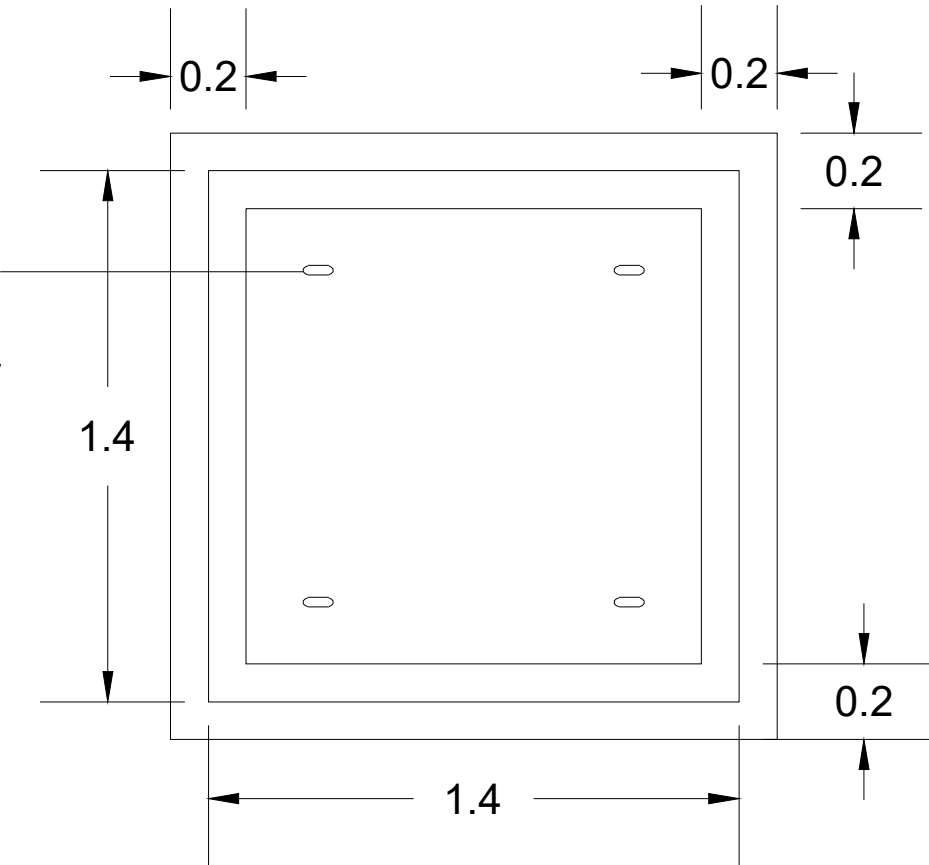
Mampostería armada e=0,2m
2Ø6 c/5 hiladas

Base de H° H-8
e = 0.20m



VISTA EN PLANTA

Orificios
para
manipular
4 orificios
8x2,5 cm



	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - FACULTAD DE INGENIERÍA	
	TRABAJO FINAL	
	Cámara de conexión colector 1 - Av. Castelli	
Larroza, Mariana Martínez Quiñones, María Quenardelle, Agustín	L.U. 19237 L.U. 18682 L.U. 19188	Plano N° 12
		Escala: 1/50
		Año 2024

Método de bloques alternos: TR 5 AÑOS

Tiempo (minutos)	Intensidad (mm/h)	Hp (mm)	Bloques Alternos		Tiempo (minutos)	Intensidad (mm/h)	Hp (mm)	Bloques Alternos	
			Tiempo (min)	P (mm)				Tiempo (min)	P (mm)
3	157,2	8	3	0,3	351	20,9	122	351	0,3
6	146,2	15	6	0,3	354	20,7	122	354	0,3
9	136,8	21	9	0,3	357	20,6	123	357	0,3
12	128,6	26	12	0,3	360	20,5	123	360	0,2
15	121,4	30	15	0,3	363	20,3	123	363	0,2
18	115,1	35	18	0,3	366	20,2	123	366	0,2
21	109,4	38	21	0,3	369	20,1	124	369	0,2
24	104,4	42	24	0,3	372	20,0	124	372	0,2
27	99,8	45	27	0,3	375	19,9	124	375	0,2
30	95,7	48	30	0,3	378	19,7	124	378	0,2
33	91,9	51	33	0,3	381	19,6	125	381	0,2
36	88,4	53	36	0,3	384	19,5	125	384	0,2
39	85,2	55	39	0,3	387	19,4	125	387	0,2
42	82,3	58	42	0,3	390	19,3	125	390	0,2
45	79,5	60	45	0,3	393	19,2	125	393	0,2
48	77,0	62	48	0,4	396	19,0	126	396	0,2
51	74,6	63	51	0,4	399	18,9	126	399	0,2
54	72,4	65	54	0,4	402	18,8	126	402	0,2
57	70,4	67	57	0,4	405	18,7	126	405	0,2
60	68,4	68	60	0,4	408	18,6	127	408	0,2
63	66,6	70	63	0,4	411	18,5	127	411	0,2
66	64,9	71	66	0,4	414	18,4	127	414	0,2
69	63,2	73	69	0,4	417	18,3	127	417	0,2
72	61,7	74	72	0,4	420	18,2	127	420	0,2
75	60,3	75	75	0,5	423	18,1	128	423	0,2
78	58,9	77	78	0,5	426	18,0	128	426	0,2
81	57,6	78	81	0,5	429	17,9	128	429	0,2
84	56,3	79	84	0,5	432	17,8	128	432	0,2
87	55,1	80	87	0,5	435	17,7	128	435	0,2
90	54,0	81	90	0,5	438	17,6	129	438	0,2
93	52,9	82	93	0,6	441	17,5	129	441	0,2
96	51,8	83	96	0,6	444	17,4	129	444	0,2
99	50,9	84	99	0,6	447	17,4	129	447	0,2
102	49,9	85	102	0,6	450	17,3	130	450	0,2
105	49,0	86	105	0,7	453	17,2	130	453	0,2
108	48,1	87	108	0,7	456	17,1	130	456	0,2
111	47,3	87	111	0,7	459	17,0	130	459	0,2
114	46,4	88	114	0,8	462	16,9	130	462	0,2
117	45,7	89	117	0,8	465	16,8	130	465	0,2
120	44,9	90	120	0,9	468	16,8	131	468	0,2
123	44,2	91	123	0,9	471	16,7	131	471	0,2
126	43,5	91	126	1,0	474	16,6	131	474	0,2
129	42,8	92	129	1,0	477	16,5	131	477	0,2
132	42,2	93	132	1,1	480	16,4	131	480	0,2
135	41,5	93	135	1,2	483	16,4	132	483	0,2
138	40,9	94	138	1,3	486	16,3	132	486	0,2
141	40,3	95	141	1,4	489	16,2	132	489	0,2
144	39,7	95	144	1,6	492	16,1	132	492	0,2
147	39,2	96	147	1,7	495	16,0	132	495	0,2
150	38,7	97	150	1,9	498	16,0	133	498	0,2
153	38,1	97	153	2,2	501	15,9	133	501	0,2
156	37,6	98	156	2,5	504	15,8	133	504	0,2
159	37,1	98	159	2,9	507	15,7	133	507	0,2
162	36,7	99	162	3,4	510	15,7	133	510	0,2
165	36,2	100	165	4,2	513	15,6	133	513	0,2
168	35,7	100	168	5,2	516	15,5	134	516	0,2
171	35,3	101	171	6,8	519	15,5	134	519	0,2
174	34,9	101	174	7,9	522	15,4	134	522	0,2
177	34,5	102	177	5,9	525	15,3	134	525	0,2
180	34,1	102	180	4,6	528	15,3	134	528	0,2
183	33,7	103	183	3,8	531	15,2	134	531	0,2
186	33,3	103	186	3,2	534	15,1	135	534	0,2

189	32,9	104	189	2,7	537	15,1	135	537	0,2
192	32,5	104	192	2,3	540	15,0	135	540	0,2
195	32,2	105	195	2,1	543	14,9	135	543	0,2
198	31,8	105	198	1,8	546	14,9	135	546	0,2
201	31,5	105	201	1,7	549	14,8	135	549	0,2
204	31,2	106	204	1,5	552	14,7	136	552	0,2
207	30,8	106	207	1,4	555	14,7	136	555	0,2
210	30,5	107	210	1,3	558	14,6	136	558	0,2
213	30,2	107	213	1,2	561	14,6	136	561	0,2
216	29,9	108	216	1,1	564	14,5	136	564	0,2
219	29,6	108	219	1,0	567	14,4	136	567	0,2
222	29,3	108	222	1,0	570	14,4	137	570	0,2
225	29,0	109	225	0,9	573	14,3	137	573	0,2
228	28,8	109	228	0,8	576	14,3	137	576	0,2
231	28,5	110	231	0,8	579	14,2	137	579	0,2
234	28,2	110	234	0,8	582	14,1	137	582	0,2
237	28,0	110	237	0,7	585	14,1	137	585	0,2
240	27,7	111	240	0,7	588	14,0	138	588	0,2
243	27,4	111	243	0,7	591	14,0	138	591	0,2
246	27,2	112	246	0,6	594	13,9	138	594	0,2
249	27,0	112	249	0,6	597	13,9	138	597	0,2
252	26,7	112	252	0,6	600	13,8	138	600	0,2
255	26,5	113	255	0,6	603	13,8	138	603	0,2
258	26,3	113	258	0,5	606	13,7	138	606	0,1
261	26,0	113	261	0,5	609	13,7	139	609	0,1
264	25,8	114	264	0,5	612	13,6	139	612	0,1
267	25,6	114	267	0,5	615	13,5	139	615	0,1
270	25,4	114	270	0,5	618	13,5	139	618	0,1
273	25,2	115	273	0,5	621	13,4	139	621	0,1
276	25,0	115	276	0,4	624	13,4	139	624	0,1
279	24,8	115	279	0,4	627	13,3	139	627	0,1
282	24,6	116	282	0,4	630	13,3	140	630	0,1
285	24,4	116	285	0,4	633	13,2	140	633	0,1
288	24,2	116	288	0,4	636	13,2	140	636	0,1
291	24,0	117	291	0,4	639	13,1	140	639	0,1
294	23,8	117	294	0,4	642	13,1	140	642	0,1
297	23,7	117	297	0,4	645	13,1	140	645	0,1
300	23,5	117	300	0,4	648	13,0	140	648	0,1
303	23,3	118	303	0,3	651	13,0	141	651	0,1
306	23,1	118	306	0,3	654	12,9	141	654	0,1
309	23,0	118	309	0,3	657	12,9	141	657	0,1
312	22,8	119	312	0,3	660	12,8	141	660	0,1
315	22,6	119	315	0,3	663	12,8	141	663	0,1
318	22,5	119	318	0,3	666	12,7	141	666	0,1
321	22,3	119	321	0,3	669	12,7	141	669	0,1
324	22,2	120	324	0,3	672	12,6	142	672	0,1
327	22,0	120	327	0,3	675	12,6	142	675	0,1
330	21,9	120	330	0,3	678	12,6	142	678	0,1
333	21,7	121	333	0,3	681	12,5	142	681	0,1
336	21,6	121	336	0,3	684	12,5	142	684	0,1
339	21,4	121	339	0,3	687	12,4	142	687	0,1
342	21,3	121	342	0,3	690	12,4	142	690	0,1
345	21,1	122	345	0,3	693	12,3	142	693	0,1
348	21,0	122	348	0,3					

Método de bloques alternos: TR 10 AÑOS

Tiempo (minutos)	Intensidad (mm/h)	Hp (mm)	Bloques Alternos		Tiempo (minutos)	Intensidad (mm/h)	Hp (mm)	Bloques Alternos	
			Tiempo (min)	P (mm)				Tiempo (min)	P (mm)
3	175,9	9	3	0,4	297	28,2	139	351	0,4
6	163,9	16	6	0,4	300	28,0	140	354	0,4
9	153,6	23	9	0,4	303	27,8	140	357	0,4
12	144,7	29	12	0,4	306	27,6	141	360	0,4
15	136,9	34	15	0,4	309	27,4	141	363	0,4
18	129,9	39	18	0,4	312	27,2	141	366	0,4
21	123,8	43	21	0,5	315	27,0	142	369	0,4
24	118,2	47	24	0,5	318	26,8	142	372	0,4
27	113,2	51	27	0,5	321	26,6	142	375	0,4
30	108,6	54	30	0,5	324	26,4	143	378	0,4
33	104,5	57	33	0,5	327	26,3	143	381	0,4
36	100,6	60	36	0,5	330	26,1	144	384	0,4
39	97,1	63	39	0,5	333	25,9	144	387	0,4
42	93,9	66	42	0,5	336	25,8	144	390	0,4
45	90,9	68	45	0,6	339	25,6	145	393	0,4
48	88,0	70	48		342	25,4	145	396	0,3
51	85,4	73	51	0,6	345	25,3	145	399	0,3
54	83,0	75	54	0,6	348	25,1	146	402	0,3
57	80,7	77	57	0,6	351	24,9	146	405	0,3
60	78,5	79	60	0,6	354	24,8	146	408	0,3
63	76,5	80	63	0,7	357	24,6	147	411	0,3
66	74,6	82	66	0,7	360	24,5	147	414	0,3
69	72,8	84	69	0,7	363	24,3	147	417	0,3
72	71,1	85	72	0,7	366	24,2	148	420	0,3
75	69,5	87	75	0,8	369	24,0	148	423	0,3
78	67,9	88	78	0,8	372	23,9	148	426	0,3
81	66,4	90	81	0,8	375	23,8	149	429	0,3
84	65,0	91	84	0,9	378	23,6	149	432	0,3
87	63,7	92	87	0,9	381	23,5	149	435	0,3
90	62,4	94	90	1,0	384	23,4	149	438	0,3
93	61,2	95	93	1,0	387	23,2	150	441	0,3
96	60,1	96	96	1,1	390	23,1	150	444	0,3
99	58,9	97	99	1,1	393	23,0	150	447	0,3
102	57,9	98	102	1,2	396	22,8	151	450	0,3
105	56,9	99	105	1,3	399	22,7	151	453	0,3
108	55,9	101	108	1,4	402	22,6	151	456	0,3
111	54,9	102	111	1,5	405	22,5	152	459	0,3
114	54,0	103	114	1,6	408	22,3	152	462	0,3
117	53,1	104	117	1,7	411	22,2	152	465	0,3
120	52,3	105	120	1,9	414	22,1	152	468	0,3
123	51,5	106	123	2,1	417	22,0	153	471	0,3
126	50,7	106	126	2,3	420	21,9	153	474	0,3
129	49,9	107	129	2,6	423	21,7	153	477	0,3
132	49,2	108	132	2,9	426	21,6	154	480	0,3
135	48,5	109	135	3,4	429	21,5	154	483	0,3
138	47,8	110	138	4,0	432	21,4	154	486	0,3
141	47,1	111	141	4,8	435	21,3	154	489	0,3
144	46,5	112	144	5,9	438	21,2	155	492	0,3
147	45,8	112	147	7,6	441	21,1	155	495	0,3
150	45,2	113	150	8,8	444	21,0	155	498	0,3
153	44,6	114	153	6,7	447	20,9	156	501	0,3
156	44,1	115	156	5,3	450	20,8	156	504	0,3
159	43,5	115	159	4,3	453	20,7	156	507	0,3
162	43,0	116	162	3,7	456	20,6	156	510	0,3
165	42,4	117	165	3,1	459	20,5	157	513	0,3
168	41,9	117	168	2,7	462	20,4	157	516	0,3
171	41,4	118	171	2,4	465	20,3	157	519	0,3
174	40,9	119	174	2,2	468	20,2	157	522	0,3
177	40,5	119	177	2,0	471	20,1	158	525	0,3
180	40,0	120	180	1,8	474	20,0	158	528	0,3
183	39,6	121	183	1,6	477	19,9	158	531	0,3
186	39,1	121	186	1,5	480	19,8	158	534	0,3

189	38,7	122	189	1,4	483	19,7	159	537	0,3
192	38,3	123	192	1,3	486	19,6	159	540	0,3
195	37,9	123	195	1,2	489	19,5	159	543	0,2
198	37,5	124	198	1,2	492	19,4	159	546	0,2
201	37,1	124	201	1,1	495	19,3	160	549	0,2
204	36,7	125	204	1,0	498	19,3	160	552	0,2
207	36,4	125	207	1,0	501	19,2	160	555	0,2
210	36,0	126	210	0,9	504	19,1	160	558	0,2
213	35,6	127	213	0,9	507	19,0	161	561	0,2
216	35,3	127	216	0,9	510	18,9	161	564	0,2
219	35,0	128	219	0,8	513	18,8	161	567	0,2
222	34,6	128	222	0,8	516	18,8	161	570	0,2
225	34,3	129	225	0,8	519	18,7	162	573	0,2
228	34,0	129	228	0,7	522	18,6	162	576	0,2
231	33,7	130	231	0,7	525	18,5	162	579	0,2
234	33,4	130	234	0,7	528	18,4	162	582	0,2
237	33,1	131	237	0,7	531	18,4	162	585	0,2
240	32,8	131	240	0,6	534	18,3	163	588	0,2
243	32,5	132	243	0,6	537	18,2	163	591	0,2
246	32,2	132	246	0,6	540	18,1	163	594	0,2
249	31,9	133	249	0,6	543	18,1	163	597	0,2
252	31,7	133	252	0,6	546	18,0	164	600	0,2
255	31,4	133	255	0,5	549	17,9	164	603	0,2
258	31,1	134	258	0,5	552	17,8	164	606	0,2
261	30,9	134	261	0,5	555	17,8	164	609	0,2
264	30,6	135	264	0,5	558	17,7	164	612	0,2
267	30,4	135	267	0,5	561	17,6	165	615	0,2
270	30,2	136	270	0,5	564	17,5	165	618	0,2
273	29,9	136	273	0,5	567	17,5	165	621	0,2
276	29,7	137	276	0,5	570	17,4	165	624	0,2
279	29,5	137	279	0,4	573	17,3	166	627	0,2
282	29,2	137	282	0,4	576	17,3	166	630	0,2
285	29,0	138	285	0,4	579	17,2	166	633	0,2
288	28,8	138	288	0,4	582	17,1	166	636	0,2
291	28,6	139	291	0,4	585	17,1	166	639	0,2
294	28,4	139	294	0,4	588	17,0	167	642	0,2

ESTUDIO DE SUELOS Y FUNDACIONES

Comitante: Facultad de Ingeniería, Vivienda y Planeamiento.
Universidad Nacional del Nordeste.

Obra: Biblioteca Central.

Ubicación: Avda. Las Horas 727 - Resistencia - Chaco.

Introducción:

Este informe se refiere al estudio de suelos realizado para determinar las características y capacidad portante del suelo de fundación de la obra indicada. Esta obra tiene una estructura de E. A. con cargas importantes espaciadas, aproximadamente 8,50 mts. entre sí.-

Trabajos en el terreno:

Se ejecutaron tres perforaciones en los lugares indicados en el plano esquemático de planta. Alcanzaron las siguientes cotes: R_1 - 1,57 m.; R_2 - 10,63 m. y R_3 - 6,76 m., todas ellas referidas al nivel que se consideró como + 0,00 m., centro del pavimento de hormigón existente enfrente de la posición de R_2 .-

Se tomaron muestras y se realizaron ensayos de penetración con intervalos de aproximadamente un metro. En los primeros metros de R_1 y R_2 la auscultación y extracción de muestras fue continua.-

En proximidad a R_1 se extrajeron también muestras a cielo abierto (C.A.) con el objeto de someterlas a ensayos triaxiales y determinaciones de peso específico.-

fin

Trabajos de laboratorio:

En las muestras obtenidas se determinaron: humedad natural, límite líquido, límite plástico y lavados sobre tamices n° 40 y n° 200. En las muestras arenosas se determinó también granulometría. Estos ensayos fueron realizados por el cooperante.-

En las muestras que se consideró conveniente fueron realizados también ensayos triaxiales escalonados rápidos con medición de peso específico. Estos ensayos fueron ejecutados en nuestro laboratorio.

También fué realizado en los laboratorios de la facultad un ensayo para determinar presión de expansión sobre una muestra intacta extraída a 0,60 m. de profundidad.-

Resultados:

Se indican en los gráficos de las perforaciones y en los valores que se detallan a continuación:

Ensayos granulométricos

% que pasa tamiz n°

<u>Muestra</u>	<u>4</u>	<u>10</u>	<u>20</u>	<u>40</u>	<u>60</u>	<u>100</u>	<u>200</u>
P ₁ M ₆	100	99,5	95,9	81,9	49,3	39,6	11,2
P ₁ M ₇	100	99,4	97,1	83,3	79,3	67,5	34,0
P ₁ M ₈	100	100	99,2	92,7	81,4	57,8	26,3
P ₁ M ₉	100	99,7	99,0	97,0	87,9	64,4	26,6
P ₁ M ₁₀	100	98,7	98,3	96,3	77,0	20,0	4,4
P ₁ M ₁₁	100	99,7	98,4	87,4	41,4	9,6	3,8
P ₁ M ₁₂	99,1	94,8	81,4	45,0	17,6	6,4	2,8
P ₁ M ₁₃	100	98,6	93,2	61,1	9,9	3,6	1,9
P ₁ M ₁₄	97,1	81,5	54,0	27,2	8,5	3,8	1,3
P ₁ M ₁₅	98,8	92,5	49,8	10,7	4,0	2,6	1,1
P ₁ M ₁₆	100	100	99,5	92,5	36,6	15,6	4,3

////

Ensayos granulométricos% que pasa tamiz n°

<u>Muestra</u>	<u>4</u>	<u>10</u>	<u>20</u>	<u>40</u>	<u>60</u>	<u>100</u>	<u>200</u>
P ₂ M ₆	100	99,5	96,7	87,6	52,1	26,3	14,8
P ₂ M ₇	100	99,6	97,0	80,9	35,9	9,9	2,9
P ₂ M ₈	100	97,4	80,1	52,4	44,8	29,0	8,6
P ₂ M ₉	100	99,5	97,8	95,9	88,8	38,2	7,9
P ₂ M ₁₀	100	100	99,7	93,9	77,9	51,1	11,2
P ₂ M ₁₁	100	96,4	74,8	58,3	26,0	8,2	3,5
P ₂ M ₁₂	100	100	99,9	97,6	61,5	20,5	3,5
P ₃ M ₄	100	100	99,2	94,7	59,1	32,1	9,7
P ₃ M ₅	100	99,0	91,2	67,8	25,5	10,7	2,7
P ₃ M ₆	99,0	89,5	64,5	25,6	13,0	9,6	4,1

Ensayos triaxiales escalonados rápidos:

<u>Muestra</u>	<u>γ_k</u>	<u>ω</u>	<u>σ_3</u>	<u>$\sigma_1 - \sigma_3$</u>	<u>ϵ_1</u>	<u>ϵ_u</u>	<u>ϕ_u</u>
C.A. -1,73m.	1.953	19,0	0,5 1,0 2,0	3,46 3,93 4,30	2,5 3,8 5,0	1,24	12°20'
C.A. -1,73m.	1.970	19,4	1,0 2,0	4,85 5,84	2,5 5,4	1,36	19°
C.A. -2,33m.	2.032	15,5	0,5 1,0 2,0	3,31 3,78 4,37	2,5 3,8 5,0	1,16	14°30'
C.A. -2,33m.	2.038	14,4	1,0 2,0	6,03 6,65	4,4 6,4	2,08	14°

γ_k : peso específico, Kg./m³.

ω : Contenido natural de humedad, %

σ_3 : Presión lateral de confinamiento, Kg./cm².

$\sigma_1 - \sigma_3$: Presión axial adicional de rotura, Kg./cm².

ϵ_1 : Deformación específica de rotura, %.

ϵ_u, ϕ_u : Parámetros de corte.-

////



El ensayo de expansividad mostró una absorción muy lenta y una presión de expansión del orden de 1,2 Kg./cm².

Perfil del terreno:

El perfil analizado, correspondiente a una sedimentación fluvial, presenta hasta aproximadamente - 4,00 m. suelos finos, arcillas muy plásticas con presencia de calcificación en forma de tonquillas abundantes pero aisladas. Esto último se evidencia sobre todo a los -2,00 m. a -3,00 m. la calcificación y la plasticidad disminuyen más abajo. A partir de los -4,00 m. aparece arena, más o menos mezclada con arcilla, según los niveles, las muestras y la perforación.-

La consistencia es media y firme en el suelo arcilloso. La densidad relativa en la arena subyacente, aunque con picos de variabilidad, es media y densa, con excepción de F₁ M₅ y F₁ M₆ donde es baja.-

La humedad es relativamente constante manteniéndose cercana al límite plástico en las muestras arcillosas.-

La capa fué encontrada a - 4,00 m.

Las muestras arcillosas más plásticas son susceptibles de variaciones volumétricas de importancia de acuerdo a su contenido de humedad.-

Recomendaciones:

Desde el punto de vista estructural y de valores mínimos de cargas, recomendamos la fundación por medio de zapatas individuales con una tensión de trabajo:

= 2,5 Kg./cm². a cota - 2,50 m.

El suelo superior de este perfil puede dar lugar a inconvenientes por expansiones y contracciones según su absorción de humedad; también puede ocasionar dificultades en el relleno de excavaciones. Por esta última razón será conveniente efectuar este relleno con suelo de poca o ninguna plasticidad.-

La fundación de muros debe hacerse siguiendo el mismo criterio apoyándolos en vigas sustentadas sobre bases de columnas o pilotes armados de bases ensanachadas. Es conveniente que estas vigas queden desprendidas del suelo para facilitar las variaciones de volumen de éste sin que las afecte.-

Dadas las posibilidades de expansión del terreno y su

////

influencia sobre los contrapisos, la solución más exhaustiva es separarlos del terreno dejando una capa de aire. Si esto resultare muy costoso, existen otras soluciones evidentemente menos seguras. Sugierinos a continuación algunas de ellas que puedan adoptarse conjunta o separadamente:

Estabilizado con cal de los primeros 50 cm.

Regado intensivo del suelo antes de la ejecución del contrapiso.

Ejecución de juntas cada 3,50 m. y armado del contrapiso.

Recomendamos también la ejecución de varedas perimetrales que alejen la zona de probables variaciones de humedad. =

Septiembre de 1968.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Rehabilitación de Tuberías de Alcantarillado Sanitario de Hormigón Armado (H°A°)

ÍNDICE DE CONTENIDO

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>PÁGINA</u>
INTRODUCCIÓN	1
INFORMACIÓN BÁSICA	1
ALCANCE DEL TRABAJO.....	1
1. Instalación de Faenas, Movilización de Personal y Equipos.....	1
1.1 Movilización del Personal.....	1
1.2 Movilización de Equipos.....	2
1.3 Herramientas Especiales	2
2. Provisión e Instalación del revestimiento (Tecnología CIPP).....	2
2.1 Materiales	2
2.2 Ejecución del Trabajo	2
2.3 Medición y Forma de Pago	4

INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como objetivo, establecer las condiciones y requerimientos para la ejecución de los trabajos de rehabilitación de emisarios, interceptores y colectores de aguas servidas, que se encuentran en operaciones desde el año 2001, teniendo una antigüedad de veinte (20) años aproximadamente. Las tuberías son de sección circular y están fabricadas en hormigón armado.

INFORMACIÓN BÁSICA

El diámetro nominal de la tubería a rehabilitar está comprendido entre **300 mm y 1.100 mm**; mientras que la longitud de la red, que requiere tratamiento para mejorar su resistencia estructural y la resistencia a la corrosión, es de aproximadamente 7.095 m.

Los diámetros nominales de la tubería a rehabilitar son los siguientes:

✓	DN	300 mm con una longitud aproximada de 90 m
✓	DN	400 mm con una longitud aproximada de 1.180 m
✓	DN	500 mm con una longitud aproximada de 665 m
✓	DN	600 mm con una longitud aproximada de 810 m
✓	DN	650 mm con una longitud aproximada de 200 m
✓	DN	700 mm con una longitud aproximada de 280 m
✓	DN	800 mm con una longitud aproximada de 3.160 m
✓	DN	1.000 mm con una longitud aproximada de 640 m
✓	DN	1.100 mm con una longitud aproximada de 70 m

Antes de preparar la oferta para la prestación del servicio de rehabilitación de las tuberías de alcantarillado sanitario, los interesados podrán realizar una visita previa al lugar donde se realizarán los trabajos. Los emisarios se encuentran actualmente en funcionamiento y están ubicados en distintos lugares de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra Bolivia. (**Ver Plano**).

ALCANCE DEL TRABAJO

1. Instalación de Faenas, Movilización de Personal y Equipos

La empresa deberá contar con un predio adecuado y suficiente para contener todos los equipos, herramientas y materiales, así como las instalaciones sanitarias y oficinas, que permitan la adecuada logística que requieren las obras.

Por movilización de personal y equipos, se entiende la movilización del personal del Contratista, el traslado de sus equipos, materiales y herramientas especiales necesarias para realizar el trabajo requerido, así como también la internación temporal o definitiva de los mismos y la desmovilización correspondiente.

1.1 **Movilización del Personal**

El Proponente deberá considerar en los costos de mano de obra de su oferta, el traslado y permanencia del personal especializado para la organización, dirección y ejecución de los trabajos.

Adicionalmente, el Proponente podrá de acuerdo a su necesidad, contratar personal administrativo o no calificado en forma local.

1.2 Movilización de Equipos

El Proponente deberá incluir en su oferta los costos que demanden el traslado y la desmovilización de los equipos y maquinarias que le permitan realizar todas las actividades hasta la finalización de los trabajos de rehabilitación. Los trámites y costos de internación temporal de estos equipos y maquinarias, correrán por cuenta de SAGUAPAC. Cabe aclarar, que el Incoterms a utilizar para el traslado de los equipos desde el país de origen hasta nuestro país, será “CIP Aduanas de Santa Cruz de la Sierra – Bolivia.

1.3 Herramientas Especiales

De la misma manera que para los equipos y maquinarias, el proponente deberá considerar el traslado y desmovilización de sus herramientas especiales, que les permitan realizar adecuadamente el trabajo de rehabilitación. Los trámites y costos de internación temporal de estas herramientas, correrán por cuenta de SAGUAPAC. Cabe aclarar, que el Incoterms a utilizar para el traslado de las herramientas especiales desde el país de origen hasta nuestro país, será “CIP Aduanas de Santa Cruz de la Sierra – Bolivia.

2. Provisión e Instalación del revestimiento (Tecnología CIPP)

La rehabilitación consistirá en la colocación de un revestimiento interno a la tubería existente, consistente en la **inserción de una manga de fibra de vidrio reforzado, impregnada en fábrica con resina de poliéster y curada en el sitio con luces UV** (Ultra Violeta), (siguiendo todos los procedimientos y protocolos que garanticen su correcta puesta en obra), con el objeto de restablecer su resistencia estructural y a la corrosión biogénica, con una expectativa de vida útil mayor a cincuenta (50) años.

En este sentido, **se deberá tomar en cuenta el Instructivo DWA-M144-3 (2012) o su versión actualizada de la Asociación Alemana de Gestión de aguas y Residuos (DWA) en todos los aspectos técnicos como ser requisitos de materiales, dimensionamiento, aplicación, etc.**

2.1 Materiales

El Proponente deberá incluir en su oferta los costos que demanden el traslado de todos los materiales que utilizará en el revestimiento de la tubería. Los trámites y costos de internación y desaduanización de estos materiales, correrán por cuenta de SAGUAPAC. El Incoterms a utilizar para el traslado del material desde el país de origen hasta nuestro país, será “CIP Aduanas de Santa Cruz de la Sierra – Bolivia.

El Proponente deberá presentar certificación de la calidad de los materiales que conformarán el revestimiento, los que deben ser de **calidad internacional reconocida**, así como las normas utilizadas para la fabricación y certificaciones de laboratorio o cálculos que garanticen la resistencia estructural, a la abrasión y a la corrosión causada por los gases que se forman en la red de alcantarillado sanitario, indicando la expectativa de vida útil que dicho material otorgará al emisario de Hormigón Armado rehabilitado (Se espera más de 50 años), además de la Ficha Técnica de dicho material. **(Ver numeral 14.8 de las Especificaciones Administrativas – Anexo 7).**

El fabricante del revestimiento deberá tener una experiencia mínima de diez (10) años.

2.2 Ejecución del Trabajo

Como este es el componente principal de la propuesta, el Proponente deberá presentar su Metodología de Trabajo, la cual será lo más detallada posible, deberá ir describiendo secuencialmente las actividades que serán realizadas, incluyendo los equipos a emplear, los materiales, el personal y de igual manera los tiempos que serán requeridos para la ejecución de las diferentes actividades descritas en su Metodología, para lograr la rehabilitación de todos los tramos indicados en el contrato. **(Ver numeral 14.5 de las Especificaciones Administrativas).**

Será responsabilidad de SAGUAPAC, el desvío de las aguas o by-pass durante la aplicación de la manga, (No así en trabajos preliminares de inspección o limpieza previa).

Los permisos y autorizaciones de las entidades correspondientes, como ser Municipio, Gobernación y Dirección de Tránsito, para el normal desarrollo de los trabajos, de igual manera la provisión de la señalización en obra requerida por estas entidades básica, que deberá ser responsabilidad del Contratista que ejecutará la obra, SAGUAPAC podrá a su criterio cooperar en las tareas anteriores.

Será responsabilidad del Proponente, sin limitar las siguientes actividades:

a. Verificación en el sitio las medidas (diámetro y longitud) de cada tramo a rehabilitar para el correspondiente pedido del material del revestimiento. Para realizar estas actividades deberá prever la aplicación de tapones neumáticos u otras acciones que fueran necesarias. SAGUAPAC en conjunto con el Contratista ubicará las cámaras y sus tapas para que este pueda realizar esta actividad, u otras preliminares, que se consideren convenientes.

b. Limpieza y retiro de sedimentos de cada tramo de tubería a rehabilitar, según las exigencias técnicas requeridas por el fabricante del revestimiento propuesto.

En este punto el Proponente deberá detallar en su propuesta el método a emplear, como así también el equipo y personal que ejecutará el trabajo.

El grado de intensidad y efectividad de la limpieza debe asegurar las condiciones técnicas para la correcta aplicación del revestimiento. En el caso que se deba retirar la tapa de H° A° (previa aprobación de la supervisión) para realizar el retiro de sedimentos, SAGUAPAC se hará cargo de esta actividad, como así también de su restitución.

c. Video inspección de verificación de las condiciones en que se encuentra la tubería previa a la inserción de la manga de revestimiento.

d. Inserción del revestimiento.

e. Curado del revestimiento mediante luces UV.

f. Video inspección de verificación del estado final del revestimiento.

g. Reparación de defectos si los hubiere y video inspección final.

El Contratista en coordinación con la Supervisión de SAGUAPAC, deberá ejecutar los trabajos en los horarios que impacten lo menos posible el libre tránsito vehicular y las actividades de la ciudad.

El revestimiento deberá quedar adherido a la superficie del tubo, evitando los desprendimientos o las imperfecciones del mismo.

En los extremos de cada tramo, es decir en las cámaras de inspección, el Contratista realizará un sellado para evitar la infiltración del agua residual entre el tubo y el revestimiento.

El **valor de espesor mínimo de la manga**, deberá garantizar la resistencia estructural de la tubería a ser rehabilitada, este valor calculado por el proponente sobre la base de lo recomendado por el fabricante del revestimiento y/o recomendado por alguna norma internacional en la que se circunscriba el producto propuesto, estos valores deben ser expresado claramente en su propuesta para cada diámetro.

En caso que, excepcionalmente en algún tramo se requiera aplicar un espesor mayor de la manga, al de referencia, se deberá someter a la aprobación expresa de SAGUAPAC esta situación y de ser aprobada, se tomará como base de cálculo para el pago, el costo unitario por milímetro (mm) de espesor que resulte de dividir el costo de la propuesta (\$us/m) entre el espesor promedio de revestimiento correspondiente a cada diámetro (mm), indicado por el proponente.

Se deberá tomar en cuenta que las tuberías se encuentran en un terreno de tipo areno-limoso con una altura de relleno sobre la clave de la tubería que varía entre 2.50 y 5.50 metros, con presencia en algunos casos de aguas freáticas (Generalmente en profundidades mayores a los 3.00 m).

El Contratista será responsable por cualquier daño que pueda ocasionar a la infraestructura, así como a bienes muebles o inmuebles, que resulten de malas maniobras, descuido o negligencia en la operación de sus equipos, debiendo reponer o reparar por cuenta propia los bienes dañados, a satisfacción de SAGUAPAC.

SAGUAPAC designará un Supervisor para el seguimiento de las actividades, así como del control de los materiales, la verificación del estado de los equipos y herramientas, además de la verificación y eventual corrección de los resultados de la rehabilitación, incluyendo, además, la coordinación de todos los trabajos que se efectuarán.

Para la Recepción de los diferentes tramos, una vez concluidos los trabajos de rehabilitación de éstos, el Supervisor realizará un control del estado en que el Contratista entrega cada tramo, lo cual será registrado en el Libro de Órdenes, para luego de la aprobación y recepción se proceda al informe que autoriza el pago correspondiente.

En ningún caso el proponente podrá aducir el desconocimiento de los lugares de intervención (Tráfico vehicular, tipos de pavimento, clima de la ciudad, etc.), por lo que se recomienda una visita previa a la presentación de propuestas, de los lugares a ser intervenidos.

2.3 Medición y Forma de Pago

La medición de los trabajos de rehabilitación de las tuberías, será realizada según la cantidad de metros rehabilitados (medidos entre ejes de cámaras), aceptado por el Supervisor de SAGUAPAC.

El pago será realizado aplicando el precio unitario indicado en su propuesta (***Ver numeral 37 de las Especificaciones Administrativas***).



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.



LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA



PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA



RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL



INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA



IMPERMEABILIZACIONES



RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL

MEMORIA TÉCNICA.



 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S. A.

Índice

1. Descripción general de los trabajos.....	3
2. Tareas a realizar.....	3
2.1. Limpieza y Diagnóstico	4
2.1.1. Limpieza de cañerías.	4
2.1.1.1. Bypass con bombas sumergibles, motobombas y cañerías de PVC.....	4
2.1.1.2. Limpieza de las cañerías con equipos desobstructores hidrocinéticos.	8
2.1.2. Inspección de cañerías	17
2.2. Rehabilitación estructural CIPP	22



 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



REHABILITACIÓN HIDRÁULICA Y ESTRUCTURAL DE MANGA CURADA (CIPP) CON LUZ UV.

Memoria descriptiva de los trabajos

1. Descripción general de los trabajos

El motivo de la contratación es la rehabilitación de colectores y colectoras cloacales en diámetros variables en áreas urbanas.

2. Tareas a realizar

Las tareas que se deberán ejecutar para este tipo de rehabilitación, se engloban en las siguientes fases o etapas:

- ✓ Limpieza y Diagnóstico (Rehabilitación Hidráulica).
- ✓ By pass de los tramos a intervenir.
- ✓ Rehabilitación de colectores con Sistema de Manga CIPP



 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

2.1. Limpieza y Diagnóstico

Esta etapa comprende primeramente la realización de un levantamiento topográfico del colector a rehabilitar y sus acometidas correspondientes a otros colectores y colectoras.

Posteriormente al levantamiento topográfico, se realizarán la limpieza e inspección de los tramos de colectores. La limpieza se realizará con camiones desobstructores en tramos de cañería de hasta 150m, empleando compuertas, paredes y vejigas y realizando by pass en los elementos donde el caudal lo exija. Igualmente, cuando se encuentren sedimentos imposibles de retirar con agua a presión debido a su dureza y adherencia a las paredes de las cañerías, se realizará una limpieza manual. La realización de la limpieza permitirá la posterior inspección de las cañerías con cámaras montadas sobre robots. Con las imágenes obtenidas se realizarán los informes de estado del colector, y determinar su estado para la posterior rehabilitación, y las intervenciones a realizar en caso de ser necesario previo a la introducción de la manga, como por ejemplo aperturas puntuales o depresión de napas.

2.1.1. Limpieza de cañerías.

Para realizar la limpieza de una tubería se ejecutarán las tareas que a continuación describiremos en forma detallada.

2.1.1.1. Bypass con bombas sumergibles, motobombas y cañerías de PVC.

Antes de comenzar con las tareas de limpieza y CCTV, para no interrumpir el servicio, se deberá ejecutar un bypass de la cañería a intervenir en el caso que sea necesario.

Para materializarlo, se emplearán motobombas y/o electrobombas sumergibles cloaquetas, las cuales bombearán las aguas residuales a través mangas flexibles y/o tuberías de PVC, clase 6 con junta elástica.



 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL

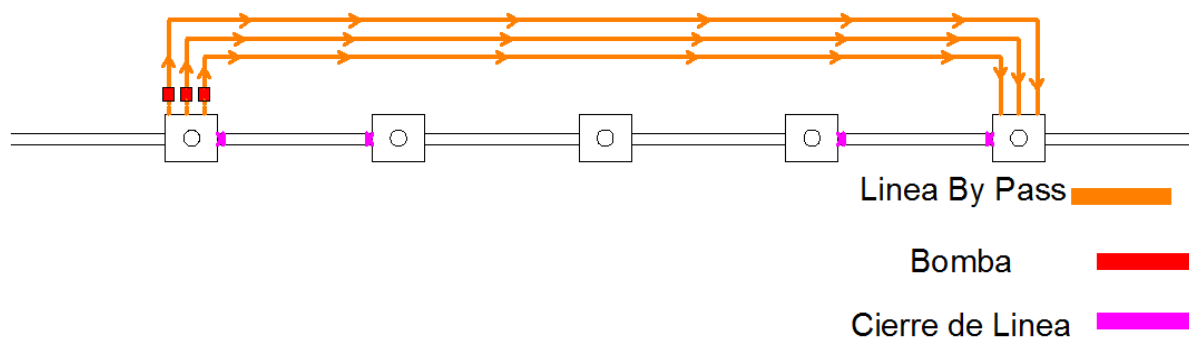


RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

Estas bombas se introducirían en las cámaras de Bocas de Registro que se encuentren aguas arriba del tramo de cañería en donde se ejecutan las tareas.

Las mangas o tuberías de PVC que se encuentra conectada a la bomba o motobombas, se desarrollará sobre la calzada hasta la cámara de Boca de Registro que se encuentre aguas abajo del tramo a reparar. En esta instalación se prestará especial atención para que no se produzcan pérdidas del agua residual sobre la calzada y/o las veredas, es por ello que se emplearán cañerías con junta elástica y/o mangas flexibles, debidamente instaladas.

Los diámetros de las mangas o tuberías de PVC y las bombas o motobombas se dimensionarán en función del caudal, de la longitud del bypass y las profundidades de las cámaras en donde se colocarán las bombas o motobombas, oscilando entre los 100mm y los 250mm de diámetros, pudiendo en algún caso instalar más de una línea por tramo a rehabilitar.



 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S. A.

Imágenes de disposición de motobombas en cámaras



Imágenes de líneas de by pass sobre calzada, con tuberías de PVC y mangas flexibles



● LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

● INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

● PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

● IMPERMEABILIZACIONES

● RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

● RELINING DE CAÑERÍAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

Para mantener seco el tramo de cañería en donde se ejecutarán las tareas de limpieza inspección o rehabilitación estructural, en las cámaras de bocas de registro se instalarán tapones expansivos para obturar las cañerías, los cuales se accionan mediante el empleo de compresores a una presión de 1,5 bares aproximadamente, con control de la misma en forma permanente de un manómetro. Para los colectores de grandes diámetros, en las cámaras de inspección, se podrán construir paredes de ladrillo y cemento con un hueco en la misma, donde se instalará un tapón expansivo, el cual se podrá retirar con facilidad para luego descargar la presión del conducto. Esta pared deberá ser lo suficientemente resistente para soportar los esfuerzos y presiones generados por el agua.

Imagen de proceso constructivo de pared



Esquema de pared de ladrillos

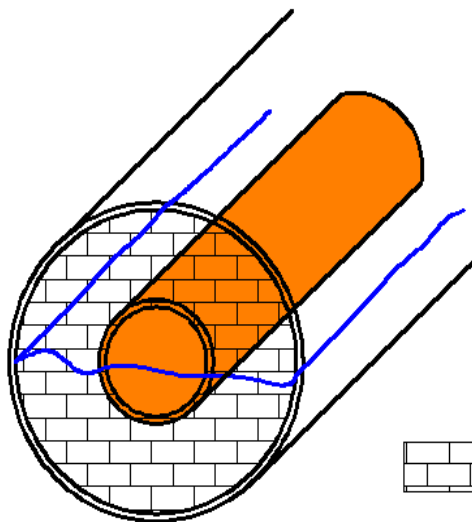


Imagen de pared construida en cámara



Se dispondrá en obra de distintos tapones expansivos, los cuales varían según el diámetro de cañería a obturar, con la precaución de tener siempre por lo menos uno de reserva con respecto al que se encuentra instalado.



● LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

● INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

● PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

● IMPERMEABILIZACIONES

● RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

● RELINING DE CAÑERÍAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

Instalación de tapón expansivo / Diferentes tamaños de tapones expansivos para obturar distintos diámetros de tuberías



Para garantizar el bypass se tendrán generadores, electrobombas y/o motobombas de reserva de similares características a las que se encuentren en uso, para emplearse en caso de ser necesario.

2.1.1.2. Limpieza de las cañerías con equipos desobstructores hidrocinéticos.

1. Tecnología aplicada para la extracción de los sedimentos del interior de las cañerías.

Para ello se empleará camiones del tipo desobstructores, los cuales se posicionarán sobre las cámaras de inspección pertenecientes al alcantarillado sanitario. Antes que el equipo desobstructor se ubique frente a los accesos, se procederá a delimitar y alertar el área de trabajo. Para ello se emplearán conos refractarios que delimitarán es área y el perímetro del camión desobstructor. En los casos en que se deban intervenir avenidas o calzadas muy transitadas, se colocarán carteles de reducción de cazada a 50 mts, 100 mts y 200 mts, con el correspondiente balizamiento.

 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

Una vez posicionado el equipo, se procederá a la apertura de las rejillas y/o tapas de inspección con las herramientas adecuadas, para evitar daños a las mismas y al personal que se encuentra realizando esta tarea.

Inicialmente se limpiarán con la manguera de lavado con agua a presión las tapas de inspección liberándolas de grasa u otro material sedimentado. Con esta misma agua a presión se lavan las paredes de la cámara de inspección, según el caso, al mismo tiempo que con el manguerote de succión accionado por la bomba de vacío se aspira esta agua y demás materiales y sedimentos que pudiesen presentarse en la cámara de BR.

Paso siguiente se procede a la limpieza del conducto, proceso que se realiza con una herramienta hidrodinámica denominada “tobera” de tamaño, diseño y forma adecuada dependiendo del diámetro, tipo, y estado estructural de la cañería a limpiar, y del tipo y cantidad de material existente en el interior de la misma.

La tobera es accionada por agua a presión conducida por la manguera de desobstrucción que es generada por una bomba de agua de alta presión. Esta tobera, distribuye el agua a presión a través de unas boquillas o picos que arrastran los sedimentos y materiales del interior del conducto hasta la cámara de BR en donde se encuentra aspirando el “manguerote” de succión. Para una correcta limpieza, se realizarán las pasadas de toberas que sean necesarias para que no quede material en el interior del conducto.

El agua sucia y los sedimentos recogidos son absorbidos por la aspiración generada por la bomba de vacío, llevándolos hacia el tanque de desperdicios del camión desobstructor donde se decantan los líquidos y los sedimentos quedan acumulados de forma independiente.

A continuación, se adjunta un esquema e imágenes en donde se puede visualizar lo enunciado en párrafos anteriores.



● LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

● INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

● PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

● IMPERMEABILIZACIONES

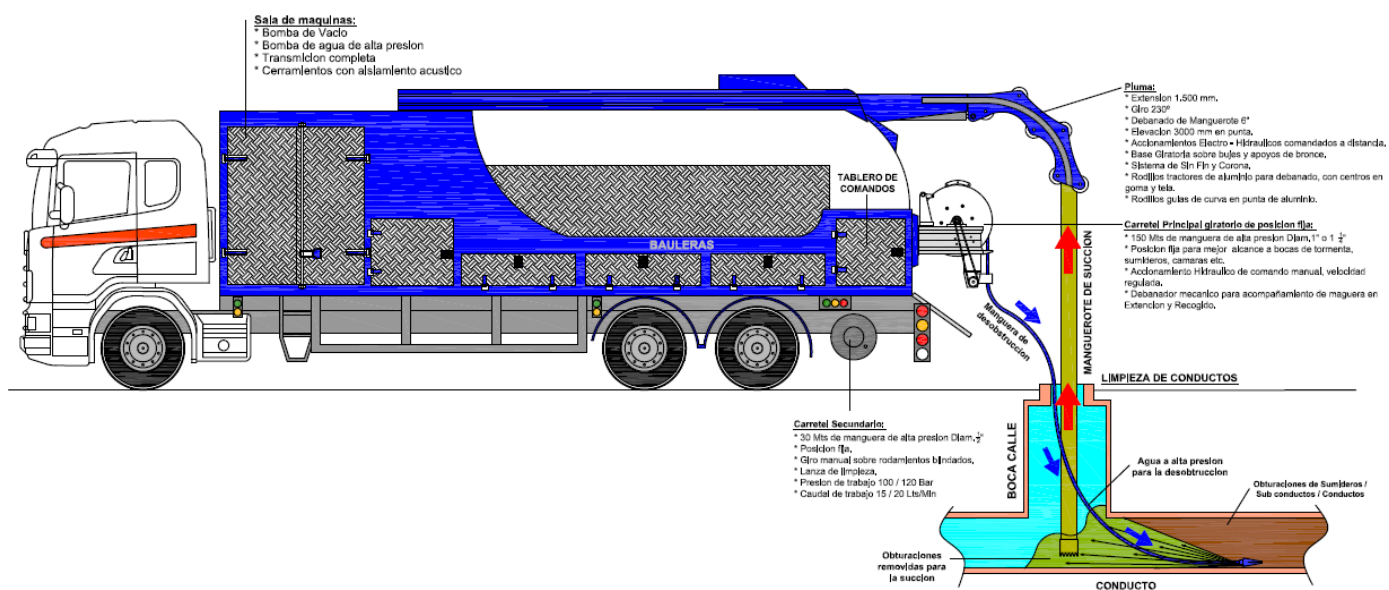
● RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

● RELINING DE CAÑERÍAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

EQUIPO DESOBSTRUCTOR (Conductos)



TÜVRheinland®
CERT
BS OHSAS
18001

 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

Este equipo desobstructor presentará las siguientes características:

Tanque combinado: Capacidad total 14.000 lts. Dividido en Tanque para Agua limpia (6000 lts.) y Tanque de Desperdicios (8000 lts.).

Bomba de vacío: Equipado con bomba de vacío de Caudal mínimo 4.400 m³/Hora con “manguerote” de succión de 6” de diámetro y tramos de alargue necesarios para el trabajo en cuestión.

Bomba de alta presión: Equipado con bomba de alta presión con las siguientes características:

- a) Desobstrucción por hidrojet con 150 mts de manguera como mínimo de 1” (Pulgada) de diámetro a 200 bares de presión como mínimo y un caudal de 450 lts/min.
- b) Hidrolavado de limpieza exterior con al menos 30 mts de manguera de ½” de diámetro a 120 Bar de presión.

2. Metodología de intervención.

Cada trabajo es cuidadosamente preparado y estudiado preventivamente mediante el examen de las cartografías otorgadas y relevamientos realizados, a las cuales se adjunta siempre una o más verificaciones sobre algunos de los puntos más significativos de la red que deberá ser limpiada. Seguidamente, se redacta un plano de intervención operativo que prevé el avance de los trabajos, esquemas para los by-pass, interrupciones eventuales del tráfico mediante cierre parcial o total de la circulación en la calle. Tal plano prevé normalmente que se tome en consideración un tramo de la red, generalmente de cámara a cámara, de un trayecto entre los 100/150 metros lineales. A



 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

la abertura de las tapas, previa oportuna colocación de las señales de la calle, se hace seguidamente la verificación visual del estado de mantenimiento y conservación de la cámara, aislado así el trayecto, se procede con las operaciones de limpieza, descendiendo si es posible desde aguas arriba hacia aguas abajo, a favor de la corriente.

3. Herramientas de trabajo.

Para cada tipo de suciedad presente en el interior de cada conducto existe una herramienta adaptada para su remoción. SAGUAPAC, por motivos explicados anteriormente, deberá disponer en tiempos reducidos la mejor herramienta para cualquier aplicación. Fundamentalmente se dividen en dos categorías: hidrodinámicos e hidromecánicos y poseen como común denominador el aprovechamiento de la energía otorgada por la bomba de alta presión de agua.

3.1 Herramientas hidrodinámicas.

La herramienta hidrodinámica (tobera), independientemente del tipo y la dimensión, aprovecha tal fuerza mediante el posicionamiento de oportunos cabezales (picos) de adecuado diámetro, normalmente de algunos milímetros, que permiten desenvolver simultáneamente las dos importantes fases de trabajo las cuales son: el avance en el conducto y la limpieza del mismo. En principio se aprovecha la fase de empuje para poder lanzar lo más lejos posible la tobera, procediendo después a la recuperación de la misma con movimientos en retroceso del carretel que presenta el camión desobstructor, estableciendo la medida sobre la base de la cantidad de suciedad a extraer. El posicionamiento, el ángulo de inclinación respecto al eje y las dimensiones de los cabezales, están establecidos sobre la base de una serie de parámetros tales como el largo del trayecto a limpiar, las secciones y las dimensiones del conducto, la naturaleza y la cantidad de material a eliminar. En definitiva, es posible



 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

reasumir que las herramientas pertenecientes a esta categoría, son empleados para lograr la eliminación del barro de los conductos, a fin de poder efectuar en un segundo tiempo las necesarias operaciones de verificación a través de una inspección televisiva comandado desde el exterior.

3.1 Herramientas hidromecánicas.

Las herramientas hidromecánicas prevén que la fuerza determinada por la bomba de alta presión permita el funcionamiento de partes móviles que trabajarán directamente en las incrustaciones, determinando así una limpieza mecánica. Evidentemente, tal técnica se emplea solamente en los casos en los cuales se encuentren depósitos de materiales concretizados tales como cemento, calcáreos, soluciones químicas o penetración al interior de los conductos de raíces de árboles. Se debe efectuar una clara distinción entre las herramientas de tipo sencillos, entendiendo con tal término calificar el aprovechamiento de la energía cinética para determinar la expansión de algunas masas (generalmente cadenas) a rotación libre, de aquellas de tipo complejas, en las cuales la energía, a través de una serie de dispositivos mecánicos, impone en la cabeza de la herramienta una combinación entre el movimiento de rotación mecánica y el movimiento de percusión. Tal acción está luego concretada por placas dotadas de dientes en material constituido por una aleación de "carburo de tungsteno" con la adjunción de cobalto o níquel, obtenido por sintetización, dispuestos en forma helicoidal respecto al eje de rotación. Una parte del agua enviada a la herramienta se aprovecha también para el avance del aparato en el conducto y garantizar una constante y calibrado apoyo del cabezal al depósito a fresar. Todos los aparatos hidromecánicos son de diámetro variable y pueden cubrir todas las medidas comprendidas entre los 100 y 1.000 milímetros. Para diámetros superiores, si las condiciones lo permiten, es conveniente el ingreso y retiro con herramientas manuales.

4. Disposición de las maquinarias y del personal.



 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

Compatiblemente con la disponibilidad de espacio, la disposición standard de los equipos encargados a efectuar la limpieza es la siguiente:

El equipo desobstructor se posiciona con el carretel que contiene la herramienta de trabajo y el aspirador sobre la boca de registro que se encuentra aguas abajo del trayecto a limpiar;

Delante de este equipo, se posicionará un camión cisterna que abastecerá de agua al equipo desobstructor.

El by-pass debe ser predispuesto en modo de no molestar las operaciones de los camiones encargados o reducir su espacio de maniobras.

El personal se dispondrá según el siguiente esquema:

- Un operador controlará la bomba de alta presión encargándose de determinar la potencia necesaria, la velocidad de avance en el conducto, la recuperación del material, el número de las pasadas necesarias para la limpieza del caño;

- Un operador del aspirador encargado de mantener siempre vacía la cámara, favoreciendo así las operaciones de limpieza;

- Un operador encargado de los abastecimientos (del camión cisterna), para mantener siempre en condiciones óptimas el tanque de alimentación de la bomba a explosión de agua, sin causar la interrupción del trabajo por falta de agua, y viceversa para la cisterna aspiradora;

5. Eliminación del barro.

Dispuesto los equipos y el personal, se da el inicio de la operación de limpieza mediante la introducción de la herramienta (tobera) establecido en el conducto,



 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

después que haya sido instalado en la cámara una serie de rodillos para facilitar el correr de la manguera y evitar en el mismo tiempo el roce de la misma contra las paredes de la cámara, dañándola. El fin de esta fase de intervención es la extirpación completa de todo el material sedimentado presente en el interior de los caños, mediante la utilización de la herramienta específicos balanceados de tal modo de evitar la volcadura, que concentra toda la presión por abajo, favoreciendo la expulsión de los desechos hacia la cámara donde se encuentra el aspirador. En caso que el material sea en cantidad abundante, deberá ser afrontado un trayecto no superior a diez metros por vez, avanzando en modo gradual evitando así que el material supere accidentalmente la herramienta, comprometiendo la eficacia de la limpieza.

Terminada esta fase es normalmente seguida una inspección CCTV, con el fin de determinar antes que nada la eficacia de la intervención, o si es necesario realizar otro tipo de tarea por la presencia de eventuales impedimentos y/o anomalías que podrían comprometer el flujo del fluido.

6. Limpieza de las cámaras de inspección.

La limpieza de las mismas será realizada mediante la utilización de los mismos equipos que realizarán la limpieza de las cañerías, por lo cual el concepto es siempre la presión generada por el equipo con la utilización de una manguera a alta presión la cual removerá y eliminará todo tipo de material solidificados tanto en las paredes como en el piso de dichas cámaras y la aspiración de dichos materiales los cuales serán descargados en un lugar de descarga idóneo.



● LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

● INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

● PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

● IMPERMEABILIZACIONES

● RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

● RELINING DE CAÑERÍAS
INDUSTRIAL

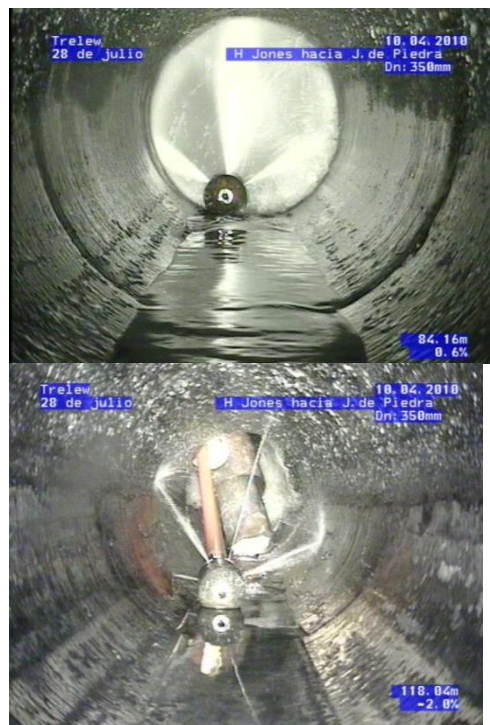


RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

Imagen del proceso de limpieza con agua a presión



Imágenes de la "tobera" trabajando en el interior de una cañería



Imágenes del proceso de aspiración de barro y limpieza en cámara de BR.



 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERÍAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

2.1.2. Inspección de cañerías

1. Tecnología aplicada para la inspección del interior de las cañerías.

La inspección televisiva del interior de los conductos permite visualizar el estado de los mismos con total exactitud. Como resultado de esta inspección, se realiza el informe correspondiente, detallando en medios digitales (CD) y gráficos, todas las anomalías encontradas, cada una con su posición exacta y su fotografía, como así también, se visualizarán las mismas en la filmación correspondiente (DVD).

Mediante la inspección televisiva computarizada es posible efectuar una investigación preliminar, para verificar el estado de las cañerías dañadas, sin la necesidad de romper el suelo para el ingreso o para obtener una muestra del caño, individualizando con absoluta precisión las condiciones generales de la tubería, las zonas dañadas, evaluar sus causas, visualizar las distintas conexiones y toda la información necesaria para programar y definir el trabajo de reparación. Las imágenes son de gran calidad.

Estas imágenes son registradas por una telecámara hiloguiada, conectada al interior de una unidad móvil computarizada completamente autónoma. Se instala en el interior de una cañería, cualquiera sea su forma o dimensión. Se realiza un estudio detallado de la cañería, catalogando los siguientes datos:

- relevamiento dimensional;
- pendiente;
- estado de conservación:

Elementos de servicio que sobresalen

Tubos colapsados



 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

Roturas

Filtraciones

Fisuras y grietas

Reducciones en el área trasversal de la cañería

Circunstancias que impidan la correcta instalación de nuevas cañerías;

- ubicación y estado de las uniones;
- fotografías.

Los datos recabados de la inspección, debidamente visualizados sobre documentación audiovisual y cartográfica, permiten la formación de un banco de datos idóneo a la gestión global del trabajo.

El tramo a inspeccionar puede ser esquematizado con funciones programables. Algunas de ellas son: longitud, pendiente, indicador de giro, sobreimpresión de fecha y hora, etc. Cada una de estas funciones permite reportar en vídeo la información requerida y además editarla cartográficamente.

La totalidad del sistema tiene también la posibilidad de memorizar los datos (gráficos, fotografías digitales, etc.) en un medio magnético ó en CD, que podrá ser cómodamente verificado en las oficinas de la empresa con una computadora.

Los datos del reporte de la inspección son integrados en un informe detallando en escala de reproducción precisa del canal o cañería inspeccionada, con sus respectivas anomalías y fotografías.

Los datos relativos a cada ciclo de inspección son fácilmente archivables en CD o impresos en formularios. Se obtiene una filmación de la inspección en un video CD o DVD.



● LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

● INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

● PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

● IMPERMEABILIZACIONES

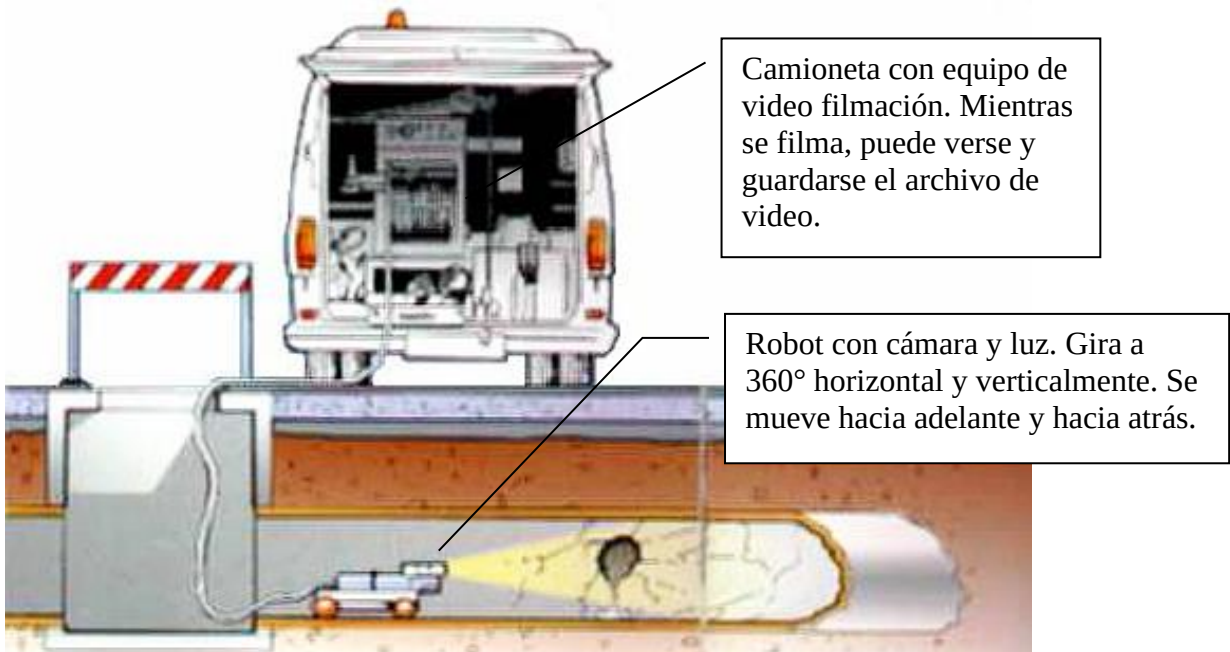
● RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

● RELINING DE CAÑERÍAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

A continuación, se muestra un esquema de proceso de filmación y unas imágenes del mismo:



 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

2. Metodología para la intervención

A partir de la inspección CCTV realizada, se conocerá con precisión el estado en que se encuentra la red de alcantarillado sanitario, desde el punto de vista hidráulico y estructural, con lo cual la fiscalización podrá determinar si es necesario o no la rehabilitación de cada tramo inspeccionado.

El equipo a utilizar para la realización de las video filmaciones será una cámara autopropulsada con carro de arrastre. La cámara está montada sobre un carro sobre ruedas todo terreno, que se maneja con un joystick, con comandos de avance, retroceso, rotación a 360°, zoom e iluminación. El equipo está montado en una camioneta tipo furgón o container y este sobre un camión plataforma y presentará un alcance de 200 metros.

Antes que el equipo de inspección se posicione frente a las cámaras de inspección, se procederá a delimitar y alertar el área de trabajo. Para ello se emplearán conos refractarios que delimitarán el área de trabajo y el perímetro del equipo de inspección. En los casos en que se deban intervenir avenidas o calzadas muy transitadas, se colocarán carteles de reducción de velocidad a 50 mts, 100 mts y 200 mts.

Una vez posicionado el equipo, se procederá a la apertura de las tapas de inspección con las herramientas adecuadas, para evitar daños a las mismas y al personal que se encuentra realizando esta tarea.

Inicialmente se procederá a introducir el robot autopropulsado al interior de la cámara para obtener una información general del estado en que se encuentran sus paredes y piso. Luego se lo introduce en el interior del conducto para inspeccionarlo en toda su longitud, a partir del avance del robot comandado, desde la unidad montada en el exterior.



 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

Dependiendo fundamentalmente del diámetro de nexo o conducto a inspeccionar se optará por introducir robots de distintos tamaños y diferentes modalidades de iluminación.

Terminada la inspección del conducto, se retira el robot del interior del mismo y se cierran las tapas de inspección, verificándose que las mismas no hayan sufrido daños y se encuentren en correcta posición y seguras, para evitar que terceros puedan sufrir daños.

Finalmente se retiran los conos refractarios y demás elementos de seguridad dispuestos para delimitar y anunciar el área de trabajo.

Imagen del proceso de filmación



 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

2.2. Rehabilitación estructural CIPP

El saneamiento conservativo de conductos es una técnica específica de reparación de cañerías sin excavaciones.

El método consiste en poner en el interior del conducto a revestir una manga previamente impregnada con resinas (epoxídica, poliéster, etc.) y que posea las mismas dimensiones del conducto.

Luego de la instalación, a partir del curado de la resina se produce la catalización y endurecimiento de la misma quedando conformada una tubería nueva es el interior de la existente.

El diseño y dimensionado de la manga se realiza en función de cada tramo a rehabilitar y de las condiciones externas a que se encuentra sometida la tubería existente.

RECONSTRUCCIÓN CAÑOS S.A. presenta una amplia experiencia en este tipo de rehabilitación tanto en mangas con curado de resina a partir de la recirculación de agua caliente y el curado de resina con tren de luces UV.

Para el presente proyecto, se propone el **Sistema de manga cura “in situ” CIPP, curado de resinas con tren de luces UV.**



 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

Instalación de manga con curado UV.

El desarrollo de la manga se produce mediante la inserción por tiro de la manga previamente impregnada, que luego se abre insertando por dentro aire a presión de 0.5bar, para que copie la superficie de la tubería huésped.

De esta manera todas las superficies son reconstruidas independientemente de la forma y del material que las constituyen, también si están muy dañadas.

Terminada la inserción del revestimiento, la resina es polimerizada mediante la aplicación de un tren de luces UV en el interior de la vaina.

Al finalizar la polimerización, habremos realizado un nuevo conducto estructural de características mecánicas excepcionales y notable resistencia a los agentes químicos. La superficie interna realizada resultará muy lisa y por eso además de mejorar el flujo de los fluidos, impedirá la formación de sedimentos.

Las grandes características estructurales de esta manga permiten conseguir espesores mínimos, evitando de esta manera sensibles reducciones de las secciones de pasajes de los fluidos.



● LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

● INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

● PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

● IMPERMEABILIZACIONES

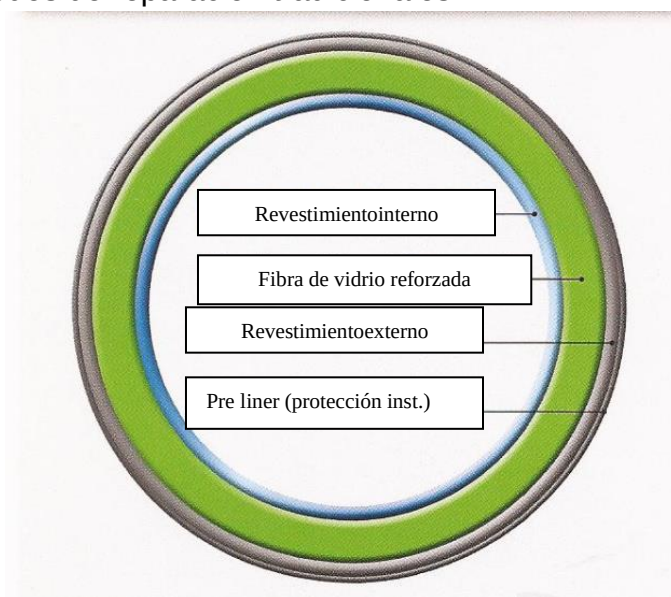
● RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

● RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

Una de las características principales del método de saneamiento no destructivo es la de permitir al revestimiento ser introducido en el conducto por las entradas existentes sin necesidad de interrumpir la circulación, de manera más simple y rápida que los otros métodos de reparación tradicionales.



Sección transversal de manga curada in situ con UV.

 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

Metodología de instalación.

Para que la colocación e instalación de la manga sea correcta y quede conformado un nuevo conducto con el espesor y las propiedades mencionadas en la presente memoria, se deben tener en cuenta fundamentalmente las siguientes consideraciones:

- Tareas previas: La tubería antigua debe ser limpiada justo antes de la inserción de la manga. Es importante que se eliminen todo tipo de depósitos, objetos u obstáculos del tramo que ha de ser rehabilitado.

Típicos ejemplos de obstrucciones:

- Conexiones que sobresalgan
- Raíces
- Cuerpos extraños
- Fragmentos
- Desplazamientos de manguitos
- Incrustaciones
- Depósitos (solidificados o sueltos)

La verificación de las condiciones de la cañería huésped se realizará mediante inspección con cámara CCTV, según se explicó en párrafos anteriores.

Antes de la inserción se debe evaluar el tramo completo de conducto a rehabilitar, para que no existan los aportes de agua, y de producirse, se deben tomar los recaudos necesarios que son la depresión de napa, el bypass de las aguas residuales, la inserción de una premanga de polietileno, el sellado mecánico, la reparación interna con cementos hidráulico de endurecimiento rápido, o inyección química desde el interior de la tubería.



 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECAICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERÍAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

• Transporte y almacenaje de manga: Las mangas deben ser manipuladas correctamente, es de suma importancia que se protejan de la luz solar, de la humedad y de posibles daños mecánicos.

Los registradores térmicos son un factor esencial para asegurar la calidad del producto. A cada caja se le añade un registrador térmico, una vez que la manga ha sido impregnada de resina, de esta forma es posible obtener un informe detallado de la temperatura ambiente a la cual el producto ha sido expuesto. Tras la instalación de la manga, el registrador debe ser identificado a cada tramo rehabilitado y guardado como antecedente de la rehabilitación.

• Inserción del pre liner: Inserción del pre liner: se insertará una manga de deslizamiento para proteger la instalación del CIPP, cuya inserción se hace por tiro, entre bocas de registro, y previo a la colocación de la manga.

La instalación de este pre liner es obligatoria, puesto que de no colocarse, la manga puede dañarse en su instalación, (cuando fricciona con las paredes de la cañería existente), y perder parte de la resina que se encuentra en estado líquido, y por lo tanto no se podrá garantizar el espesor de la manga para lo cual fue diseñada, una vez que catalice y endurezca la resina.



Además, por el estado de deterioro que presentan estos colectores de hormigón existente, es muy factible que la manga se dañe si no se instala este pre liner de protección para el deslizamiento.



● LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

● INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

● PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

● IMPERMEABILIZACIONES

● RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

● RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

• **Inserción de manga:** se inserta la manga impregnada también por tiro, por dentro del preliner. Luego se infla a una presión aproximada de 0.5bar hasta que copie la superficie y no queden arrugas en su superficie.

La inserción se realizará desde las cámaras de inspección existentes, en tramos a desarrollar entre cámaras o realizando pozos de ataque hasta longitudes de 200 m si los tramos a renovar fueran más largos. Cuando el diámetro sea tal que no se pueda insertar la cañería usando el hueco de la tapa de la cámara, se retirará la losa superior de ésta, la que luego de finalizados los trabajos será repuesta utilizando materiales de las mismas características de la construcción retirada.

En todo momento se estará filmando el proceso de la inserción de la cañería dentro del tubo huésped, posicionándola desde la cámara de llegada.

Una vez realizada la inserción se precede a la instalación del empacador en los extremos, previa colocación sin funcionar del tren de luces. Este empacador permitirá que se le aplique la presión de instalación durante el proceso de curado.

La presión de trabajo siempre debe ser 0.2 bares mayor que la presión del agua subterránea. Dado el caso, se ha de aumentar la presión de trabajo para que la diferencia sea de mínimo los 0.2 bares mencionados.



Sujeción de la manga al empacador

● LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECAICA

● INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

● PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

● IMPERMEABILIZACIONES

● RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

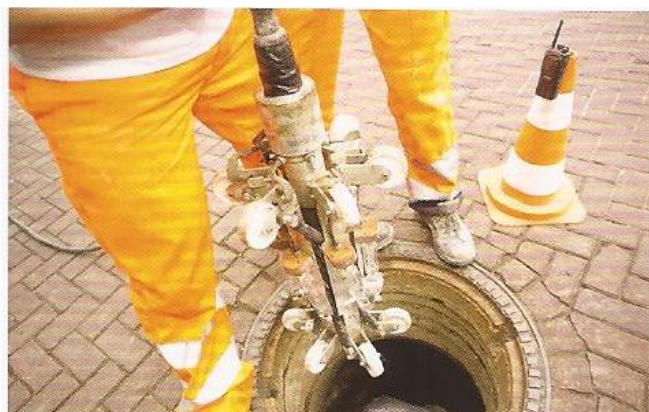
● RELINING DE CAÑERÍAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

• Curado de la manga: Una vez verificada la correcta inserción instalado el empacador y que la se halla alcanzado la presión de instalación recomendada por el fabricante de la manga, comenzará el curado, insertando un tren de luces UV dentro de la manga expandida con aire a presión. El tren de luces se desplaza a lo largo del tramo a una velocidad constante y controlada. asegurándose de que la alineación de la fuente lumínica esté centrada. Todo el proceso está supervisado y regulado desde un panel de control del equipo de UV.

Tren de luces UV.



● LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECHANICA

● INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

● PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

● IMPERMEABILIZACIONES

● RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

● RELINING DE CAÑERÍAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

Los sistemas de instalación que se emplearan en el presente proyecto estarán equipados con una unidad digital de registro de datos para que, durante todo el proceso, se puedan registrar en tiempo real los siguientes valores:

- Presión interior
- Función de cada lámpara individualmente
- Intervalos de encendido
- Velocidad de paso
- Temperatura en la superficie interior de la manga al desplazar la unidad lumínica
- Fecha y hora
- Metros



Camión con equipamiento para manga UV / Panel de control.



 LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECANICA

 INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

 PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

 IMPERMEABILIZACIONES

 RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

 RELINING DE CAÑERIAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.

• Acabado y reconexión: Una vez terminado el proceso de endurecimiento de la manga CIPP, se cortarán los extremos de la tubería utilizando sierra neumática.

Si hubiera conexiones de servicio, se desobstruirán empleando herramientas de corte robotizadas, e insertando capuchones para evitar la infiltración de agua desde el suelo circundante.

Se inspeccionará la nueva cañería por dentro, para verificar la inexistencia de arrugas, imperfecciones y oquedades, y se realizará el informe pertinente, el que se entregará a la fiscalización de obra.

Por último, se retirarán los obturadores y by pass, para rehabilitar el pasaje de caudal a través del tramo intervenido.



Cañería polimerizada y sellada en cámara de inspección



● LIMPIEZA HIDRODINAMICA
E HIDROMECAICA

● INSPECCIÓN TELEVISIVA
COMPUTARIZADA

● PRUEBAS DE CAPACIDAD
HIDRAULICA

● IMPERMEABILIZACIONES

● RECUPERACIÓN INFRAESTRUCTURA
PLUVIAL - CLOACAL - INDUSTRIAL

● RELINING DE CAÑERÍAS
INDUSTRIAL



RECONSTRUCCION CAÑOS S.A.



Camión con equipamiento para manga UV durante proceso de curado y rehabilitación.

