

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura



Proyecto de Grado
Carrera de Ingeniería Civil

RECUPERACIÓN PARQUE MOLINO SANTA CLARA

ESTUDIANTES

BELLUCCINI, Celia María (B-5968/4)
MARTINEZ NASIF, Tomás (M-6542/1)
RICO, Ignacio Daniel (R-4222/6)
ZARZUR, Yasmín María (Z-1135/5)

DIRECTORES:

ING. LÓPEZ, RUBÉN
ING. NAVARRO, RAÚL
ARQ. CERVERA, CRISTINA

ASESORES:

ING. CAUHAPE CASAUX, MARINA
ING. FORESTIERI, CLAUDIA
ING. LUQUE, ANALÍA
ING. PORTAPILA, MARGARITA

TITULAR DE CÁTEDRA: ING. LÓPEZ, RUBÉN

*Trabajo presentado en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura,
en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de*

Ingeniero Civil

FEBRERO 2024

AGRADECIMIENTOS

El proyecto que aquí presentamos constituye la culminación de un largo recorrido, en donde nos hemos formado tanto en lo profesional como personalmente. Han sido años de mucho esfuerzo, dedicación, logros y también tropiezos, pero hemos llegado al punto final convencidos de ser los profesionales que deseamos.

En primer lugar, queremos agradecer a la Facultad de Ingeniería, Ciencias Exactas y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario por permitirnos desarrollarnos académicamente, por brindarnos el lugar, la calidad docente y las herramientas necesarias para desenvolvemos en esta carrera que elegimos. Agradecemos especialmente a los docentes de la cátedra de Proyecto IV, por acompañarnos durante todo el cuatrimestre en la realización de este trabajo y por compartir con nosotros sus valiosos conocimientos.

Por otra parte, extendemos nuestro agradecimiento a la Municipalidad de San Nicolás de los Arroyos, en especial al Ing. Dario Gritti, por su amabilidad y colaboración desde el primer momento.

Por último, el mayor de los agradecimientos a nuestras familias, quienes han sido un soporte vital todos estos años, para que nosotros estemos hoy culminando una carrera universitaria. Igualmente, gracias a nuestros compañeros, y ahora también amigos, con quienes hemos compartido tanto, y hemos aprendido la importancia del trabajo en equipo. Cada palabra de aliento nos impulsó a no bajar los brazos, y sin ustedes no hubiésemos llegado hasta acá.

Muchas gracias a todos.

Tomás, Ignacio, Yasmin y Celia

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO	6
3. OBJETIVOS	9
4. INFORMACIÓN BASE Y ANTECEDENTES	10
4.1. Antecedentes	10
4.2. Información catastral	13
4.3. Datos hidrológicos	14
4.3.1. Estación de La Emilia	15
4.3.2. Inundación del año 2001	18
4.3.3. Estudio del Arroyo del Medio en el año 2004	19
4.4. Relevamiento	22
4.4.1. Análisis de información obtenida en el relevamiento	25
4.5. Estudio geotécnico	28
5. CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA	30
5.1. Estudio hidrológico	30
5.1.1. Determinación de caudales	30
5.1.2. Curva Caudal vs. Tirante a partir de la Ec. de Chezy- Manning	32
5.2. Condiciones limitantes aguas arriba	34
5.3. Diseño de la represa	35
5.4. Volumen de almacenamiento y área inundable	38
5.5. Laminación	39
5.6. Diseño estructural de la presa	43
5.6.1. Verificación al vuelco	46
5.6.2. Verificación al hundimiento	46
5.6.3. Verificación al deslizamiento	46
5.7. Estudio de filtración	47
5.8. Canal de derivación	50
5.7. Proceso constructivo	52
6. REHABILITACIÓN DE LA CENTRAL HIDRÁULICA	55
7. INTERVENCIÓN URBANÍSTICA	56
7.1. Sector de servicios	62
7.2. Mobiliario	65
7.2.1. Bancos y bicicleteiros	65
7.2.2. Pérgolas	66
7.2.3. Sombrillas	66
7.2.4. Artefactos de iluminación	66
7.3. Vegetación	68
8. PROYECTO VIAL	69
8.1. Acceso desde Barrio Las Mellizas	69

8.2.	Acceso al predio	71
8.3.	Predimensionamiento de puente para el acceso vehicular al predio	74
8.3.1.	Cargas de cálculo	75
8.3.2.	Carga permanente	75
8.3.3.	Sobrecarga móvil: aplanadora y multitud compacta	75
8.3.4.	Cálculos de resistencia: hipótesis de cálculo	77
8.3.5.	Cálculo de los elementos de puentes	78
8.3.6.	Generalidades sobre la disposición de armaduras	78
9.	ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL	80
9.1.	Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	80
9.1.1.	Objetivo N°1. Fin de la pobreza	81
9.1.2.	Objetivo N°11. Ciudades y comunidades sostenibles	81
9.1.3.	Objetivo N°12. Producción y consumo responsables	82
9.1.4.	Objetivo N°15. Vida de ecosistemas terrestres	83
9.2.	Emisiones de gases efecto invernadero	84
10.	CONCLUSIONES	86
11.	ANEXOS Y PLANOS	88
12.	BIBLIOGRAFÍA	89

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto se desarrolla linealmente sobre la margen bonaerense del Arroyo del Medio, en las cercanías de la ciudad de San Nicolás de los Arroyos, siendo este curso de agua el elemento que representa el límite natural entre las provincias de Santa Fe y Buenos Aires.

El canal de televisión “SN” destaca a la región del Parque molino Santa Clara por su naturaleza encantadora, y en uno de sus programas explica un poco del pasado de este lugar.

El molino era propiedad de un empresario harinero belga León Bossus que, como se dijo, estaba ubicado a la vera del Arroyo del Medio cercano a las vías del ferrocarril. Se cree que el mismo había sido adquirido a un anterior dueño, llamado Amelie, quien, por llamarse su esposa Clara, lo había denominado Santa Clara. Este es el motivo por el cual aún ese sitio se denomina de esta manera. Además, en el lugar se encuentran escombros pertenecientes al molino, el cual hoy en día no existe como tal.



Figura 1.1 - Historia del Molino Santa Clara.

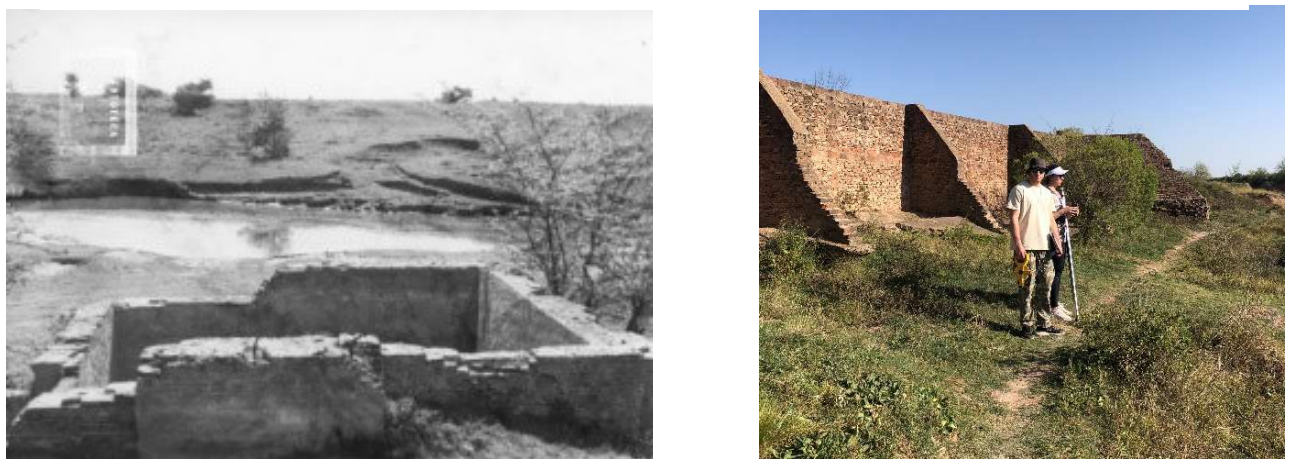


Figura 1.2 - Ruinas del antiguo Molino Santa Clara.

Este establecimiento estaba en uno de los caminos rurales de San Nicolás, y era vecino a un balneario denominado “Paso de áreas”. Luego, se cruzaba a campo traviesa hasta calle Echeverría, que por ese entonces se llamaba Junín, en el centro de la ciudad.

La edificación se encontraba sobre la orilla bonaerense del arroyo, y allí se estaban emplazadas las instalaciones del molino harinero de la familia Bossus. Se sabe muy poco del establecimiento como de su propietario. León Bossus formaba parte de la alta sociedad nicoleña, y se lo incluía con frecuencia en jurados culturales, festivos y eventos sociales. Formó parte de la comisión directiva del hospital San Felipe, de la comisión administrativa del teatro municipal y fue una de las grandes personalidades que estuvieron presentes en su acto de inauguración.

El molino de Santa Clara siguió su actividad después del cierre del mercado Las Barracas hasta 1926, fecha en la que una violenta inundación inhabilitó sus máquinas y dejó de funcionar definitivamente. Hoy en día es un lugar para visitar y pasear a la vera del arroyo, con magníficas visuales al agua y rodeado de naturaleza pura.

2. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO

El sitio de intervención se ubica en la localidad de San Nicolás de los Arroyos, una ciudad de alrededor de 165 mil habitantes situada al norte de la provincia de Buenos Aires, Argentina, y se constituye como la cabecera del partido San Nicolás. Su emplazamiento geográfico se caracteriza principalmente por su proximidad al río Paraná, a la autopista *Buenos Aires - Rosario* y a los arroyos del Medio y Ramallo, que le dan origen a su nombre. Por otra parte, la cruza el ferrocarril General Mitre, operado por la empresa Nuevo Central Argentino, en sentido norte-sur.



Figura 2.1 – Emplazamiento de la obra y su cercanía con Rosario.



Figura 2.2 – Emplazamiento del sector a intervenir, dentro de San Nicolás de los Arroyos.

Desde el punto de vista de su actividad económica, la ciudad se considera incluida dentro del corredor industrial Zárate-Rosario. En el sector primario predominan las actividades de agricultura, frutihorticultura y ganadería. Por otra parte, la localidad cuenta con importantes empresas destinadas a la metalúrgica y siderúrgica. A su vez, el turismo religioso también representa una actividad característica de la ciudad, ya que la misma cuenta con el Santuario María del Rosario, el cual es visitado por creyentes de todo el país.

Según informa el Municipio, hoy en día, la ciudad cuenta con un gran porcentaje de los servicios públicos cubiertos, es decir que gran parte de la ciudad goza de sus necesidades básicas satisfechas, como ser agua potable, desagües cloacales y pluviales, pavimento, iluminación, entre otros. Debido a esto, las gestiones municipales, bajo la dirección de la Secretaría de Obras Públicas e Infraestructura, han inclinado sus intereses en estas cuestiones en el desarrollo y ejecución de proyectos esencialmente recreativos, para el disfrute y bienestar de toda la comunidad.

Es en este contexto que el proyecto se enfoca en la recuperación del parque Molino Santa Clara, ubicado al noroeste de la ciudad. Tal como se observa en la Figura 2.2, uno de los accesos al predio se da por el barrio Las Mellizas, específicamente por calle Nobel. La zona de intervención se extiende sobre la margen bonaerense del Arroyo del Medio, desde el puente ferroviario y hasta las inmediaciones de La Olla. Este curso de agua nace en los bañados del Juncal y constituye el límite natural entre las provincias de Santa Fe y Buenos Aires, y desemboca en el Paraná entre las ciudades de San Nicolás y Villa Constitución, atravesando zonas bajas y profundizándose en su último tramo.

Al hablar de La Olla se hace referencia al resultado de un fenómeno antrópico, dando lugar a una serie de procesos erosivos generados, en principio, en la descarga del arroyo al Río Paraná. A raíz del aumento progresivo de los caudales del arroyo, y debido al incremento de la impermeabilización de la cuenca más el desarrollo agrícola, sumado a los trabajos de ampliación de los cauces, a iguales precipitaciones se generaron mayores caudales que fueron acelerando el desgaste del suelo y provocando erosión retrogradante. En la actualidad, se presenta como una caída de 4 metros, por causa de un fuerte desnivel del lecho. Por el mismo motivo, las márgenes del



Figura 2.3 - Hitos del sector a intervenir.

curso en esta zona alcanzan una altura de 10 metros respecto del mismo. Estas condiciones se ilustran en la Figura 2.4, donde la primera foto es tomada en dirección al puente ferroviario, mientras que la segunda es sobre La Olla y en dirección al norte geográfico.



Figura 2.4 - Estado actual de La Olla: imágenes tomadas por el equipo de trabajo en septiembre de 2023.

Hace casi 100 años, este sitio además albergaba una minicentral hidroeléctrica que funcionaba con el caudal del Arroyo del Medio, para lo cual en su momento se había construido una represa con un canal de desviación. Sin embargo, una importante inundación, en 1926, provocó el colapso de las máquinas y el cierre definitivo de la central.

3. OBJETIVOS

El presente trabajo está enfocado esencialmente en la recuperación del *Parque Molino Santa Clara*, con el objetivo de reconstituirlo como un espacio para el desarrollo de actividades recreativas y de esparcimiento. Este proyecto no solo beneficiará a los habitantes de la ciudad de San Nicolás de los Arroyos, sino también a toda la comunidad regional, ya que el sector en estudio se encuentra muy cercano a otras localidades más pequeñas como La Emilia, Theobald y Villa Constitución.

A continuación, se detallan resumidamente los contenidos del proyecto, haciendo hincapié en las obras proyectadas en función de las ramas de la Ingeniería Civil.

- **Aspecto estructural.** Se plantea el diseño y cálculo de una nueva represa aguas abajo de la antigua, con el propósito de crear un espejo de agua destinado a actividades recreativas.
- **Aspecto hidrológico.** Este aspecto aborda un análisis del comportamiento hidrológico de la cuenca del Arroyo del Medio, con el fin de determinar las dimensiones óptimas del espejo de agua mencionado anteriormente.
- **Aspecto urbano-arquitectónico.** Se contempla el diseño y ejecución de un paseo peatonal que permita el acceso a la zona de La Olla, contribuyendo así al contacto con la naturaleza de quienes visiten el lugar. Además, se plantean todas las instalaciones suplementarias requeridas para satisfacer las necesidades de los concurrentes.
- **Aspecto vial.** Se planifica la ejecución del acceso vial a la zona, junto con un estacionamiento. Si bien hoy en día existe tal acceso, el mismo debe ampliarse y reforzarse.
- **Aspecto ambiental.** Con el presente trabajo, se busca contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sustentable propuestos por la ONU para el año 2030. Por lo tanto, se analizará tal aporte al finalizar el proyecto.

Con respecto al aspecto ambiental cabe destacar que, de acuerdo a lo previsto por la Ley Nacional N° 25.675 *Ley General del Ambiente*, toda persona proponente de un proyecto (público o privado) debe llevar a cabo la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y presentar un documento técnico central denominado Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) del trabajo en cuestión. Este último contiene: una descripción del proyecto, su línea de base ambiental y social, el marco legal de cumplimiento, un análisis de alternativas, la identificación y valoración de los potenciales impactos ambientales y sociales que el proyecto (en todas sus etapas) puede causar en el corto, mediano y largo plazo, así como la previsión de la gestión ambiental para abordarlos (prevención, mitigación y compensación), que se concreta a través del Plan de Gestión Ambiental dentro del EsIA.

Teniendo en cuenta que el presente informe tiene fines principalmente académicos, entonces no se elaborará la EIA correspondiente, pero debe quedar claro que, en caso de ejecutarse el proyecto, no pueden ausentarse tales documentos e investigaciones.

4. INFORMACIÓN BASE Y ANTECEDENTES

4.1. Antecedentes

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, a mediados del siglo XIX, se instaló en la margen bonaerense del Arroyo del Medio, cercano a la localidad de San Nicolás de los Arroyos, lo que fue el Molino Santa Clara.

Aguas abajo de un puente ferroviario, ubicado a dos kilómetros al Este de la R.N. N°9, se encontraban dos represas, hoy en día destruidas por las fuertes crecidas del arroyo que se sucedieron a lo largo del tiempo. La primera de ellas contaba con un canal de derivación, y éste a su vez con compuertas para regular los caudales, cuya extensión finalizaba en una central hidroeléctrica localizada a pocos metros del inicio del canal. Así, el agua encauzada circulaba a través de una turbina para generar energía, y luego seguir su paso para retomar el arroyo pocos kilómetros más adelante. La central funcionó hasta 1926, año en que una gran inundación destruyó gran parte del sector, paralizó las máquinas y llevó a su cierre definitivo.

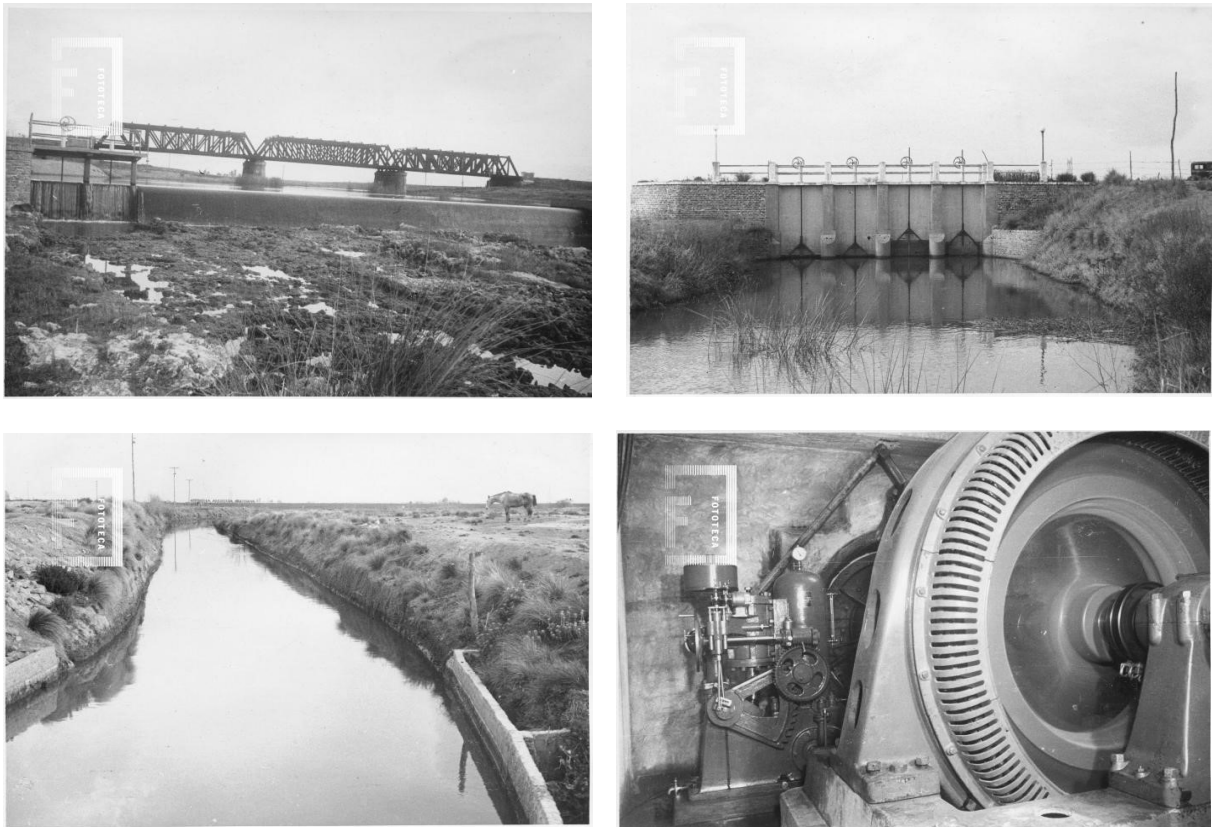


Figura 4.1 - Antecedentes. Fuente: Municipalidad de San Nicolás.

Desafortunadamente, no se cuenta con información de la segunda represa, ubicada a un par de kilómetros aguas abajo de la anterior. No se conoce cuál fue la fecha de su inauguración ni cuál fue el motivo de su construcción.

A lo largo de la historia, el Arroyo del Medio ha experimentado cambios en su morfología, como era de esperar, debido a las crecidas extraordinarias que causan erosiones y los periodos de bajo caudal que provocan la acumulación de sedimentos. A esto, se le suma la intensa actividad agrícola de la región. Estos han resultado en la construcción de numerosas canalizaciones que desembocan en el arroyo, alterando de esta manera la dinámica del flujo de agua en el tiempo. Se puede observar, en Google Earth, como ha cambiado la misma desde el año 2004 hasta el presente. A estos se les atribuye periodos de lluvias extremas, la última ocurrida en enero del 2017, produjo la inundación de la localidad vecina de La Emilia, fenómeno que provocó que el 75% de la población deba ser evacuada.



Figura 4.2 - Variaciones en la morfología del Arroyo del Medio y evolución en el tiempo del efecto retrogradante de La Olla. Fuente: Google Earth.

Además, a partir de la Figura 4.2, resulta importante destacar como ha avanzado a lo largo del tiempo el sector del arroyo comúnmente denominado como “La Olla”. Este efecto erosivo nunca ha sido tratado, por lo que es entendible que haya evolucionado y socavado el curso de agua.

Respecto a la gran crecida mencionada anteriormente, en la Figura 4.3, se muestra la mancha de inundación en La Emilia en el año 2017, aunque esto ya había ocurrido anteriormente en 1898, 1906, 1910, 1939, 1941, 1961 y 1966. Hoy en día, la localidad ha ejecutado una obra hidráulica integral, para que este tipo de sucesos extraordinarios no vuelvan a ocasionar tales repercusiones.

Antes de continuar, cabe resaltar la cercanía de La Emilia al sector en estudio, lo cual se presenta como una ventaja estratégica para el proyecto. Al encontrarse a pocos kilómetros aguas arriba, posibilita el aprovechamiento de los trabajos de investigación llevados a cabo en dicha localidad, los cuales serán de gran utilidad para llevar a cabo el proyecto.

Retomando, dicha obra hidráulica integral implicó tres tipos de acciones. La primera fue la implementación de una serie de bombas que permitieron extraer el agua con mayor rapidez hacia el cauce natural del Arroyo, de forma tal de desagotar el lugar. La segunda fue la instalación de estaciones meteorológicas con un sistema de alarmas de detección temprana, que permitan prevenir el crecimiento del arroyo en las localidades que se encuentran aguas arriba de La Emilia y en La Emilia misma. Esto se controla desde la planta de bombeo de la localidad, y los vecinos cuentan con total acceso a la información en tiempo real. La tercera etapa contempla la limpieza y acondicionamiento del cauce del arroyo, la instalación de dos compuertas en la planta de bombeo y en el club ubicado en la zona, y la elevación de un terraplén de defensa contra inundaciones en aproximadamente 50 centímetros por encima de la última crecida registrada, que fue la mayor de la historia. Sin embargo, al momento se desconoce sobre el estado de avance de esta última etapa. Además, en el sector detrás de la escuela, donde el curso recorre una curva pronunciada (ver Figura 4.3), se prevé la instalación de gaviones de piedras para reforzar la obra.

Por otro lado, hacia el norte y vecino a La Olla sobre lado bonaerense, se encuentra funcionando una cantera de tosca en terreno privado, la misma se puede ver en la imagen del año 2023 presentadas en la Figura 4.2.

Volviendo al tema que ocupa el proyecto, hoy en día, la zona de intervención tiene un uso puro y exclusivamente recreativo, solo para los pocos que conocen la zona.



Figura 4.3 - Inundación en La Emilia. Fuente: Municipalidad de San Nicolás.

4.2. Información catastral

De la página oficial del Municipio de San Nicolás de los Arroyos, se obtuvieron los registros catastrales de los terrenos de incumbencia para el proyecto.

En la Figura 4.4 puede verse cómo tanto las calles de acceso como la zona de intervención de la obra son propiedad del municipio con excepción de un sector de propiedad privada ubicado algunos metros antes de alcanzar el puente. Sin embargo, al recorrer el lugar, se pudo determinar que en realidad el acceso a esa parcela “alargada” hoy en día es abierto.

En este sentido, para resolver la problemática, se conversó con la Municipalidad de San Nicolás de los Arroyos por esta cuestión y se determinó que ese paso es público, por lo que no representa ningún inconveniente a la hora de proyectar el acceso por esta vía.

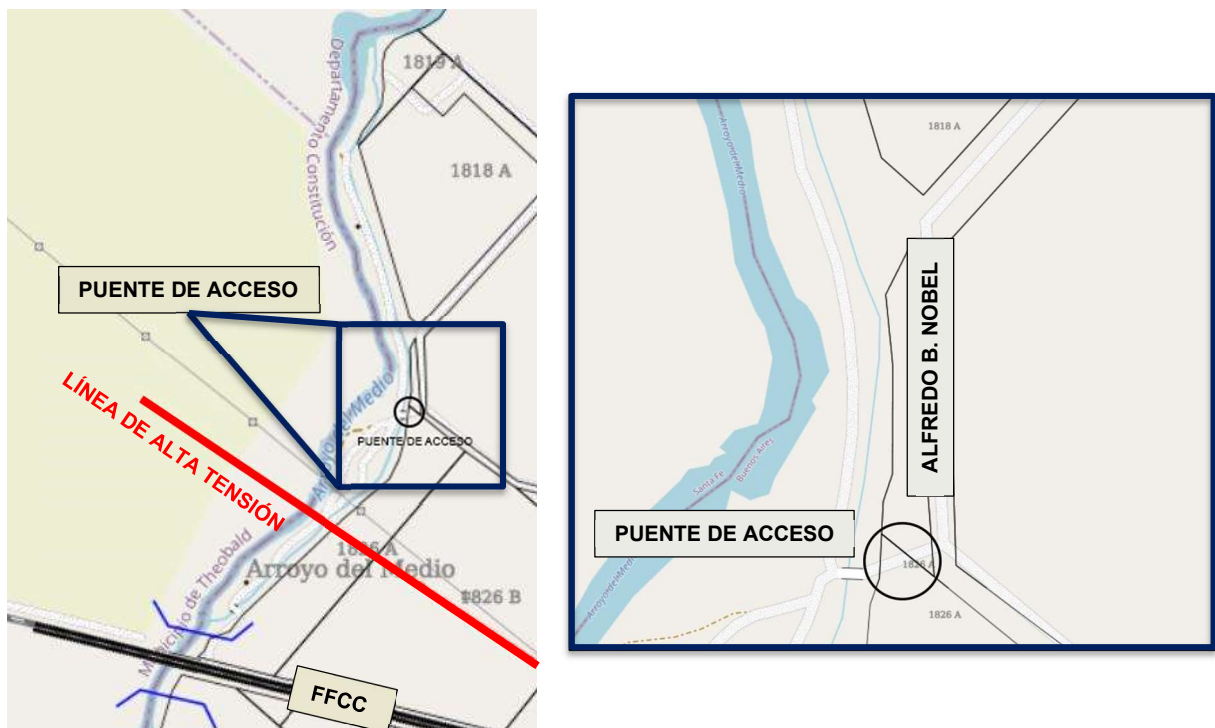


Figura 4.4 – Subdivisión de lotes en el acceso al predio. Fuente: Catastro digital de San Nicolás de los Arroyos.

A su vez, en la Figura 4.4, puede observarse un trazo en color rojo, lo cual indica la presencia de una línea de alta tensión de una altura de 26 metros. Las torres que soportan los tendidos eléctricos se encuentran a 325 metros de distancia entre sí, y de ellas la más cercana al arroyo se ubica a 100 metros aproximadamente, por lo cual no constituye un condicionante para el proyecto.

También debe notarse que, si bien toda la margen bonaerense en estudio corresponde al municipio de San Nicolás, en la margen santafesina esto no es así, ya que en parte corresponde al Municipio de Theobald y en parte al Departamento de Villa Constitución. Aun sabiendo que el presente proyecto se plantea únicamente sobre la margen de la provincia de Buenos Aires, esta aclaración es importante porque, en caso de aspirar a un proyecto integral del espacio en ambas márgenes del arroyo, se deberá coordinar con todos los poderes públicos involucrados.

4.3. Datos hidrológicos

La cuenca del Arroyo del Medio tiene un área total de 2.258,20 km², y se la puede subdividir en una *Cuenca natural*, cuya extensión abarca 1.916,80 km², y un *sector anexado* de 341,4 km². Esta última es consecuencia de las diversas canalizaciones realizadas por campos productivos, que terminaron por agrandar el área total de la cuenca. Estas son debido a un problema interprovincial de desagüe que no pudo resolverse siguiendo el escurrimiento natural de las aguas.

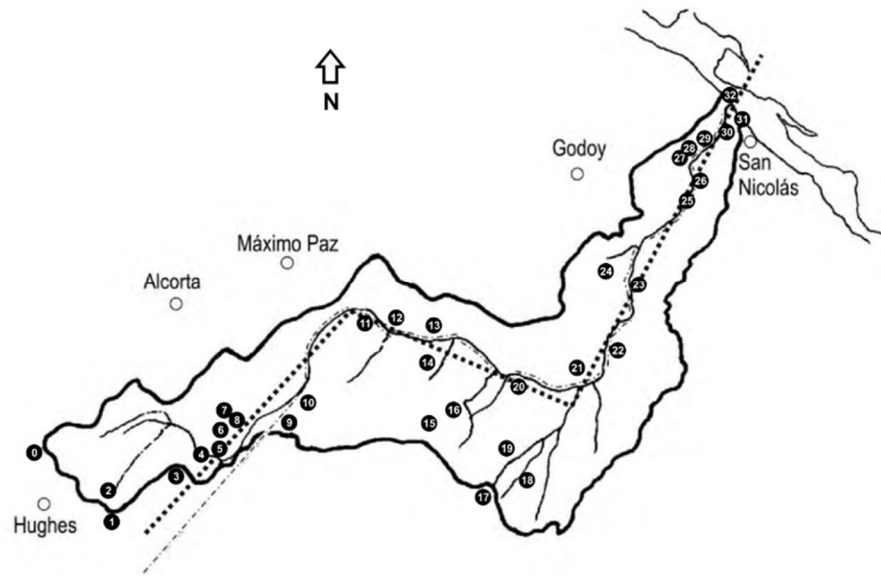


Figura 4.5 - Cuenca del Arroyo del Medio y localidades vecinas. Fuente: Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología N° 72-75 (año 2010).

La cuenca propiamente dicha comienza en cota IGN +90,00 en una zona situada a 11 km al sur de la localidad de Alcorta, Santa Fe. Luego, en las proximidades del Arroyo Pavón, alcanza una cota IGN +75,00 y continúa descendiendo hasta alcanzar una cota IGN +13,75 en la desembocadura en el Arroyo Yaguarón, tributario al Río Paraná.

En varios sectores de la región se presentan accidentes, rápidos y saltos para el funcionamiento de molinos harineros y/o turbinas eléctricas, antiguamente características del sur santafesino. El Río Carcarañá y Arroyos Ludueña, Saladillo, Frías y Pavón son ejemplos de esto, y el caso del Molino Santa Clara no es la excepción.

Tras alcanzar la llanura aluvial del Paraná, el arroyo realiza un recorrido anómalo, ya que se encuentra con una barranca de 15 metros sobre el nivel del mar en el punto en que las aguas acceden a la llanura baja, en la cual, y en un recorrido que se inicia hacia el noroeste con sucesivos meandros, va girando y alcanza al final de este tramo una dirección Sur-Norte bien definida. En este lugar se produce otro rasgo llamativo, al aparecer un meandro estrangulado de 100 m de radio y con 10-12 m de ancho en el estrangulamiento. Se inicia luego el último tramo de Noroeste a Sudeste que lleva a las aguas a volcar al Arroyo Yaguarón.

El valle del Arroyo del Medio en todo su tramo final, cuya longitud posee alrededor de 45 km, es mucho más angosto que el valle en el tramo medio y su trazado longitudinal es rectilíneo hasta confluir al Río Paraná.

4.3.1. Estación de La Emilia

Se cuenta con datos hidrográficos de la Estación de medición de La Emilia, otorgados por el Sistema Nacional de Información Hídrica¹. Los parámetros que se pudieron obtener son los siguientes,

- Altura
- Caudal medio diario
- Caudal medio diario máximo
- Caudal medio diario mínimo
- Caudal medio mensual
- Caudal máximo instantáneo
- Caudal mínimo instantáneo

Además, se tiene información sobre mediciones efectuadas entre los años 1993 y 2023. Para el desarrollo de este proyecto, se optó por analizar la altura media diaria y el caudal medio diario. Sin embargo, a la hora de comparar estos parámetros a lo largo del tiempo, se notó que los resultados no se condicen entre sí. Debido a las elevadas alturas del pelo de agua se esperaba obtener un caudal alto respecto a la media, y viceversa, pero esto no ocurre. Como los pulsos de niveles hidrométricos medidos no muestran una variación acorde en los pulsos de caudales calculados, se requiere mayor información sobre la metodología empleada para la determinación de los caudales, para así poder encontrar la solución a este problema.

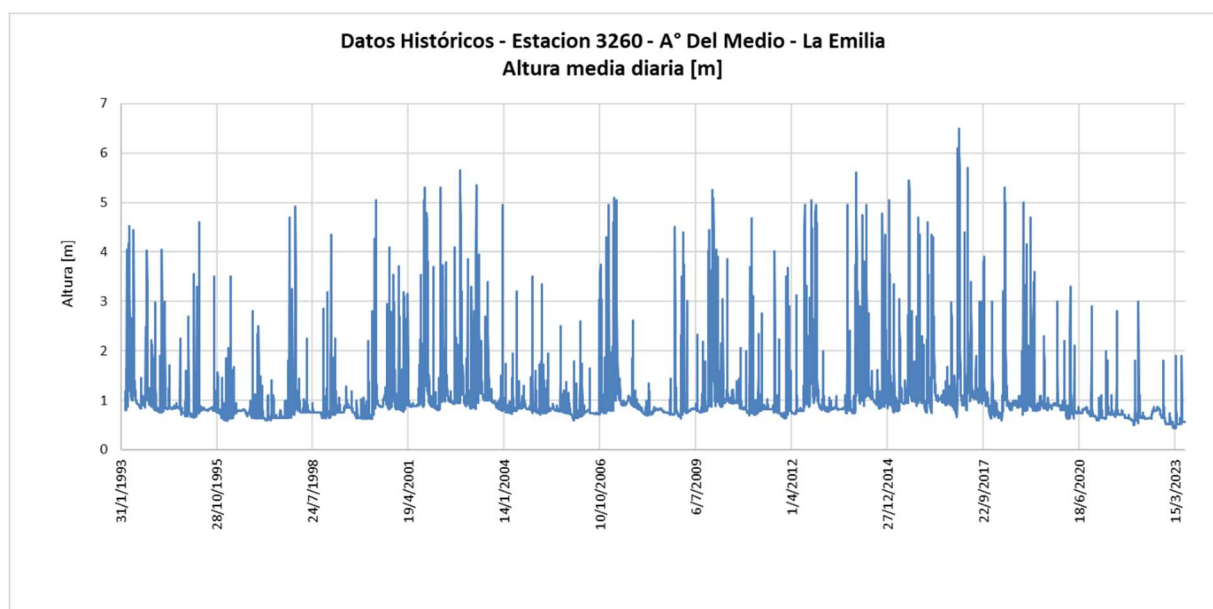


Figura 4.6 - Altura media diaria en metros en el arroyo, registrado en la estación La Emilia.

¹ El SNIH es una base de datos de acceso gratuito, donde se pueden encontrar los registros históricos y en tiempo cuasi real provenientes de estaciones propias de la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación, así como de otros organismos que han adherido a esta Base.

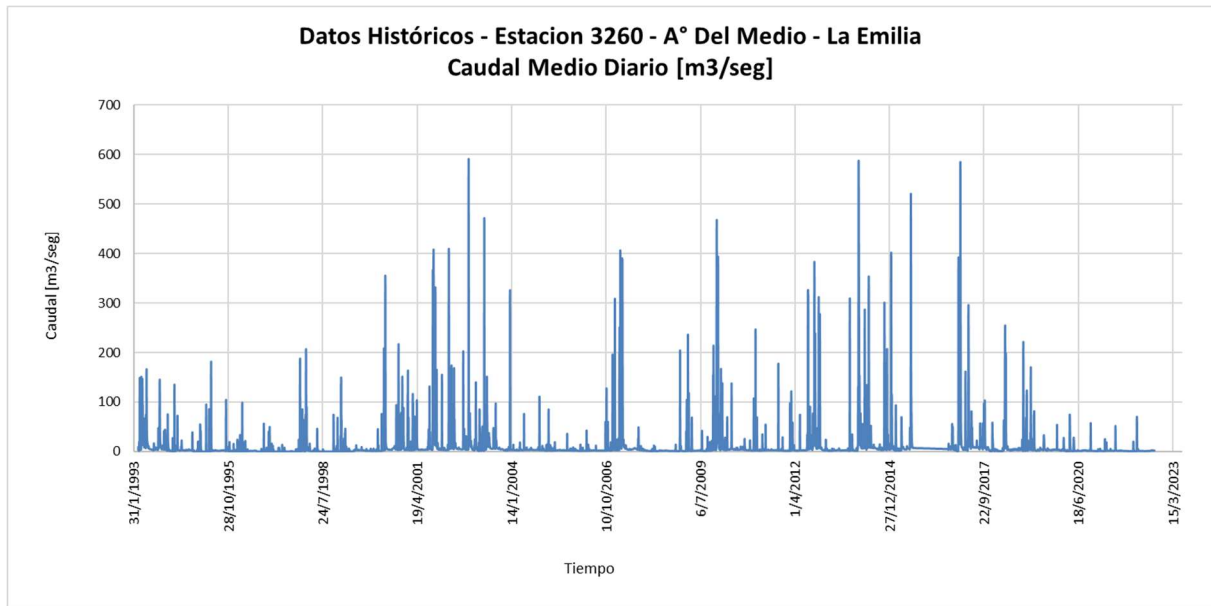


Figura 4.7 - Caudal medio diario en metros cúbicos por segundo en el arroyo.

A pesar de lo mencionado previamente, se ha observado que, al reducir el período de búsqueda de datos desde 2018 hasta 2022, se reduce el error de los resultados hidrográficos arrojados. Luego, con esta información es posible trazar la curva H-Q (Altura vs. Caudal) para la sección de la estación de monitoreo correspondiente. Esta curva resulta de gran utilidad ya que, si se conoce el comportamiento de la sección del arroyo en ese punto, se puede extrapolar a otras secciones dentro del área en estudio.

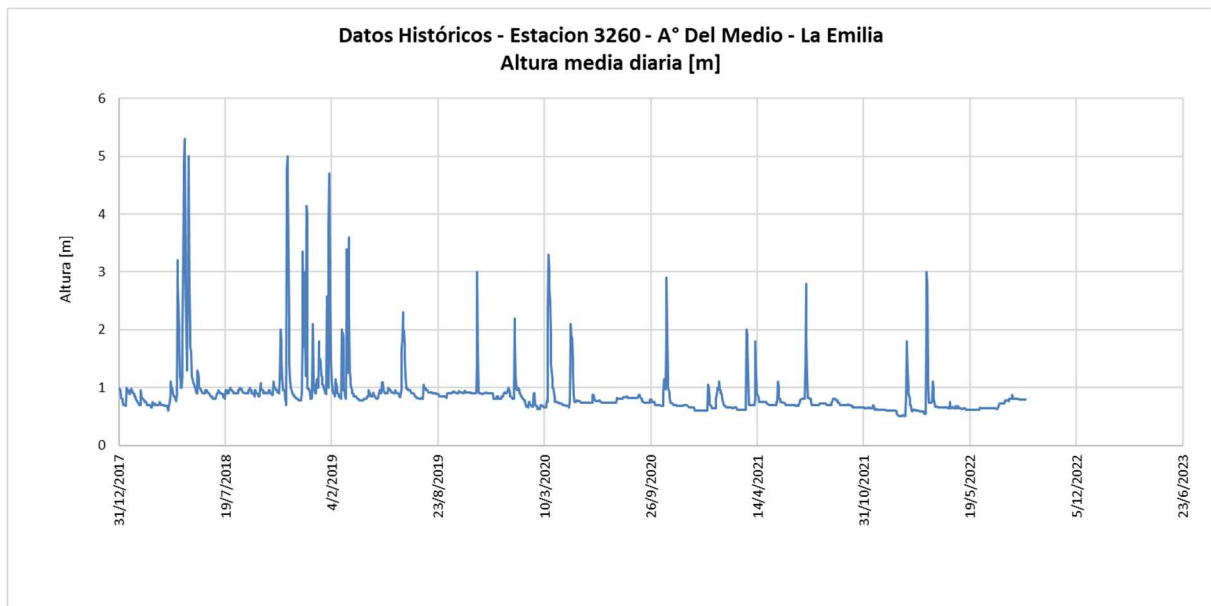


Figura 4.8 - Altura media diaria en metros en el arroyo reduciendo el intervalo de búsqueda, registrado en la estación La Emilia.

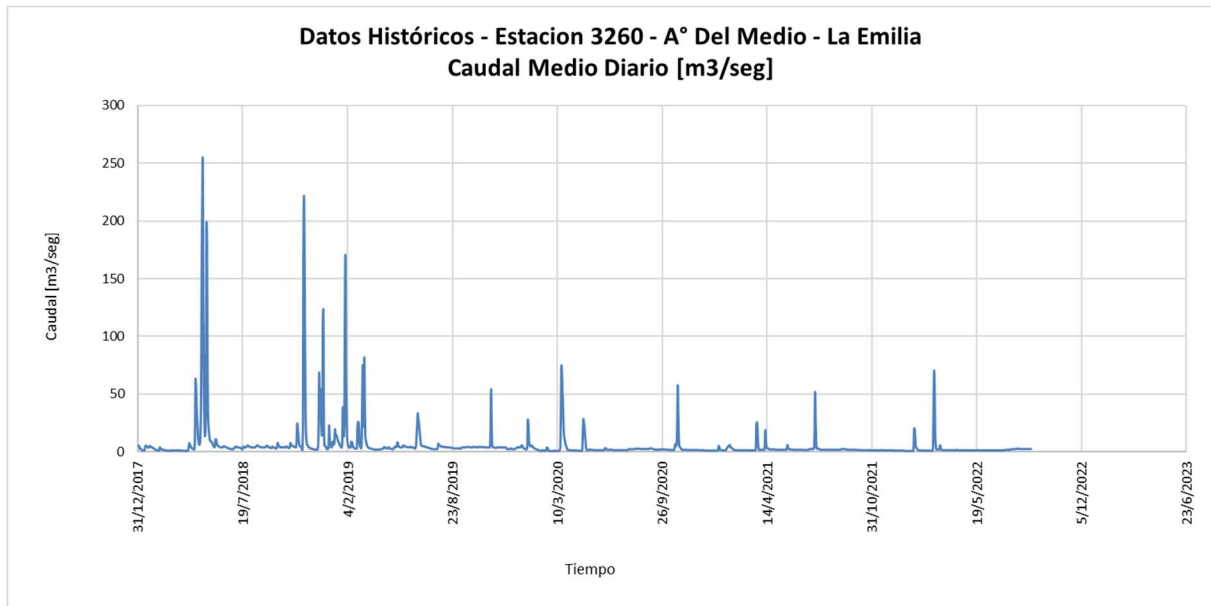


Figura 4.9 - Caudal medio diario en metros cúbicos por segundo reduciendo el intervalo de búsqueda, registrado en la estación La Emilia.

A continuación, se presenta la curva H-Q antes mencionada, la cual fue realizada a partir de estos últimos datos.

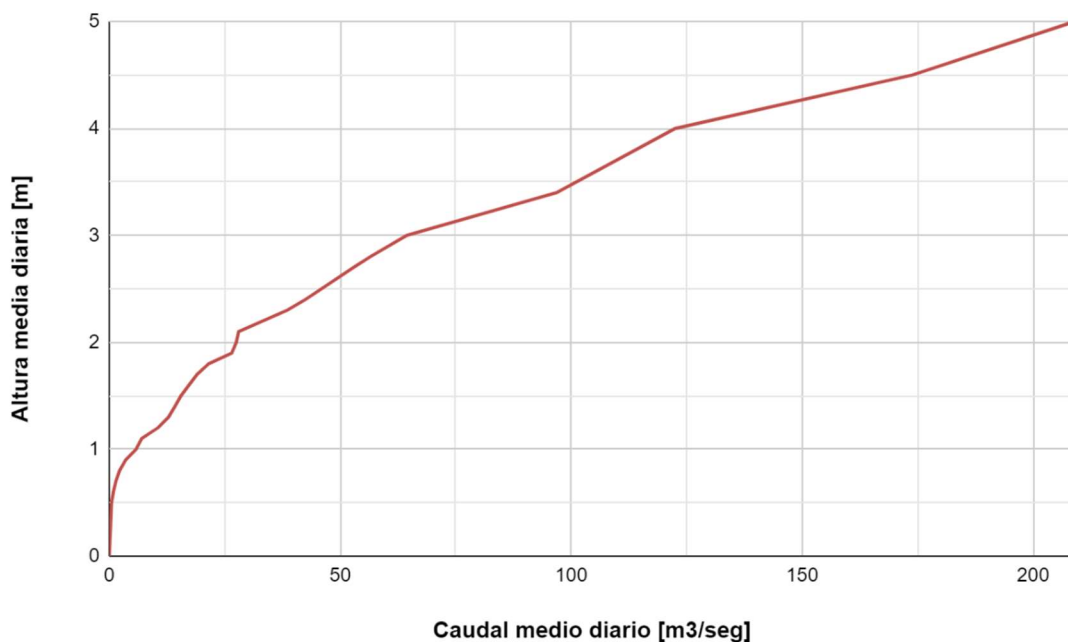


Figura 4.10 - Curva H vs. Q (valores medios diarios), en la estación La Emilia. Fuente: producción propia.

Por otro lado, es importante destacar que, si bien se cuenta con las curvas de nivel IGN de las provincias de Santa Fe y Buenos Aires acopladas, esta información por sí sola no es suficiente para llevar a cabo el análisis hidrológico que requiere el proyecto. Esto se debe a que las curvas tienen diferencias de nivel más grandes que las necesarias para este estudio, sumado a la variabilidad propia del terreno, lo que resulta insuficiente y poco preciso para la magnitud del

proyecto en cuestión. Conjuntamente, en las proximidades del arroyo, la disponibilidad de curvas disminuye, complicando aún más el análisis. Y como se debe realizar un estudio hidrológico para determinar el área de embalse que se produce al interponer un obstáculo en el curso, resulta necesario para una mayor precisión contar con una mayor densidad de curvas de nivel.

Por lo tanto, para garantizar la precisión y la confiabilidad del estudio hidrológico, se complementa esta información con los datos recopilados en el terreno a partir del relevamiento del lugar. Esto permitirá tener una visión más detallada de la topografía y de las condiciones hídricas en el sector en estudio.

4.3.2. Inundación del año 2001

Entre la información recopilada en la etapa de búsqueda de antecedentes, se hallaron imágenes de la zona en estudio cuando se produjo una gran inundación en octubre del 2001, alcanzando el día 9 de dicho mes un caudal de $400 \text{ m}^3/\text{s}$.²

En la Figura 4.11, a la derecha, se observa el puente ferroviario característico del lugar, y cómo la mancha de inundación cubre gran parte de la zona de intervención del proyecto.



Figura 4.11 - Importante anegamiento en el sector en estudio, en el año 2001. Fuente: Municipalidad de San Nicolás.

De todas formas, cabe aclarar que el objetivo por el cual se proyecta la construcción de la represa no es atenuar caudales, sino generar un espejo de agua con fines recreativos. Con este trabajo no se pretende lograr la contención de caudales de recurrencia extraordinaria como el de las imágenes anteriores, sino que ante la ocurrencia de estos, se prevé que la presa quede completamente bajo agua. Igualmente, se diseñará la presa para poder resistir la fuerza del empuje del agua para que, una vez que los niveles del curso desciendan a niveles normales, ésta vuelva a funcionar con normalidad.

² Caudal obtenido de la base de datos de la Estación de La Emilia.

4.3.3. Estudio del Arroyo del Medio en el año 2004

El presente estudio fue facilitado al equipo por parte de los docentes de la cátedra de Proyecto IV. Desafortunadamente, no se cuenta con los datos de los autores.

En el año 2004 se analizó el curso de agua en la zona de la localidad de La Emilia y sus alrededores, con el objetivo de establecer una base segura sobre la cual poder definir las obras de control de inundaciones necesarias para mitigar daños, como ser la construcción de un terraplén de defensa contra inundaciones y canales de desviación para proteger a la mencionada localidad; la cual años antes había sufrido una inundación que dejó una gran cantidad de hogares bajo agua.

Entre la información compilada se encontraron algunos perfiles transversales trazados en la zona en estudio, los cuales sirvieron de apoyo para corregir los perfiles realizados por el equipo con los resultados del relevamiento llevado a cabo en el lugar, procedimiento que se explicará en el apartado siguiente inmediato.

Otra cuestión interesante, detectada a partir de este estudio, es el trazado de cuatro hidrogramas sobre la estación de La Emilia, con fundamento en cuatro precipitaciones significativas en la zona para distintos años. Con esta información se da una idea de cuál es el comportamiento esperado del flujo ante una lluvia de gran magnitud.

A continuación, se presenta la Tabla 4.1 la cual registra las mediciones de precipitaciones en las estaciones de Conesa, Pergamino y Venado Tuerto. En la misma tabla se reflejan los caudales medidos en la estación La Emilia.

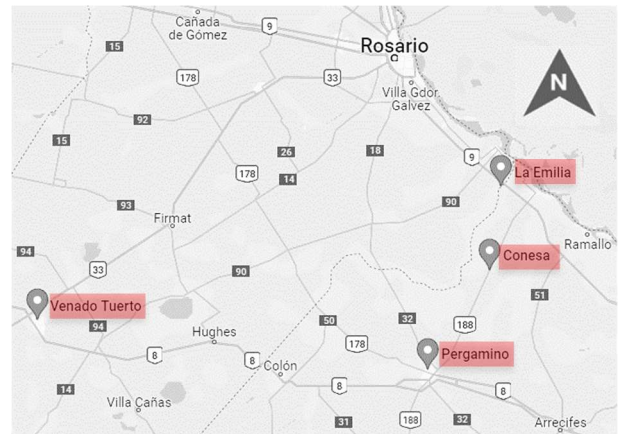


Figura 4.12 - Ubicación de las estaciones de medición.

Tabla 4.1 - Mediciones en estaciones de la región.

TORMENTA	FECHA	EST. CONESA [mm]	EST. PERGAMINO [mm]	EST. V. TUERTO [mm]	EST. LA EMILIA [m3/s]
1	23/01/1994	0	56.4	S/D	4.93
	24/01/1994	95	3		40.47
	25/01/1994	-	-	-	75.30
	26/01/1994	-	-	-	36.72
	27/01/1994	-	-	-	24.50
	28/01/1994	-	-	-	18.70
2	02/04/1994	0	4	0	
	03/04/1994	14	42	0	0.76
	04/04/1994	6	48	20	6.70
	05/04/1994	82	9.5	25	58.26
	06/04/1994	4	0	3	135.20

Continuación Tabla 4.1 - Mediciones en estaciones de la región.					
2	07/04/1994	-	-	-	75.85
	08/04/1994	-	-	-	19.36
	22/10/2000	0	58	S/D	22.65
3	23/10/2000	90	0		75.33
	24/10/1994	-	-	-	22.32
	01/03/2001	52	20	32	7.55
4	02/03/2000	27	2	8	83.92
	03/03/2001	30	0	0	115.80
	04/03/2001	-	-	-	58.34

Consecutivamente, se presentan hidrogramas del Arroyo del Medio correspondientes a diferentes períodos de tiempo, y obtenidos a partir de un informe de Modelización Matemática de la Cuenca del Arroyo del Medio. En todos ellos, la curva roja representa el registro de caudales solamente en la subcuenca de La Emilia, mientras que las curvas gris y azul corresponden a los caudales medidos en el Arroyo del Medio previa y posteriormente a la incorporación de esta subcuenca, respectivamente.

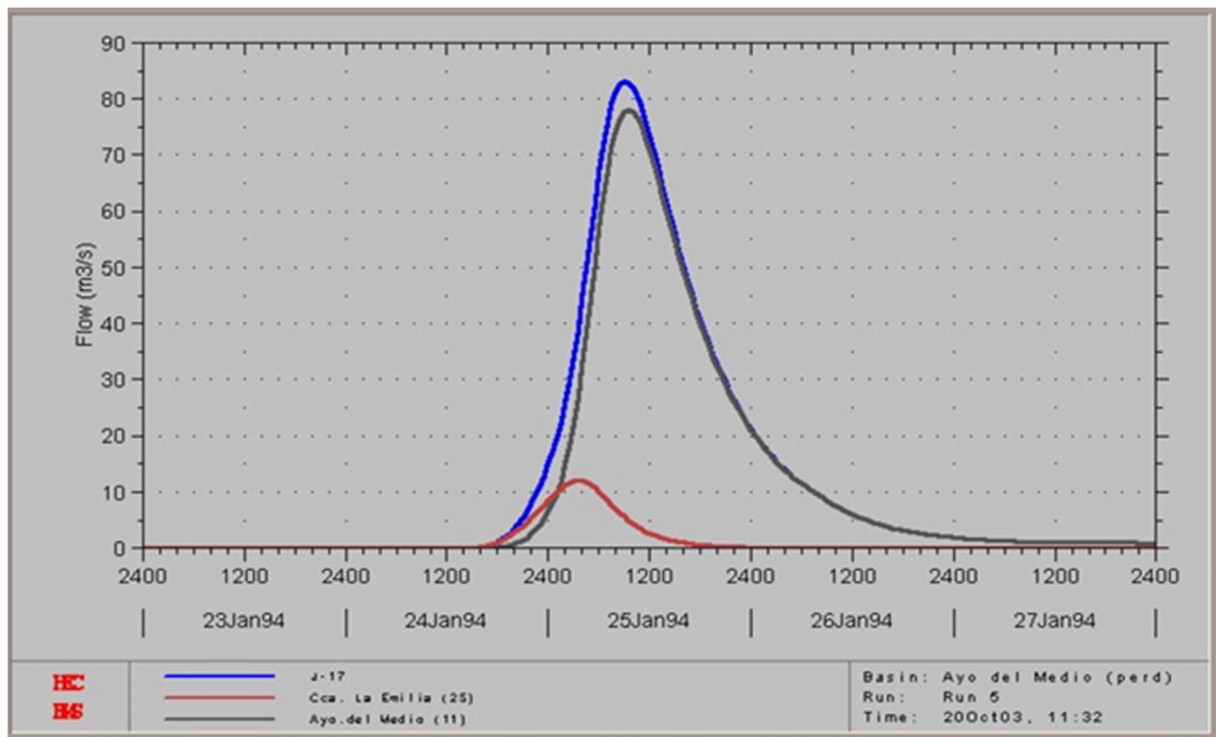


Figura 4.13 - Hidrograma de enero de 1994 sobre el Arroyo del Medio, registrado en la estación La Emilia. Fuente: Municipalidad de San Nicolás.

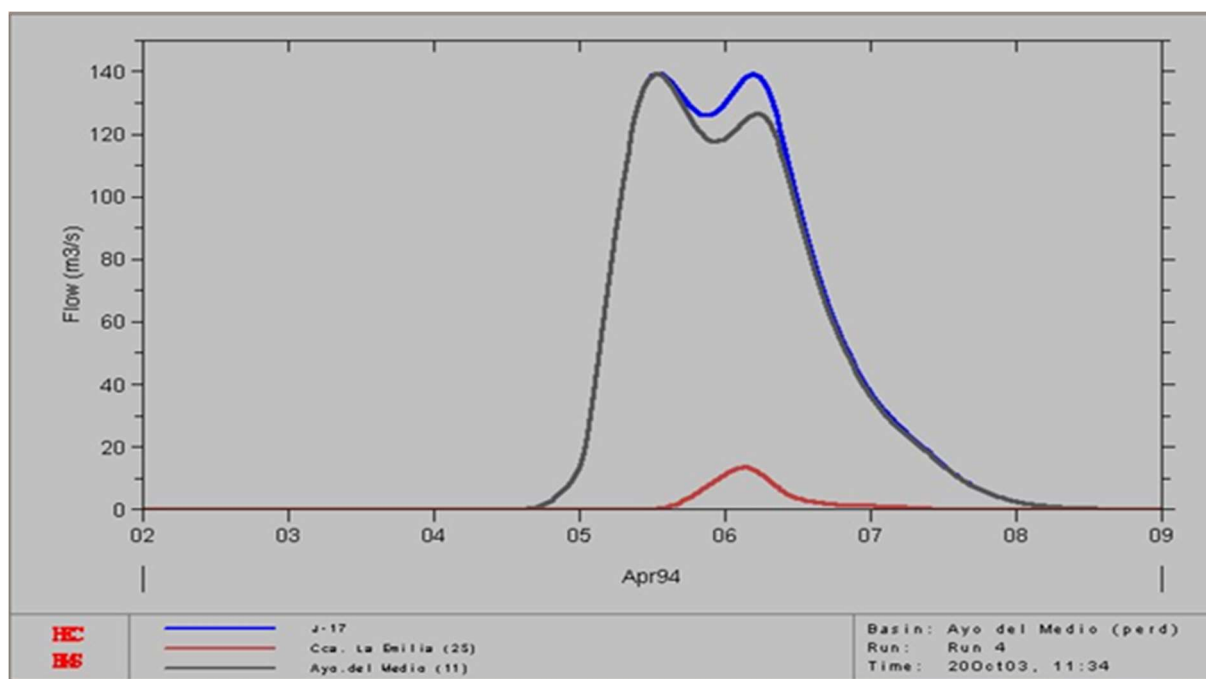


Figura 4.14 - Hidrograma de abril de 1994 sobre el Arroyo del Medio, registrado en la estación La Emilia. Fuente: Municipalidad de San Nicolás.

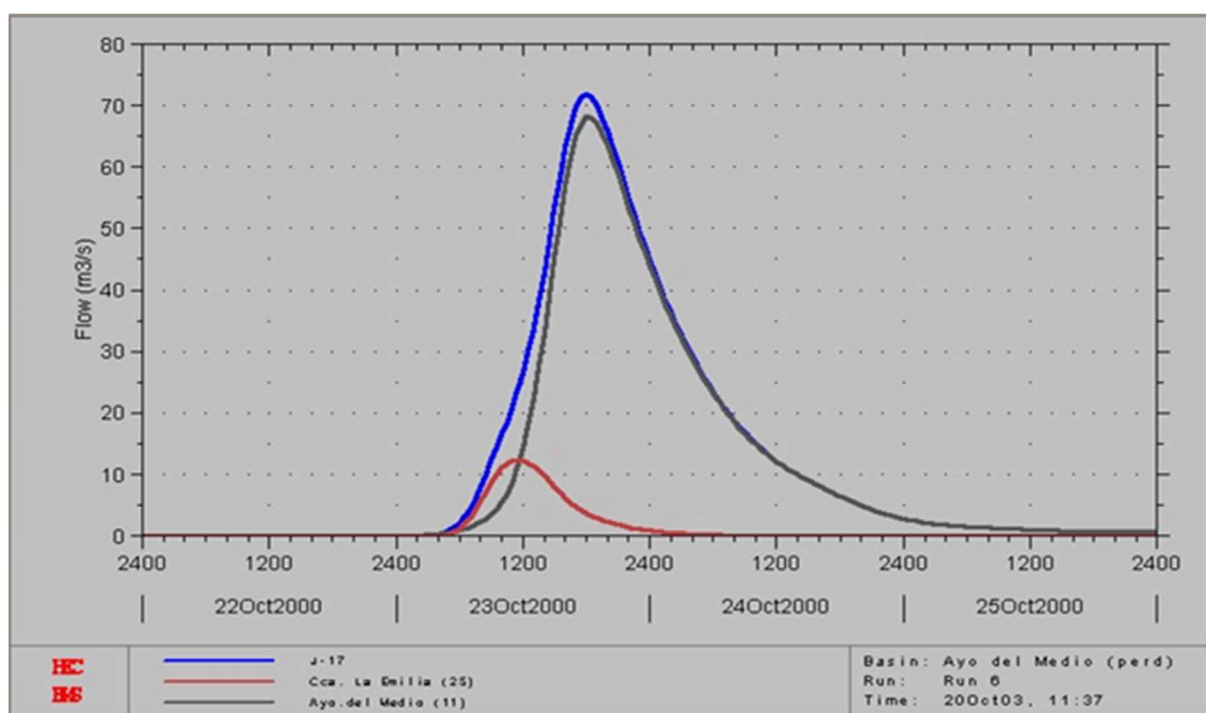


Figura 4.15 - Hidrograma de octubre de 2000 sobre el Arroyo del Medio, registrado en la estación La Emilia. Fuente: Municipalidad de San Nicolás.

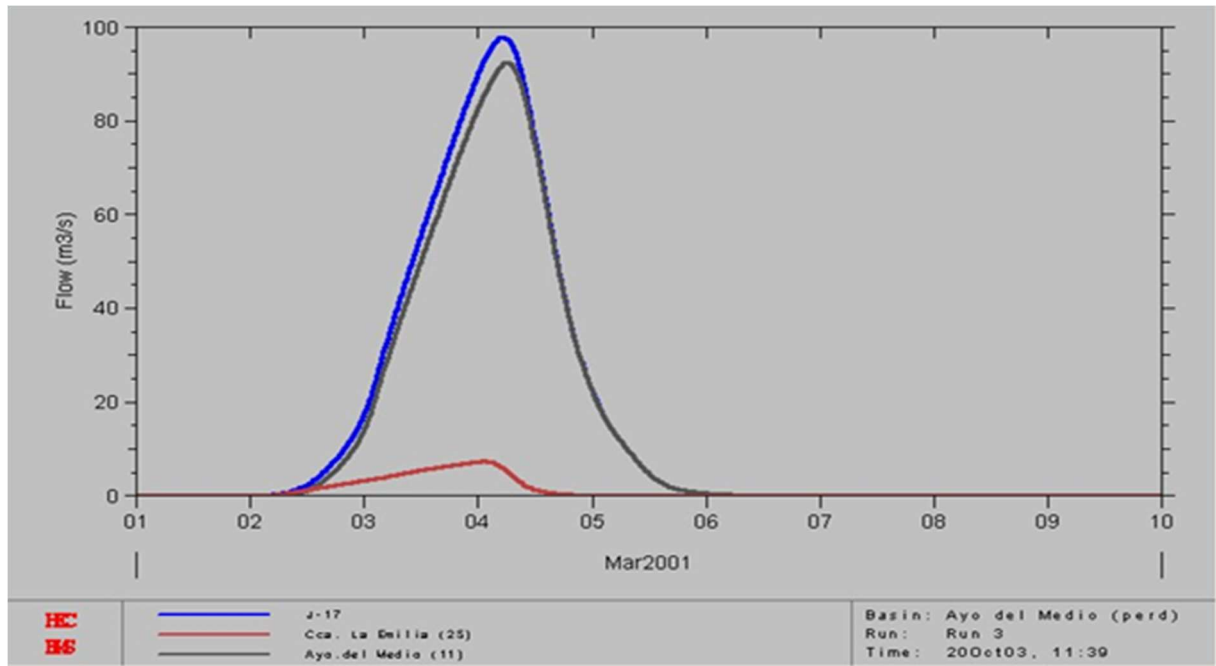


Figura 4.16 - Hidrograma de abril de 2001 sobre el Arroyo del Medio, registrado en la estación La Emilia.
Fuente: Municipalidad de San Nicolás.

Para profundizar en mayor detalle sobre los hidrogramas presentados, se recomienda al lector consultar el Anexo Hidráulico - “Modelización Matemática de la Cuenca del Arroyo del Medio”.

4.4. Relevamiento

Este equipo de trabajo se presentó en dos ubicaciones de interés el día sábado 16 de septiembre del año 2023, con el objetivo de relevar topográficamente toda la información que pueda resultar de utilidad para la toma de decisiones, y para la validación de aquella encontrada en la web.

Para realizar esta tarea se empleó un nivel óptico, dos miras topográficas y cintas, entre otros instrumentos, y se consiguieron varios puntos topográficos que servirán luego para aproximar la naturaleza del terreno en gabinete.

Además, se practicó una batimetría aproximada en varios perfiles, considerando una distribución lineal de las velocidades del flujo entre puntos relevados, y una velocidad superficial de flujo, para tener un caudal aproximado, y poder así compararlo con las mediciones de la estación más próxima al proyecto, entre otras consideraciones.

En primer lugar, se trabajó en el Puente Figueredo, ubicado a 6 km aproximadamente al sur de la localidad de La Emilia, en el cual sobre una de sus pilas se encuentra una regla graduada que se utiliza en la Estación homónima para la medición de datos hidrológicos. En este lugar, se trabajó con una sola estación de medición y se obtuvieron ocho puntos topográficos, de los cuales el último corresponde al registro del pelo de agua del arroyo para ese día en particular; y otros dos se ejecutaron en el intento de medir la cota de fondo del curso. Los puntos relevados fueron seleccionados de tal forma de obtener un perfil transversal del arroyo en la línea más aproximada

posible bajo el puente. Cabe destacar que se observó un caudal bajo respecto al normal del arroyo, debido a que la regla comienza a medir a partir del primer metro de altura de pelo de agua, y el nivel del cauce se encontraba por debajo de esta medida.



Figura 4.17 - Medición en Puente Figueredo, cercano a La Emilia.

En segundo lugar, se visitó la zona del proyecto a intervenir. Aquí el relevamiento comenzó aguas arriba del puente ferroviario, ubicado a 2 km aproximadamente al norte de la R.N. N°9, siguiendo el curso de agua. En este caso, se establecieron catorce estaciones de mediciones y se obtuvieron treinta puntos topográficos, medidos en sentido creciente hacia La Olla, es decir, hacia aguas abajo.

Estos últimos deben referenciarse a un punto de cota conocida, es decir, a un punto de referencia IGN. Teniendo en cuenta que la referenciación más cercana se encuentra a 5 km de distancia con respecto al sector en estudio, se opta por tomar el riel del puente ferroviario como valor de cota conocida.

Sin embargo, al no contar con este dato exacto, se procedió de la siguiente manera: a partir del relevamiento realizado se seleccionó un punto particular ubicado sobre la curva de nivel de cota +16,25 (valor IGN), al ser estas curvas conocidas por el equipo. Luego, sabiendo que ese punto debe poseer tal valor, se relacionaron todos los anteriores hasta llegar a la cota de riel, para la cual el punto seleccionado respeta su valor de +16,25. Esto corresponde a una cota de riel de +25,30. Por último, todas las cotas siguientes se correlacionan a la del riel, obteniéndose así un conjunto de puntos de cota IGN, con la menor dispersión posible.

Uno de los primeros puntos relevados fue el correspondiente al filo superior de la viga metálica del puente ferroviario, y luego se midió la distancia desde éste hasta el filo superior del riel, consiguiendo así la cota de interés a partir de la cual se correlaciona toda la nivelación.

A partir de acá, se fue barriendo la zona de influencia del proyecto en ambas márgenes del arroyo, predominantemente sobre lado bonaerense. Teniendo en cuenta las limitaciones del equipo se toman distancias máximas entre la estación y la mira topográfica de 100 metros, y se establecen las mediciones en aquellos puntos que indiquen hitos del lugar, como por ejemplo un desnivel importante en el terreno, para luego poder aproximarlos de la manera más exacta posible.

En el Plano 01 “Topografía del sector a intervenir”, puede observarse la zona del proyecto a través de imágenes con los puntos obtenidos del relevamiento, las curvas de nivel inferidas a partir de ellos y las estaciones de medición establecidas.

En las imágenes siguientes, se expone parte de lo que fue la campaña de relevamiento realizada, en la zona cercana a la presa existente. En la foto de la izquierda pueden observarse los escombros de la misma. Fue aquí donde se decidió realizar una batimetría para luego, a partir de estos resultados, establecer relaciones entre tirantes y caudales en este sector, llamando a esta estación con la letra F. Para mayores detalles, consultar el Plano 01 “Topografía del sector a intervenir”.

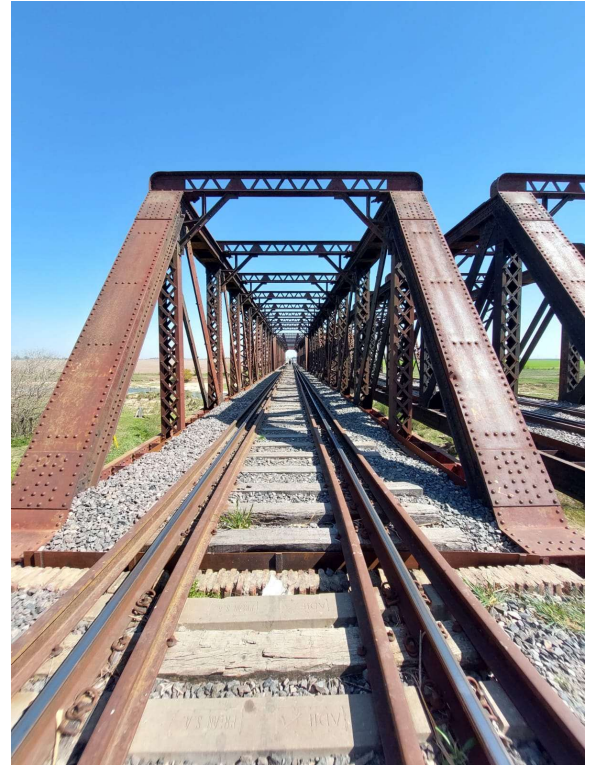


Figura 4.18 - Puente ferroviario en el sector en estudio.



Figura 4.19 - Relevamiento por parte del equipo de trabajo, en el sector a intervenir.

Otro aspecto importante del relevamiento fue el canal de desviación mencionado. Este es un elemento clave en el proyecto ya que facilitará su ejecución, sirviendo como desviador del caudal

para permitir el acondicionamiento del cauce y la construcción de la nueva represa. También será útil como fusible en caso de crecidas, permitiendo que el espacio recuperado se mantenga utilizable la mayor parte del tiempo posible.

Este canal está compuesto por tramos y se materializó con tabiques de hormigón al inicio y al final del mismo, conformando una sección rectangular. El tramo intermedio se desarrolla como un canal de tierra de sección trapezoidal.



Figura 4.20 - Canal de derivación de la antigua minicentral hidroeléctrica instalada en el arroyo.

Se observó que el canal abierto no presenta grandes variaciones de sus dimensiones a lo largo de su extensión. Cuenta con una base de fondo de 1,50 m, y una altura de 2,20 m para la sección rectangular en el final del canal. Por otro lado, la sección trapezoidal del tramo intermedio presenta la misma altura y base de fondo que el rectangular, con pendientes de taludes de 1:4, alcanzando una base superficial de 2,70 m.

4.4.1. Análisis de información obtenida en el relevamiento

En este punto, se estudiará la información recopilada anteriormente y se la comparará con los datos hidráulicos resultantes del relevamiento, con el objetivo de determinar el caudal circulante en el río en dicha instancia. Además, se trazará una curva H-Q en la zona donde se propone la materialización de la presa.

- **Batimetría relevada**

Se presenta a continuación un esquema del perfil transversal del Arroyo del Medio obtenido del relevamiento, en la zona donde se prevé la implantación de la presa, donde la etiqueta “C17” indica valor de cota relativa de 17 m, y lo mismo para las demás. El tirante del arroyo es el correspondiente al que se encontró en dicho día.

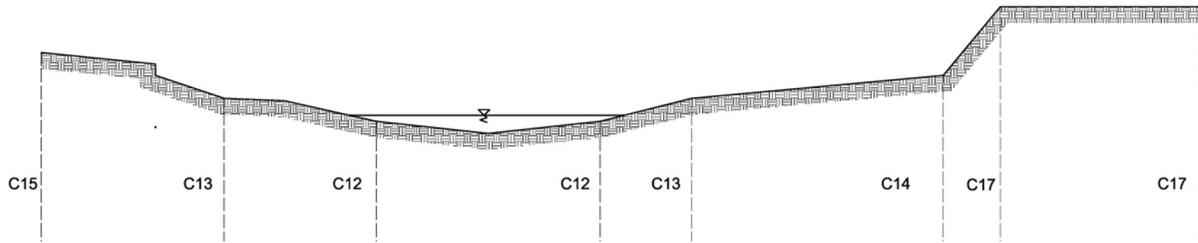


Figura 4.21 - Esquema de la sección transversal del Arroyo del Medio, en el lugar donde se proyecta el emplazamiento de la presa.

Se mencionan a continuación algunos parámetros de importancia definidos luego de realizada esta tarea.

Área de la sección transversal	19,24 m²
Profundidad máxima	1,41 m

- **Pendiente de la cuenca en la sección en estudio**

También, se logró estimar la pendiente de la cuenca a través de las cotas obtenidas en el relevamiento. Se obtuvo,

Cota punto de referencia aguas arriba	17,48
Cota punto de referencia aguas abajo	16,99
Distancia entre puntos	200 m
Pendiente estimada	0,245 %

- **Velocidad y caudal del flujo**

Existen varios métodos para medir o estimar la velocidad de un curso de agua. Se optó por uno de los más básicos pero de los más simples también, es decir, medir tiempo y distancia con un elemento flotante. Primero, se toma un tramo del canal de longitud previamente medida, donde se marca un punto inicial y uno final. Luego, se toma un objeto que flote y se lo deja caer en el agua unos metros más arriba del punto cero. En el momento que éste pase por el inicio, comienza a medirse el tiempo que demora en llegar al punto final. Con ello, se determina la velocidad superficial del fluido.

Este método entrega valores rápidos, pero no tan precisos. Se tuvo en cuenta que el elemento de flotación no sea afectado por acciones externas del viento, para que se mueva en concordancia con el flujo superficial de forma tal que la medición sea lo más representativa posible. A su vez, se buscó realizar la tarea en un tramo del cauce donde se desarrolla un flujo lo más uniforme posible, exento de irregularidades. Luego, a partir de coeficientes de corrección, se puede pasar de un flujo superficial a la velocidad promedio del cauce.

Entonces, en campo se propuso una distancia de 10 metros y se arrojaron tres ramas de pesos similares para reducir dispersiones.

Tabla 4.2 – Mediciones de velocidad en el flujo.			
MEDICIÓN	Tiempo [s]	Distancia [m]	Velocidad [m/s]
1	37	10	0,27
2	30	10	0,33
3	34	10	0,29

Con estos valores, se obtuvo una velocidad promedio igual a **0,296 m/s**.

Un hecho importante a tener en cuenta al momento de analizar los resultados es que las ramas fueron arrojadas en la zona central del curso, donde su velocidad es prácticamente la máxima. Para pasar de ésta a un valor promedio, se utilizaron gráficas de isovalores de la distribución de velocidad en un canal, provistas por la cátedra de Hidráulica de Canales Abiertos.

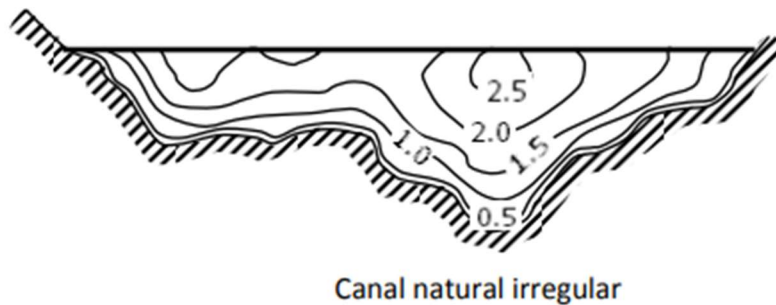


Figura 4.22 - Gráfica de isovalores de la distribución de la velocidad en un canal.

Se obtiene así la velocidad media del canal al dividir el valor promedio de todas las mediciones, es decir, 0,296 m/s, por un coeficiente igual a 2,5. Considerando además el área relevada del canal en esa sección, es posible obtener el caudal en el mismo para el día en particular en que se efectuó la medición.

Tabla 4.3 – Obtención del caudal a partir de la velocidad medida y el área			
Velocidad media [m/s]	Área [m ²]	Coef. de corrección	Caudal [m ³ /s]
0,120	19,24	0,8	1,84

Este caudal se compara con el registrado en la estación de La Emilia para ese mismo día. Este valor corresponde 1,13 m³/s.

Existe una diferencia del 60% entre caudales, y esto se puede explicar en parte por la distancia entre la estación La Emilia y la zona de implantación del proyecto, ya que se suma una mayor área de aporte aguas abajo, y también por las aproximaciones realizadas en la determinación de los parámetros relevados.

Se destaca de todas formas que se obtuvo un valor de caudal en el orden del esperado, lo que lleva a concluir que existe cierta coherencia entre la información obtenida en la estación de La Emilia y los datos relevados en campo.

4.5. Estudio geotécnico

Para el desarrollo del presente proyecto no se cuenta con información sobre el perfil geotécnico del suelo en el sector de implantación del proyecto, ya que no se han realizado los estudios de suelo correspondientes en el lugar. Sin embargo, la Municipalidad de San Nicolás facilitó al equipo un informe cercano a esta ubicación, el cual trata sobre un estudio llevado a cabo por Juan Carlos Rosado & Asociados, en 2014, para la construcción del Estadio de San Nicolás de los Arroyos. Las perforaciones se encuentran a una distancia de 3.400 metros con respecto al terreno en análisis. A continuación, se presenta el perfil estratigráfico resultante para este sitio.

En primer lugar, las variables de interés prioritario, dentro de todas aquellas que arroja el informe, son las propiedades geotécnicas del suelo en cuanto a su capacidad resistente, ya que serán definitorias a la hora de diseñar las fundaciones de la presa. Por otro lado, también se pudo rescatar la siguiente información,

Tabla 4.4 - Resultados del estudio geotécnico.

Profundidades referidas a Boca de Pozo	Cotas referidas a Nivel 0,00 de referencia	Tensiones admisibles para bases aisladas Kg/cm ²	Coefficiente Balasto Kg/cm ³	Tensiones admisibles para zapatas continuas Kg/cm ²
0,60 a 1,00	-0,30 a -0,70	-----	3,50	1,40
1,00 a 1,50	-0,70 a -1,20	1,70	4,20	1,40
2,00	-1,70	1,90	4,70	1,50
3,00	-2,70	3,20	8,40	2,40
4,50	-4,20	4,50	10,00	-----

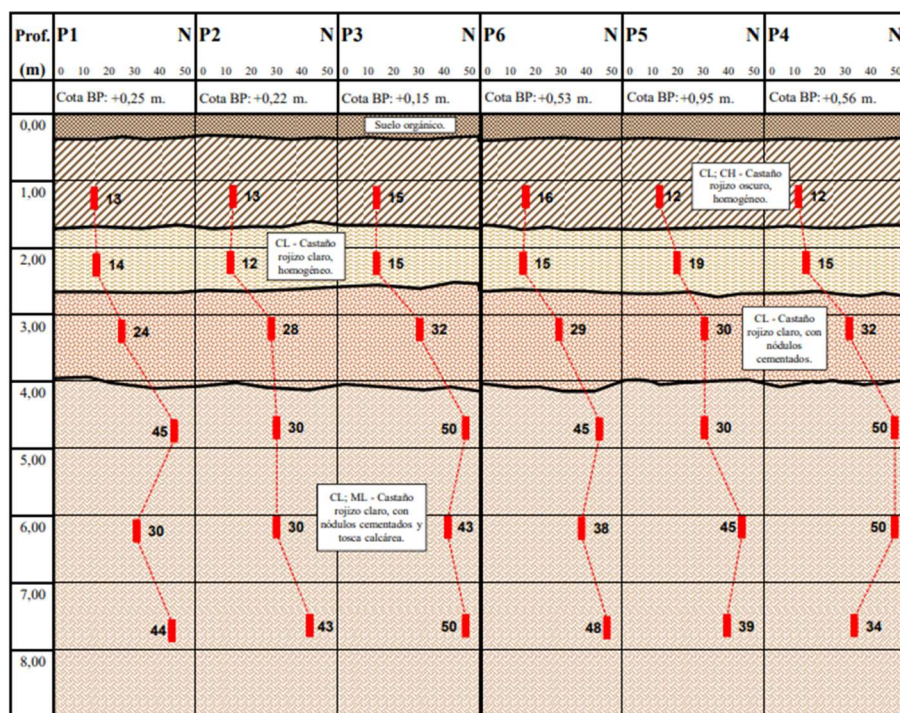


Figura 4.23 - Perfil estratigráfico obtenido para la construcción del Estadio de San Nicolás de los Arroyos.

Como puede observarse en la Figura 4.23, se trata de una zona con fuerte presencia de suelos cohesivos de consistencia compacta, mientras que en los estratos más profundos se cuenta además con nódulos cementados y tosca calcárea de consistencia dura.

También, interesa conocer la permeabilidad del suelo, con el fin de estudiar el fenómeno de filtración que puede llegar a producirse por debajo de la futura presa. Sin embargo, en el informe recopilado no se han ejecutado ensayos de permeabilidad, ni se proporciona ningún valor de referencia con respecto al coeficiente de permeabilidad.

A pesar de esto, sí se cuenta con gran cantidad de información respecto a otras variables del suelo, por lo que a partir de ella será posible estimar dicho coeficiente en función del tipo de suelo involucrado. Para esto, se emplea la tabla de “Permeabilidad y Condiciones de drenaje de los suelos”, extraída del libro *Mecánica de suelos en la Ingeniería Práctica* de los autores K. Terzaghi - R. Peck - G. Mesri. Dicha publicación forma parte de la bibliografía recomendada por la cátedra de Ingeniería Geotectónica.

En base a lo observado en el informe, para el análisis de filtraciones se puede simplificar el suelo existente y considerar solo dos estratos. El primero comprende desde el nivel de terreno natural hasta una profundidad de 4,00 metros, y representa el manto más permeable compuesto por arcillas magras compactas. Se adopta coeficiente de permeabilidad $k = 1 \times 10^{-5}$. El segundo estrato comprende la profundidad desde el nivel -4,00 m hasta -8,00 m, y representa un manto con propiedades más impermeables, compuesto por arcillas magras muy compactas. Se adopta un coeficiente de permeabilidad $k = 1 \times 10^{-6}$.

5. PROYECTO DE LA NUEVA PRESA

Se definió como lugar de implantación de la nueva represa un punto intermedio entre las estructuras actualmente destruidas, las cuales se pueden ubicar en la Figura 2.3.

En este apartado se presenta un análisis detallado de las consideraciones tenidas en cuenta a la hora de llevar a cabo el proyecto de la nueva obra, desde un análisis de los datos hidrológicos recabados hasta las cuestiones constructivas y verificaciones estructurales de la misma.

5.1. Estudio hidrológico

En primer lugar, es necesario conocer los aspectos hidrológicos de la cuenca de aporte para así encontrar la mejor solución constructiva para la presa, ya que es la carga con la que se diseñará la estructura. A lo largo del apartado **4. Información base y antecedentes** se detalló toda la información recopilada y las inferencias realizadas a partir de ella.

5.1.1. Determinación de caudales

El objetivo de este apartado es determinar los caudales que presenta el arroyo en la zona en estudio, los cuales circularán por la presa que se está diseñando. Para esto, se tuvo en cuenta la información hidrológica obtenida en la Estación La Emilia. Como se mencionó con anterioridad, a pesar de la dispersión encontrada en los resultados, la misma no representa una incongruencia que anule su utilidad para el proyecto; por lo que, de acuerdo al criterio del equipo de trabajo, se la considera como una fuente confiable de información para el desarrollo de este análisis.

En este sentido, se analizaron entonces los datos obtenidos del SNIH en el periodo de tiempo comprendido entre principios de 1993 hasta fines de 2022 (30 años de estudio), en la Estación La Emilia³.

Se tomó una serie de valores de caudal medio diario en el periodo mencionado, y se discretizó la totalidad de los mismos en distintos rangos. Además, para cada uno se estableció un porcentaje de frecuencia con respecto a la totalidad de caudales registrados.

Tabla 5.1 – Resultados de aforos en La Emilia

Rango de caudales [m ³ /s]	Cantidad	Porcentaje [%]	Porcentaje Acum. [%]
0-1	1421	13,7	13,7
1-2	1956	18,8	32,5
2-3	1960	18,9	51,4
3-4	1298	12,5	63,8
4-6	1333	12,8	76,7
6-8	588	5,7	82,3
8-10	379	3,6	86,0
10-20	580	5,6	91,6

³ Ver apartado 4.3.1. Estación de La Emilia.

Continuación Tabla 5.1 – Resultados de aforos en La Emilia			
20-40	350	3,4	94,9
40-60	156	1,5	96,4
60-80	98	0,9	97,4
80-100	58	0,6	97,9
100-150	79	0,8	98,7
150-200	48	0,5	99,1
200-250	20	0,2	99,3
250-300	20	0,2	99,5
300-400	33	0,3	99,8
400-500	10	0,1	99,9
500-600	5	0,05	100,0

En la Figura 5.1 se presenta un gráfico de porcentajes basado en la información de la Tabla 5.1, y en la Figura 5.2 la correspondiente curva de porcentajes acumulados.

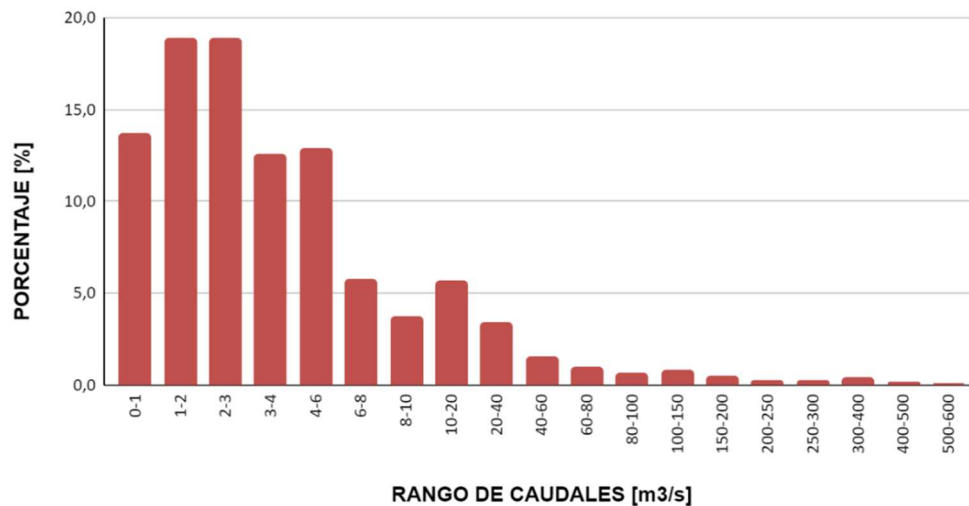


Figura 5.1 - Discretización de caudales de la Tabla 5.1 en porcentajes. Fuente: producción propia.

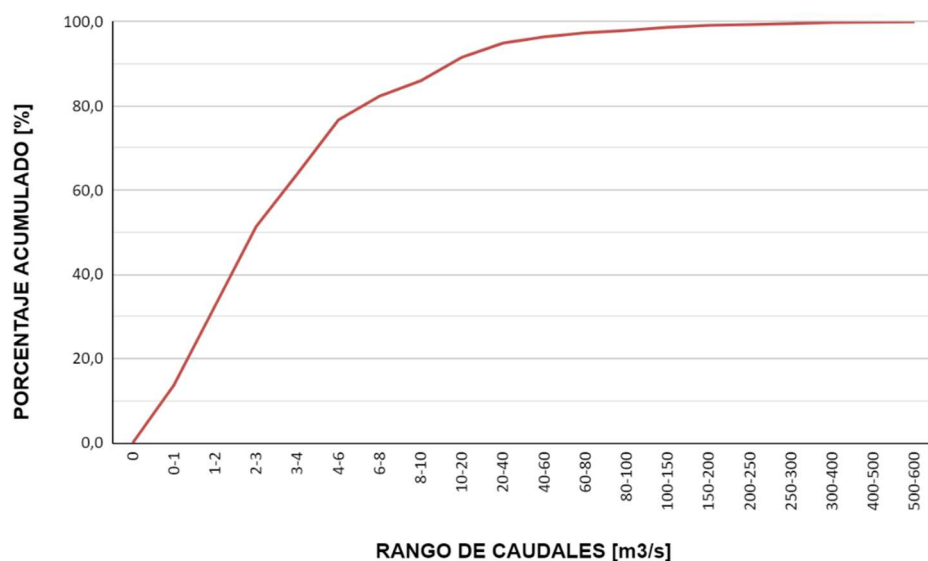


Figura 5.2 - Curva de porcentaje acumulado. Fuente: producción propia.

Como conclusión breve de la información expuesta puede verse que, durante un amplio porcentaje de tiempo, los caudales son bajos, y solo en pocas oportunidades se presentan incrementos. Específicamente, para el 76,6% del tiempo el caudal no excede los 6 m³/s, y para el 82,3% del tiempo el caudal no sobrepasa los 8 m³/s.

5.1.2. Curva Caudal vs. Tirante a partir de la Ec. de Chezy- Manning

Resulta de gran importancia contar con la curva H-Q en la zona de implantación de la futura estructura, ya que permitirá conocer el tirante aguas abajo de la presa para distintos caudales, lo cual servirá luego para calcular el caudal de salida de la misma.

En primer lugar, se construyó un nuevo perfil transversal, tomando como base el perfil de la Figura 4.21 y corrigiéndolo con la información obtenida en el apartado **4.3.3. Estudio del Arroyo del Medio en el año 2004**. Dicho perfil se presenta en el Plano 05 “Perfiles transversales relevados”, anexado junto con el presente informe.

Para el trazado de la curva H-Q se utiliza la Ecuación de Chezy-Manning junto a la Ecuación de Continuidad.

$$Q = A \times V = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

donde:

A es el área de la sección transversal del curso de agua [m²]

V es la velocidad del flujo [m/s]

n es el coeficiente de Manning

R es el radio hidráulico de la sección transversal del curso [m]

S es la pendiente longitudinal del curso

Sobre el perfil transversal se propone un tirante h=0,10 m y se obtiene el área, perímetro y radio hidráulico correspondientes a este valor. Luego se hace lo mismo con un tirante h + Δh, siendo Δh=0,10 m. Así, se obtienen los datos de **A** y **R** requeridos para construir la curva H-Q.

- **Determinación del coeficiente de rugosidad de Manning η**

Se sabe que el valor de “η” es muy variable y son muchos los factores que lo afectan, entre ellos: la rugosidad de la superficie, vegetación, irregularidad del canal, depósito y socavaciones, obstrucción y tamaño del canal, nivel y caudal, entre otros. Un procedimiento desarrollado por Cowan permite estimar el valor de η, de la siguiente manera,

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times m_5$$

donde:

n₀ es un valor básico de la rugosidad de un canal recto y uniforme

n_1 tiene en cuenta el efecto provocado por la irregularidad del material de superficie

n_2 tiene en cuenta las variaciones de forma y tamaño de la sección transversal

n_3 considera las obstrucciones de un canal

n_4 valor originado por la presencia de vegetación sobre la superficie mojada

n_5 factor de corrección que se incorpora por la presencia de meandros en el canal

Una vez sabido qué representa cada coeficiente, se utiliza una tabla de valores recomendables para cada uno de ellos, y esto se hace respecto de la condición en la que cada variable se encuentre. Dicha tabla se adjunta en el Anexo Hidráulico – “Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante la ecuación de Cowan”, y fue obtenida de los apuntes de la cátedra de Hidráulica de Canales Abiertos.

Los valores adquiridos para cada coeficiente en la condición original son:

Tabla 5.2 – Valores adoptados para el cálculo del coeficiente de Chezy-Manning			
Variable	Se adopta	Coef. Canal Principal	Coef. Valle de inundación
Material	Tierra	$n_0 = 0,020$	$n_0 = 0,020$
Grado de irregularidad	Menor	$n_1 = 0,005$	$n_1 = 0,005$
Variaciones de la sección transversal del canal	Ocasionalmente alternante	$n_2 = 0,005$	$n_2 = 0,005$
Efecto relativo de obstrucciones	Severo	$n_3 = 0,010$	$n_3 = 0,015$
Vegetación	Baja	$n_4 = 0,005$	$n_4 = 0,04$
Cantidad de meandros	Menor	$n_5 = 1,000$	$n_5 = 1,000$

$$\eta_{\text{canal principal}} = (0,020 + 0,005 + 0,005 + 0,010 + 0,005) \times 1,000 = \mathbf{0,045}$$

$$\eta_{\text{valle de inundación}} = (0,020 + 0,005 + 0,005 + 0,015 + 0,04) \times 1,000 = \mathbf{0,085}$$

Finalmente, el coeficiente de Chezy-Manning resultante es **0,045** para el canal principal del cauce, y para el valle de inundación es **0,085**.

- **Determinación de la pendiente media de la cuenca**

Se determinó esta variable a partir de los datos obtenidos del perfil longitudinal analizado en el apartado **4.3.3. Estudio del Arroyo del Medio en el año 2004**.

En este punto resultó $S = 0,245\%$.

- **Curva H-Q**

Esta curva obtenida es representativa del comportamiento del arroyo en la zona en estudio. Se puede observar un primer tramo hasta el valor de tirante 1,75 m, punto donde el pelo de agua aun no sobrepasa el cauce principal. Superado este tirante, se observa un cambio de tendencia en la curva, en donde para un pequeño aumento del tirante aumenta mucho el caudal. Esto se debe a

que, a partir de este nivel, el arroyo desborda hacia el valle de inundación y el área que ocupa el agua crece con gran rapidez.

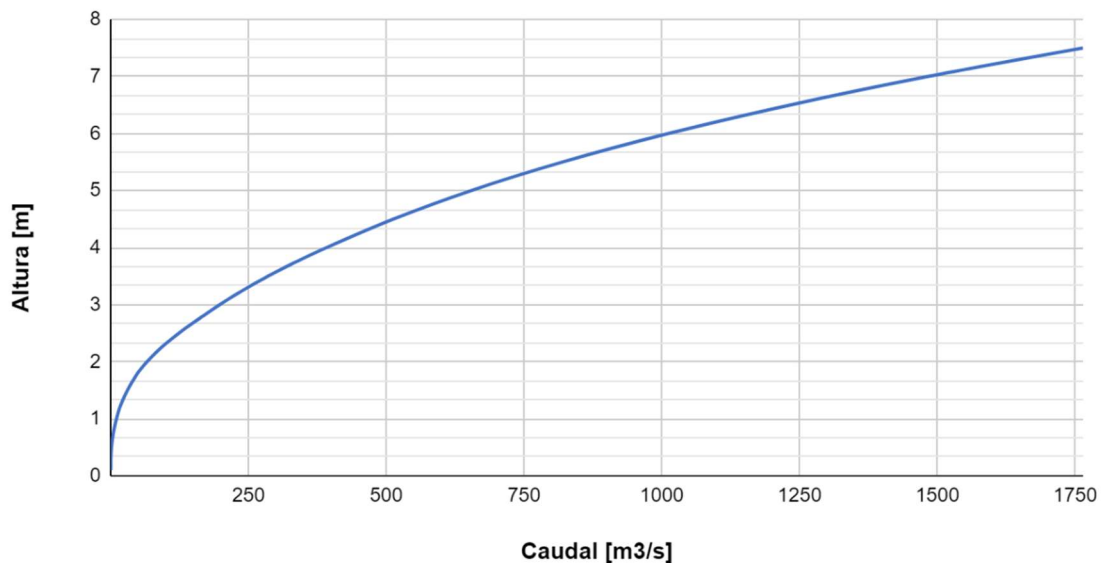


Figura 5.3 - Curva H vs. Q del Arroyo del Medio en la zona en estudio. Fuente: producción propia.

5.2. Condiciones limitantes aguas arriba

Conocer el volumen que almacena la presa es de gran importancia para estudiar el comportamiento del cauce en la zona de implantación de la misma. Este dato se relaciona directamente con el área de inundación, la cual se debe limitar para que no se produzcan anegamientos en poblaciones o construcciones cercanas ubicadas aguas arriba de la estructura.

En este caso, se tienen dos condiciones que limitan la mancha de inundación y más específicamente el nivel del pelo de agua que se puede alcanzar. La primera de ellas es el puente ferroviario ubicado 300 metros aguas arriba de donde se pretende construir la presa. Se trata de una obra de arte cuya estructura es metálica reticulada, presenta doble sentido de circulación y está compuesta de tres tramos de viga de 40 metros de luz cada uno. Lo determinante en este puente es la cota inferior del mismo de 18,70 m (cota IGN), la cual bajo ninguna circunstancia puede ser alcanzada por el pelo de agua.

La segunda condición determinante es la localidad de La Emilia ubicada aguas arriba del sector en estudio, específicamente a 4,17 km en esa dirección. Gracias a la información presentada en el apartado **4.3.3. Estudio del Arroyo del Medio en el año 2004**, se determinó que la cota límite es de 19,66 m (cota IGN)⁴.

Podría existir una tercera limitación que es la línea de alta tensión indicada en la Figura 4.4 que atraviesa el parque pero, al encontrarse aguas abajo de la misma, no representa tal condición.

⁴ Cota obtenida del perfil transversal E15. Ver ubicación del mismo en Plano 03 "Arroyo del Medio – Perfil longitudinal y planta".



Figura 5.4 - Ubicación de la presa a proyectar y su cercanía con el puente ferroviario y con La Emilia.

Se establece que la condición más pesante entre las dos es el puente ferroviario, es decir la cota IGN +18,70, por lo que el nivel superior de la presa debe ser inferior a esta. A este nivel se lo definió como +13,00 IGN (tema a desarrollar en el próximo apartado **5.3 Diseño de la represa**), por lo que se concluye que se está en buenas condiciones. Por último, cabe mencionar que, como este estudio es preliminar, se opta por no realizar un análisis de curva de remanso.

5.3. Diseño de la represa

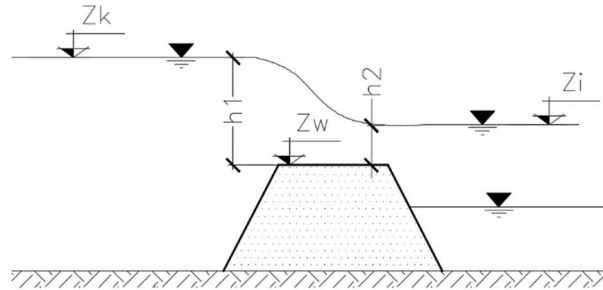
Considerando la significativa influencia de la arquitectura en la zona intervenida, la búsqueda de diseños adecuados para la presa ha sido una tarea importante en el proceso de planificación. Dado el enfoque estético y funcional del proyecto, el elemento central del mismo debe complementar y realzar el entorno circundante. En este sentido, se ha optado por un diseño que permita el tránsito peatonal sobre la presa durante condiciones de caudales ordinarios.

Se presenta a continuación una alternativa que ha sido implementada en dos parques distintos: Waubonsie Lake Park, ubicado en Illinois, Estados Unidos, y la misma ciudad de San Nicolás de los Arroyos, en RYCSA. En la Figura 5.5 se presenta tal diseño. Estos ejemplos proporcionan una base sólida para la implementación de un diseño similar en este proyecto. De esta forma, se obtiene una presa que no solo cumple con su función hidráulica, sino que también añade un valor estético y recreativo al parque, mejorando así la experiencia de los concurrentes.



Figura 5.5 - Referente para el diseño de la nueva presa.

El diseño de la represa responde al funcionamiento de un vertedero de cresta ancha no curvo, cuyas ecuaciones para el cálculo de caudal depende de si la descarga es libre o ahogada. De acuerdo al siguiente esquema, esta última condición se da cuando $h_2 > 0,66 h_1$.



Condición descarga ahogada $Q = \mu_2 \sqrt{2g} L (Z_i - Z_w)(Z_k - Z_i)$

Condición descarga libre $Q = 1,707 \mu_1 L (Z_k - Z_w)^{3/2}$

Donde,

- μ_1 Se adopta 0,90
- μ_2 Valor a determinar
- L Varía según el nivel de agua debido al diseño de la presa

El vertedero tiene una forma dentada, de manera de lograr unos escalones que permitan el paso de los usuarios de un lado del margen al otro, como se muestra en la Figura 5.6; por donde el agua en condiciones normales pasará por estos espacios, siendo el cálculo del caudal el mencionado anteriormente, y cuya longitud es la suma de cada espacio por el que pase el flujo.

A continuación, se muestran dos esquemas indicando la forma de la presa con los distintos niveles propuestos.

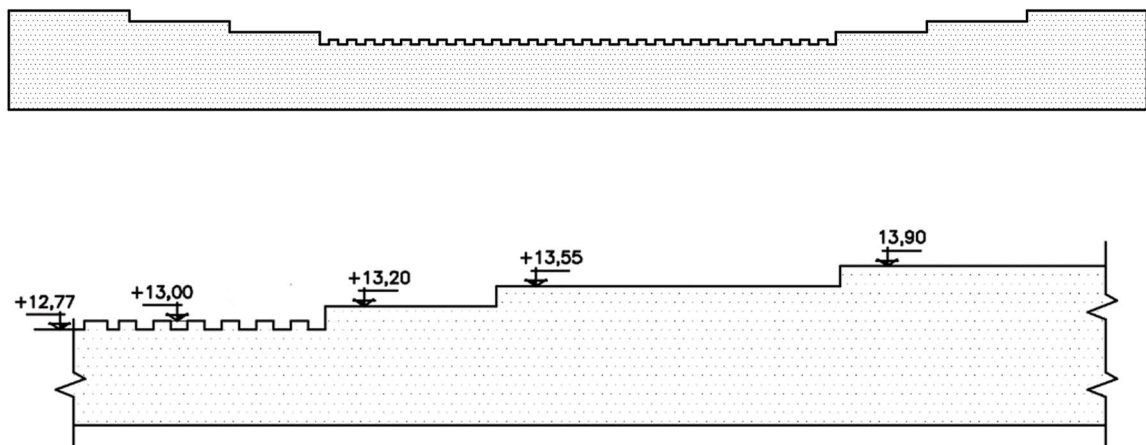


Figura 5.6 – Esquema transversal de la presa propuesta, con niveles asociados.

El cálculo comienza en la cota IGN +12,77 en la cual, a partir de la misma, el agua fluye por el elemento. Se propone una altura de agua y, suponiendo descarga libre al principio, se realiza el cálculo del caudal para la altura propuesta. Luego, se verifica con la curva H-Q aguas abajo que, para el caudal que está pasando por el vertedero, le corresponda un tirante que sea acorde a la condición de descarga libre propuesta.

Para la altura del diente (cota IGN +13,00) el caudal de salida es de 2,64 m³/s, con condición de descarga libre.

A partir de esta última cota, la descarga comienza a darse por secciones diferentes, por lo que se separa el caudal pasante por cada sección hasta la cota +13,20, cota del primer escalón de la presa. Al igual que antes, para esta cota, el caudal total pasante es de 8,90 m³/s, cuyo tirante correspondiente aguas abajo es de 1,22 metros, correspondiéndole una cota IGN de +12,65 y confirmando condición de descarga libre.

El caudal calculado hasta el momento es de 8,90 m³/s, por lo que, según la Tabla 5.1, casi un 85% del tiempo los caudales medios diarios son inferiores a este valor. Entonces, se intuye que en la mayoría de los casos el caudal circula por este sector de la presa. Esto es importante ya que el espacio recuperado, solamente por el diseño de la presa, va a tener un gran porcentaje del tiempo en uso en su totalidad, sin contar las compuertas de regulación instaladas en el canal de desviación para atenuar una posible crecida que permiten controlar el espejo de agua.

El cálculo sigue la misma lógica en los próximos niveles, ajustando la ecuación según corresponda. Finalmente, para el nivel +13,55 se obtiene un caudal de 28,19 m³/s; y para el nivel +13,90 se obtiene un caudal de 58,47 m³/s. A partir de este punto, el agua sobrepasa el nivel más alto que se propuso para la presa, es decir, el sector dentado más la serie de escalones. Sin embargo, los escenarios que representan esta situación son el 3,5% según los datos analizados.

Luego, la situación que se presenta a partir de la cota 13,90 es compleja, debido a que el agua ya no fluye únicamente por el cauce principal del arroyo sino que entra en juego el valle de inundación. Por lo tanto, la ecuación de vertedero de cresta ancha ya no resulta representativa en la totalidad del cauce. Es así que, para el valle de inundación, se emplea la Ecuación de Chezy-Manning para el cálculo de los caudales, extendiendo el análisis hasta la cota +18,00.

Finalmente, como criterio de proyecto se definió que el diseño de la presa sea para que esta trabaje hasta los 8 m³/s en el sector del vertedero principal. De esta manera, se espera que solo en pocas situaciones (17,7%) deban trabajar también los vertederos secundarios.

En la siguiente Figura 5.7 se presenta la curva Cota IGN vs. Caudal obtenida a partir de las deducciones expuestas.

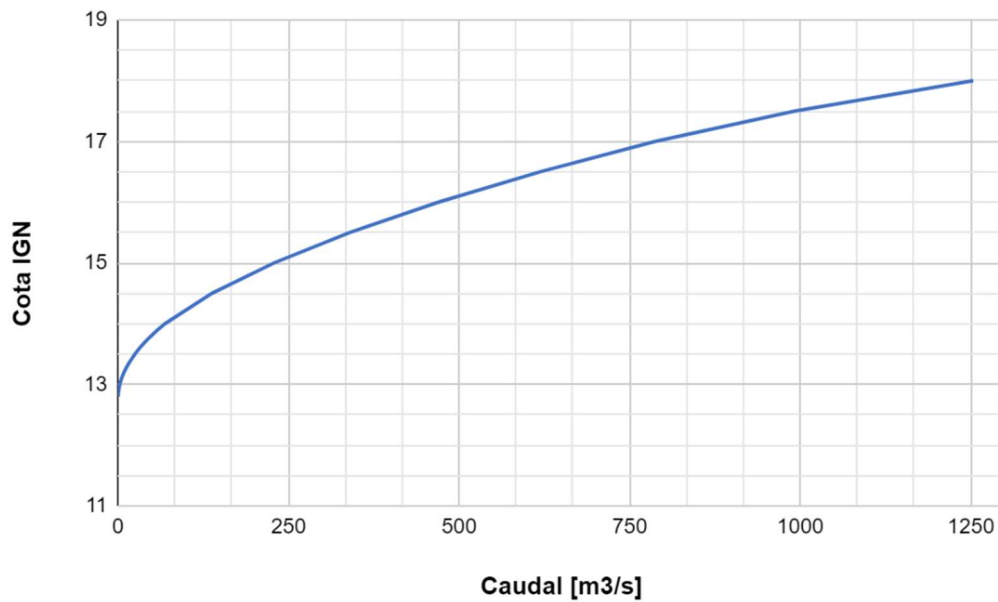


Figura 5.7 - Curva Cota IGN vs. Caudal. Fuente: producción propia.

5.4. Volumen de almacenamiento y área inundable

Se determina el volumen de almacenamiento y el área inundada correspondiente para distintas alturas comenzando desde la cota inferior del embalse, a la que le corresponde un volumen de almacenamiento igual a cero. Esta cota IGN es +11,38.

Para el cálculo del volumen se procede de la siguiente manera: se coloca el cierre de la presa en el arroyo, y se estudia las curvas de nivel que encierra aguas arriba. Se contaba en principio con curvas cada un metro de altura y, para hacer un estudio más preciso, se trazaron nuevas curvas intermedias de 0,50 metros en la zona de interés. El detalle de estas se puede consultar en el Plano 02 “Áreas y volúmenes de embalse”.

A partir de las curvas de nivel, se determina el área comprendida entre dos áreas consecutivas Ω en relación con su respectiva cota, y una vez calculadas las áreas a distintas cotas, deben determinarse los volúmenes parciales como se muestra a continuación,

$$V_0 = 0.5 \Omega_0 h_{0p}$$

$$V_1 = 0.5(\Omega_0 + \Omega_1)h_{01}$$

$$V_2 = 0.5(\Omega_1 + \Omega_2)h_{12}$$

$$V_i = 0.5(\Omega_{i-1} + \Omega_i)h_{i-1,i}$$

Estos volúmenes sirven para obtener el volumen acumulado, es decir, el volumen total que embalsa la presa. Los resultados son,

Tabla 5.3 – Resultados del cálculo de volúmenes							
Cota IGN	Áreas parciales [m²]	Áreas Acum. [m²]	Áreas Acum. [hm²]	Cota s/TN	Volúmenes [m³]	Vol. Acum. [m³]	Vol. Acum. [Hm³]
11,38	0	0	0	0	0	0	0
11,50	128	128	0,0128	0,12	7,680	7,68	0,000008
12,00	2.778	2.906	0,2906	0,62	758,500	766,18	0,000766
12,50	4.042	6.948	0,6948	1,12	2.463,500	3.229,68	0,003230
13,00	10.912	17.860	1,786	1,62	6.202,000	9.431,68	0,009432
13,50	9.250	27.110	2,711	2,12	11.242,500	20.674,18	0,020674
14,00	41.412	68.522	6,8522	2,62	23.908,000	44.582,18	0,044582
17,00	210.362	278.884	27,8884	5,62	521.109,000	565.691,18	0,565691
18,75	1.107.343	1.386.227	138,6227	7,37	1.456.972,125	2.022.663,31	2,002663
20,00	1.971.643	3.357.870	335,787	8,62	2.965.060,625	4.987.723,93	4,987724

Cabe aclarar que se estudiaron estos volúmenes hasta la cota +20,00 para poder observar el área de inundación que puede generarse cuando se presenten caudales extraordinarios que pasen sobre la presa; sin embargo, el nivel superior de la presa es +13,00. Finalmente, para esta última cota, el volumen máximo resultante embalsado es **9.431 m³**. Se presenta a continuación la curva *Volumen Acum. vs. Cota IGN*.

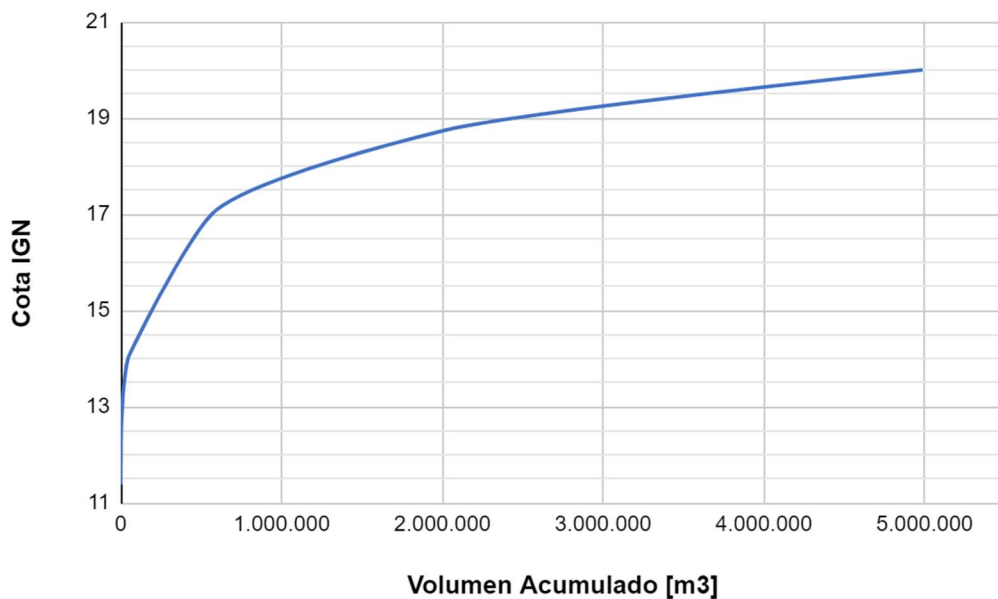


Figura 5.8 - Curva Volumen Acumulado vs. Cota IGN. Fuente: producción propia.

5.5. Laminación

La interposición de una presa en un curso de agua merece el estudio sobre el efecto que provocará la misma en el flujo, respecto a la situación original. Para ello, se realiza una laminación considerando que, para un sistema hidrológico, la entrada $Q_e(t)$, la salida $Q_s(t)$ y el almacenamiento $V(t)$ se relacionan por la Ecuación de Continuidad,

$$dVdt = Q_e(t) - Q_s(t)$$

Con el objetivo de resolver este problema se utiliza el Método de Propagación, para lo cual debe conocerse,

- El hidrograma entrante al embalse
- La relación entre el almacenamiento (volumen del embalse) y la cota del embalse
- La relación entre la cota del embalse y el caudal saliente, lo que a su vez establece una relación entre el almacenamiento y el caudal de salida

De los tres requerimientos, la relación entre el almacenamiento y la cota de embalse, y la relación entre la cota del embalse y el caudal saliente es información que ya se ha tratado anteriormente. Con respecto al primero se cuenta con el dato de cuatro hidrogramas, mencionados en el apartado **4.3.3 Estudio del Arroyo del Medio en el año 2004**, de los cuales dos de ellos corresponden a lluvias de dos días mientras que el resto a lluvias de extensión en el tiempo. Como criterio, se optó por utilizar un hidrograma proveniente de una lluvia de solo dos días, de modo que represente una situación típica. Finalmente, para este análisis se emplea el hidrograma correspondiente a la primera tormenta.

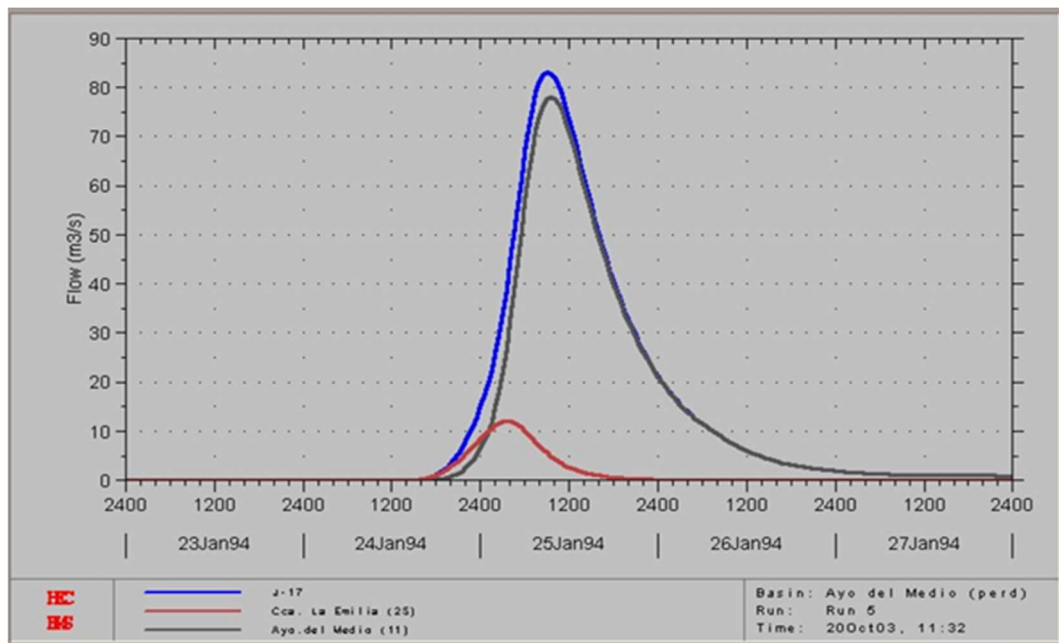


Figura 5.9 - Hidrograma entrante al embalse utilizado para el proceso de laminación.

Luego, resulta de interés conocer la recurrencia a la que corresponde esta tormenta. Sin embargo, como no se cuenta con esta variable se la estimará mediante curvas realizadas por el Dr. Ing. Pedro Basile en un estudio llevado a cabo por él y demás profesionales. Las mismas fueron obtenidas por ajuste del modelo probabilístico de Gumbel, con datos pluviográficos entre 1942-1984, en la ciudad de Rosario.

Al contar con datos de la tormenta cada 24 hs, se utiliza la gráfica presentada en la Figura 5.10 ingresando con la lámina de lluvia de 95 mm⁵ correspondiente a la Estación de Conesa, y se

⁵ Valor obtenido del Estudio del Arroyo del Medio (año 2004) – Tabla 4.1.

intercepta la curva teórica de 24 hs con esta lámina. De esta manera, la recurrencia obtenida para esta tormenta es de **2 años**.

Esta lluvia es discretizada en intervalos de tiempo de media hora, o 1.800 segundos, con una duración total de 80 horas.

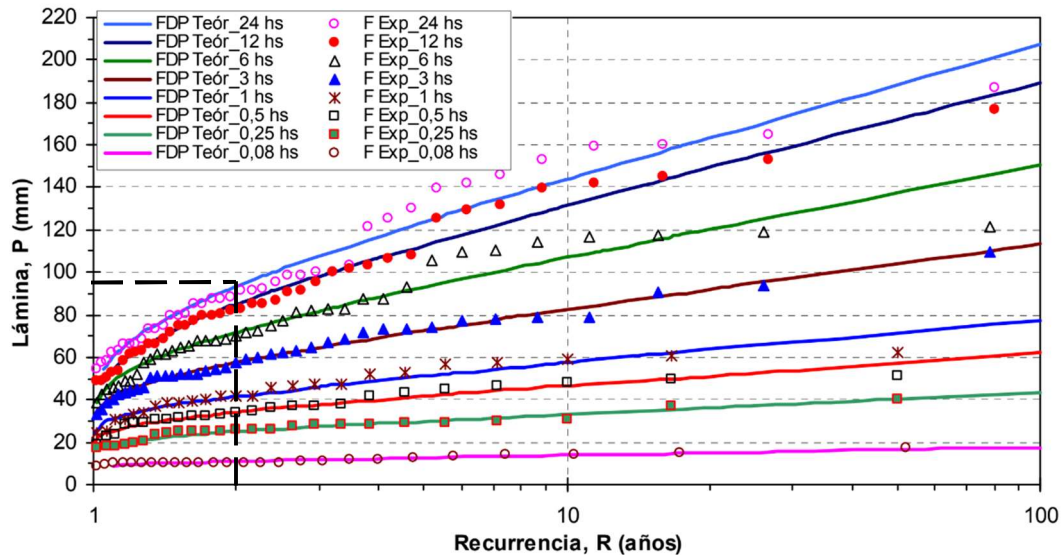


Figura 5.10 - Ajuste del modelo probabilístico de Gumbel.

Por otro lado, el efecto que logre la interposición de una presa en un curso de agua en la laminación se hace más notable cuando la condición es de “embalse vacío”, ya que el caudal entrante $Q_e(t)$ primero llenará el embalse hasta la cota de salida del vertedero; por lo cual, a partir de ese momento, comenzará a salir el caudal de salida $Q_s(t)$. Es por esto que el análisis se realiza para este tipo de condición inicial, y con un caudal de entrada con recurrencia 2 años se llega al siguiente resultado,

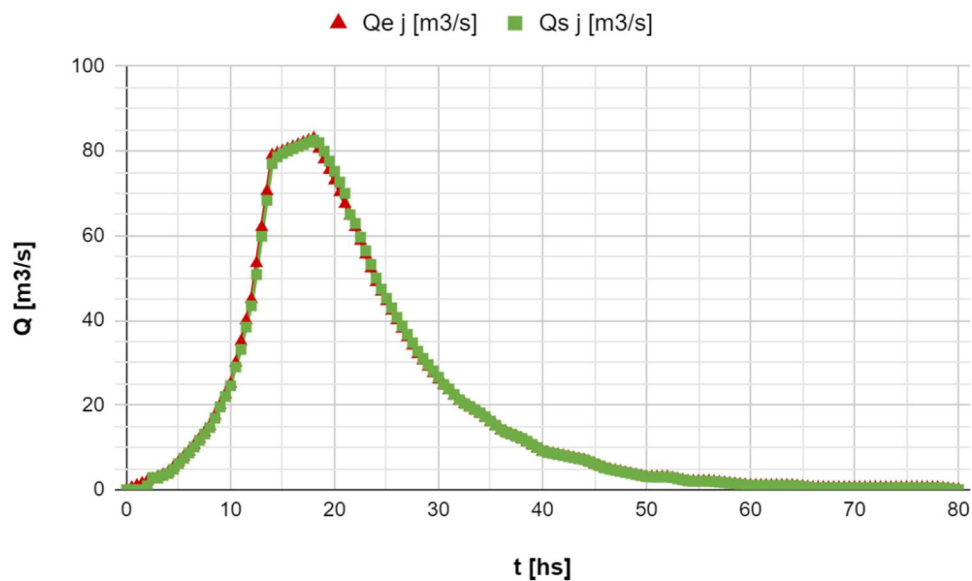


Figura 5.11 – Hidrograma de la laminación. Fuente: producción propia.

A continuación, en la Figura 5.12 se muestran en mayor detalle los caudales para las primeras diez horas analizadas, y en la Figura 5.13 se hace foco en los picos registrados.

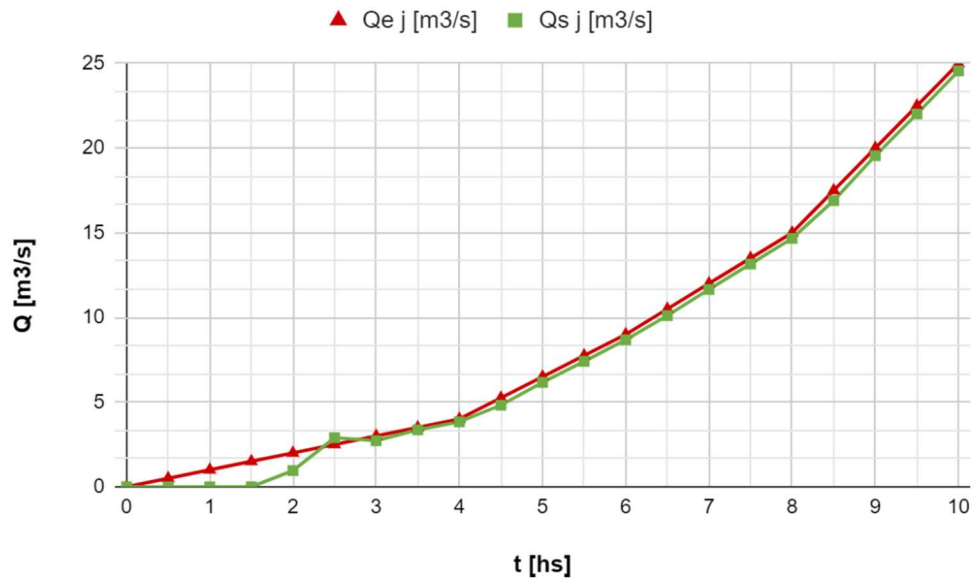


Figura 5.12 - Detalle de la laminación para las primeras diez horas. Fuente: producción propia.

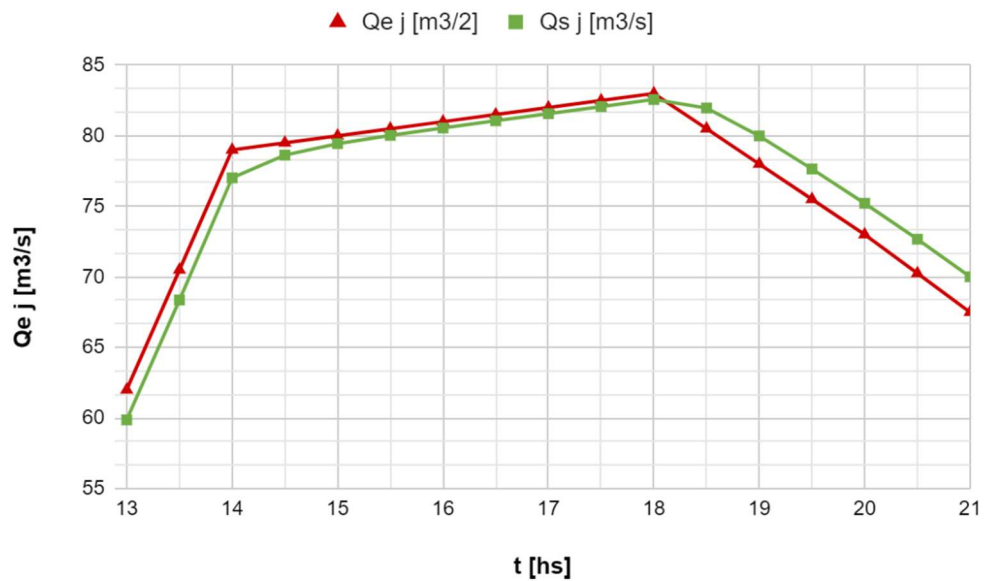


Figura 5.13 - Detalle de los picos de la laminación. Fuente: producción propia.

Este tipo de respuesta expone el efecto mínimo de la interposición de la nueva presa en el curso de agua, ya que genera variaciones poco marcadas en comparación con la situación original sin la presencia de este elemento. En otras palabras, el volumen almacenado es muy pequeño respecto al volumen del hidrograma de diseño, por lo que no se producen cambios en el funcionamiento hidrológico de la cuenca.

Finalmente, como el objetivo del proyecto no es retrasar caudales de salida, ni disminuir el caudal pico de alguna crecida, puede concluirse que la represa proyectada no produce alteraciones notables respecto de las condiciones originales del lugar.

5.6. Diseño estructural de la presa

La tipología estructural propuesta para la obra hidráulica es la de *presas de gravedad*. Las presas de hormigón pueden ser proyectadas en cualquier condición topográfica, pero su perfil, para garantizar la seguridad de la estructura, dependerá de la resistencia del material en el que se cimenta. De ahí la importancia de disponer de estudios geológicos y geotécnicos confiables para diseñar sus fundaciones. Tal como se explicó anteriormente, para el presente proyecto se cuenta con un estudio de suelo realizado en un sector de la ciudad ubicado a 3,6 km de distancia con respecto al parque Molino Santa Clara, y con estos valores se verifica la estabilidad de la estructura.

La configuración de la nueva represa sigue la lógica de este tipo de estructuras, donde la presión del agua y la sub-presión en su base, que actúan de manera permanente, tienen una distribución triangular. Es por ello que el perfil de la presa para resistir dichas acciones tiende a adoptar la misma forma. Sin embargo, dichas fuerzas no son las únicas involucradas en el análisis, por lo que la definición de sus dimensiones será de acuerdo a la totalidad de esfuerzos actuantes y a la funcionalidad para la cual es proyectada.

Todas las estructuras hidráulicas, incluidas las presas, de alguna u otra manera se encuentran permanentemente sometidas a la acción del agua, lo cual genera fuerzas actuantes de carácter físico, químico y biológico. Además, el suelo siempre está en contacto con la presa y ejerce presiones sobre la estructura de manera constante, las cuales deben ser controladas para garantizar su estabilidad.

A continuación, se describen únicamente las acciones actuantes de carácter físico más relevantes, las que serán consideradas en la verificación estructural de la presa.

1. **Peso propio.** Esta carga se concentra en el centro de gravedad de la estructura, y depende de su geometría y peso específico.
2. **Presión del agua**
 - a. Presión en dirección horizontal
 - b. Presión en dirección vertical
3. **Sub-presión.** La presión en un punto es igual en todas las direcciones. Esto significa que, si hay una presión en el sentido horizontal en el extremo inferior de la presa aguas arriba, debe existir una presión de igual magnitud en el sentido vertical, la misma que trata de levantar la estructura. Así también, debido a la diferencia de carga hidráulica H , el flujo tratará de desplazarse desde la zona de aguas arriba del embalse hacia aguas

abajo. A este fenómeno se le denomina filtración; de esta manera la energía hidráulica o carga H se pierde poco a poco, a lo largo de su recorrido por la cimentación.

4. Empuje de suelo

- Empujes de suelo activo
- Empujes de suelo pasivo

En el esquema de la Figura 5.14 se indican de manera simplificada aquellas fuerzas consideradas en el análisis, teniendo en cuenta una condición de embalse lleno y previa descarga sobre el vertedero.

Por otro lado, para analizar la variación de la fuerza de sub-presión a largo del ancho de la presa se realizó un modelo de elementos finitos mediante un software, y sus resultados serán detallados en el siguiente apartado del informe. Si bien, como se explicó anteriormente, cuando existe una presión en el sentido horizontal en el extremo inferior de la presa aguas arriba debe existir una presión de igual magnitud en el sentido vertical, se realiza una simplificación considerando que la distribución de la fuerza horizontal producto de la presión del agua es lineal, tanto en el volumen de agua como en el espesor del estrato de suelo que corresponda, sin considerar ningún tipo de pérdida de presión en este último.

Sin embargo, como resultado del procesamiento del software, el mismo arroja un valor para la sub-presión apenas inferior al que corresponde con la hipótesis mencionada por lo que, para este efecto, se consideran los valores obtenidos directamente del programa.

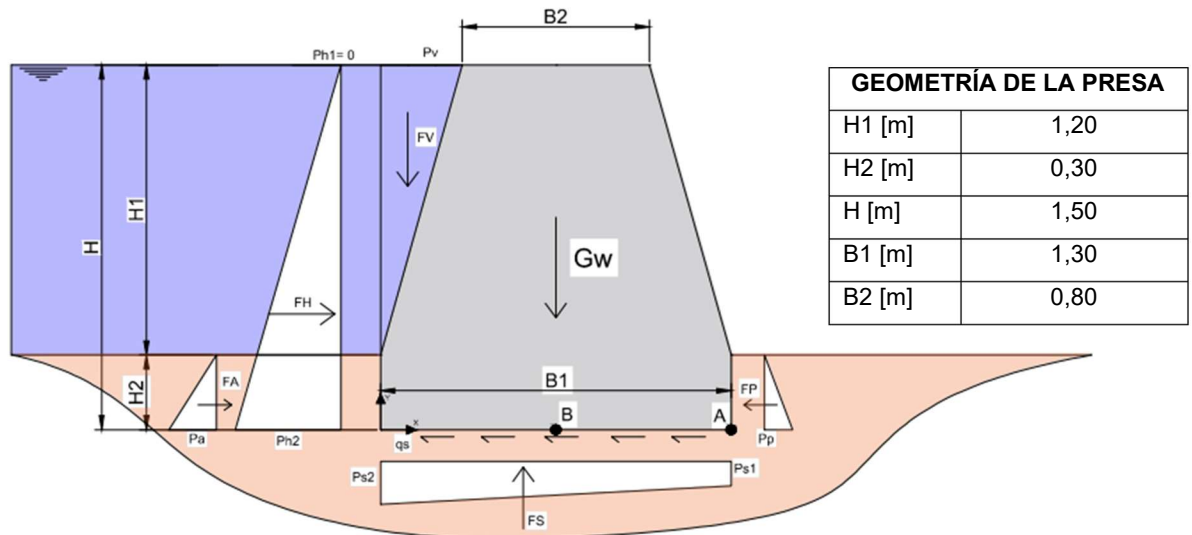


Figura 5.14 - Diagrama de fuerzas actuantes sobre una presa de gravedad.

Por otro lado, el análisis de estabilidad de la presa debe verificarse bajo tres aspectos fundamentales,

1. **Vuelco.** Una presa de gravedad tiende a volcar alrededor de su “pie” ubicado en el extremo del paramento aguas abajo del cimiento (punto A en Figura 5.14), o alrededor del extremo aguas abajo de cualquier sección horizontal.
2. **Deslizamiento.** La resultante de fuerzas horizontales ΣV tiende a hacer deslizar la presa en dirección aguas abajo. Esta acción es resistida por el empuje pasivo del suelo, por la fuerza de rozamiento y por la resistencia al corte que se manifiesta en la base producto de esta última, siendo esta la que se considera en el cálculo. Para esta verificación, se utiliza un coeficiente de seguridad de 1,5.
3. **Hundimiento.** Se debe estudiar la fundación y establecer las máximas tensiones admisibles por el suelo. Dicho parámetro se informa en el estudio de suelo mencionado en el apartado **4.5 Estudio geotécnico**, por lo que solo resta analizar la distribución de tensiones por debajo de la estructura, la cual podrá ser una distribución uniforme o lineal en función de la posición de la resultante de fuerzas vertical. Dentro de esta última opción, puede ocurrir que la resultante caiga por fuera del núcleo central o dentro de ella. Para verificar el hundimiento, debe compararse el máximo valor obtenido del análisis de la distribución de tensiones con el máximo admisible del suelo, y el segundo debe siempre superar al primero.

Del estudio de suelos presentado en el apartado **4.5 Estudio geotécnico**, se tomaron los siguientes valores característicos del terreno de la zona,

▪ Peso específico	$\gamma = 18,7 \text{ kN/m}^3$
▪ Angulo de fricción interna	$\phi = 11^\circ$
▪ Pendiente del terreno en el borde superior	$i = 0^\circ$
▪ Cohesión	$C = 68,7 \text{ kN/m}^2$
▪ Tensión admisible	$q_{\text{adm}} = 137 \text{ kN/m}^2$

Para el cálculo de los empujes pasivos y activos de suelo, se utilizan las ecuaciones de la Teoría de Rankine, cuya expresión matemática es la siguiente,

$$K_a = \cos i \cdot \left[\frac{\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi'}}{\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi'}} \right]$$

$$K_p = \cos i \cdot \left[\frac{\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi'}}{\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi'}} \right]$$

Con estas expresiones, resulta **$K_a = 0,68$** y **$K_p = 1,47$** .

Por otro lado, se presentan a continuación los resultados obtenidos para las tres verificaciones antes mencionadas. El cálculo detallado de cada análisis puede encontrarse en el Anexo Hidráulico – “Verificación al vuelco, hundimiento y deslizamiento de la presa”.

5.6.1. Verificación al vuelco

Se considera el punto A de la Figura 5.14 como “punto de vuelco”. Los resultados fueron los siguientes,

Momento estabilizante (Me)	28,73 kNm/m
Momento de vuelco (My)	14,02 kNm/m
Factor de seguridad	$Me/Mv = 2 > 1,5$ <i>buenas condiciones</i>

5.6.2. Verificación al hundimiento

Para esta verificación se reducen las fuerzas actuantes sobre la presa al punto B indicado en la Figura 5.15, resultando un diagrama de esfuerzos sobre la base de distribución trapezoidal, cuyo valor máximo es el indicado como **q2**. Este resultado es el que se compara luego con la tensión admisible del suelo.

Resultados

Valores extremos	$q_1 = 4,1 \text{ KN/m}^2$	$q_2 = 43,9 \text{ KN/m}^2$
Tensión admisible en el suelo	$137 \text{ KN/m}^2 > q_2$	<i>buenas condiciones</i>

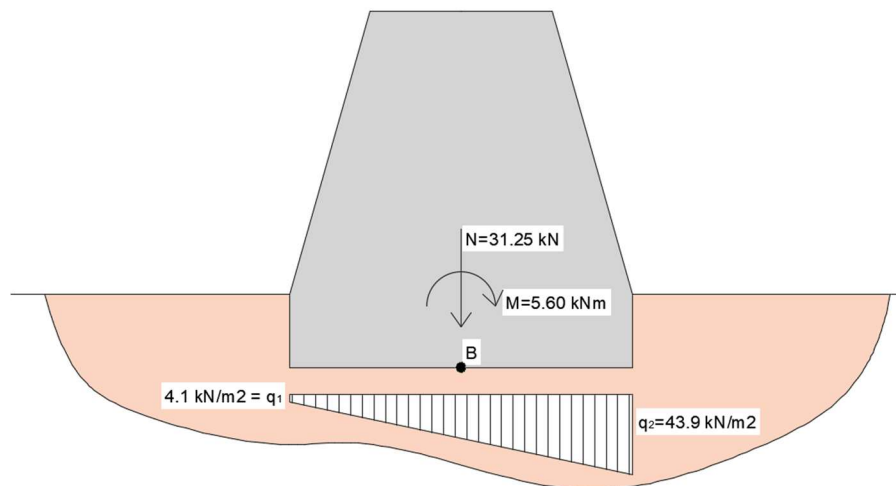


Figura 5.15 - Verificación al hundimiento.

Se concluye que la tensión máxima q_2 está muy por debajo de la admisible por el suelo; por lo tanto, se satisface la verificación al hundimiento.

5.6.3. Verificación al deslizamiento

Se estudia el deslizamiento sobre la base de la presa en contacto con el terreno natural. La fórmula para estimar la resistencia al corte del mismo es,

$$Q_s = N \times \tan(2/3 \varphi) + 0,50 \times C \times A_e$$

donde A_e es el área efectiva de apoyo.

Resultados

Empuje horizontal	10,37 kN
Resistencia al corte del suelo	99,2 kN
Factor de seguridad	$Eh/Qs = 9,6 > 1,5$ <i>buenas condiciones</i>

5.7. Estudio de filtración

El diseño de la presa no solo contempla la definición de sus dimensiones, sino también la verificación de ciertos aspectos, como la infiltración de agua por debajo de la misma. Este análisis es importante ya que, producto de las posibles filtraciones, puede producirse un efecto altamente negativo en la base de la presa que es la *licuación del suelo*, con la consecuente pérdida de estabilidad. Esto puede ocurrir cuando el caudal de filtración es muy grande o bien, en un caso extremo, cuando el embalse nunca se llena debido a que todo el caudal se filtra por el suelo.

Para analizar este fenómeno se consideran las propiedades geotécnicas del suelo descritas en el apartado **4.5 Estudio geotécnico**. A su vez, se realiza un modelo de la situación real mediante elementos finitos.

El esquema de la Figura 5.16 resume el caso en estudio. Para simplificar el análisis, se adoptó un único manto permeable correspondiente al primer estrato. Sin embargo, es posible adoptar un estrato preferencial por el cual se espera que se filtre mayoritariamente el agua, ya que la diferencia entre coeficientes de permeabilidad indicados en el apartado **4.5 Estudio geotécnico** es significativa. Entonces, se considera un estrato de 4 metros de profundidad para salvar esta simplificación, resultando un modelo más conservador que el real.

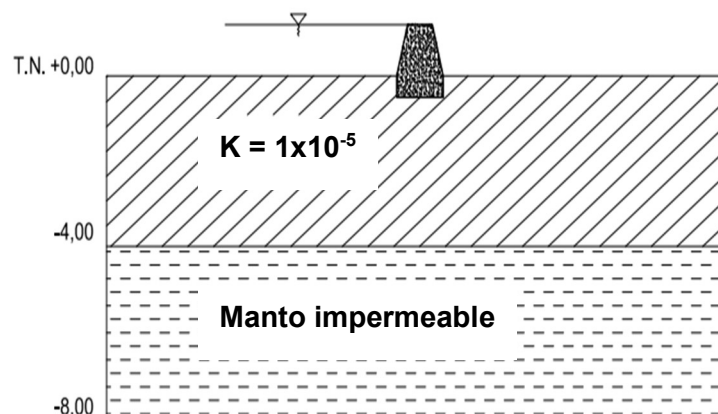


Figura 5.16 – Esquema simplificado de la situación en estudio.

Luego, esta misma situación se modeló en el software mencionado, tal como se muestra a continuación,

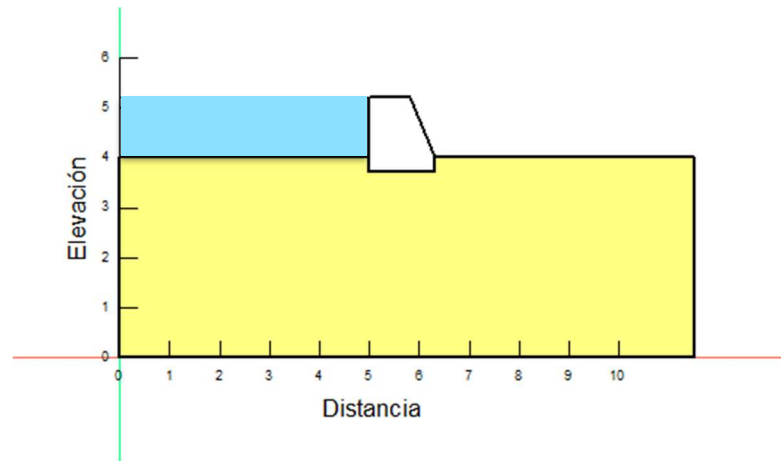


Figura 5.17 - Modelo de la situación en estudio.

Una vez finalizado el procesamiento, el programa arroja la distribución de líneas de corriente que mejor se adapta a la situación que se está analizando. En este caso, resultó lo siguiente,

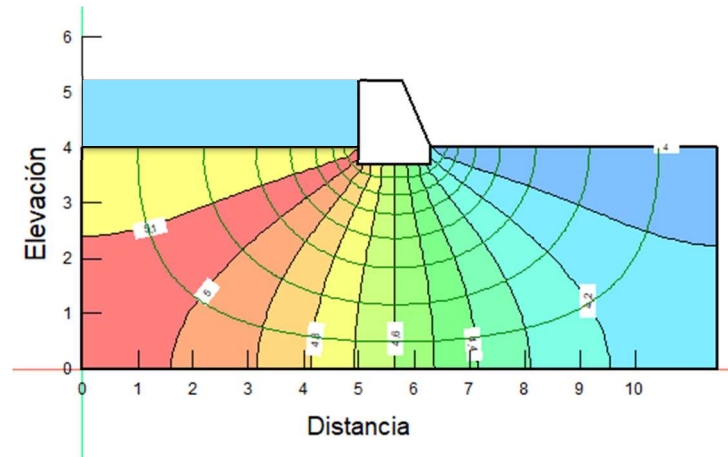


Figura 5.18 - Distribución de líneas de corriente.

Para evaluar el caudal que se filtra por debajo de la presa, se traza una sección de control en el modelo. Esta se indica en color rojo en la siguiente figura,

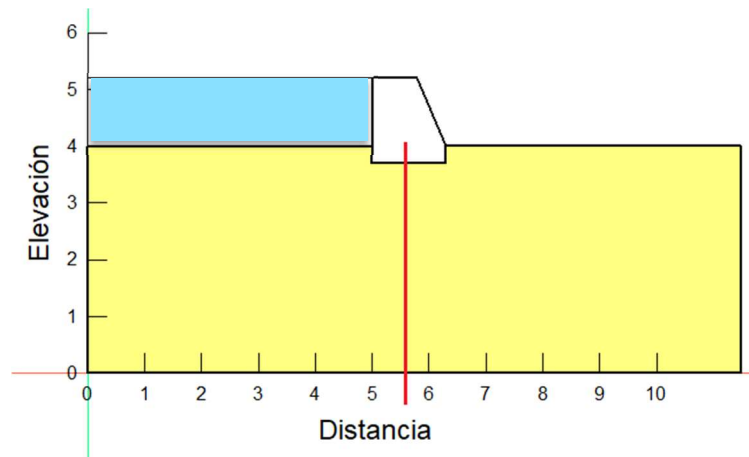


Figura 5.19 - Sección de control para evaluar el caudal de filtración por debajo de la presa.

Del análisis en esta sección, se obtienen los siguientes resultados,

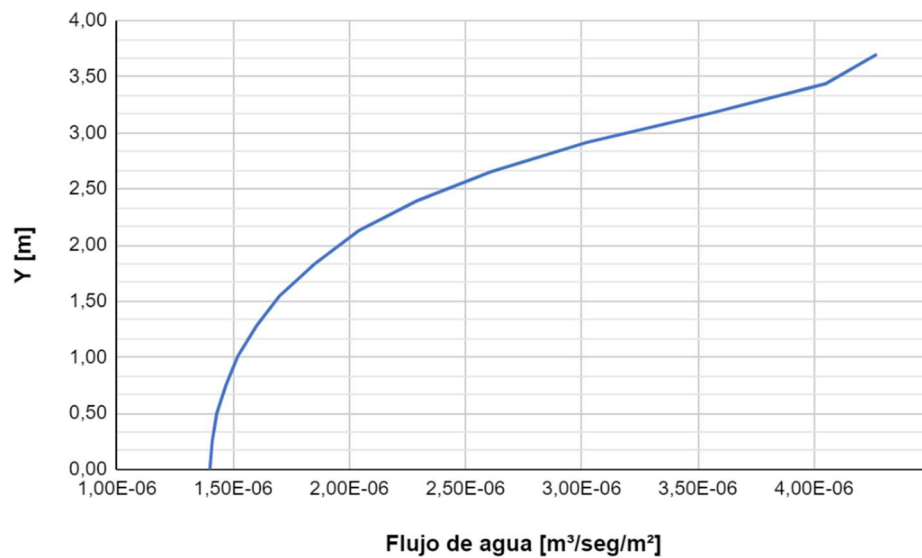


Figura 5.20 - Distribución del flujo de agua. Fuente: producción propia.

Puede notarse que se trata de un flujo de filtración realmente pequeño, donde los mayores valores se corresponden con la zona cercana a la presa, es decir, cercanos al nivel de terreno natural. Luego, a medida que se avanza en profundidad, este flujo disminuye. Podría decirse que el valor promedio del flujo es $2,28 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{seg}/\text{m}^2$.

Luego, considerando una profundidad de 4 metros y una extensión de la presa de 40,40 metros, resulta,

$$2,28 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{seg}/\text{m}^2 \times 4 \text{ m} \times 40,4 \text{ m} = \mathbf{0,0003684 \text{ m}^3/\text{s}}$$

El caudal de filtración obtenido es notablemente menor a los caudales que se espera pasen por la nueva presa. Por lo tanto, la pérdida de carga por este efecto es despreciable.

Cabe aclarar que resta evaluar un fenómeno fundamental relacionado con la velocidad de filtración de la presa, con el tipo de suelo del lugar y sus velocidades máximas admisibles. Sin embargo, como se trata de un trabajo preliminar este análisis no se realizará, pero es importante entender que esta puede generar un efecto de tubificación debajo de la presa de gravedad, y con ello ponerla en riesgo.

Otra cuestión que puede estudiarse a partir del modelo realizado en elementos finitos es la sub-presión bajo la base de la estructura. Los valores obtenidos se resumen en el gráfico de la Figura 5.21, y son de gran importancia para estudiar la estabilidad de la presa.

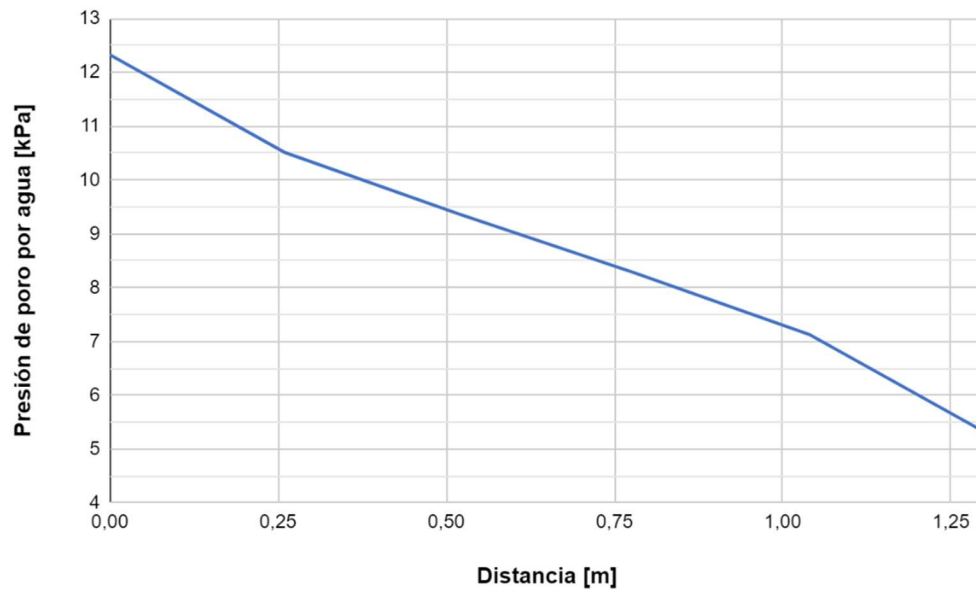


Figura 5.21 - Sub-presión en la base de la nueva presa.

En la gráfica anterior se puede observar una clara tendencia lineal en la distribución de la sub-presión; por lo tanto, es aceptable aproximar este efecto con una distribución casi trapezoidal. En el apartado **5.6 Diseño estructural de la presa** se utilizó dicha distribución de presiones para la verificación al vuelco de la obra.

5.8. Canal de derivación

Cabe recordar que el canal de derivación, a lo largo de toda su extensión, cuenta con distintas secciones y materialidad. En su inicio y fin, las paredes son verticales y de hormigón, mientras que en la zona intermedia su sección transversal es trapezoidal y de suelo natural.

Se debe estimar una capacidad de este canal para conocer cuánto es el caudal que podrá desviarse por el mismo en caso de eventuales crecidas. Para ello, se estudia su sección de salida con el fin de luego intervenir la misma y evitar que se propaguen los efectos de erosión del suelo en el lugar.

Gracias al relevamiento realizado, puede afirmarse que la sección del canal cuenta con 1,50 m de ancho y una altura de 2,20 m, siendo el material de su fondo de tierra y sus paredes verticales de hormigón. A diferencia de lo que se tuvo en cuenta para el Arroyo del Medio, en este caso el coeficiente de Manning se obtiene directamente de una tabla (ver Anexo Hidráulico – “Coeficientes de rugosidad”) de acuerdo a la naturaleza de las paredes, ya que se trata de un canal artificial en donde no existen las irregularidades propias de un cauce natural. Luego, para el

Tabla 5.4 – Aplicación de la Ec. de Chezy-Manning en el canal desviador	
n canal	0,016
i	0,00245
Y [m]	2,2
B [m]	1,5
A1 [m ²]	3,3
P1 [m]	5,9
R1 [m]	0,559
V1 [m/s]	2,100
Q [m ³ /s]	6,90

canal de derivación resulta $\eta = 0,016$, y aplicando la fórmula de Chezy-Manning, el valor de caudal saliente máximo por el canal es de **6,90 m³/s**.

Actualmente, su recorrido no se encuentra completo tal como lo fue en sus orígenes. El mismo culmina en el sector de La Olla, 260 metros antes de la descarga original, desconociendo si esto fue producto del paso del tiempo y de las grandes crecidas, o de la intervención del hombre.



Figura 5.22 - Recorrido y extensión del canal de derivación, paralelo al Arroyo del Medio.

El terreno donde desemboca se caracteriza por ser irregular con una fuerte presencia de escombros, y su estado de deterioro erosivo es avanzado. Además, se encuentra a varios metros respecto del pelo de agua del curso natural del arroyo. Esta diferencia no se limita únicamente a la distancia horizontal, que alcanza unos 18 metros, sino que también involucra una marcada disparidad en términos de altitud, con una caída libre de casi 10 metros, hasta reincorporarse al flujo en la zona de La Olla. Por lo tanto, permitir la circulación del agua sin restricciones en la salida no sería una práctica aconsejable, ya que fomentaría la erosión del suelo tanto en la fundación de los muros de hormigón del canal como en la barranca circundante, con el consiguiente riesgo de desmoronamiento.

Es por esto que resulta necesario intervenir la sección a la salida del canal de derivación, y para ello se propone, en primer lugar, realizar tareas de movimiento de suelo para regularizar el terreno y permitir la instalación de gaviones tipo colchones de 30 cm de espesor y con dimensiones en planta de 3,0 m por 2,0 m. A estos elementos debe dárseles una pendiente tal que el escurrimiento desemboque en La Olla.

De esta manera, el flujo de agua desemboca en caída libre sobre el arroyo. Cabe destacar que la presencia de agua en el canal de derivación está íntimamente relacionada con la existencia de agua en el cauce, es decir, en ningún caso puede existir escurrimiento en el canal, pero no en el arroyo; caso contrario se producirá una socavación del lecho por la caída libre del agua.

Por otro lado, entre el fondo del canal de derivación y la superficie donde desemboca existe un desnivel importante, por lo que se proyectan tanto aquí como en los terraplenes laterales (hoy en estado de deterioro avanzado) gaviones tipo cajón, de dimensiones 1 x 1 x 1 m para disminuir la energía con la que cae el agua.

El propósito de estos elementos es evitar que continúe desarrollándose la erosión del suelo en esta zona, teniendo en cuenta que el estado actual es grave según se observó en la tarea de campaña. El proyecto de las protecciones puede consultarse en el Plano 06 “Intervención en zona de descarga del canal de derivación”.

5.7. Proceso constructivo

La construcción de la presa de hormigón, componente central de este proyecto, requiere de etapas previas como lo es la preparación del terreno no solo en donde se va a fundar la misma, sino también en sus extensiones más cercanas, debido a que las tareas de movimiento de suelo se orientan tanto a la optimización del escurrimiento del agua como a lograr márgenes aptas para que los usuarios puedan disfrutar del sector de playa.

Por lo tanto, se pueden diferenciar ciertas etapas o pasos a seguir en la ejecución de este módulo del proyecto.

En primer lugar, la presa existente, aunque en estado avanzado de deterioro lo cual permite la libre circulación del caudal del arroyo, se convierte en una pieza clave en el proceso de construcción de la nueva obra. Previo a su demolición, se aprovecha su ubicación estratégica para controlar el curso de manera temporaria, y esto se logra mediante el cierre controlado de las áreas afectadas de la misma, mientras se ejecuta la nueva presa aguas abajo.

Una vez que se ha cerrado con éxito el paso de agua en las zonas dañadas de la presa existente, y previo acondicionamiento de la base de fondo del canal, se encauza el caudal hacia el canal de derivación adyacente. Este canal, que históricamente ha desviado el agua hacia la sala de máquinas para la generación de energía, se adapta ahora para desviar el flujo principal del arroyo mientras se construye la nueva presa. El agua encauzada concluye su recorrido restituyéndose en el cauce natural, ya que, como se mencionó anteriormente, el canal desemboca en un espacio próximo a La Olla, en donde se proyecta un dissipador de energía para evitar procesos erosivos.

Por otro lado, este análisis converge en la necesidad de realizar una limpieza profunda en todo el canal, ya que en el relevamiento se notó que en gran parte de su extensión se encuentran escombros mayormente conformados por grandes trozos de hormigón macizo y por piezas de mamposterías. Se cree que estos son los restos de las construcciones anteriormente existentes en el lugar.

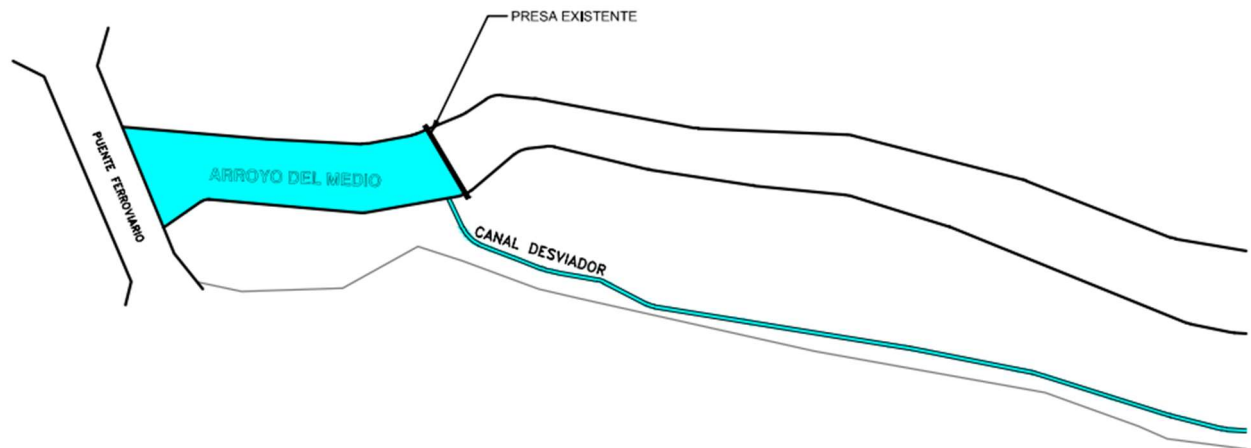


Figura 5.23 - Etapa 1: Cierre de la presa existente y desviación del agua hacia el canal.

Otra cuestión sustancial a destacar con respecto al canal de desviación es que, a unos pocos metros de su inicio, se sitúa la estructura de las compuertas de control de la antigua central hidroeléctrica (aunque sin las compuertas), las cuales se cree han sido removidas producto de la gran crecida que debilitó la presa.

En base a esto, se busca utilizar la infraestructura existente para la instalación de nuevas compuertas de control, a fin de lograr un mecanismo que permita manejar el ingreso de agua al canal. De esta manera, además de ser útiles a la hora de construir la nueva presa, se busca que el espacio proyectado pueda ser aprovechado durante el mayor tiempo posible mediante el control del flujo en épocas de crecidas, sin que los grandes temporales produzcan consecuencias graves en el funcionamiento normal del parque.



Figura 5.24 – Compuertas de control sobre el inicio del canal de derivación.

Una vez acondicionado el fondo del curso de agua, se comienza con la construcción propia de la presa. En esta etapa, es de extrema importancia el monitoreo constante de las estaciones de medición aguas arriba del lugar de trabajo y de las condiciones climáticas, para mitigar los daños de posibles crecidas que pudieran interrumpir las actividades.

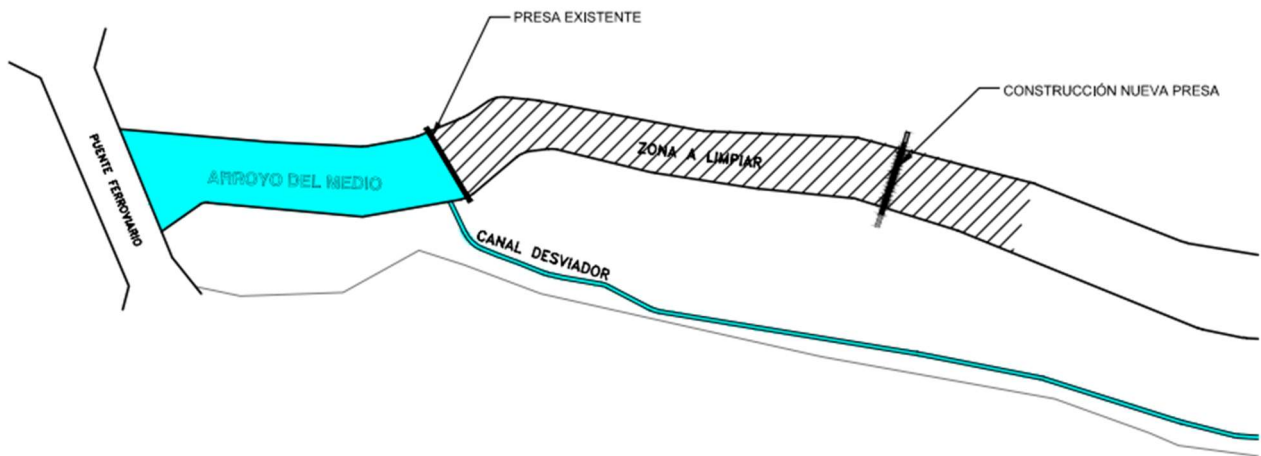


Figura 5.25 - Etapa 2: Limpieza del sector comprendido entre la presa existente y la nueva, y posterior construcción de la nueva obra, mientras el curso circula por el canal de derivación.

Finalmente, una vez terminada la nueva obra se anula el paso del agua por el canal de desviación a partir del cierre de las compuertas. Luego, se proyecta la remoción definitiva de las ruinas de la presa existente, quedando en funcionamiento la nueva y reconstituyendo el cauce natural del Arroyo del Medio.

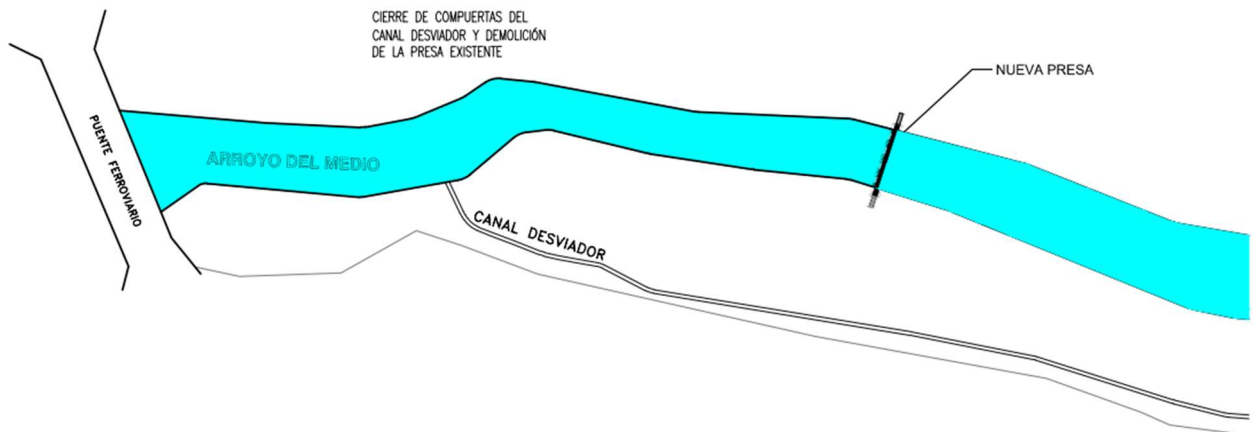


Figura 5.26 - Etapa 3: Cierre de las compuertas del canal de desviación y demolición de la presa existente, reconstituyendo el cauce natural del Arroyo del Medio.

6. REHABILITACIÓN DE LA CENTRAL HIDRÁULICA

Se ha mencionado en apartados anteriores la existencia de una antigua central hidráulica de generación limitada, a la vera del arroyo en el mismo sector sobre el cual está planteado el proyecto.

Existe la posibilidad de que en un futuro y como iniciativa de alguien externo al equipo de este trabajo, se implante nuevamente dicha infraestructura. Cabe destacar que la puesta en marcha de la central se planteó inicialmente para el desarrollo del presente proyecto, pero por falta de tiempo no pudo ser llevada a cabo.

En base a esto, se ha encontrado un trabajo final de la carrera de Ingeniería Eléctrica realizado por un grupo de estudiantes de la UNR, donde se detalla el análisis y diseño de aplicación de una “tecnología mini-hidráulica” para un sistema de generación eléctrica descentralizada. De esta forma, en caso de concretarse esta idea, se deberá evaluar su lugar de implantación.

Los estudiantes proponen una técnica que funciona con equipos que no requieren de saltos hidráulicos ni de estructuras que eleven el pelo de agua, sino que simplemente con el paso del flujo a través de turbinas, se genera la energía. Sin dudas, esta obra adicional le agregaría un significativo valor al renovado parque Molino Santa Clara.

Por otro lado, para el funcionamiento de la central resultará indispensable la rehabilitación del canal de derivación existente, aunque en malas condiciones como ya se ha dicho. Sin embargo, esto no representa un problema ya que esta tarea está prevista como parte del proyecto de recuperación del espacio que el equipo de trabajo presenta en este informe. Esto es debido a que se espera que el canal funcione como “fusible” en caso de que se produzcan eventos extraordinarios de precipitaciones; por lo que, en situación de crecidas, se tendrá este brazo adicional para desviar el agua y evitar el anegamiento de la zona recreativa del proyecto.

En resumen, se podría decir que, si en el futuro surge la mencionada propuesta, el canal de derivación no representará mayores inconvenientes para quien decida llevar adelante el proyecto de una central de generación de energía hidráulica allí.

7. INTERVENCIÓN URBANÍSTICA

Como se ha mencionado anteriormente, el propósito fundamental de este trabajo es proporcionar a la población de San Nicolás y su región, un espacio de esparcimiento integral. Más allá de la creación de un balneario, el proyecto se piensa desde un enfoque más amplio que abarca también la planificación de un paseo ribereño tanto para peatones como para ciclistas. De esta forma, se busca intervenir en la movilidad de los visitantes y en su experiencia al recorrer el lugar, llevándolos hacia la naturaleza. Para lograr esto, en toda la extensión del terreno disponible, se propone un circuito que contemple ambos modos de transporte conectados entre sí y con el espacio verde.

Un elemento clave en este proyecto es la promoción de uno de los principios fundamentales del desarrollo sostenible: la reducción del espacio destinado al transporte automotor. En consecuencia, se ha situado el estacionamiento para vehículos motorizados en la entrada del lugar, incentivando así la utilización de medios de transporte más sostenibles y la disminución de la huella de carbono.

En base a esto, se han buscado y analizado distintos parques y proyectos en el mundo, emplazados a la orilla de arroyos y ríos, con el fin de entender y recopilar criterios esenciales para el diseño del proyecto actual. A continuación, se ilustran aquellos que han sido evaluados. En esta etapa, se ha puesto énfasis en el diseño de los caminos; posteriormente se analizarán las instalaciones adicionales para satisfacer las diversas necesidades de comodidad de los concurrentes. Algunos de los parques estudiados fueron: Madrid Río en Madrid, España; Burasiri Bangna en Bangkok, Tailandia; y River loop en Antioquia, Colombia.



Figura 7.1 - Referentes: River loop (izquierda) y Burasiri Bangna (derecha).



Figura 7.2 - Referentes: Madrid Río.

Otras de las premisas de este módulo son minimizar la remoción de los árboles autóctonos, reducir al máximo posible el movimiento de suelo y evitar la perturbación innecesaria de la vegetación existente. Este compromiso se combina con la intención de respetar la topografía del lugar, su fauna y su flora. Pero, fundamentalmente, se busca priorizar aquellos senderos y caminos que la gente ya ha marcado en el lugar, producto de reiteradas caminatas y del tránsito de bicicletas.

En el diseño y desarrollo del paseo, se ha prestado una especial atención tanto a las necesidades del peatón como a las del ciclista. La finalidad es que, en ciertos tramos del recorrido, ambos modos de transporte coexistan armoniosamente en un mismo trazado. Sin embargo, en áreas donde la topografía presenta una variabilidad significativa, se ha optado por separarlos, garantizando así la seguridad y comodidad de los usuarios. A su vez, se busca generar un espacio sereno en las proximidades del arroyo, por el cual no podrán circular las bicicletas, proporcionando así distintos sectores de descanso a los usuarios.

En la Figura 7.3 se observan croquis realizados en tres sectores diferentes del proyecto, avanzando en sentido norte-sur, desde el acceso al predio hacia el puente ferroviario. Estos bocetos permiten detectar algunas características importantes, e ilustrar las intenciones del equipo a la hora de pensar la intervención urbanística.

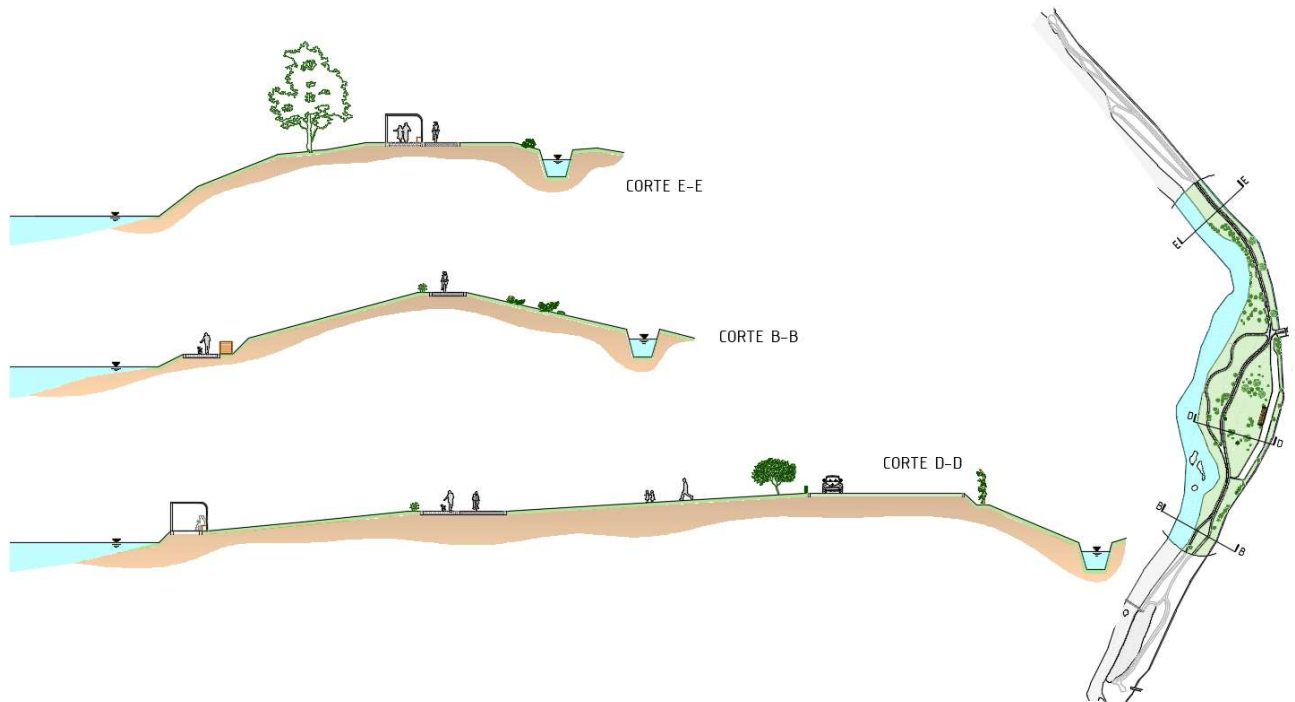


Figura 7.3 - Croquis del paseo ribereño.

En primer lugar, se destaca la irregularidad del terreno, la cual se presenta en forma de tres desniveles bien marcados que sirven al planteo del paseo a la vera del arroyo, respetando las necesidades de todos los usuarios. Como se ha tenido la oportunidad de mencionar, en la cercanía del curso de agua se prevé un sector calmo, generando una zona exclusiva para el peatón. Mientras que, en un segundo nivel, el camino puede ser transitado tanto por ciclistas como por viandantes. Luego, en el sector más elevado, se pretende limitar el acceso y estacionamiento de vehículos de forma tal que los conductores puedan aparcarlos allí y disfrutar de la naturaleza del lugar. En los extremos de las ilustraciones, se indican tanto el Arroyo del Medio (izquierda) como el canal de derivación (derecha) mencionado en varias oportunidades.

Debido a la amplitud del proyecto, se ha optado por dividir el paseo en tres hitos principales, marcando así tres eventos puntuales y significativos en su desarrollo. Estos hitos consisten en la creación de miradores en la zona norte del predio, que ofrece una vista panorámica de La Olla; el sector de balneario en las cercanías de la presa proyectada; y la zona de descanso ubicada entre los espacios mencionados.

Se tiene previsto diseñar e implementar las instalaciones complementarias necesarias para garantizar un uso óptimo de estas áreas, teniendo en cuenta las diversas necesidades y demandas de los visitantes.

En cuanto a los caminos, para definir algunas cuestiones geométricas, se consultó bibliografía de la cátedra de Transporte I, y de allí, se obtuvieron los anchos mínimos y deseables para cada uno de los modos. Sin embargo, considerando la extensión de la zona intervenida, se

descartan los anchos mínimos y se trabaja con valores cercanos a los deseables, los cuales se detallan en la Tabla 7.1.

<i>Tabla 7.1 – Valores recomendados por la cátedra de Transporte I</i>			
Parámetro	Valor mínimo [m]	Valor deseable [m]	Valor adoptado [m]
Peatonal	2,00	-	3,00
Bicisenda doble mano	2,40	3,60	3,00

En el proceso del desarrollo geométrico de ambas sendas y la determinación de sus dimensiones, se ha puesto énfasis en reducir el área de intervención, con el fin de no modificar sustancialmente la permeabilidad de la zona. El recubrimiento de la superficie con pavimento u hormigón, y la compactación excesiva del suelo, pueden tener un impacto negativo en la capacidad de la cuenca para gestionar el agua de manera natural. Esto se traduce en una disminución de la infiltración, percolación, escurrimiento subsuperficial, escurrimiento subterráneo y evapotranspiración. Además, debido a la incapacidad de tener aguas superficiales y la eliminación de la vegetación, la evapotranspiración se convierte exclusivamente en transpiración, limitando aún más la capacidad de la cuenca para escurrir el agua de manera eficiente.

Es importante destacar que las alteraciones en la cuenca causados por la pavimentación, combinadas con las modificaciones en el clima, cambian la respuesta hidrológica de la cuenca, haciéndola más susceptible a las lluvias intensas de corta duración. Por lo tanto, se ha hecho un esfuerzo consciente por minimizar la intervención en el área verde. Este enfoque busca preservar la permeabilidad del suelo y promover la capacidad de la cuenca para permitir que el agua escurra de manera natural, lo que es esencial para la sostenibilidad del proyecto y resiliencia ante eventos climáticos extremos.

Este mismo enfoque se refleja en la elección de la estructura de los senderos, utilizando conscientemente dicho concepto. Tanto en los paseos peatonal y ciclista como en el estacionamiento vehicular, se proyectan **pavimentos intertrabados**. Estos permiten reducir la impermeabilidad que se generaría si se pusiesen pavimentos de hormigón, y considerando que no se utilizan equipos pesados para su colocación, se está ante una opción más amigable con el medio ambiente.

Esta tipología de pavimento no solo cumple con criterios ecológicos, sino que también añade un indiscutible valor estético. Además, la posibilidad de retirarlos en un futuro ofrece mayor flexibilidad en el diseño y desarrollo de la zona. En términos de colocación y vida útil, no requieren mano de obra especializada y tienen costos de mantenimiento bajos.

El paquete estructural de este tipo de pavimento se observa en la Figura 7.4 y se compone de la capa de rodadura, compuesta a su vez por una capa de asiento de arena gruesa, un sello de arena fina para tomar las juntas y los adoquines, y una base de material granular. Esta última tendrá un espesor entre 10 y 15 cm y, en el proceso de colocación, debe ser compactada y nivelada. Luego,

se coloca una capa de 4 cm de arena gruesa sobre la cual se dispondrán los adoquines. Una vez que estos han sido colocados, siguiendo el patrón correspondiente y previo al llenado de juntas con arena fina, se pasa una placa vibratoria.

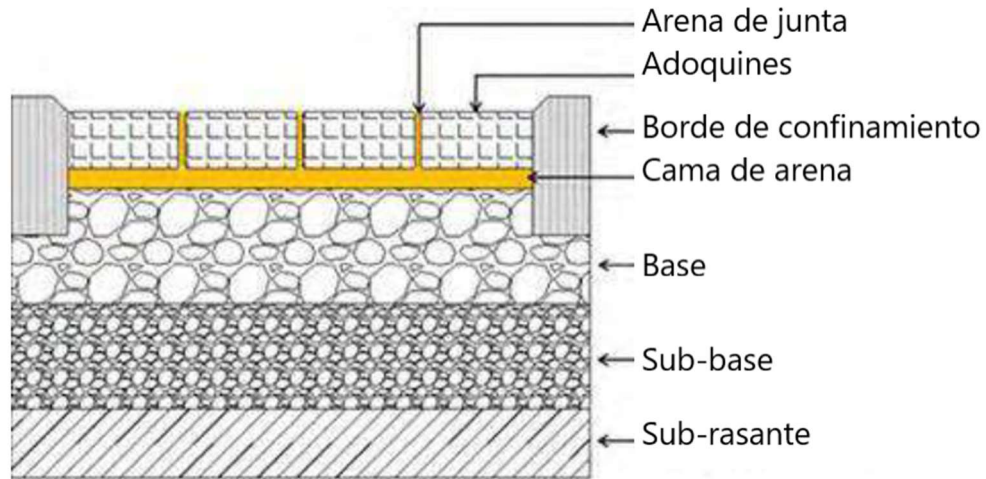


Figura 7.4 - Paquete estructural de un pavimento intertrabado.

Esta manera de trabajar puede encuadrarse dentro del concepto de una construcción en seco, con todas las ventajas que esto conlleva. Resulta importante resaltar la necesidad de colocar cordones en los extremos, los cuales garantizan el adecuado confinamiento de los adoquines y el buen funcionamiento de este tipo de pavimentos.

En un momento, se evaluó la posibilidad de colocar placas de hormigón drenante en lugar de pavimento intertrabado, pero se descartó la idea debido a sus mayores necesidades de mantenimiento. Este material tiende a colmatarse con el paso del tiempo, principalmente cuando se acumulan partículas de arcilla del suelo entre los intersticios, requiriendo una limpieza regular para evitar la impermeabilización. En cambio, el pavimento intertrabado permite un juego con las juntas entre adoquines para evitar este tipo de problemas, optando entonces por la colocación de adoquines permeables de geometría abierta.

En este proyecto se emplean tres tipologías diferentes de pavimentos intertrabados, para cada uno de los caminos mencionados, con el fin de delimitar claramente y en forma visual las áreas en las que cada modo de transporte puede circular, garantizando una experiencia segura y cómoda para todos los usuarios. De esta forma, se intenta cumplir con estándares ambientales, funcionales y estéticos.

Se han evaluado los productos ofrecidos en el mercado y existe una amplia variedad de posibilidades, entre las cuales se recomienda utilizar materiales certificados bajo los estándares de calidad, como la Norma IRAM 11.655 - *Adoquines de hormigón para pavimentos permeables*. Además, se propone que la empresa de la cual se obtengan dichos recursos radique, en lo posible,

en las proximidades de la zona del proyecto, para reducir los costos de transporte y el impacto medioambiental negativo, subrayando así el compromiso continuo con la sostenibilidad y la reducción de la huella de carbono en todas las etapas del proyecto, en los pequeños aportes.

Como se indica en el referente de la Figura 7.5, se intenta lograr una separación visual de cada uno de los sectores de circulación de peatones, bicicletas y vehículos, y esto se logra con la diferenciación en los tipos de pavimento.

Para quienes recorran el paseo caminando, se proyecta un sendero con adoquín rectangular liso en tonos grises, con un espesor de 4 cm y con disposición en forma de damero. Su geometría permite la colocación del mismo siguiendo diversos patrones, obteniendo una mejor traba entre adoquín y adoquín, y en consecuencia una excelente respuesta de conjunto.

Para quienes prefieran recorrer el camino en bicicleta, se proyecta un sendero con adoquines de las mismas características del caso anterior, pero con un patrón diferente. Se adopta una disposición de tipo espina de pescado.

Para el estacionamiento vehicular se proyecta un sector con adoquinado tipo cribada, en tonos grises y de un espesor de 8 cm. Estas losetas para césped son elementos premoldeados de hormigón de dimensiones uniformes que se colocan en yuxtaposición adosados y que, debido al contacto lateral a través del material de llenado de la junta, permite una transferencia de cargas por fricción desde el elemento que la recibe hacia todos sus anexos, trabajando solidariamente y con posibilidad de desmontaje individual.



Figura 7.5 - Referente para la selección de adoquines.

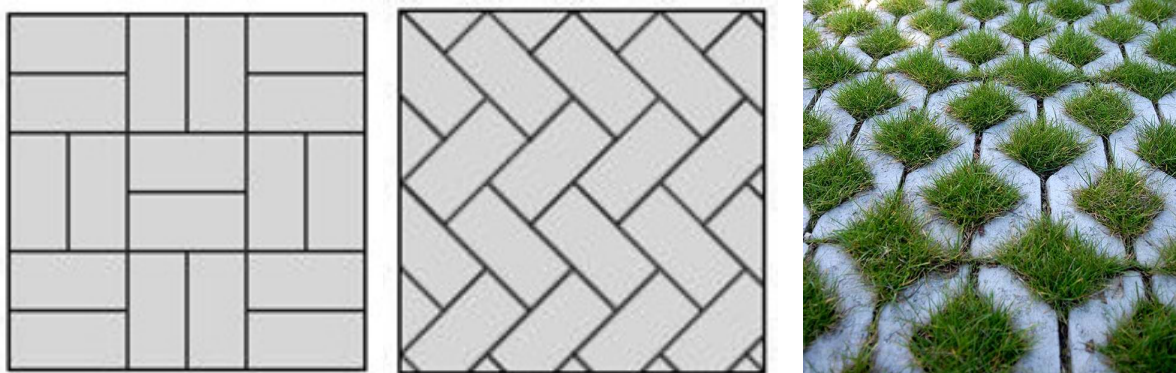


Figura 7.6 - Disposición de adoquines: damero (izquierda), espina de pescado (centro), cribada (derecha).

Además de flexibles en cuanto a colocación y desmontaje, estos elementos resultan amigables con el medio ambiente teniendo en cuenta la presencia de césped en sus sectores libres.

Es por este motivo que las superficies conformadas con losetas cribadas también pueden clasificar como pavimentos permeables.

Todos los senderos presentan su debida terminación con los cordones requeridos para mantener estable su estructura. El cordón se materializa con adoquín cuadrado de 20 cm de lado y de espesor 6 cm. En lo posible, se los tratará en tonalidades grises más oscuras para indicar los límites de cada camino.

Habiendo explicado los motivos, el diseño geométrico de los paseos se puede observar en Plano 09 “Plantas arquitectónicas” y Planos 10.1, 10.2 y 10.3 “Cortes y detalles de arquitectura”.

7.1. Sector de servicios

Con el objetivo de sumar confort y bienestar a los visitantes del renovado Parque Molino Santa Clara, se contempla un espacio dentro del extenso predio destinado a proyectar un área de servicios pensado desde un punto de vista sustentable, ya que será materializado a partir de contenedores reciclados. Estos elementos de carga tienen una vida útil de 12 años según regulaciones internacionales; por lo tanto, millones de unidades quedan varadas en los puertos y bodegas ocupando espacio ocioso. En consecuencia, los contenedores son abundantes, auto portantes, resistentes y económicos como módulo y base estructural para la utilización de los mismos como sistema constructivo. De esta manera, con técnicas constructivas simples, pueden sumarse al proyecto servicios básicos para los usuarios, tales como sanitarios y un autoservicio con disponibilidad de mobiliario para consumir en el lugar.

Cabe señalar que esta parte del proyecto constituye un agregado que no es un módulo esencial dentro del desarrollo del mismo, pero le agrega valor. Es por eso que no será tratado en profundidad en esta instancia, sino que será planteado como una idea general y con el objetivo de dar un puntapié a la posibilidad de que sea materializado en una etapa posterior al proyecto principal.

En la búsqueda de referentes sobre esta técnica, se encontró un sistema denominado **BA.CO**⁶, reconocido por ser ecológico e industrializado. Este sistema propone la reutilización de contenedores como sistema constructivo para el desarrollo en serie de baños públicos destinados a diferentes espacios verdes en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y puede ser ensamblado de formas diferentes, ya que utiliza elementos modulares diseñados para ser trasladados fácilmente y sin importar el lugar, economizando tiempo y energía.

BA.CO cuenta con una pieza principal que es un contenedor de carga de 2,44 m de ancho por 6 m de largo. Está compuesto por cuatro “células” que cumplen diferentes funciones: célula M (sanitarios para mujeres), célula H (sanitarios para hombres), célula B (bachas para lavado de manos) y célula P (provisión de agua y energía eléctrica).

⁶ Autores: Arq. María Aldana Calligo y Arq. Pablo Nicolás Ortiz (UBA).

Las células se combinan logrando diferentes módulos útiles de 25 m², como por ejemplo el Módulo M que resulta de la unión de las células M, B y P. De la misma manera, el baño de hombres se logra con la disposición del Módulo H, que es igual al anterior con la salvedad de que en lugar de la célula M corresponde la H.



Figura 7.7 - Esquema del sistema BA.CO.

La célula P es la que define la orientación final en el emplazamiento, debido a que presenta paneles solares que abastecen los artefactos de iluminación hechos con tecnología led. Además, esta célula prevé dos tanques para la recuperación de agua de lluvia, para ser usado en depósitos de inodoros y mingitorios.

Por último, no debe perderse de vista el proyecto de los servicios básicos en el lugar, como desagües y provisión de agua, los cuales hoy en día no llegan hasta el parque. Provisoriamente, la evacuación de las aguas residuales puede ser resuelta mediante una cámara séptica. Se trata de una técnica de tratamiento anaeróbico de los efluentes (en ausencia de oxígeno) y un efectivo pretratamiento cuando forma parte de un sistema individual de infiltración en el terreno.

Por otro lado, la provisión de agua puede asegurarse con métodos sencillos de captación y filtración de agua de lluvia, para lograr los requerimientos mínimos para abastecer los sanitarios. Estos sistemas se instalan en la cubierta de los contenedores y mediante una canaleta se recoge el agua de lluvia y se la conduce hacia un filtro natural subterráneo, compuesto por una primera capa de arena y una segunda capa de grava. El agua filtrada se dirige por gravedad a una cisterna de almacenamiento,

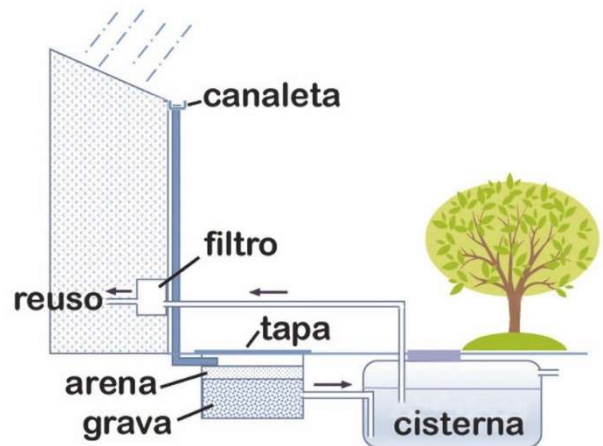


Figura 7.8 - Esquema simplificado del sistema de captación.

desde la cual mediante pequeñas bombas hidráulicas (o manualmente) se abastecen los artefactos sanitarios, o el autoservicio. Previamente, puede existir un segundo filtro en caso de ser necesario. Este procedimiento se ilustra en la Figura 7.8.

Por último, la energía eléctrica puede ser provista mediante paneles fotovoltaicos también instalados en la cubierta de los contenedores, para abastecer los diferentes artefactos del autoservicio. Estimando un consumo promedio entre heladera, microondas y artefactos led para iluminación de 2280 Wh/día total, y una potencia del panel solar de 200 W, el requerimiento es de cuatro paneles fotovoltaicos. Las dimensiones de los mismos son de 1,30 m por 1,0 m y tienen un espesor de 35 mm. En general, se recomienda la instalación de paneles solares de tipo *policristalino*, ya que es el recomendado para climas predominantemente cálidos donde el calor se absorbe a una mayor velocidad y afecta en menor medida el sobrecalentamiento.

En el Plano 10.2 “Cortes y detalles de arquitectura”, se puede observar la propuesta por parte del equipo para el sector de servicios, la cual se resuelve mediante tres módulos dispuestos linealmente paralelos al estacionamiento y con vista hacia el Arroyo del Medio. El módulo central alberga el autoservicio, y en sus costados se encuentran los sanitarios de hombres y mujeres. Este último además cuenta con un pequeño sector destinado a depósito. A continuación, se presentan imágenes de la zona de servicios con el sistema planteado.



Figura 7.9 - Representación digital del sector de servicios a partir de contenedores reciclados.



Figura 7.10 - Representación digital del sector de servicios, con vista hacia el Arroyo del Medio.

7.2. Mobiliario

La intervención urbanística se completa con la disposición de mobiliario en todo el parqueizado. Estos elementos desempeñan un papel importante en la creación de un ambiente agradable y funcional para los visitantes. No solo mejora la funcionalidad del parque, sino que también contribuye a su atractivo visual, promueve la interacción social y brinda oportunidades para una amplia variedad de actividades recreativas. Se debe prestar especial atención a su diseño, ya que pueden transformar un parque en un espacio ameno para la comunidad. El mobiliario se compone de bancos, cicletteros, pérgolas, sombrillas para el sector de balneario, cestos de basura (serán tratados en el apartado 9.1.3) y artefactos de iluminación.

7.2.1. Bancos y cicletteros

Se proyecta la disposición de dos tipos de bancos en toda la superficie parqueizada: los primeros cumplen la función exclusiva de asiento, mientras que los segundos además están diseñados con cicletteros incorporados. Estos elementos tienen una estructura metálica, y la superficie para sentarse de madera. Los cicletteros son íntegramente metálicos. Los del primer tipo de bancos



Figura 7.11 - Bancos con cicletteros incorporados.

descrito es idéntico al presentado en la siguiente Figura 7.11, pero sin el enrejado en su extremo destinado al guardado de bicicletas.

7.2.2. Pérgolas

Estas estructuras livianas se adaptan al proyecto tomando como referente una idea propuesta por arquitectos españoles. Su materialidad es completamente de madera, tanto las columnas como los tirantes de la cubierta con forma ondulada.

Se los dispone dentro del parque de manera paralela al camino peatonal, siempre en coincidencia con la presencia de bancos, y jugando con la longitud de sombra resultante al combinar uno o más módulos de pérgola, los cuales cuentan con 4 m de ancho por 2,5 m de largo, siendo la menor dimensión paralela al eje del camino. Existen sectores con sombras prolongadas, y otras más acotadas.



Figura 7.12 - Referente de pérgolas.

7.2.3. Sombrillas

En el sector de playa, se proyecta la colocación de sombrillas de estilo rústico, compuestas de una columna principal de tronco de madera y una cubierta de hierba seca. Se trata del diseño típico de sombrillas que puede observarse en la mayoría de los balnearios.

7.2.4. Artefactos de iluminación

Se distribuyen luminarias en toda la superficie del parque, para garantizar luz artificial en cada extremo. Los artefactos elegidos cuentan con tecnología led y presentan un diseño amigable con el medio ambiente, ya que disponen de paneles solares individuales que garantizan su autosuficiencia.



Figura 7.13 - Referentes de sombrilla para el sector de balneario (izquierda) y de iluminación autosuficiente dotada de paneles solares (derecha).

El mobiliario propuesto puede vislumbrarse en las imágenes siguientes presentadas como Figura 7.14, con el fin de entender cómo interactúa este en la zona de emplazamiento.



Figura 7.14 - Interacción del mobiliario propuesto con el parque proyectado.

7.3. Vegetación

Uno de los puntos claves del proyecto radica en que todo su desarrollo ha sido pensado respetando la vegetación autóctona, diseñando los caminos sin perturbar la presencia de las plantas existentes en el lugar. Sin embargo, se recomienda plantar más arbustos, árboles y flores para complementar el espacio, priorizando las especies nativas.



Figura 7.15 - Vegetación existente sobre la margen santafesina del Arroyo del Medio.



Figura 7.16 - Vegetación existente sobre la margen bonaerense del arroyo. Se observa una fuerte presencia de arbustos de baja altura.

8. PROYECTO VIAL

Dentro de los objetivos planteados en este proyecto, se incluye el aspecto vial orientado al mejoramiento de los caminos de acceso al parque. Este apartado contempla el diseño y señalamiento (vertical y horizontal) de los mismos de acuerdo a las recomendaciones de Dirección Nacional de Vialidad, y algunos comentarios acerca del estado actual de los accesos.

A modo esquemático, en la Figura 8.1 pueden distinguirse las longitudes relativas de las tres infraestructuras viales propuestas: Calle Nobel, el tramo intermedio entre dicha calle y los puentes de acceso, y los paseos tanto peatonal como ciclovía.

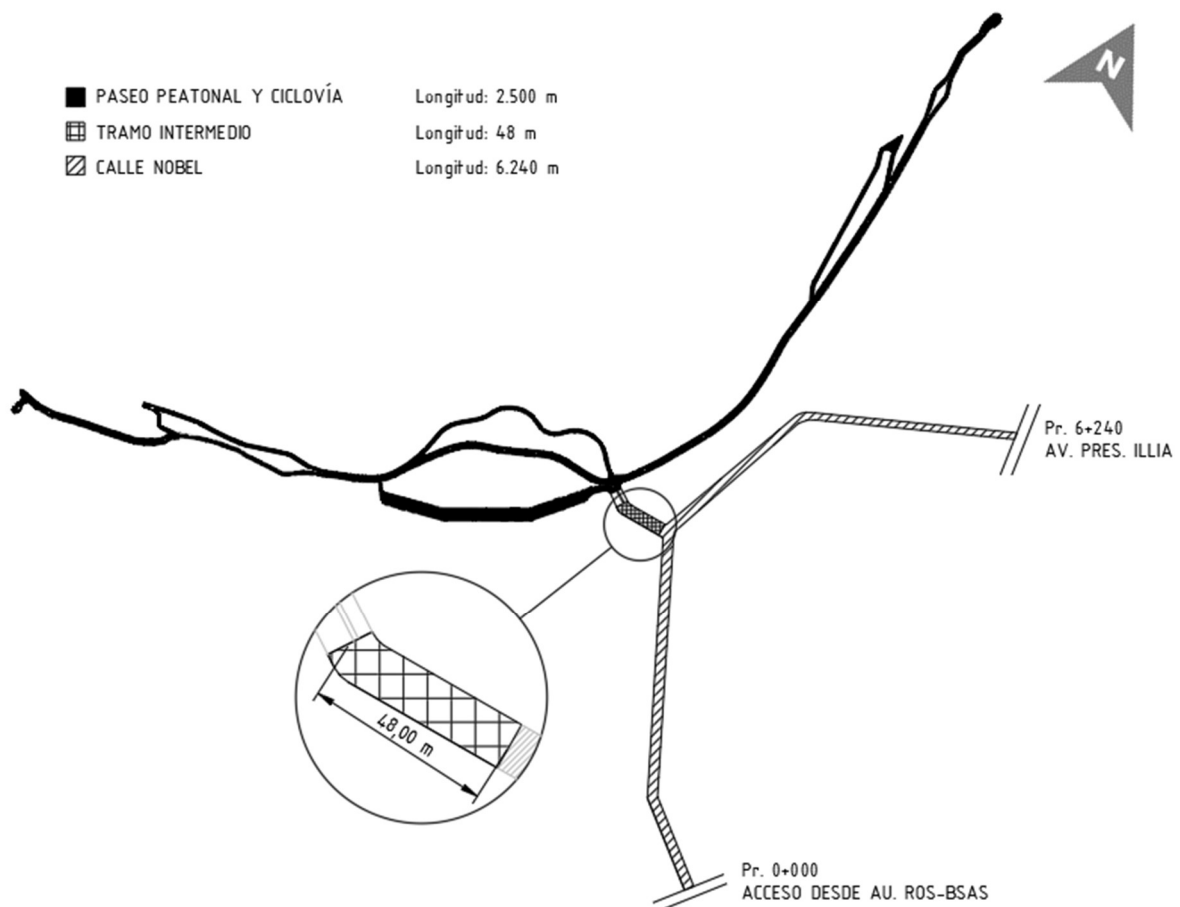


Figura 8.1 – Esquema de las longitudes relativas de las tres infraestructuras viales propuestas.

El paseo peatonal y ciclovía han sido desarrollados en el apartado **7. Intervención urbanística**, mientras que los restantes dos se tratarán a continuación. Por otro lado, en la siguiente Figura 8.2 se puede observar el desarrollo real de Calle Nobel, la cual en el croquis anterior debió ser acortada.

8.1. Acceso desde Barrio Las Mellizas

Como se comentó en el punto **2. Emplazamiento de la obra**, uno de los accesos al parque es por el barrio Las Mellizas, particularmente por calle Nobel. También se puede llegar por otro camino, tomando el primer ingreso a San Nicolás desde la autopista Rosario-Buenos Aires, sentido

norte-sur. En la actualidad, este ingreso es utilizado principalmente por el tránsito pesado que se dirige a la cantera vecina al parque.

Hoy en día, el barrio cuenta con calle de ripio desde Av. Presidente Illia hacia el sur. Es por esto que, para mejorar la calidad y la seguridad del camino, se proyecta su reacondicionamiento mediante una capa de estabilizado granular extendido a lo largo de toda la calle Nobel, incluyendo ambos accesos, desde Pr 0+000 (acceso desde autopista Ros-BsAs) a Pr 6+240 (Av. Presidente Illia). El motivo de la elección de esta técnica es la simplicidad en su ejecución. Los espesores y detalles del paquete estructural pueden consultarse en el Plano 07 “Perfil tipo de obra básica y pavimentos de los accesos”.

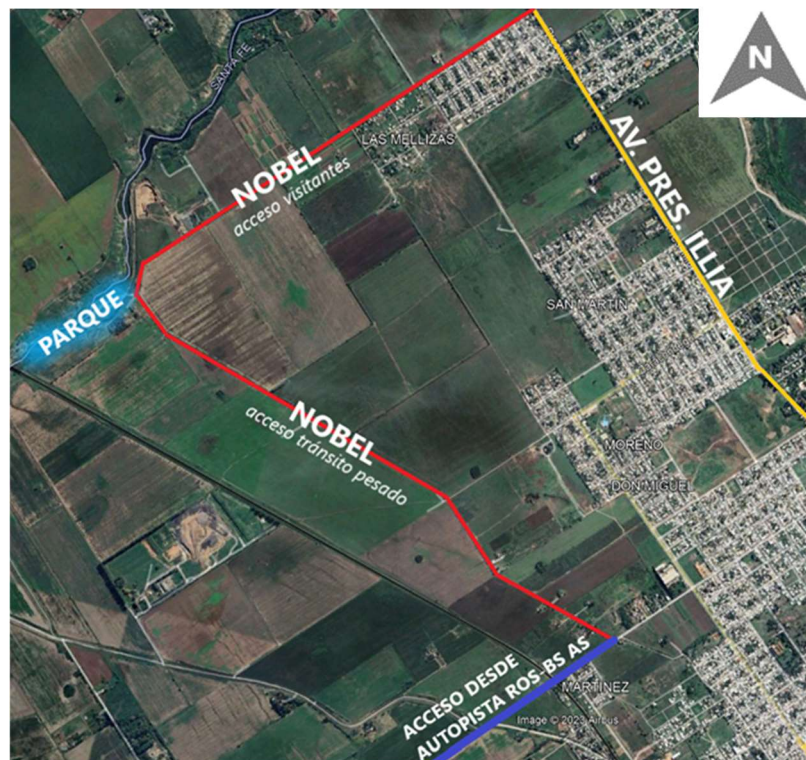


Figura 8.2 - Accesos al parque Molino Santa Clara.

De manera excepcional, para garantizar el señalamiento horizontal de la calzada y el ordenamiento del tráfico, en el tramo intermedio entre calle Nobel y los puentes de acceso se proyecta una capa de rodamiento utilizando RAP y emulsión asfáltica como ligante, sobre base de estabilizado granular. Sin embargo, se recomienda en un futuro proyectar este paquete estructural en toda la extensión de calle Nobel. Para resolver la transición entre la calzada natural y el pavimento, se proyecta un cordón perdido como el que se muestra en la Figura 8.3.

El relevamiento llevado a cabo en el camino permitió la recopilación de los datos necesarios para el proyecto de su reacondicionamiento. En la siguiente tabla, se

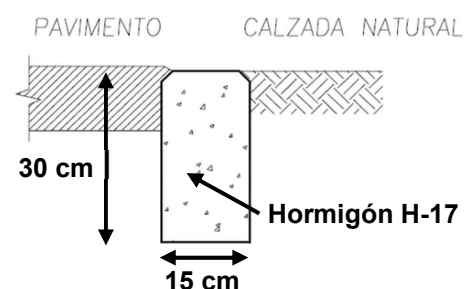


Figura 8.3 - Cordón perdido.

establece una comparación entre las propiedades actuales medidas en el lugar y las que debería tener el mismo de acuerdo a la *Planilla de características de diseño geométrico para caminos rurales* de la Dirección Nacional de Vialidad.

<i>Tabla 8.1 – Características de diseño geométrico de calle Nobel</i>		
Características	Planilla DNV	Condición actual
Ancho de zona de camino	Variable s/proyecto	15 m
Categoría	V	-
Ancho de coronamiento	calzada 6 + banquina 1,50 m = 9 m	sin dato
Talud sin baranda	1:2	sin dato
Contratalud	1:2	sin dato

Además, en la bibliografía de la cátedra de Transporte II se pueden consultar las pendientes transversales del camino y de banquetas, las cuales son función de la terminación superficial, que en este caso es estabilizado granular para el camino y las banquetas:

1. Camino: como mínimo entre un 2 y 4%, se opta por 3%.
2. Banquetas (sin cordón): como mínimo entre 4 y 6%, se opta por 5%.

Por último, según la misma fuente el ancho de solera de cuneta con un valor mínimo de 1 m. Cabe destacar que este valor indica una condición mínima deseable por cuestiones de mantenimiento, pero luego deberá verificarse su correcto funcionamiento hidráulico con el estudio que se realice.

8.2. Acceso al predio

Desde el quiebre de calle Nobel en dirección al acceso al sitio de intervención, se hace notar la presencia de una alcantarilla que drena el agua de los campos lindantes hacia el canal de derivación, y de ahí al arroyo. Del relevamiento realizado, se pudo determinar que la obra de arte existente es de hormigón armado, de sección circular y con un diámetro de 70 cm aproximadamente.

Como puede verse en las imágenes siguientes (Figura 8.4), la misma presenta un estado de deterioro muy avanzado. No solo se ve comprometida su integridad, y su funcionalidad, sino que también puede notarse la presencia de malezas, basura y demás obstrucciones, lo cual delata una clara falta de mantenimiento. Debido a esto, además del trabajo de limpieza correspondiente tanto en la entrada como en la salida de la alcantarilla, se propone su reemplazo por otra del mismo material y de la misma sección, pero de 1 m de diámetro. Esta elección tiene su respaldo en la información provista por el municipio de San Nicolás, ya que desde el organismo se proyecta agregar una alcantarilla aguas abajo de la que se pretende reemplazar, cuyo diámetro ya es de este valor. Por lo tanto, siendo que esta última recogerá mayor caudal por estar luego de la primera y su

sección está verificada, entonces la alcantarilla aguas arriba con el mismo diámetro estará en buenas condiciones. Las dimensiones y características de la obra de arte pueden consultarse en el Plano 11 “Plano Tipo de alcantarilla A-82 y H-2993”, considerando un diámetro D igual a 1,00 m.



Figura 8.4 - Alcantarilla existente en el acceso al predio.

Por otro lado, luego de la alcantarilla se encuentra otra obra de arte que salva el valle generado por el canal de desviación, permitiendo llegar al parque. Se trata de un puente metálico con una losa de hormigón para materializar la capa de rodamiento, tiene una luz de 12 m, un ancho de 4 m de los cuales 0,50 m corresponden a cordones (en ambos lados), y se registró una altura de 4,10 m desde el fondo del canal de desviación hasta el filo superior de cordón. Además, el puente presenta barandas muy deterioradas.



Figura 8.5 - Puente metálico existente.



Figura 8.6 - Puente metálico existente, visto desde el canal de derivación.

En las Figuras 8.5 y 8.6 puede constatarse lo desarrollado anteriormente. A su vez, permiten ilustrar el estado de abandono de la obra de arte considerando que el mantenimiento es prácticamente nulo, ya que se observa la presencia de malezas y basura en el lugar.

Con respecto al puente existente, se prevé su reacondicionamiento desde el punto de vista estructural, funcional y estético. La intención es destinar este acceso para aquellos visitantes que lleguen al lugar en bicicleta y/o caminando, prestando especial atención a la señalización y demarcación que sea necesaria. Luego, para el acceso vehicular, se proyecta un nuevo puente lindante al existente para uso exclusivo de automóviles. El motivo fundamental de la división de los accesos es preservar la seguridad de todos los usuarios del espacio.

Por otro lado, una vez traspasado dicho acceso, los automóviles que llegan al parque deben doblar a la izquierda y sólo pueden circular por el estacionamiento dentro del predio. Para el desarrollo geométrico de la curva que permite el giro, se adoptan los radios mínimos establecidos por la DNV para automóviles, siendo el interno de 4,40 m y el externo de 7,30 m. Como el ancho que resulta entre ambos radios es para un solo carril, se proyecta un ancho superior. Este resulta de la siguiente cuenta,

$$\begin{aligned} \text{Sean:} \quad & r_{\text{int}} = 4,40 \text{ m} & r_{\text{ext}} = 7,30 \text{ m} \\ & \text{ancho} = (r_{\text{ext}} - r_{\text{int}}) \times 2 = \mathbf{5,80 \text{ m}} \end{aligned}$$

$$\text{Finalmente:} \quad r_{\text{int}} = \mathbf{4,40 \text{ m}} \quad r_{\text{ext}} = 7,30 + 5,80 = \mathbf{10,20 \text{ m}}$$

Como puede verse en la siguiente Figura 8.7, los puentes de acceso al predio se encuentran separados en 1,20 m. Cabe aclarar que la proximidad entre ambas estructuras puede traer complicaciones a la hora de diseñar las fundaciones del puente proyectado, ya que las mismas no

deben perturbar la situación original de las bases existentes de la otra estructura. Siendo que en esta etapa se trata sólo el predimensionamiento de la obra de arte, quedará a futuro evaluar la conveniencia de construir la estructura separada de la existente, o bien reacondicionar las bases y ejecutar una ampliación en sentido transversal del puente metálico presentado en la Figura 8.6, para garantizar el acceso vehicular. Por otro lado, en la misma Figura 8.7 se esquematizan los radios de giro anteriormente mencionados.

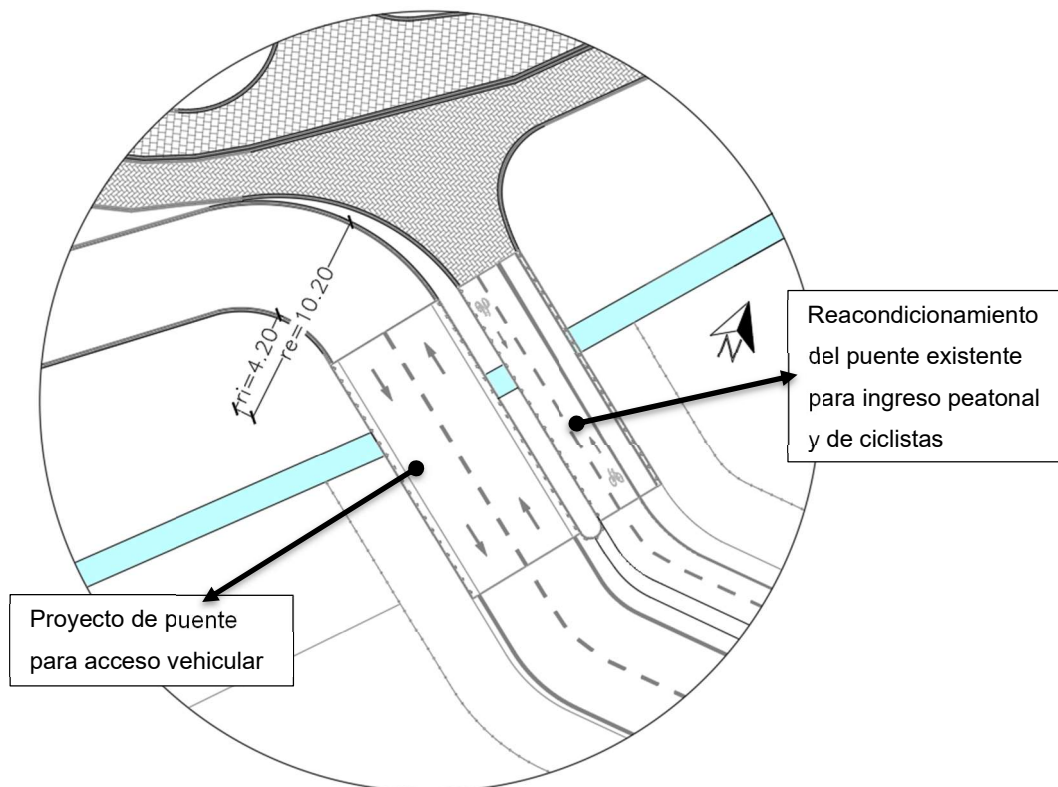


Figura 8.7 - Croquis de las obras de arte de acceso al parque, y esquematización de los radios de giro para acceder al estacionamiento.

En el apartado a continuación se tratará el proyecto del nuevo puente indicado en el esquema anterior.

8.3. Predimensionamiento de puente para el acceso vehicular al predio

La obra de arte en cuestión se trata de un acceso secundario a un espacio recreativo, por lo que no estará permitida la circulación de vehículos pesados. Es entonces que al camino se le asigna la categoría A-20. Se ha propuesto un diseño de eje recto con un cruce normal y desarrollo horizontal, y se considera que la cota de rasante del camino se mantiene constante en todo el recorrido de la obra.

La materialidad de la estructura es de hormigón armado, tanto para vigas como para la losa del tablero. Esta elección se sustenta en la intención de no complejizar el diseño teniendo en cuenta que se trata de un puente de poca envergadura. En cuanto a elementos componentes, se adoptan

cuatro vigas longitudinales, por lo que la separación entre ejes de estas resulta de 1,75 m. La sección transversal de las mismas es rectangular, de 1,30 m de altura por 30 cm de ancho.

Para el análisis de cargas se siguen los lineamientos propuestos por Vialidad Nacional en su publicación “Bases para el Cálculo de Puentes de Hormigón Armado”. Sin embargo, el dimensionamiento estructural se realiza de acuerdo al CIRSOC 201 “Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón”, con los coeficientes de mayoración correspondientes.

8.3.1. Cargas de cálculo

Las fuerzas que solicitan las estructuras de los puentes y que deben considerarse en los cálculos se dividen en dos categorías:

- **Fuerzas principales.** Carga permanente, sobrecarga accidental, impacto, influencias de la temperatura, contracción y fluencia del hormigón.
- **Fuerzas adicionales.** Acción del viento, esfuerzo transmitido por la baranda, rozamiento en los apoyos móviles, efectos originados por el desplazamiento y asentamiento de estribos y pilares, efectos originados por la presión del agua y choque de objetos o vehículos sobre pilares y acción de los movimientos sísmicos.

Cabe destacar que el diseño de este puente no es primordial para el proyecto, por lo que se lo trata en una etapa de anteproyecto. Por lo tanto, se consideran en el análisis sólo las cargas permanentes y sobrecargas, es decir, fuerzas principales.

8.3.2. Carga permanente

La carga permanente se compone del peso de la superestructura (vigas principales y secundarias, losa de la calzada, veredas, barandas, etc.) y de la sobrecarga permanente (adoquinado, enripiado, capa de desgaste, etc.).

Según las Bases para el Cálculo de Puentes de Hormigón Armado de Vialidad Nacional, el peso específico para hormigón armado es 2.500 kg/cm^3 , mientras que el del acero laminado es de 7.850 kg/cm^3 .

8.3.3. Sobrecarga móvil: aplanadora y multitud compacta

Los puentes de categoría A-20 se emplean en caminos con escaso tránsito de vehículos pesados y en los que, por razones de su pendiente, no presentan la posibilidad de tenerlo en general. De acuerdo a la Tabla 1 de publicación de Vialidad Nacional, la sobrecarga reglamentaria para el puente se compone de los siguientes valores.

<u>Categoría de puente</u>	<u>A-20</u>
Paso total	20 tn

Aplanadora rodillo delantero	8 tn
Cada rodillo trasero	6 tn
Multitud compacta	0,5 tn/m ²
Sobrecarga en veredas	0,4 tn/m ²

Para el cálculo estático se tiene en cuenta una aplanadora por cada faja de circulación que se disponga en el puente, de acuerdo al esquema propuesto en la siguiente imagen.

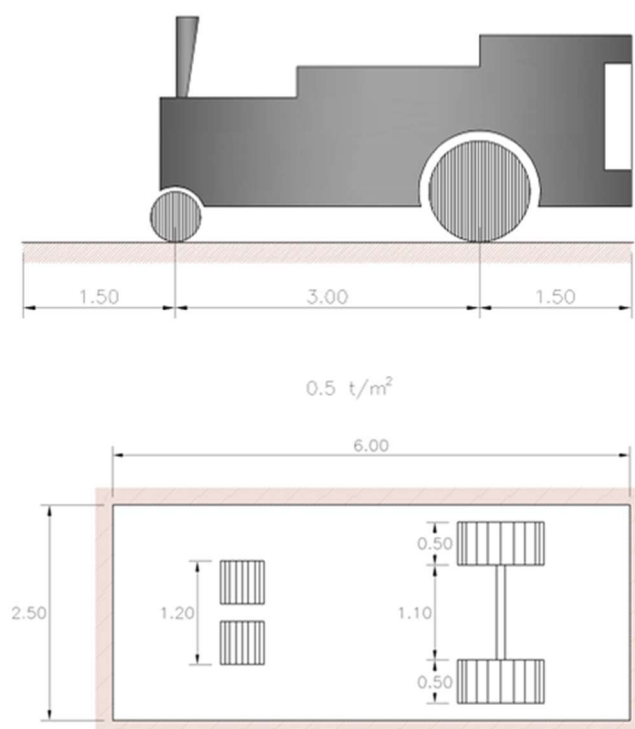


Figura 8.8 - Aplanadora tipo según Vialidad Nacional.

Fuera de la zona de calzada ocupada por las aplanadoras, se supone que actúa una sobrecarga uniforme equivalente al peso de la multitud correspondiente a la categoría del puente. La multitud compacta se considera siempre sin reducción, con el valor indicado en la Tabla 1.

Para el cálculo de los esfuerzos originados por la sobrecarga móvil, o de las tensiones producidas por la misma, la sobrecarga es afectada por el coeficiente de impacto correspondiente a las características y a la luz de la estructura.

La multitud compacta, sobre veredas o sobre espacios no accesibles para vehículos, como así también en puentes destinados exclusivamente para peatones, se aplica en el cálculo sin impacto.

Se adopta el coeficiente estipulado para el tablero de calzada, donde se incluyen vigas longitudinales y columnas, siendo este igual a 1,40.

8.3.4. Cálculos de resistencia: hipótesis de cálculo

Las cargas se sitúan en la posición más desfavorable, y no son tenidas en cuenta aquellas que, debido a su ubicación, reduzcan los momentos flectores (por ejemplo, en voladizos al calcular los momentos positivos) siempre que no estén directamente vinculadas a otras cargas, que actúan desfavorablemente. Asimismo, se consideran descartadas las posiciones de vehículos perpendiculares u oblicuos al eje longitudinal del puente.

Para simplificar el cálculo, se modeló la estructura en STAAD Pro y se consideró la multitud compacta aplicada en todo el puente salvo en el área donde se encuentra la aplanadora, lugar donde a esta última se le restó el valor de la primera.

El cálculo de los momentos, esfuerzos de corte y esfuerzos normales, así como de las tensiones originadas por los mismos se realizará en general con arreglo a la teoría de la elasticidad suponiendo que el hormigón es un material homogéneo, isótropo y elástico que obedece a la Ley de Hooke de proporcionalidad entre tensiones y deformaciones y que las armaduras se deforman solidaria y conjuntamente con el hormigón en razón de la adherencia entre ambos materiales. En particular, se supone que las secciones sometidas a flexión simple o compuesta, permanecen planas después de deformarse.

De acuerdo a Tabla 3 de las Bases para el Cálculo de Puentes de Hormigón Armado de Vialidad Nacional, los módulos de elasticidad y de corte de los materiales son los siguientes:

Acero

Bajo la acción de cargas <i>permanentes</i>	$E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$ $G = 810.000 \text{ kg/cm}^2$
---	--

Bajo la acción de cargas <i>accidentales</i>	$E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$ $G = 810.000 \text{ kg/cm}^2$
--	--

Hormigón

Bajo la acción de cargas <i>permanentes</i>	$E = 100.000 \text{ kg/cm}^2$ $G = 250.000 \text{ kg/cm}^2$
---	--

Bajo la acción de cargas <i>accidentales</i>	$E = 45.000 \text{ kg/cm}^2$ $G = 110.000 \text{ kg/cm}^2$
--	---

El coeficiente de Poisson del hormigón se considera igual a 0,15.

8.3.5. Cálculo de los elementos de puentes

En los cálculos, se consideran por separado los esfuerzos debidos a la carga permanente y la sobrecarga accidental. En todos los casos, se determina la suma más desfavorable de los esfuerzos simultáneos.

Luz de cálculo. La luz de cálculo de la losa del tablero y de las vigas principales es de 15 m. No se proyectan vigas secundarias.

Hipótesis de apoyo y de cálculo. Las vigas principales se apoyan en sus extremos, y se suponen vínculos con libre rotación en los apoyos. Sin embargo, la losa puede considerarse semi empotrada en las vigas. Para el dimensionamiento de las vigas a flexión, se utiliza la hipótesis de viga placa teniendo en cuenta un ancho de colaboración de la losa con la viga.

Espesor mínimo de losas. El espesor mínimo para la losa de la calzada es de 12 cm. Se opta por un valor de 18 cm.

8.3.6. Generalidades sobre la disposición de armaduras

a. Armadura en losas

La distancia entre ejes de los hierros de tracción no debe ser mayor a dos veces el espesor de la losa, veinticinco veces el diámetro de la barra o 30 cm, la que sea menor.

Como hierros de repartición se colocarán en 1 metro de ancho de la losa por lo menos 3 hierros redondos de 8 milímetros de diámetro o un número mayor de hierros más delgados de sección total equivalente.

En losas continuas, los hierros doblados que se utilizan como armadura de tracción para los momentos negativos deberán penetrar suficientemente en los tramos vecinos a fin de asegurar un buen anclaje. Para las luces aproximadamente iguales y siempre que no se hayan doblado los hierros exactamente de acuerdo al diagrama de momentos, bastará prolongar dichos hierros en 1/5 de la luz.

b. Armadura para disminuir efectos de la contracción

En las estructuras isostáticas como en las hiperestáticas de más de un metro de altura, debe preverse para aminorar los efectos locales de la contracción una armadura de repartición; por ejemplo, en el alma de las vigas T, con una separación máxima entre barras de 50 cm.

c. Doblado de barras

El radio interior libre de la curvatura es como mínimo igual a 5 veces el diámetro de la barra para acero común y 8 veces para acero de alta resistencia.

d. Recubrimiento

Tanto en vigas como en la losa del tablero se adopta un recubrimiento de 2 cm, de acuerdo a las recomendaciones del CIRSOC 201.

e. Distancia mínima entre barras

La luz libre mínima entre las barras que conforman la armadura a flexión de las vigas principales debe ser la menor entre: 25 mm; el diámetro de la barra elegido, 1,33 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso. En este caso, resulta determinante la distancia de 2,5 cm.

Para el caso de la armadura de corte de las vigas, su separación debe ser menor a la mitad de la distancia entre la fibra extrema comprimida y el baricentro de la armadura de tracción o 40 cm, la que resulte menor.

En vigas y vigas-placas se colocan siempre estribos a fin de asegurar la vinculación entre la zona de tracción y la de compresión. La distancia máxima entre estribos no puede sobrepasar el valor del ancho del nervio.

En la Figura 8.9, se presenta la sección transversal las vigas con sus correspondientes armaduras y, en la Figura 8.10, se puede observar el perfil transversal del tablero.

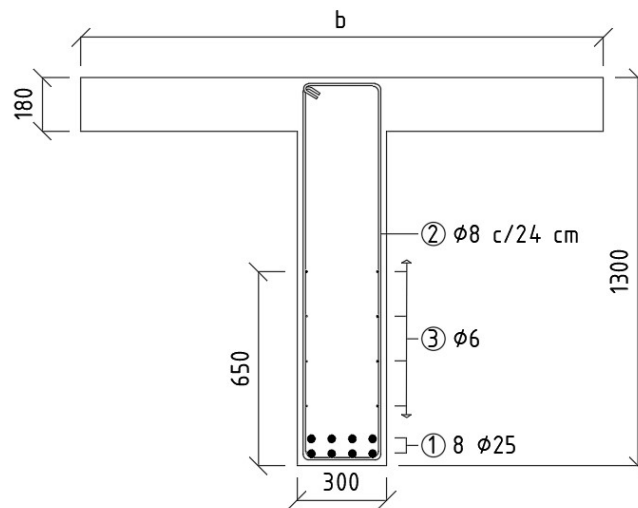


Figura 8.9 - Armadura de la viga del puente de acceso vehicular.

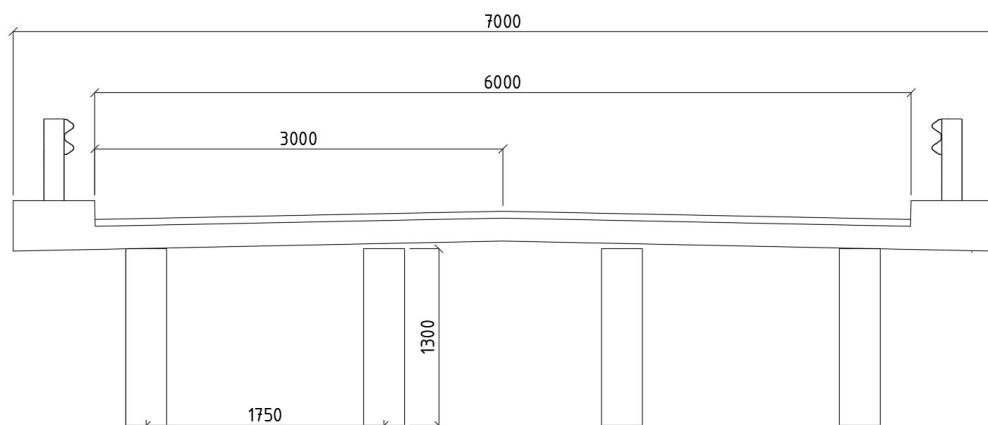


Figura 8.10 – Esquema transversal del tablero del puente.

Finalmente, se puede consultar el Plano 13 “Puente de acceso vehicular” y el Anexo Estructural – “Predimensionamiento del puente vehicular” para ahondar detalle sobre la obra proyectada.

9. ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL

El último aspecto, pero no menos importante, de la Ingeniería Civil que trata el presente trabajo es el ambiental. Aquí se hace hincapié en dos cuestiones principales: la colaboración que se logra a partir del proyecto a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, y la producción de gases de efecto invernadero durante el proceso constructivo y durante la vida útil de la obra.

9.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son diecisiete objetivos globales interconectados y diseñados para ser un “plan para lograr un futuro mejor y más sostenible para todos”. Este conjunto de propósitos, que engloba un total de 169 metas de carácter integrado, fue establecido en el año 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas (AG – ONU), y se pretende alcanzar para el año 2030 la totalidad de los mismos a nivel mundial. Los 17 ODS pueden resumirse en el siguiente esquema.



Figura 9.1 - Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por la ONU. Fuente: sitio web oficial de la ONU.

Cabe destacar la importancia de que todos los actores involucrados entiendan y se comprometan en el alcance de estos propósitos para el año 2030, es decir, sector político, sector privado y la sociedad civil en su conjunto.

En este apartado, se analizará el proyecto bajo la perspectiva propuesta por la ONU a través de los ODS, de manera tal que se establecerá específicamente con cuales de los diecisiete objetivos se está contribuyendo a partir del trabajo que aquí se plantea.

9.1.1. Objetivo N°1. Fin de la pobreza

Más de 700 millones de personas, o el 10 % de la población mundial, aún vive en situación de extrema pobreza a día de hoy, con dificultades para satisfacer las necesidades más básicas, como la salud, la educación y el acceso a agua y saneamiento, por nombrar algunas.

Entre las metas de este objetivo, se cita el punto 1.2: *Para 2030, reducir al menos a la mitad la proporción de hombres, mujeres y niños y niñas de todas las edades que viven en la pobreza en todas sus dimensiones con arreglo a las definiciones nacionales.*

En este sentido, el proyecto contempla la necesidad de contar con mucha mano de obra, no solo para la etapa constructiva sino también para el mantenimiento regular del parque. Si bien reducir la pobreza a gran escala resulta un objetivo muy ambicioso para los fines de este proyecto, estas obras se presentan como una gran oportunidad para generar trabajo digno, que es la base para erradicar la indigencia y fomentar el desarrollo de las personas.

Este Objetivo se relaciona con el Objetivo N°8 Trabajo decente y crecimiento económico, que en su tercera meta enuncia: *Promover políticas orientadas al desarrollo que apoyen las actividades productivas, la creación de puestos de trabajo decentes, el emprendimiento, la creatividad y la innovación....* Nuevamente, se destaca la contribución del proyecto en este sentido al potenciar puestos de trabajo de diversa índole.

De lo particular a lo general, la generación de empleo logra que los habitantes perciban una remuneración por lo cual, de alguna forma, si hay más trabajo habrá mayores ingresos en la comunidad nicoleña. Esto a gran escala se puede pensar como una ayuda a la estabilidad económica y social del país, y consecuentemente al crecimiento mundial.

9.1.2. Objetivo N°11. Ciudades y comunidades sostenibles

La rápida urbanización está dando como resultado un número creciente de habitantes en barrios pobres, infraestructuras y servicios inadecuados y sobrecargados (como la recolección de residuos y los sistemas de agua y saneamiento, carreteras y transporte), lo cual está empeorando la contaminación del aire y el crecimiento urbano incontrolado.

Entre las metas de este objetivo, se cita el punto 11.7: *De aquí a 2030, proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles, en particular para las mujeres y los niños, las personas de edad y las personas con discapacidad.*

El proyecto del parque Molino Santa Clara cuenta con un diseño adaptado para todas las personas, con las dimensiones y los espacios pensados para que aquellas que padecen algún tipo de discapacidad puedan disfrutar del parque sin ninguna limitación.

Los espacios verdes son fundamentales ya que no solo contribuyen positivamente en la cuestión ambiental, sino que también brindan múltiples beneficios a la salud del ser humano que busca un lugar de esparcimiento en contacto con la naturaleza. Al igual que en el apartado anterior,

se intenta lograr un pequeño aporte en la reducción de las desigualdades, fomentando el pensamiento de espacios verdes recreativos accesibles para toda la comunidad.

Por otro lado, el punto 11.2 enuncia: *De aquí a 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial....* Como se mencionó en el apartado **7. Intervención urbanística**, el parque fue pensado para que los visitantes puedan transitarlo caminando o bien en bicicleta, priorizando estos modos de transporte por encima del automóvil, cuyo acceso se limita únicamente al estacionamiento. El proyecto se desarrolla en dos caminos diferenciados, uno para peatones y otro para una bicienda doble mano, que recorren el lugar de manera lineal y paralelamente al Arroyo del Medio, con una vista completamente libre hacia el curso.

El paseo contempla todos los elementos de seguridad vial adecuados para cumplir con la meta, como ser barandas y señalamiento horizontal y vertical, además de contar con diferencias en las terminaciones superficiales para destacar los sectores por donde circula tanto la bici como el caminante. El parque también posee luminarias autosuficientes alimentadas mediante paneles fotovoltaicos individuales, para garantizar la seguridad en ausencia de luz natural.

9.1.3. Objetivo N°12. Producción y consumo responsables

El consumo y la producción sostenibles también pueden contribuir de manera sustancial a la mitigación de la pobreza, y a la transición hacia economías más verdes y con bajas emisiones de carbono.

Entre las metas de este objetivo, se cita el punto 12.5: *De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.*

El renovado parque Molino Santa Clara cuenta con un sistema de separación de residuos instalado que permite una gestión eficiente de los mismos hacia su disposición final. La separación “domestica” de residuos en origen consiste en el descarte diferenciado y posterior procesamiento de la basura generada por quienes visiten el lugar. Esta técnica de reciclaje tiene múltiples beneficios, ya que no solo se reduce la cantidad de basura que se deriva a los rellenos sanitarios, sino que también permite la creación de nuevas fuentes de trabajo para aquellas personas que se dedican a la separación de los residuos. Una vez procesados, algunos descartes pueden volver al sistema de producción para ser utilizados como materia prima. Este es el caso típico de los plásticos, siendo que hoy en día existe una enorme variedad de productos elaborados con base de plástico reciclado.

El sistema de recolección de residuos en el parque consiste en la instalación de *islas de reciclaje*, que consisten en cestos de basura convencionales pero destinados únicamente a un tipo de residuo, ya sea vidrio, plástico o cartón. Están construidas con palets de madera y un fondo que facilite la descarga, o en su defecto un sistema de bisagras que permita el giro del cesto para su

vaciado. Cuentan con un cartel que indica el material a depositar (vidrio, papel y cartón, plástico), y en su interior disponen de una bolsa de gran tamaño, como las utilizadas en corralones de materiales de construcción, para almacenar la basura.

La Figura 9.2 ilustra la idea de las islas de reciclaje, y a esta propuesta se le suma una cubierta individual para cada cesto, con el objetivo de proteger los residuos del agua de lluvia.



Figura 9.2 - Cestos diferenciados de reciclaje a instalar en el parque.

Otro aspecto fundamental a tener en cuenta es la emisión de gases de efecto invernadero producto de la ejecución del proyecto. En este sentido, se pueden destacar algunas etapas constructivas que contribuyen a esto,

- a. **Transporte.** Para llevar a cabo la obra será necesario el transporte tanto de materiales como de equipos, herramientas y mano de obra. Con el objetivo de reducir lo máximo posible dichas emisiones se propone trabajar con materia prima local, de forma tal que las distancias a recorrer sean menores. Además, puede resultar interesante el aprovechamiento de la red ferroviaria que circula a tan solo metros del sector a intervenir, tal como se puede observar en la Figura 2.3, para no depender únicamente del transporte terrestre por camión, siendo éste el modo más contaminante.
- b. **Materiales.** La nueva presa será construida íntegramente con hormigón armado, y este es un material con una gran emisión de gases de efecto invernadero en su elaboración. En este aspecto, trabajar con materiales alternativos y sustentables puede resultar poco viable siendo que el hormigón armado otorga una muy buena resistencia y durabilidad frente a la acción del agua. Por lo tanto, los efectos negativos de esta parte del proyecto se los contrarresta con aquellos efectos positivos de otras, como la utilización de energías renovables o el estímulo de modos de transporte sustentables dentro del parque, como la bicicleta, quitándole protagonismo al automóvil.

9.1.4. Objetivo N°15. Vida de ecosistemas terrestres

Los ecosistemas terrestres son vitales para el sostenimiento de la vida humana, contribuyen a más de la mitad del PBI mundial e incluyen diversos valores culturales, espirituales y económicos. Sin embargo, el mundo se enfrenta a una triple crisis del cambio climático, a la contaminación y a la pérdida de la biodiversidad. La creciente tendencia a la pérdida de los bosques, la degradación

del suelo y la extinción de las especies constituyen una grave amenaza tanto para el planeta como para las personas.

Entre las metas de este objetivo, se cita el punto 15.1: *Para 2020, velar por la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y los servicios que proporcionan, en particular los bosques, los humedales, las montañas y las zonas áridas, en consonancia con las obligaciones contraídas en virtud de acuerdos internacionales.*

Y el punto 15.9 dice: *Para 2020, integrar los valores de los ecosistemas y la diversidad biológica en la planificación nacional y local, los procesos de desarrollo, las estrategias de reducción de la pobreza y la contabilidad.*

El proyecto en sí es una intervención urbanística y civil en un espacio verde aun sin acción del hombre. Uno de sus puntos clave es la preservación del área lo más natural posible, buscando enaltecer la naturaleza del entorno y su biodiversidad. También persigue un cierto nivel de mejora en la calidad de vida a los vecinos de la región, al brindarles un espacio recreativo donde conviven en armonía la fauna y la flora autóctona del sector.

Entre los cuatro ODS analizados, si se los ordenara en sentido creciente en función del nivel de contribución que genera el proyecto, podría decirse que en primer lugar se encuentra el Objetivo N°11 “Ciudades y comunidades sostenibles”. Este enunciado se fundamenta, entre otras cosas, en la generación de espacios verdes, recreativos y públicos de calidad, que garanticen el acceso y disfrute universal por parte de todas las personas, y este concepto es el principio fundamental que motiva el desarrollo del proyecto.

9.2. Emisiones de gases efecto invernadero

Las intervenciones urbanas, como la construcción o renovación de infraestructuras, el desarrollo de espacios públicos y otras actividades similares, pueden tener un impacto significativo en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) debido a diversas actividades asociadas. El sector de la construcción es uno de los sectores en el país y en el mundo que más emisiones de GEI produce. Claramente, el proyecto en estudio no escapa de esta situación.

Algunas fuentes comunes de emisiones de GEI en intervenciones urbanas son,

- **Construcción y demolición.** El uso de maquinaria pesada y vehículos durante la construcción y demolición de una obra puede resultar en emisiones significativas, considerando que ambos funcionan con combustibles fósiles.
- **Transporte de materiales y personas.** Similarmente al caso anterior, el transporte de materiales de construcción y personal hacia y desde el lugar de trabajo puede generar

emisiones considerables, especialmente si se utilizan vehículos que consumen combustibles fósiles y si las distancias de transporte son grandes.

- **Energía utilizada en la construcción.** La energía necesaria para llevar a cabo las diversas tareas en obra, incluida la electricidad utilizada en el lugar de trabajo y durante la fabricación de materiales, puede contribuir a las emisiones de GEI si proviene de fuentes no renovables.
- **Cambio en el uso del suelo.** Las modificaciones en el uso del suelo, producto de las intervenciones civiles y urbanísticas, pueden tener impactos en la vegetación y la capacidad del área para absorber carbono.

El propósito de este apartado no es realizar un estudio de impacto ambiental en profundidad, cuantificando niveles de emisiones y estudiando alternativas más sustentables, más bien poner de manifiesto cuáles serán los rubros dentro de la obra que mayor efecto tendrán sobre el medio ambiente. Es esencial tener conciencia ambiental sobre el proyecto que se está planteando, con el fin de poner el foco en aquellos aspectos que resulten fundamentales para mitigar el impacto negativo.

En primer lugar, será necesario llevar a cabo una tarea importante de movimiento de suelo, tanto para la limpieza del terreno en la zona de la presa como para la preparación de la subrasante para los caminos proyectados. La maquinaria requerida para dichos trabajos es impulsada con combustibles fósiles, y generalmente las empresas del medio suelen trabajar con equipos antiguos que consumen grandes cantidades de combustible. En ese sentido, sería más conveniente optar por maquinaria moderna, que optimice el consumo o en su defecto que sean híbridos.

La red de caminos constituye una de los módulos principales del proyecto, y tiene una extensión considerable en todo el sector, por lo que para su construcción se requieren materiales diversos y en cantidad. La nueva presa representa también un punto a estudiar, debido a que se materializa a partir de un volumen muy grande de hormigón. Lamentablemente, tanto la industria del cemento y como la del hormigón producen importantes emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Por último, se prevé que esta intervención urbanística en el parque Molino Santa Clara genere un nuevo foco turístico en la región, atrayendo visitantes de San Nicolás y alrededores que elijan el lugar para disfrutar de un espacio recreativo de calidad. Indirectamente, esto trae como consecuencia una mayor circulación de vehículos particulares, aumentando las emisiones carbono por transporte. Afortunadamente, en la actualidad existe una mayor conciencia a nivel mundial sobre este foco de contaminación que producen los usuarios y la industria automotriz se vuelca cada vez más a la producción de vehículos más amigables con el medio ambiente, como son los autos híbridos y eléctricos.

10. CONCLUSIONES

El planteo de este proyecto fue abordado desde una perspectiva integral que permitió desarrollarlo satisfactoriamente abarcando diversas áreas de la Ingeniería civil. Se ha aplicado una multiplicidad de conocimientos adquiridos a lo largo de toda la carrera, y lo más destacable es la integración de todos ellos en pos de avanzar con el trabajo.

El módulo fundamental del proyecto lo constituye la reconstrucción de la presa sobre el Arroyo del Medio y el análisis hidrológico e hidráulico que esto conlleva, y alrededor de esta tarea principal se desenvuelven las restantes partes, como la intervención urbanística del sector y el reordenamiento vial de los accesos al lugar. Además, el trabajo fue llevado a cabo en todo momento desde una perspectiva medioambiental prioritaria y respetada en cada una de las áreas intervinientes en el proyecto. En este sentido, se recuerda que el aspecto urbano-arquitectónico fue particularmente desarrollado adaptándose a la topografía del lugar, de forma tal que puede afirmarse que la propuesta se acomodó al terreno, y no lo opuesto.

Cabe mencionar que la complejidad y la extensión de este trabajo merece de un análisis que debería llevarse a cabo en un tiempo mayor que con el que se contó para su desarrollo, durante un semestre académico. La naturaleza de los estudios y trabajos auxiliares que requiere un proyecto como este derivan en la necesidad de plazos grandes para su ejecución. Debido a esto, se planteó una alternativa a una idea que ya contaba con propuestas base por parte del Municipio de San Nicolás y que se intentaron aproximar a una solución en tiempos pasados, pero que por algún motivo no se concretaron. A su vez, el equipo de trabajo debió prescindir de la realización de estudios específicos propios que le hubieran otorgado a este proyecto mayor detalle. En todo momento se hace hincapié en que, si bien la idea se encuentra desarrollada en materia de conceptos y dimensiones, en caso de llevarse a cabo realmente por parte de un tercero o de la propia Municipalidad, deben efectuarse estudios más específicos del sector para alcanzar un mayor grado de profundidad. En primer lugar, se debería realizar un estudio de suelos precisamente en el sector de obra para obtener información exacta del lugar. No debe perderse de vista que, tal como se mencionó en el apartado **4.5 Estudio geotécnico**, el estudio de suelos disponible y con el cual se trabajó todo el proyecto es de una perforación realizada a casi 3km de distancia.

Otro aspecto fundamental, aunque ausente en este proyecto, es el económico. En este informe no se presenta el desarrollo de cálculos de materiales ni de movimientos de suelos, ni tampoco un análisis financiero que permita definir un presupuesto, evaluar la factibilidad de la obra y su posibilidad de optimización. Con este complemento, se obtendría un verdadero proyecto ejecutivo.

Finalmente, se puede concluir que la idea ha sido alcanzada y con resultados satisfactorios desde el punto de vista de las soluciones propuestas, en los diferentes aspectos involucrados. En el camino surgieron modificaciones, recomendaciones por parte de los docentes, mejoras y nuevas

ideas que fueron dando lugar a una optimización del planteo original, obteniéndose un producto final que cumple con las expectativas planteadas por el equipo al principio del camino.

Por último, cabe destacar el valor que se le otorga al parque Molino Santa Clara a partir de este proyecto. Se trata de un predio con una marcada belleza natural, que actualmente no tiene una gestión adecuada como para aprovechar al máximo sus extensas virtudes. Este trabajo no sólo ha mejorado la estética del parque, sino que ha marcado un hito en la misión de vivir en armonía con la naturaleza. En el corazón de esta iniciativa radica el compromiso de preservar y proteger la biodiversidad, garantizando que el parque Molino Santa Clara vuelva a posicionarse como un atractivo para los nicoleños.

11. ANEXOS Y PLANOS

Anexo Hidráulico	Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante la ecuación de Cowan. Laminación de crecidas en el embalse Construcción de la curva H-Q en zona de la presa proyectada. Coeficientes de rugosidad de Manning. Verificación al vuelvo, hundimiento y deslizamiento de la presa. Modelización Matemática de la Cuenca del Arroyo del Medio.
Anexo Geotécnico	Estudio de suelos.
Planos	Plano 01 Topografía del sector a intervenir. Plano 02 Áreas y volúmenes de embalse. Plano 03 Arroyo del Medio – Perfil longitudinal y planta. Plano 04.1 Perfiles transversales recopilados. Plano 04.2 Perfiles transversales recopilados. Plano 04.3 Perfiles transversales recopilados. Plano 05 Perfiles transversales relevados. Plano 06 Intervención en zona de descarga del canal de derivación. Plano 07 Perfil tipo de obra básica y pavimentos de los accesos. Plano 08 Acceso al parque – Señalización. Plano 09 Plantas arquitectónicas. Plano 10.1 Cortes y detalles de arquitectura. Plano 10.2 Cortes y detalles de arquitectura. Plano 10.3 Cortes y detalles de arquitectura. Plano 11 Plano Tipo de alcantarilla A-82 y H-2993. Plano 12 Plano Tipo de baranda H-10237. Plano 13 Puente de acceso vehicular.

12. BIBLIOGRAFÍA

- RACCA, J.M.G. (2010). *Geomorfología de la cuenca del Arroyo del Medio*. Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología. Rosario.
- PEÑA, H.C.E., PERALTA, E.P., ALBERT O.A. (2010). *Descripción de la cuenca y el curso del Arroyo del Medio, Santa Fe-Buenos Aires, Argentina*. Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología. Rosario.
- Basile, Riccardi, Zimmermann, Stenta, Scuderi, Rentería, González (2009). *Derivación de curvas de intensidad-duración-recurrencia unificadas para la ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina*. Rosario.
- Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos (2010). *ATLAS. Cuencas y regiones hídricas - ambientales de la Provincia de Buenos Aires - Etapa 1*.
- *Informe de modelación hidráulica del Arroyo del Medio*. (2004). <https://snih.hidricosargentina.gob.ar/Filtros.aspx>
- Ing. FANELLI, S., Ing. FERREYRA, M.A. (2020). *Proyecto de obras básicas*. Apunte de cátedra. Rosario.
- DENTE, M.V. *Cuencas de arroyos del sudeste de Santa Fe y norte de Buenos Aires*. Cuenca Nro. 33.
- RODRÍGUEZ, E.J.M., ROSAS AYALA, G.P. (2016). *Cálculo de la velocidad media y el caudal con base en la velocidad superficial del agua en pequeñas corrientes*. Bogotá.
- Dirección Nacional de Vialidad. *Diseños Especies. Instalaciones para ciclistas*.
- Dirección Nacional de Vialidad. *Diseños Especies. Instalaciones para peatones*.
- Dirección Nacional de Vialidad. *Intersecciones. Vehículos de diseño*.
- Ing. Acquaviva (2020). *Introducción a la movilidad sostenible*. Apunte de cátedra. Rosario.
- Cátedra Transporte I (2020). *El usuario del espacio público*. Apunte de cátedra. Rosario.
- Cátedra Hidráulica de Canales Abiertos (2020). *Escurrimiento de flujo a superficie libre*. Canales. Apunte de cátedra. Rosario.
- Archivos varios provistos por la Secretaría de Recursos Hídricos.

- Arq. M. Aldana Calligo y Arq. Pablo N. Ortiz. *Baño container - Sistema BA.CO.*
<https://arqa.com/comunidad/obras/bano-container-sistema-ba-co/>
- K. Terzaghi - R. Peck - G. Mesri. (1973). *Mecánica de suelos en la Ingeniería Práctica. 2da Edición.* Barcelona. Editorial: El Ateneo.

ANEXO HIDRÁULICO

Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante la ecuación de Cowan

CONDICIONES DEL CANAL		VALORES	
Material considerado	Tierra	n ₀	0,020
	Roca cortada		0,025
	Grava fina		0,024
	Grava gruesa		0,028
Grado de irregularidad	Liso	n ₁	0,000
	Menor		0,005
	Moderado		0,010
	Severo		0,020
Variaciones de la sección transversal del canal	Gradual	n ₂	0,000
	Ocasionalmente alternante		0,005
	Frecuentemente alternante		0,010-0.015
Efectivo relativo de obstrucciones	Despreciable	n ₃	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n ₄	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-0.100
Cantidad de meandros	Menor	m ₅	1.000
	Apreciable		1.150
	Severa		1.300

Laminación de crecidas en embalse

Zk	Zi	Caso	Caudal por vertedero				Q tot [m3/s]
			Q1 [m3/s]	Q2 [m3/s]	Q3 [m3/s]	Q4 [m3/s]	
11,38		1,00	-	-	-	-	
12,77		1,00	-	-	-	-	
12,80	11,78	1,00	0,12				0,12
12,85	11,88	1,00	0,54				0,54
12,90	11,98	1,00	1,12				1,12
12,95	12,00	1,00	1,83				1,83
13,00	12,12	1,00	2,64				2,64
13,05	12,28	1,00	3,55	0,27			3,82
13,10	12,38	1,00	4,54	0,76			5,30
13,15	12,48	1,00	5,61	1,39			7,01
13,20	12,65	1,00	6,76	2,14			8,90
13,25	12,72	1,00	7,97	3,00	0,10		11,07
13,30	12,83	1,00	9,25	3,94	0,29		13,48
13,35	12,95	1,00	10,59	4,96	0,54		16,08
13,40	13,20	1,00	11,98	6,06	0,82		18,87
13,45	13,25	1,00	13,44	7,23	1,15		21,83
13,50	13,35	1,00	14,95	8,47	1,51		24,94
13,55	13,38	1,00	16,51	9,78	1,91		28,19
13,60	13,46	1,00	18,12	11,14	2,33	0,21	31,80
13,65	13,48	1,00	19,78	12,56	2,78	0,58	35,71
13,70	13,58	1,00	21,49	14,04	3,26	1,07	39,86
13,75	13,68	1,00	23,25	15,57	3,76	1,65	44,23
13,80	13,68	1,00	25,05	17,15	4,28	2,30	48,79
13,85	13,72	1,00	26,90	18,78	4,83	3,03	53,54
13,90	13,77	1,00	28,79	20,46	5,40	3,82	58,47

Construcción curva H-Q en zona de la presa proyectada

H [m]	ZONA CANAL				ZONA VALLE DE INUNDACIÓN				H [m]	Q [m3/s]
	A1 [m2]	P1 [m]	R1 [m]	V1 [m/s]	A2 [m2]	P2 [m]	R2 [m]	V2 [m/s]		
0,10	0,16	3,17	0,05	0,15	-	-	-	-	0,10	0,02
0,20	0,63	6,34	0,10	0,24	-	-	-	-	0,20	0,15
0,30	0,79	9,09	0,09	0,22	-	-	-	-	0,30	0,17
0,40	1,89	11,84	0,16	0,32	-	-	-	-	0,40	0,61
0,50	3,30	14,59	0,23	0,41	-	-	-	-	0,50	1,35
0,60	5,00	17,07	0,29	0,49	-	-	-	-	0,60	2,43
0,70	6,88	18,79	0,37	0,56	-	-	-	-	0,70	3,87
0,80	8,94	20,22	0,44	0,64	-	-	-	-	0,80	5,71
0,90	11,15	21,65	0,52	0,71	-	-	-	-	0,90	7,88
1,00	13,50	23,08	0,58	0,77	-	-	-	-	1,00	10,39
1,10	16,00	24,51	0,65	0,83	-	-	-	-	1,10	13,24
1,20	18,65	25,94	0,72	0,88	0,00	0,00		0,00	1,20	16,46
1,30	21,35	25,94	0,82	0,97	0,21	3,28	0,06	0,09	1,30	20,64
1,40	24,05	25,94	0,93	1,05	0,74	6,56	0,11	0,14	1,40	25,25
1,50	26,75	25,94	1,03	1,12	1,60	9,84	0,16	0,17	1,50	30,31
1,60	29,45	25,94	1,14	1,20	3,11	13,12	0,24	0,22	1,60	35,95
1,70	32,15	25,94	1,24	1,27	5,41	16,40	0,33	0,28	1,70	42,31
1,80	34,85	25,94	1,34	1,34	10,71	52,49	0,20	0,20	1,80	48,83
1,90	37,55	25,94	1,45	1,41	16,14	55,61	0,29	0,26	1,90	56,97
2,00	40,25	25,94	1,55	1,47	21,88	58,73	0,37	0,30	2,00	65,93
2,10	42,95	25,94	1,66	1,54	27,95	61,85	0,45	0,34	2,10	75,70
2,20	45,65	25,94	1,76	1,60	34,31	64,97	0,53	0,38	2,20	86,24
2,30	48,35	25,94	1,86	1,67	40,84	65,29	0,63	0,43	2,30	97,94
2,40	51,05	25,94	1,97	1,73	47,40	65,61	0,72	0,47	2,40	110,41
2,50	53,75	25,94	2,07	1,79	54,00	65,93	0,82	0,51	2,50	123,62
2,60	56,45	25,94	2,18	1,85	60,62	66,25	0,92	0,55	2,60	137,54
2,70	59,15	25,94	2,28	1,91	67,27	66,57	1,01	0,59	2,70	152,16
2,80	61,85	25,94	2,38	1,96	73,97	66,89	1,11	0,62	2,80	167,48
2,90	64,55	25,94	2,49	2,02	80,87	69,92	1,16	0,64	2,90	182,27
3,00	67,25	25,94	2,59	2,08	88,07	72,95	1,21	0,66	3,00	197,74
3,10	69,95	25,94	2,70	2,13	95,57	75,98	1,26	0,68	3,10	213,91
3,20	72,65	25,94	2,80	2,19	103,37	79,01	1,31	0,70	3,20	230,78
3,30	75,35	25,94	2,90	2,24	111,44	82,04	1,36	0,71	3,30	248,33
3,40	78,05	25,94	3,01	2,29	119,79	85,07	1,41	0,73	3,40	266,56
3,50	80,75	25,94	3,11	2,35	128,44	88,10	1,46	0,75	3,50	285,53
3,60	83,45	25,94	3,22	2,40	137,37	91,13	1,51	0,77	3,60	305,20
3,70	86,15	25,94	3,32	2,45	146,59	94,16	1,56	0,78	3,70	325,60
3,80	88,85	25,94	3,43	2,50	156,09	97,19	1,61	0,80	3,80	346,72
4,00	94,25	25,94	3,63	2,60	175,95	102,96	1,71	0,83	4,00	391,47
4,50	107,75	25,94	4,15	2,84	231,31	121,86	1,90	0,89	4,50	512,75
5,00	121,25	25,94	4,67	3,07	297,31	143,76	2,07	0,95	5,00	653,87
5,50	134,75	25,94	5,19	3,30	374,21	165,66	2,26	1,00	5,50	819,72
6,00	148,25	25,94	5,72	3,52	462,01	187,56	2,46	1,06	6,00	1.011,96
6,50	161,75	25,94	6,24	3,73	561,01	209,46	2,68	1,12	6,50	1.232,80
7,00	175,25	25,94	6,76	3,93	670,68	231,36	2,90	1,18	7,00	1.482,92
7,50	188,75	25,94	7,28	4,13	791,28	253,26	3,12	1,24	7,50	1.764,37

T A B L A N° 1 **COEFICIENTES DE RUGOSIDAD**

NATURALEZA DE LAS PAREDES		n
*	Canales de madera muy bien cepillada	0,009
*	Canales enlucidos (cemento puro) muy lisos	0,010
*	Conductos de material vítreo y de hierro nuevo	0,010
*	Canales o conductos revocados con mortero cementicio	0,011
*	Conductos de hierro sin asperezas y canaletas semicirculares de chapa de hierro galvanizado con juntas sin salientes	0,011
*	Canaletas de madera sin cepillar	0,012
*	Conductos de chapa metálica (D=1 a 3 m), juntas remachadas	0,013
*	Mampostería de ladrillo de máquina bien terminado, sin salientes	0,014
*	Mampostería de piedra labrada	0,014
*	Conductos de barro cocido (drenajes)	0,014
*	Conductos de hormigón premoldeado	0,014
*	Hormigón moldeado in-situ	0,016
*	Mampostería de piedras de cantera, caras lisas	0,017
*	Conducto de chapas acanaladas de hierro galvanizado sección circular y semicircular	0,019
*	Revestimiento de piedras en seco, muy bien ejecutados	0,019
*	Canaletas en tosca y greda compacta, paredes lisas	0,020
*	Canales en pedregullo o grava bien afirmada, sección rectangular	0,021
*	Canales revestidos con piedras en seco, partidas a combo	0,023
*	Canales en tierra, libres de vegetación y ripio suelto	0,025
*	Ríos de pendiente pequeña y mucho caudal	0,027
*	Canales de tierra, con alguna vegetación y ripio (mayoría de canales de irrigación en servicio)	0,030
*	Canales excavados en roca compacta, libres de salientes grandes	0,032
*	Canales y ríos con piedras sueltas y vegetación	0,037
*	Canales en roca esquistosa o granítica sin alisar las paredes	0,040
*	Ríos con plantas acuáticas y mucha vegetación	0,041
*	Canales de desagüe en servicio	0,045
*	Canales de desagüe con mucha vegetación, fondo y taludes irregulares	0,060
*	Zonas inundables entre endicamentos (ancho $\approx$ 400 m; $R = 1,30/1,60$) terreno desmontado pero con raigones	0,048
*	Id.Id. terreno cubierto con monte natural	0,078

n: coeficiente de Manning

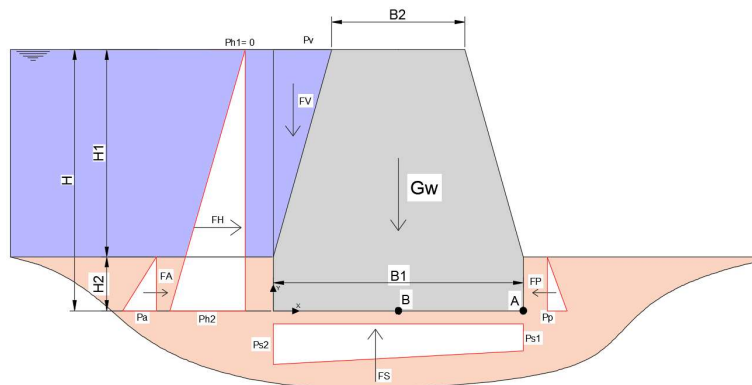
Verificación al vuelco, hundimiento y deslizamiento de la presa

GEOMETRIA DE LA PRESA		
H1 =	1,2	m
H2 =	0,3	m
H =	1,5	m
B1 =	1,3	m
B2 =	0,8	m

CENTRO DE GRAVEDAD		
TRAPECIO		
A1 =	1,26	m ²
xg1 =	0,65	m
yg1 =	0,85	m
RECTANGULO		
A2 =	0,39	m ²
xg2 =	0,65	m
yg2 =	0,15	m
PRESA		
A =	1,65	m ²
xg =	0,65	m
yg =	0,69	m
NOTA: Eje de coordenadas en la esquina inferior izquierda de la presa		

CARACTERISTICAS DE SUELO		
Terreno natural		
γ =	18,7	kN/m ³
ϕ =	11°	
	0,2	RAD
i =	0°	
	0,0	RAD
c =	68,7	kN/m ²
K_a =	0,68	
K_p =	1,47	
q_{ADM} =	137	kN/m ²

MATERIALES		
H-	25	
f'_c =	25	MPa
γ_{HA} =	25	kN/m ³
ADN-	420	
f_y =	420	MPa



1. VUELCO (A)

Momento estabilizante (A) PRESA

$$A = 1,65 \text{ m}^2$$

$$G_w = 41,25 \text{ kN/m}$$

$$d_1 = 0,65 \text{ m}$$

$$M_e 1 = 26,81 \text{ kNm/m}$$

Momento estabilizante (A) SUELO

$$P_p = 8,26 \text{ kN/m}^2$$

$$F_P = 1,24 \text{ kN/m}$$

$$d_2 = 0,10$$

$$M_e 2 = 0,12 \text{ kNm/m}$$

Momento estabilizante (A) AGUA

$$Vol. = 0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{m}$$

$$P_V = 1,47 \text{ kN/m}$$

$$d_3 = 1,22 \text{ m}$$

$$M_e 3 = 1,79 \text{ kNm/m}$$

$$M_e \text{ tot} = 28,73 \text{ kNm/m}$$

Vuelco por empuje del agua (A)

$$p_{h2} = 14,72 \text{ kN/m}^2$$

$$F_H = 11,04 \text{ kN/m}$$

$$d_1 = 0,50 \text{ m}$$

$$M_v 1 = 5,52 \text{ kNm/m}$$

Vuelco por empuje de suelo (A)

$$p_a = 3,81 \text{ kN/m}^2$$

$$F_A = 0,57 \text{ kN/m}$$

$$d_2 = 0,10 \text{ m}$$

$$M_e 2 = 0,06 \text{ kNm/m}$$

Vuelco por empuje de subpresión (.)

$$p_{s1} = 5,32 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{s2} = 12,33 \text{ kN/m}^2$$

$$F_S = 11,47 \text{ kN/m}$$

$$d_3 = 0,74 \text{ m}$$

$$M_e 3 = 8,44 \text{ kNm/m}$$

$$M_e \text{ tot} = 14,02 \text{ kNm/m}$$

$$\eta = 2,0 > 1,5$$

Verifica

$$R_H \leq \frac{Q_s = N \times \tan\left(\frac{2}{3}\phi\right) + 0.50 \times c \times A_e}{1.50}$$

$$a = \cos i \cdot \left[\frac{\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi'}}{\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi'}} \right]$$

$$p = \cos i \cdot \left[\frac{\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi'}}{\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi'}} \right]$$

$$q = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} \begin{cases} q_1 = \frac{N}{A} - \frac{M}{W} = \cdot \\ q_2 = \frac{N}{A} + \frac{M}{W} = \cdot \end{cases}$$

2. HUNDIMIENTO (B)

Carga vertical pp presa (GW)

$$\begin{aligned}G_w &= 41,25 \text{ kN/m} \\d_w &= 0,00 \text{ m} \\M_w &= 0 \text{ kNm/m}\end{aligned}$$

Carga vertical agua (FV)

$$\begin{aligned}F_v &= 1,47 \text{ kN/m} \\d_v &= 0,57 \text{ m} \\M_v &= 0,83 \text{ kNm/m}\end{aligned}$$

Carga vertical subpresión (FS)

$$\begin{aligned}F_s &= 11,47 \text{ kN/m} \\d_s &= 0,09 \text{ m} \\M_s &= -0,99 \text{ kNm/m}\end{aligned}$$

Carga horizontal agua (FH)

$$\begin{aligned}F_H &= 11,04 \text{ kN/m} \\d_h &= 0,50 \text{ m} \\M_h &= -5,52 \text{ kNm/m}\end{aligned}$$

Carga horizontal suelo (FA)

$$\begin{aligned}F_A &= 0,57 \text{ kN/m} \\d_a &= 0,10 \text{ m} \\M_a &= -0,06 \text{ kNm/m}\end{aligned}$$

Carga horizontal suelo (FP)

$$\begin{aligned}F_P &= 1,24 \text{ kN/m} \\d_p &= 0,10 \text{ m} \\M_p &= 0,12 \text{ kNm/m}\end{aligned}$$

$$\Sigma M = -5,60 \text{ kNm}$$

$$\Sigma N = 31,25 \text{ kN}$$

$$e = 0,18 \text{ m}$$

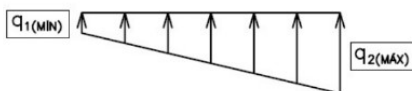
$$B/6 = 0,22 \text{ m}$$

Diagrama de presiones trapezoidal

$$q_1 = 4,1 \text{ kN/m}^2$$

$$q_2 = 43,9 \text{ kN/m}^2$$

Verifica



3. DESILIZAMIENTO

Carga horizontal

$$\begin{aligned}R_h &= 10,37 \text{ kN/m} \\R_v &= 31,25 \\Q_s &= 99,2 \text{ kN/m} \\\eta &= 9,6 > 1,5\end{aligned}$$

Verifica

Modelación Matemática Cuenca Arroyo del Medio.

(Estudio provisto por la cátedra de PIV - FCEIA - UNR)

Objeto

El objeto del presente consiste en el armado de la modelación de la cuenca del Arroyo del Medio para determinar hidrogramas de excedentes superficiales a partir de precipitaciones en la cuenca. Para ello en este informe se efectuarán las corridas para la calibración de los parámetros hidráulicos involucrados (coeficientes de infiltración, tiempos de concentración, etc) para tormentas reales puntuales ocurridas en la cuenca.

La modelación hidrológica se ha realizado con el modelo Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) desarrollado por el Hydrologic Engineering Center US Army Corps of Engineers. Este modelo fue diseñado para simular la respuesta de escurrimiento de superficie de una cuenca de un río, arroyo u otro tipo de cauce de agua, luego de una precipitación, representando la cuenca como un sistema interconectado de elementos hidrológicos y componentes hidráulicos. Cada componente modela un aspecto del proceso del precipitación-escurrimiento dentro de una porción de la cuenca, normalmente llamado subcuenca. Un componente puede representar una entidad de escurrimiento de superficie, un cauce del arroyo, o un depósito. La representación de un componente requiere un juego de parámetros que especifican las características particulares del componente y relaciones matemáticas que describen los procesos físicos. El resultado del proceso de modelado es el cálculo de hidrogramas (tablas y gráficos de caudales en función del tiempo) de los distintos elementos hidrológicos y componentes hidráulicos en las situaciones analizadas de la cuenca.

Introducción

La cuenca posee un total de aproximadamente 2181 kilómetros cuadrados de las Provincias de Buenos Aires y Santa Fe, conformando el cauce el límite interprovincial. Dentro de la Provincia de Buenos Aires abarca parte de los Partidos de San Nicolás, Pergamino y Colón.

Nace en la Provincia de Santa Fe resultando de la unión de los Canales Juncal y del Pelao, hasta la localidad santafesina de Juncal y a partir de ésta, se convierte en el Canal del Medio, donde al conformar el límite de provincias se forma el denominado Arroyo del Medio.

Recibe el aporte de numerosos arroyos secundarios y cañadas entre los que se puede mencionar la Cañada de la Paja, Arroyo El Arbolito, Arroyo de las Escobas, Arroyo Saladillo, Arroyo de Cepeda, Arroyo Juárez y en las proximidades de la localidad de La Emilia el denominado zanjón La Verde y los aportes de una extensa cuenca aguas arriba de la Autopista Ruta N° 9 a incorporar mediante una canal derivador.

Para la delimitación de la cuenca se utilizaron las planchetas del Instituto Geográfico Militar en escala 1:50000 denominadas Acevedo, Alcorta, Anchorena, Bigand, Conesa, Cnel.Bogado, El Socorro, Estancia Las Gamas, Gral.Rojo, J.B. Molina, Hughes, Melincué, Manuel Ocampo, Pergamino, Peyrano, San Nicolás, Sta.Teresa, Savio, Villa Constitución, Wheelwright, Mariano Alfonso.

Dicha cuenca se subdividió en 26 subcuencas tanto del arroyo del Medio como de los afluentes mencionados, a fin de cuantificar aportes puntuales. En la tabla 1 se detalla la superficie de cada una de ellas.

Para la determinación de los tiempos de concentración de las subcuencas se utilizó la fórmula de Kirpich también llamada de California para el escurrimiento en cauces definidos y la expresión corregida para el caso de escurrimientos mantosos sin cauce definido para los escurrimientos de las subcuencas hasta el ingreso al cauce.

Dicha fórmula tiene la siguiente expresión en unidades métricas:

$$T_c \text{ (hs)} = [(L(\text{Km})^3 \times 0.87075 / H \text{ (m)})]^{0.385}$$

Donde L expresado en kilómetros es la longitud del escurrimiento y H en metros es el desnivel topográfico. En el caso de escurrimientos mantosos la longitud de escurrimiento L se corrige multiplicándolo por 2. En la tabla 2 se detallan ambos tiempos de concentración y la suma.

Respecto a las tormentas utilizadas para la calibración se recopilaron datos de lluvias diarias en estaciones con influencia en la cuenca:

Estación Conesa (Período 1960-2003)
 Estación Pergamino (Período 1935-2003)
 Estación Venado Tuerto (Período 1994-2003)
 Estación Colón (Período 1935-1984)
 Estación El Socorro (Período 1980-1987)
 Estación San Nicolás (Período 1980-1987)

Dado que los datos de mediciones de caudales diarios en La Emilia se obtuvieron para el período Marzo de 1993 a Agosto de 2002, para calibrar la modelación de la cuenca se utilizaron cuatro tormentas típicas ocurridas en el lapso 1993 / 2002 en las estaciones Conesa, Pergamino y Venado Tuerto.

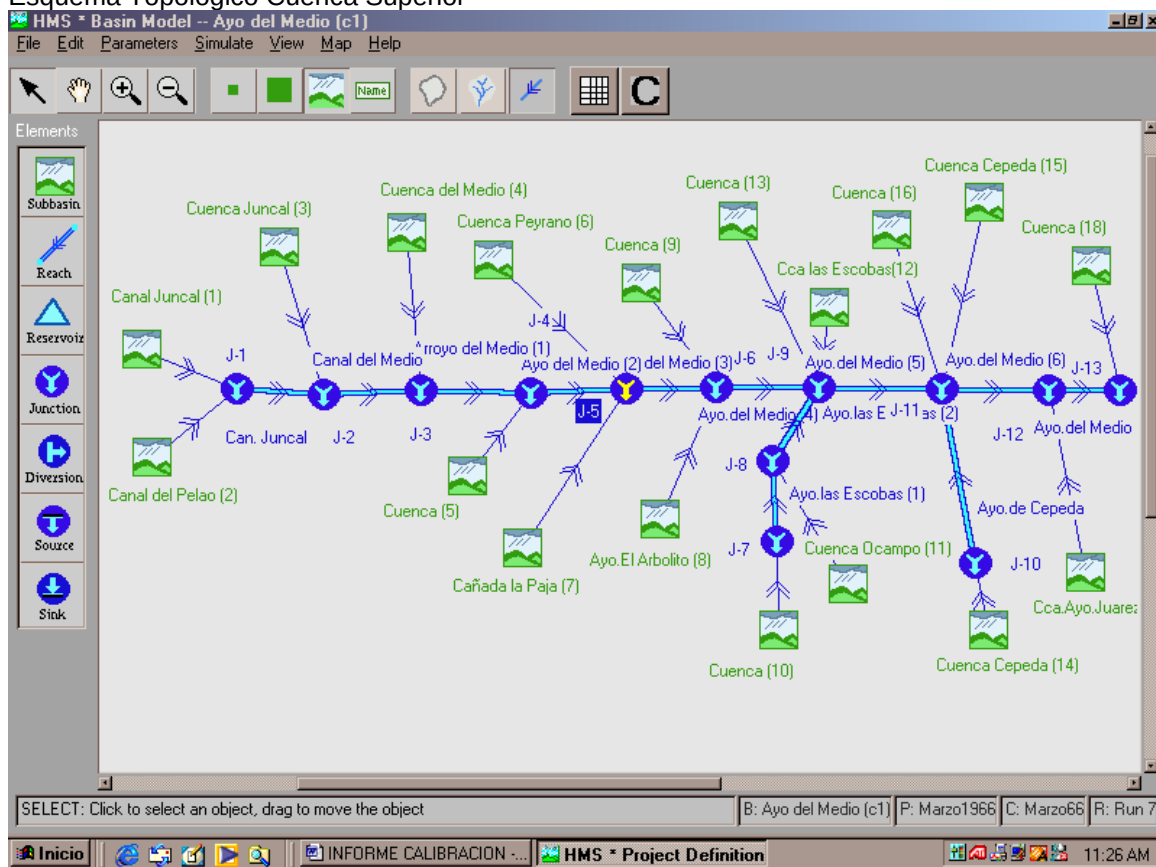
TORMENTA	FECHA	EST.CONESA (mm)	EST.PERGAMINO (mm)	EST. V.TUERTO (mm)
1	23/01/1994	0	56.4	S/D
	24/01/1994	95	3	
2	02/04/1994	0	4	0
	03/04/1994	14	42	0
	04/04/1994	6	48	20
	05/04/1994	82	9.5	25
	06/04/1994	4	0	3
3	22/10/2000	0	58	S/D
	23/10/2000	90	0	
4	01/03/2001	52	20	32
	02/03/2001	27	2	8
	03/03/2001	30	0	0

Del listado de mediciones en registros existentes de la estación La Emilia (período 18/03/93 – 31/08/02) se obtuvieron mediciones de caudales puntuales diarios en las fechas de ocurrencia de las tormentas anteriores detallándose los valores a continuación:

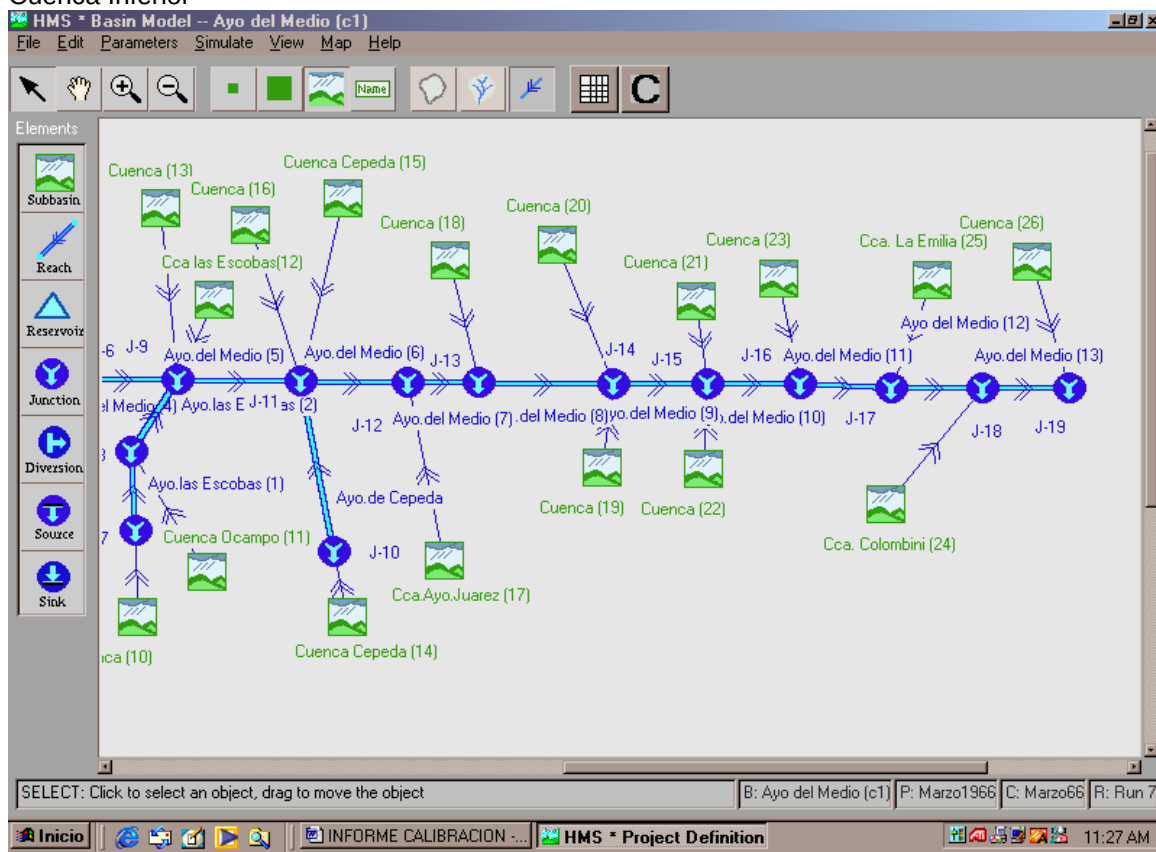
FECHA	MEDICION (m3/s)
23/01/1994	4.93
24/01/1994	40.47
25/01/1994	75.30
26/01/1994	36.72
27/01/1994	24.50
28/01/1994	18.70
02/04/1994	
03/04/1994	0.76
04/04/1994	6.70
05/04/1994	58.26
06/04/1994	135.20
07/04/1994	75.85
08/04/1994	19.36
22/10/2000	22.65
23/10/2000	75.33
24/10/2000	22.32
01/03/2001	17.55
02/03/2001	83.92
03/03/2001	115.80
04/03/2001	58.34

Con estos datos de precipitación y mediciones existentes se corrió el esquema topológico planteado de la cuenca del arroyo del Medio calibrando los parámetros de infiltración (pérdida inicial y CN del Soil Conservation Service).

Esquema Topológico Cuenca Superior



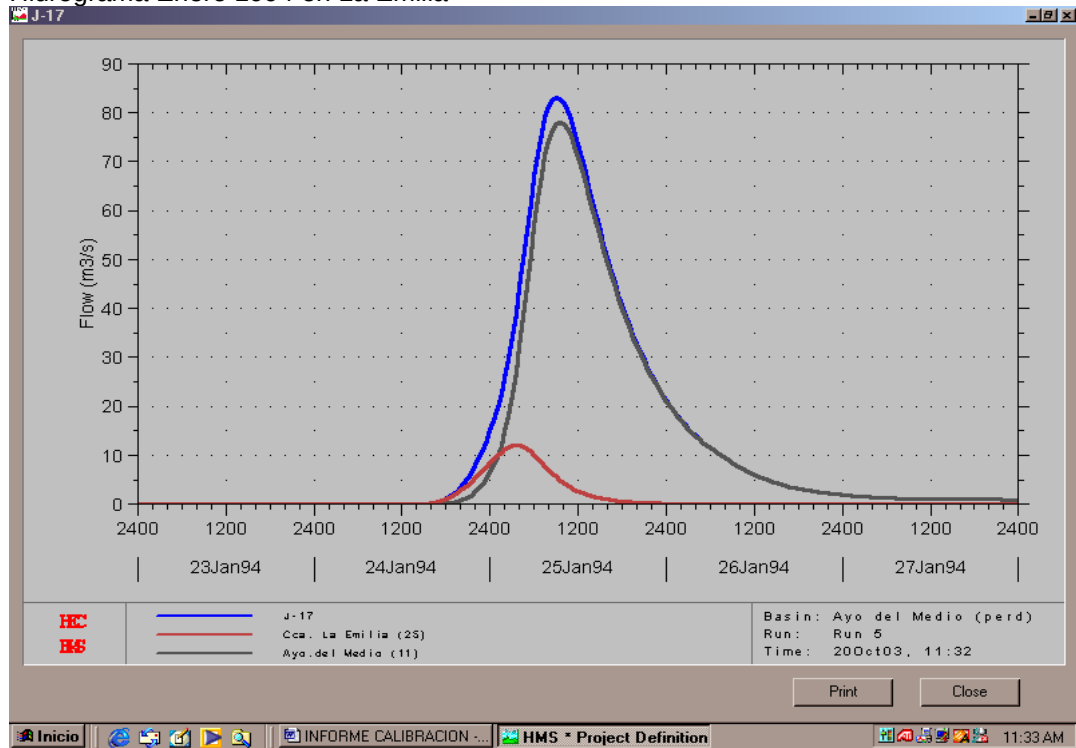
Cuenca Inferior



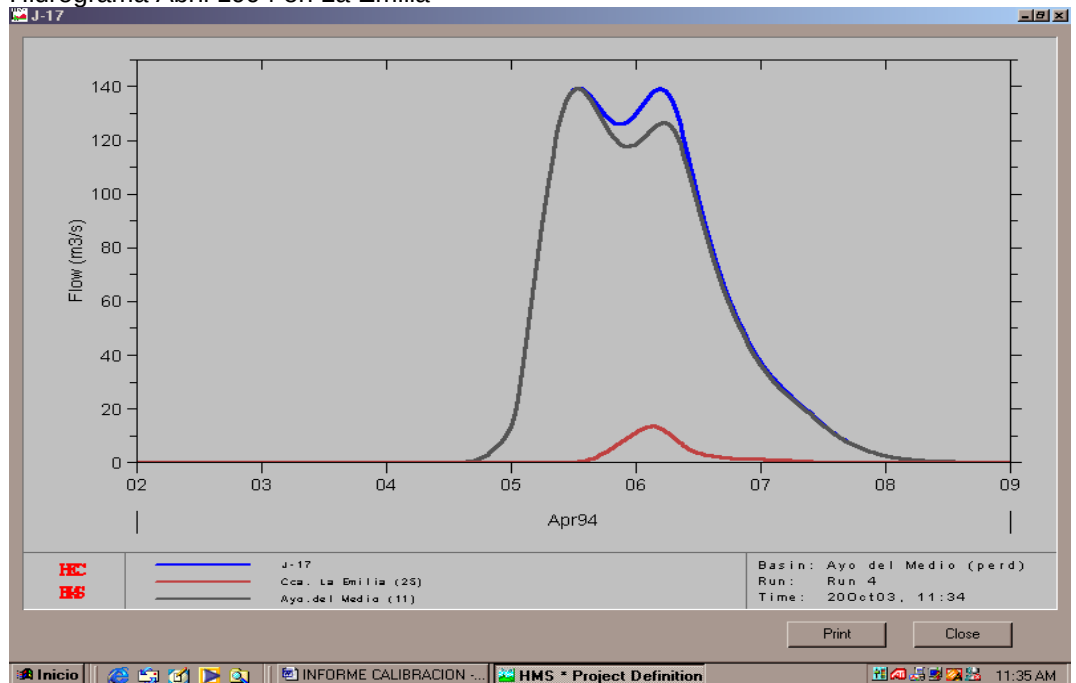
El coeficiente CN establece las características hidrológicas de la subcuenca en base a las condiciones de la cubierta de la misma y las características del suelo (uso de la tierra y tipo de suelo). Para superficies impermeables, por ejemplo espejos de agua el CN es 100, mientras que para superficies permeables el CN es 0. En el caso que nos ocupa la calibración de la modelación determinó para las cuencas 11, 14, 24, 25 y 26 un CN 60 y la pérdida inicial de 50 mm. El resto de las subcuencas el CN es 55 y la pérdida inicial es 50 mm. Este parámetro se estableció para condiciones antecedentes normales de humedad (Condición II)

Los hidrogramas obtenidos del modelo matemático se agregan a continuación.

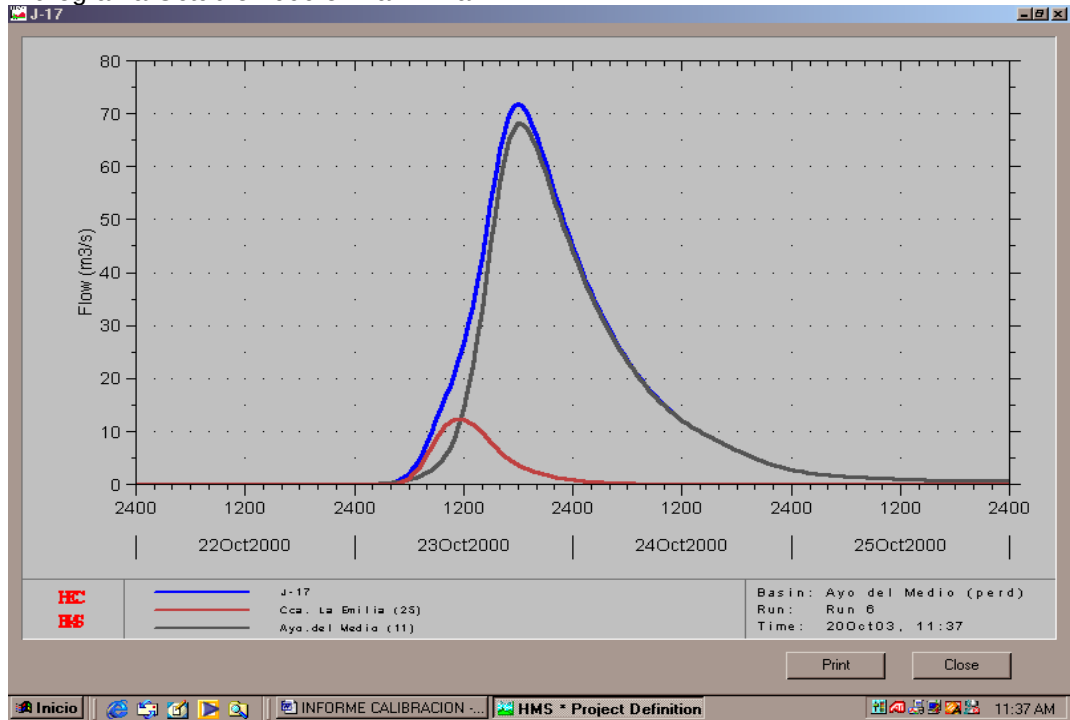
Hidrograma Enero 1994 en La Emilia



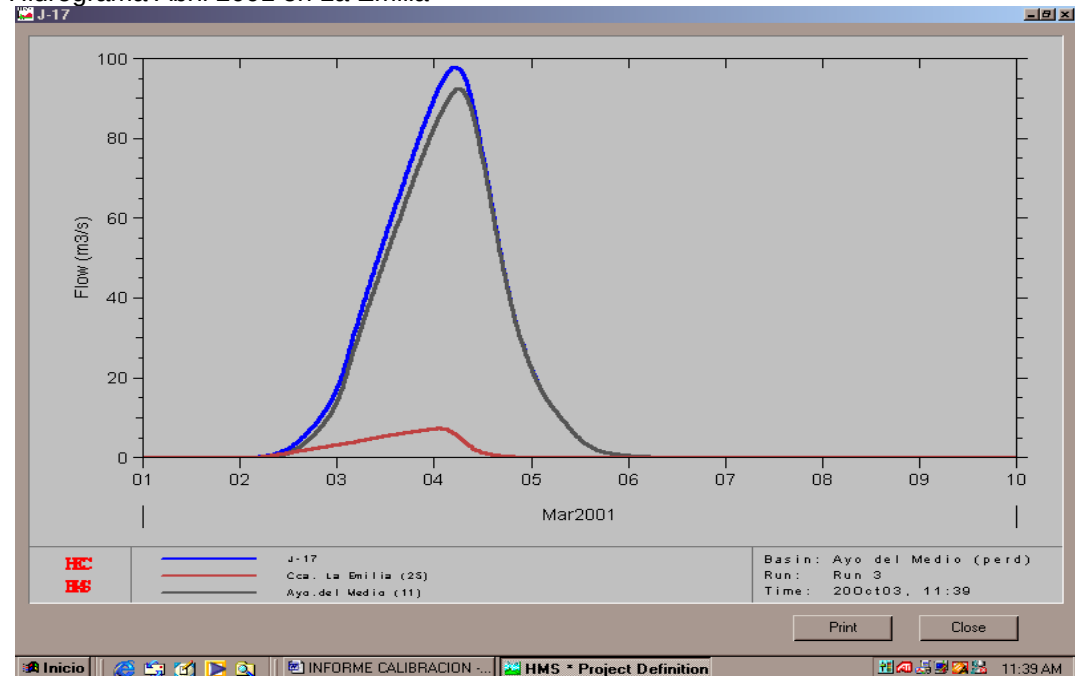
Hidrograma Abril 1994 en La Emilia



Hidrograma Octubre 2000 en La Emilia



Hidrograma Abril 2001 en La Emilia

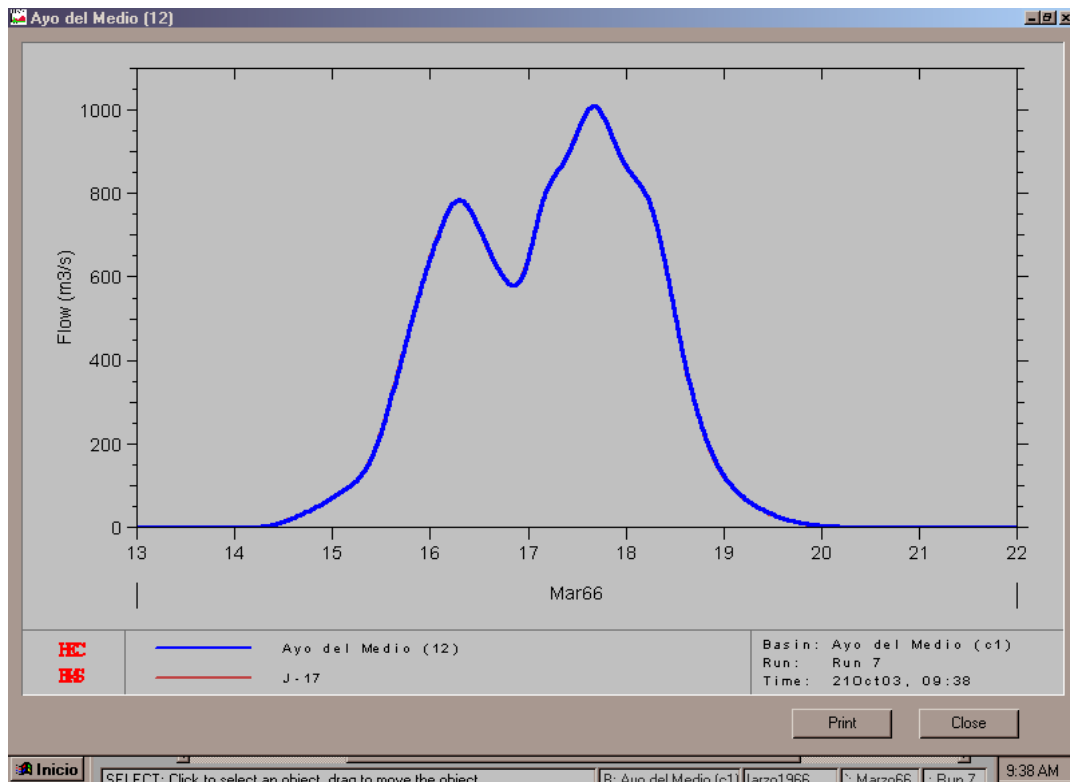


A modo de resumen se comparan los caudales pico medidos con los obtenidos de la modelación.

TORMENTA	FECHA	Q medido (m ³ /s)	Q cálculo (m ³ /s)
1	25/01/1994	75.30	83.21
2	06/04/1994	135.20	139.48
3	23/10/2000	75.33	71.78
4	03/03/2001	115.80	97.82

Con el modelo calibrado se efectuó una corrida para la tormenta extraordinaria ocurrida entre el 13 y 17 de Marzo de 1966. Consultados antecedentes se consiguieron datos de precipitación en la Localidad de La Emilia donde se registraron 662 mm. distribuidos en 4 días. Asimismo se consideraron los datos de la Estación Conesa y Estación Colón en las que se tenían datos diarios para ese período. En la Estación Conesa el total precipitado fue de 390 mm. mientras que para Colón 270 mm. Estos totales se distribuyeron arealmente en la cuenca del Arroyo del Medio y se consideraron las Curva Número del SCS para una condición de humedad antecedente tipo I.

Los resultados de la modelación expresan un caudal de pico de 1008 m³/s. en la localidad de La Emilia con permanencias de caudales superiores a los 600 m³/s de tres días y duración del hidrograma de cinco días. Se agrega el hidrograma resultante.



ANEXO GEOTÉCNICO

INFORME TÉCNICO

ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA FUNDACIÓN DE LAS TRIBUNAS DE UN NUEVO ESTADIO

UBICACIÓN DE LA OBRA:

Av. Rucci y Av. Valdez – San Nicolás
Provincia de Santa Fe – República Argentina

COMITENTE:

Ing. Darío Gritti
Predio Av. Rucci y Av. Valdez – San Nicolás
Provincia de Santa Fe – República Argentina

SUMARIO DE ESTE INFORME:

- I. Objetivos del Informe. Simbología
- II. Descripción de la Metodología de Trabajo
- III. Croquis de Ubicación de las Perforaciones
- IV. Clasificación de los Suelos
- V. Perfil Estratigráfico
- VI. Cuadro de Cotas y Tensiones Admisibles
- VII. Análisis de la Capacidad Portante
- VIII. Análisis de Probables Asentamientos
- IX. Capacidad Portante de Pilotes
- X. Ensayos de Laboratorio
- XI. Conclusiones

I. - OBJETIVOS DEL INFORME

- Analizar las propiedades físico-mecánicas del suelo que determinan las características de su comportamiento geotécnico.
- Determinar los parámetros de diseño necesarios para el cálculo de las fundaciones.
- Estudiar distintos sistemas de fundación y recomendar las alternativas más convenientes.
- Establecer un cuadro de cotas y tensiones admisibles.

SIMBOLOGÍA UTILIZADA.

θ	Cota de Referencia
$\oplus$ B.P.	Boca de Pozo.
N	Nº de golpes del Ensayo de Penetración Terzaghi.
ω	Humedad Natural.
γ	Densidad aparente húmeda.
LL	Límite Líquido
LP	Límite Plástico
#200	Tamiz de malla nº 200 (74 micrones)
ϕ	Ángulo de fricción interna.
C	Cohesión.
mv	Módulo edométrico.
∇	Nivel de napa freática
M.A.	Muestra alterada.
T.N.	Terreno Natural.
S.U.C.S.	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
H.R.B.	Highway Research Board
V	Coeficiente de Seguridad
σ_{adm}	Tensión admisible
Df	Cota de fundación
$E=1/mv$	Módulo de Young.
ϵ	Deformación unitaria.
G	Peso específico del suelo.
e	Relación de vacíos.
n	Porosidad

II. - RESEÑA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

A.- DE CAMPO:

Los trabajos de campo fueron realizados durante los días 21 y 22 de abril de 2014.

Se realizaron seis perforaciones de 8,00 m de profundidad respecto a boca de pozo. En las mismas se efectuó el Ensayo de Penetración Normalizado de Terzaghi (SPT) según Norma IRAM 10517/70, con toma-muestra de puntas intercambiables, a cada metro de profundidad aproximadamente. Con este procedimiento se toman muestras de cada estrato, y se acondicionan para mantener sus características inalteradas hasta la posterior realización de los ensayos de laboratorio.

Un técnico especializado en mecánica de suelos realizó en campaña un reconocimiento de las características generales del suelo en cada uno de los estratos detectados.

Respecto a hechos existentes en el predio se localizó la ubicación de los sondeos. Así mismo se determinaron las cotas de bocas de pozo mediante nivel óptico en referencia a una cota fija de fácil accesibilidad.

Recopilación de antecedentes técnicos de la zona en la cual se emplazará la obra.

Determinación de la ubicación del agua subterránea, de encontrarse en la profundidad sondeada.

B.- DE LABORATORIO

A partir de las muestras tomadas en campaña, se las extrae con sumo cuidado y se confeccionan probetas para la realización de los siguientes ensayos:

Determinación de humedad según IRAM 10.519.

Determinación de densidad natural, densidad de suelo seco según ASTM D 2937.

Determinación de límite líquido según IRAM 10.513.

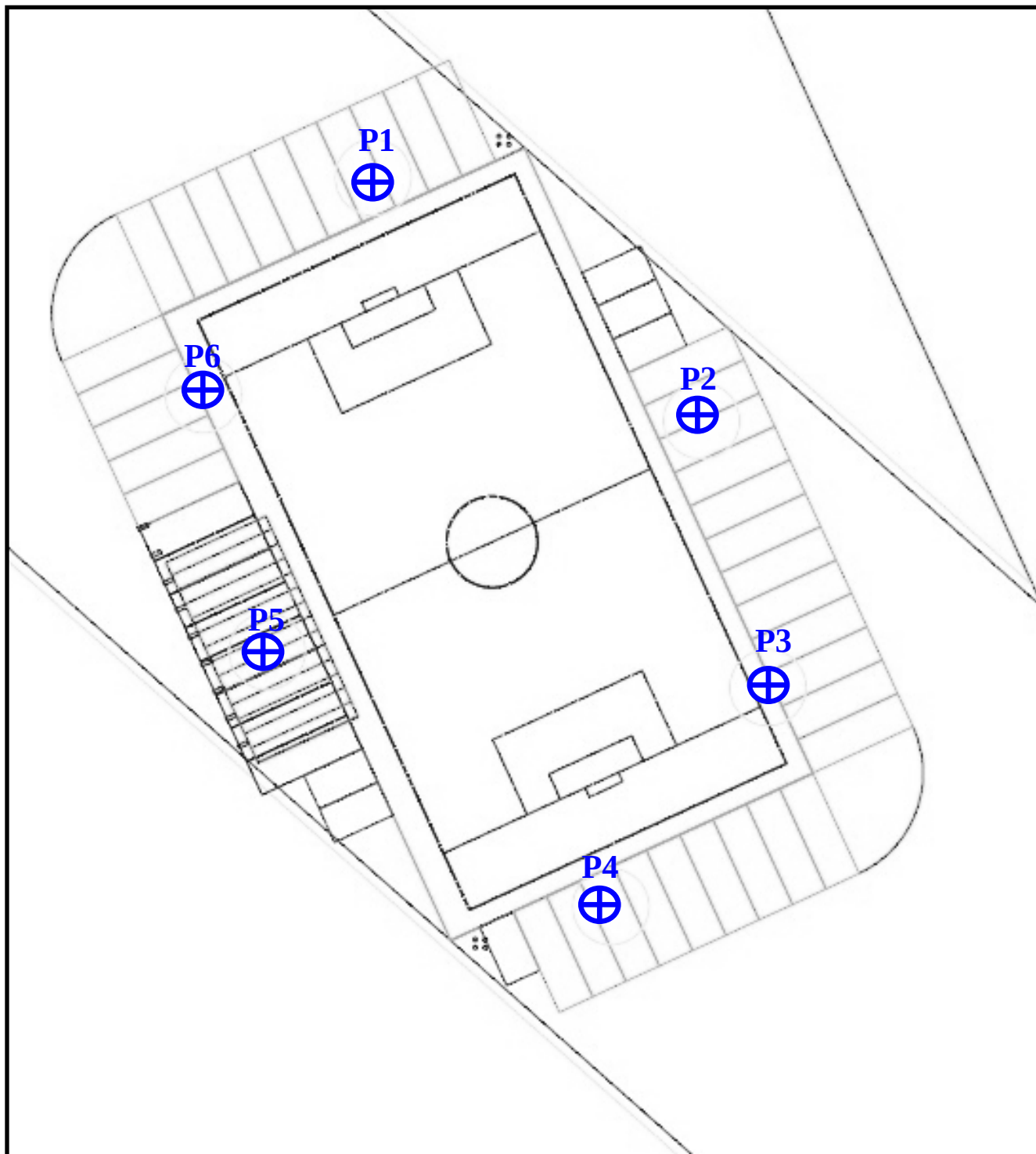
Determinación de límite plástico e índice de plasticidad según IRAM 10.502.

Clasificación de suelos por S.U.C.S. (Casagrande) según AASHTO M145-66 - IRAM 10.509.

Ensayos granulométricos sobre tamices según IRAM 10.507.

Ensayos triaxiales escalonados rápidos según IRAM 10.529/74.

III. - CROQUIS DE UBICACIÓN DE LAS PERFORACIONES



Cota de referencia: Punto Fijo: Base de poste de iluminación = 0,00 m.

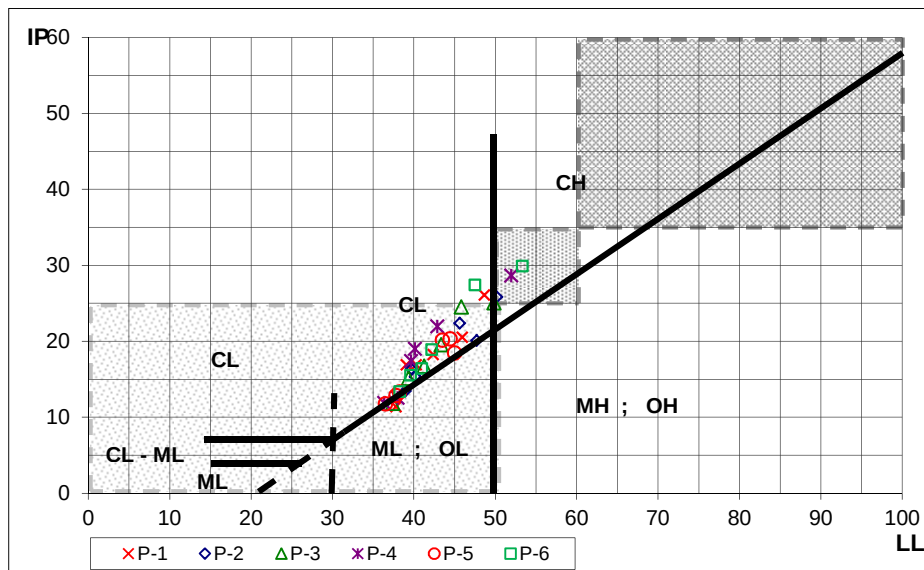
P-1 = +0,25 m P-2 = +0,22 m P-3 = +0,15 m

P-4 = +0,56 m P-5 = +0,95 m P-6 = +0,53 m

IV.- CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (S.U.C.S. - Casagrande)

DIVISION PRINCIPAL			SIMBOLO	NOMBRES TIPICOS	
SUELOS DE GRANO GRUESO 50% o más es retenido por el tamiz nº 200.	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz nº 4	GRAVAS LIMPIAS	GW	Gravas bien graduadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos.	Clasificación basada en el porcentaje de finos. Menos del 5% pasa por el tamiz nº 200 GW, GP, SW, SP. Más del 12% pasa por el tamiz nº 200 GM, GC, SM, SC. Entre el 5 y el 12 % se utilizan símbolos dobles (ej SM-SW)
			GP	Gravas y mezclas de grava y arena mal graduadas con pocos finos o sin finos.	
		GRAVAS CON FINOS	GM	Gravas limosas, mezclas de grava arena y limo.	
			GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava arena y arcilla.	
	ARENAS más del 50 % de la fracción gruesa pasa el tamiz nº 4.	ARENAS LIMPIAS	SW	Arenas y arenas gravosas bien graduadas con pocos finos o sin finos.	
			SP	Arenas y arenas gravosas mal graduadas con pocos finos o sin finos.	
		ARENAS CON FINOS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena limo.	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena arcilla.	
SUELOS DE GRANO FINO 50% o más pasa por el tamiz nº 200.	LIMOS Y ARCILLAS límite líquido de 50 % o inferior.	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas.	Con límite líquido, límite plástico se clasifica en la Carta de Casagrande.	
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla.		
		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.		
	LIMOS Y ARCILLAS límite líquido superior a 50%.	MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o limos plásticos.		
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.		
		OH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta o media.		
		Suelos Altamente orgánicos			PT

CARTA DE CASAGRANDE.



Calificación del Potencial de Expansión según W.E.S. (Waterways Experimental Station - U.S. Army Corps of Engineers)

BAJO LL < 50 ; IP < 25

MEDIO 50 > LL < 60 y 25 > IP > 35

ALTO LL > 60 ; IP > 35

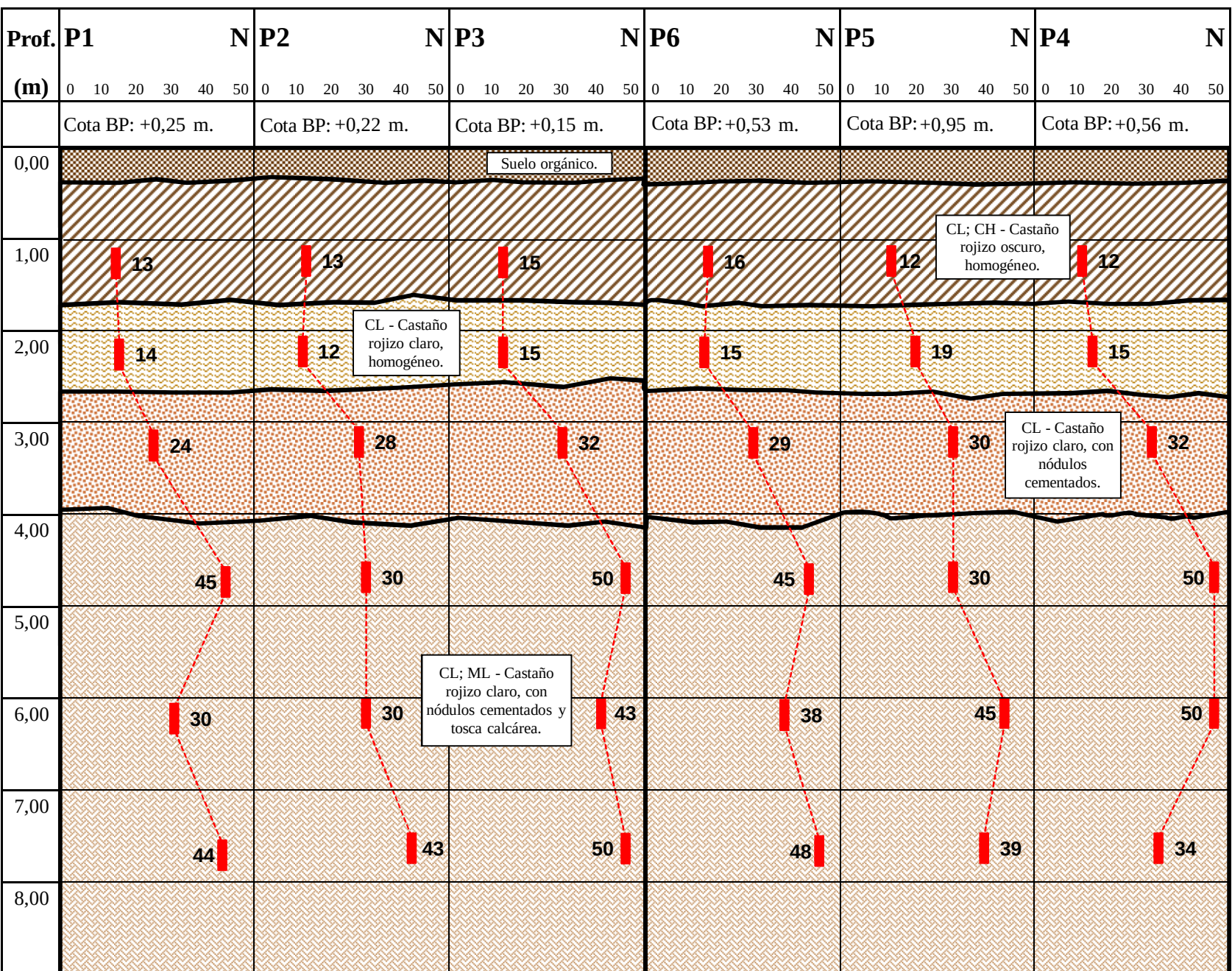
ENSAYO NORMALIZADO DE PENETRACION DE TERZAGHI (S.P.T.)

Durante la ejecución de las perforaciones se llevó a cabo el ensayo de penetración, que consiste en la hincada del sacamuestras a través de 45 cm del suelo, mediante una masa de 70 kg de peso y 70 cm de caída libre. El número de golpes necesario para penetrar los últimos 30 cm es el resultado del ensayo, y el mismo permite valorar la consistencia de los suelos en la siguiente forma:

Número de golpes	Consistencia
0 a 2	muy blanda
2 a 4	blanda
4 a 8	Medianamente compacta
8 a 15	compacta
15 a 30	muy compacta
más de 30	dura

V.- PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Se representa aquí el perfil tentativo de la estratigrafía del suelo, basado en el reconocimiento y clasificación de las muestras ensayadas en laboratorio. Además, se indican los resultados de las sucesivas realizaciones del Ensayo normalizado de penetración de Terzaghi (SPT).



VI.- CUADRO DE COTAS Y TENSIONES ADMISIBLES DEL SUELO

Con los valores obtenidos del ensayo de Terzaghi (S.P.T.), los datos recopilados en las tareas de campaña y las determinaciones de laboratorio, se ha calculado la capacidad portante del suelo en los distintos niveles y se ha confeccionado el siguiente cuadro de cotas y tensiones admisibles, para cargas estáticas.

En la determinación de estos valores se consideró:

- un coeficiente de seguridad a la rotura del suelo igual 3
- un asentamiento máximo de: 2,5 cm.

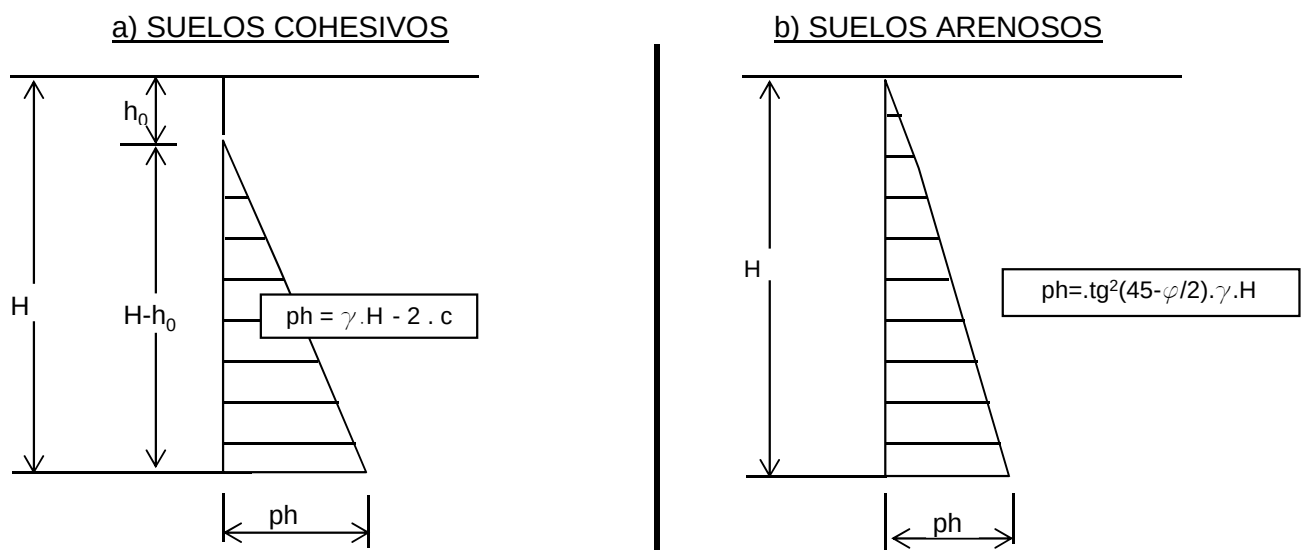
Profundidades referidas a Boca de Pozo	Cotas referidas a Nivel 0,00 de referencia	Tensiones admisibles para bases aisladas Kg/cm ²	Coeficiente Balasto Kg/cm ³	Tensiones admisibles para zapatas continuas Kg/cm ²
0,60 a 1,00	-0,30 a -0,70	-----	3,50	1,40
1,00 a 1,50	-0,70 a -1,20	1,70	4,20	1,40
2,00	-1,70	1,90	4,70	1,50
3,00	-2,70	3,20	8,40	2,40
4,50	-4,20	4,50	10,00	-----

Observaciones:

- La napa freática no fue detectada en la profundidad sondeada, durante la ejecución de los trabajos de campaña, realizados los días 21 y 22 de abril de 2014.

DIAGRAMAS DE EMPUJES EN PARAMENTOS VERTICALES

- Estos diagramas corresponden a las hipótesis de: una rotura plana, para un macizo homogéneo, con superficie libre horizontal, limitado por una pantalla vertical lisa.



VII.- DETERMINACIÓN DE LAS TENSIONES ADMISIBLES DEL SUELO

A partir de los resultados de los ensayos triaxiales y teniendo presente que la napa de agua subterránea no afecta las cotas de fundación, podemos aplicar a estos valores la fórmula general de capacidad de carga para suelos cohesivos, donde los coeficientes N_c , N_q y N_γ son los indicados por Terzaghi.

$$\sigma_{adm} = q / A = \{ C N_c + (\gamma - 1) D N_q + (\gamma - 1) R_m N_\gamma \} / v, \quad v = 3$$

Para bases aisladas Lado = 2,00 m. $R_m = A/4 = 0,500$ m.

Profund. Respecto B. P.	Profund. Confin.	Pi Mi	C [kg/cm ²]	φ °	γ [t/m ³]	N_c	N_q	N_γ	q [t/m ²]
-1,50	1,00	P1 M1	0,70	11	1,87	8,8	2,6	1,0	22,57
-2,50	2,00	P2 M2	0,68	11	1,89	8,4	2,4	1,0	22,28
-2,50	2,00	P3 M2	0,73	12	1,87	8,8	2,6	1,0	25,02
-2,50	2,00	P5 M2	0,65	15	1,92	11,0	3,9	1,4	29,18
-3,50	3,00	P1 M3	0,69	24	1,93	18,4	8,5	5,2	60,40
-3,50	3,00	P4 M3	0,78	25	1,93	21,0	10,7	7,0	77,60
-5,00	4,50	P3 M4	0,88	26	1,92	21,0	10,7	7,0	94,82

Para zapatas continuas Ancho = 0,60 m. $R_m = A/2 = 0,30$ m.

Profund. Respecto B. P.	Profund. Confin.	Pi Mi	C [kg/cm ²]	φ °	γ [t/m ³]	N_c	N_q	N_γ	q [t/m ²]
-1,00	0,60	Valor Ponderado	0,65	11	1,85	8,8	2,6	1,0	20,21

VIII.- ANÁLISIS DE LOS POSIBLES ASENTAMIENTOS INICIALES

Formula general: $S = DH \cdot (st - sc) \cdot k \cdot mv$

Nomenclatura:

S: Asentamiento, en centímetros.

g: Densidad del suelo, en kg/cm³.

DH: Espesor del manto considerado, en centímetros.

Df: Cota de fundación.

sc: Tensión de confinamiento, en Kg/cm².

k: Factor de fundación de la profundidad.

st: Tensión aconsejada, en Kg/cm².

mv: Módulo edométrico, en cm²/kg.

Estimación de asentamientos para una base aislada de lado:

2,40 m

Para cota de fundación: -3,00 m. De T.N.

Tensión de trabajo estimada: 3,20 Kg/cm²

Nº	Df cm	γ kg/cm ³	sc Kg/cm ²	(st-sc) kg/cm ²	ΔH cm	k	mv cm ² /kg	S cm
1	300	0,0019	0,555	2,645	48	1,0	0,008	0,965
2	348	0,0019	0,644	2,556	48	0,8	0,008	0,736
3	396	0,0019	0,733	2,467	48	0,4	0,008	0,332
4	444	0,0019	0,821	2,379	48	0,2	0,007	0,120
5	492	0,0019	0,910	2,290	48	0,1	0,007	0,077

ASENTAMIENTO en cm.

2,230

IX.- CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE PILOTES

Cálculo de la capacidad portante de pilotes ejecutados in situ, según el método del ingeniero Zaven Davidian publicado en su obra "Pilotes y cimentaciones sobre pilotes".

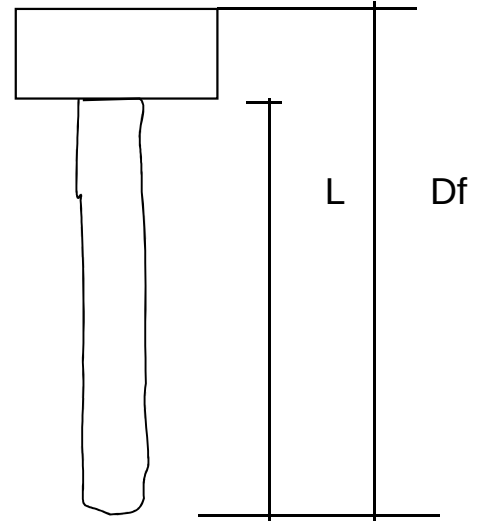
CARACTERÍSTICAS DEL PILOTE Y DEL SUELO:

Diámetro (ϕ): 0,40 m napa de agua (CN): No Detectada Sin Bulbo (ϕ): 0,00 m
 Longitud (L): 6,20 m γ_s : 1,85 kg/dm³
 Cota Punta (Df): 7,00 m cabezal: 0,80 m

ESTRATO 1: de 0,80 m a 2,70 m
 ϕ_1 : 11 C1: 0,68 kg/cm²
 Longitud 1: 1,90 m

ESTRATO 2: de 2,70 m a 4,00 m
 ϕ_2 : 24 C2: 0,69 kg/cm²
 Longitud 2: 1,30 m

ESTRATO 3: de 4,00 m a 7,00 m
 ϕ_3 : 26 C3: 0,74 kg/cm²
 Longitud 3: 3,00 m



COEFICIENTES:

Factores de fricción:	ϕ_1 : 11	S32: 0,21	S5: 1,68
	ϕ_2 : 24	S32: 1,00	S5: 3,41
	ϕ_3 : 26	S32: 1,25	S5: 3,85
Factores de capacidad carga:	ϕ_3 : 26	Nc: 23,0	Nq: 11,7
Factor de forma y profundidad:	Df / ϕ : 17,5	ϕ / L: 0,06	sc . dc : 1,71

RESISTENCIA DE PUNTA:

$q = \gamma_s \cdot Df - 1,00 \cdot (Df - CN) = 12,95 \text{ t/m}^2$
 $qp = (c' \cdot Nc + q \cdot Nq) \cdot sc \cdot dc / V = 134,89 \text{ t/m}^2$
 $Vp = 3$
 $c' = c/2$

RESISTENCIA POR FRICCION LATERAL:

$qf = (1/2 \cdot \gamma_s \cdot Df \cdot S32 + c' \cdot S5) / V$
 $qf 1 = 2,49 \text{ t/m}^2$
 $qf 2 = 6,19 \text{ t/m}^2$
 $qf 3 = 8,94 \text{ t/m}^2$
 $Vf = 2,5$
 $c' = c/2$

EJEMPLO DE APLICACIÓN:

Diám. de pta. (ϕ): 0,40 m	Bulbo Punta $\phi =$ 0,00 m	Reducción L3 a = 3,00 m
Longitud (L): 6,20 m	Area apoyo = 0,1257 m ²	Perímetro fuste = 1,257 m ²
Cota Punta (Df): 7,00 m	Volumen pilote = 0,7791 m ³	Vol adic bulbo = 0,0000 m ³

Capacidad por punta:	$qp \cdot Area =$ 16,95 ton
Capacidad por fricción E1:	$qf1 \cdot Perimetro \cdot L1 =$ 5,96 ton
Capacidad por fricción E2:	$qf2 \cdot Perimetro \cdot L2 =$ 10,11 ton
Capacidad por fricción E3:	$qf3 \cdot Perimetro \cdot L3 =$ 33,69 ton
Descuento Peso Propio pilote:	$Vol \cdot Pe(H^o) =$ -1,87 ton

CAPACIDAD PORTANTE TOTAL = 64,83 toneladas

VALORES CARACTERÍSTICOS PARA EL CÁLCULO DE PILOTES

En el siguiente cuadro se brindan los parámetros medios de resistencia de punta, resistencia por fricción, cohesión, ángulo de fricción interna, densidad y coeficiente de balasto horizontal necesarios para el cálculo de la capacidad portante de pilotes ejecutados in situ.

PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE PILOTES						
PROFUNDIDAD (m)	Capacidad de Punta (kg/cm ²)	Capacidad por fricción lateral (kg/cm ²)	Coef. de Balasto Horizontal (kg/cm ³)	Cohesión (kg/cm ²)	Fricción (°)	Densidad (kg/dm ³)
0,00 m a 1,80 m	----	0,23	85/B(cm)	0,65	11	1,85
1,80 m a 2,70 m	----	0,25	90/B(cm)	0,68	11	1,85
2,70 m a 4,00 m	5,8 - 7,5 (*)	0,57 - 0,62 (*)	165/B(cm)	0,69	23	1,85
4,00 m a 8,00 m	9,9 - 14,8 (*)	0,76 - 0,94 (*)	200/B(cm)	0,74	26	1,85

B = Diámetro del Pilote

(*) Para profundidades intermedias se considera válida una interpolación lineal

Nota Importante: Para considerar la tensión de punta en un estrato, la punta del pilote debe ingresar por lo menos dos diámetros en dicho estrato.

La tabla presedente es valida en pilotes que verifiquen relaciones $L/D > 10$

X.- ENSAYOS DE LABORATORIO

DENSIDAD NATURAL

HUMEDAD NATURAL

LIMITES DE ATTERBERG

GRANULOMETRIA SOBRE #200

COHESIÓN

ÁNGULO DE FRICCIÓN

MÓDULO EDOMÉTRICO

FECHA: Abril de 2014.

COTA DE BOCA DE POZO: +0,25 m

Muestra	PROF a B.P. [m]	Cotas [m]	N S.P.T.	Nº de golpes S.P.T.						Clasificacion S.U.C.S. y descripción del suelo	γ g/cm ₃	ω %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Límites y granulometrías										C [kg/cm ² l]	ϕ [°]	mv [cm ² /kg l]	
				0	10	20	30	40	50							0	10	20	30	40	50	60	70	80	90				100
B.P.	0.00	+0,25								Suelo orgánico.																			
1	1,50	-1,25	13							CL	Castaño oscuro, homogéneo.	1,87	24,67	48,67	22,58	98,6											0,70	11	0,011
2	2,50	-2,25	14							CL	Castaño rojizo claro, homogéneo.	1,83	20,43	45,95	25,44	97,6													
3	3,50	-3,25	24							CL	Castaño rojizo claro, con nódulos cementados.	1,93	23,91	42,35	24,12	96,3											0,69	24	0,008
4	5,00	-4,75	45							CL	Castaño rojizo claro, con nódulos cementados y tosca calcárea.	1,97	26,78	40,26	23,35	93,1													
5	6,50	-6,25	30							CL		1,94	24,47	39,07	22,18	91,2													
6	8,00	-7,75	44							ML		1,96	22,67	37,80	26,41	90,6													

FECHA: Abril de 2014.

COTA DE BOCA DE POZO: +0,56 m

Muestra	PROF a B.P. [m]	Cotas [m]	N S.P.T.	Nº de golpes S.P.T.					Clasificación S.U.C.S. y descripción del suelo	γ g/cm ₃	ω %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Límites y granulometrías										C [kg/cm ²]	ϕ [°]	mv [cm ² /kg]
				0	10	20	30	40							50	10	20	30	40	50	60	70	80	90			
B.P.	0.00	+0,56							Suelo orgánico.																		
1	1,50	-0,94	12						CH	1,88	29,87	51,96	23,30	98,87													
2	2,50	-1,94	15						CL	1,90	26,04	42,88	20,90	98,45													
3	3,50	-2,94	32						CL	1,93	28,96	40,11	21,12	97,64					0,78	25	0,007						
4	5,00	-4,44	50						CL	1,89	27,05	39,64	22,25	92,23													
5	6,50	-5,94	50						CL	1,94	34,18	36,36	24,47	93,10					0,77	26	0,008						
6	8,00	-7,44	34						ML	1,97	28,75	37,99	25,41	91,08													

FECHA: Abril de 2014.

COTA DE BOCA DE POZO: +0,95 m

Muestra	PROF a B.P. [m]	Cotas [m]	N S.P.T.	Nº de golpes S.P.T.						Clasificación S.U.C.S. y descripción del suelo	γ g/cm ₃	ω %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Límites y granulometrías										C [kg/cm ² l]	ϕ [°]	mv [cm ² /kg l]
				0	10	20	30	40	50							0	10	20	30	40	50	60	70	80	90			
B.P.	0.00	+0,95								Suelo orgánico.																		
1	1,50	-0,55	12							CL	Castaño oscuro, homogéneo.	1,89	31,41	45,00	26,54	98,95												
2	2,50	-1,55	19							CL	Castaño rojizo claro, homogéneo.	1,85	21,40	43,50	23,34	98,89				0,65	15	0,009						
3	3,50	-2,55	30							CL	Castaño rojizo claro, con nódulos cementados.	1,90	26,37	44,43	24,11	97,48												
4	5,00	-4,05	30							ML	Castaño rojizo claro, con nódulos cementados y tosca calcárea.	1,91	25,46	36,52	24,75	95,36												
5	6,50	-5,55	45							CL		1,93	26,96	37,81	24,96	96,11												
6	8,00	-7,05	39							CL		1,92	24,50	38,23	24,92	92,49												

SONDEO 6

FECHA: Abril de 2014.

COTA DE LA NAPA FREATICA: No detectada

COTA DE BOCA DE POZO: +0,53 m

Muestra	PROF a B.P. [m]	Cotas [m]	N S.P.T.	Nº de golpes S.P.T.						Clasificación S.U.C.S. y descripción del suelo	γ g/cm ₃	ω %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Límites y granulometrías										C [kg/cm ² l]	ϕ [°]	mv [cm ² /kg l]	
				0	10	20	30	40	50							0	10	20	30	40	50	60	70	80	90				100
B.P.	0.00	+0,53								Suelo orgánico.																			
1	1,50	-0,97	16							CH	1,91	25,03	53,33	23,44	99,12														
2	2,50	-1,97	15							CL	1,88	18,47	47,51	20,11	98,58														
3	3,50	-2,97	29							CL	1,92	27,71	42,20	23,33	97,26														
4	5,00	-4,47	45							CL	1,91	25,27	40,97	24,59	96,35												0,74	26	0,008
5	6,50	-5,97	38							CL	1,92	28,28	38,28	24,91	95,44												0,76	26	0,007
6	8,00	-7,47	48							CL	1,95	19,46	39,62	24,10	92,20														

XI.- CONCLUSIONES

A) Características generales del suelo:

A partir de haber reconocido, ensayado y clasificado en laboratorio las muestras obtenidas en campo, se puede realizar una descripción de las características generales de los suelos.

Se detecta la siguiente configuración estratigráfica:

- Un primer estrato de suelo arcilloso CL y CH, de coloración castaño rojizo oscuro, homogéneo, de consistencia compacta, que se extiende hasta una profundidad de 1,80 m aproximadamente.
- Le sigue un estrato de suelo arcilloso CL, de coloración castaño rojizo claro, homogéneo, de consistencia compacta, que se extiende hasta una profundidad aproximada de 2,70 m.
- Luego se detecta un manto de suelo arcilloso CL, de color castaño rojizo claro, con nódulos cementados, de consistencia muy compacta, que alcanza una profundidad cercana a los 4,00 m.
- A continuación, y hasta el final de los sondeos realizados, el suelo detectado clasifica como arcilla CL y en menor medida como limo ML, es de coloración castaño rojizo claro, con nódulos cementados y tosca calcárea, de consistencia dura.

El nivel de aguas subterráneas no fue detectado en la profundidad sondeada, durante la ejecución de los trabajos de campaña, realizados en el mes de abril de 2014.

B) Recomendaciones:

Teniendo presente las características de los suelos encontrados y la tipología de las estructuras a fundar, se consideran aplicables las siguientes recomendaciones:

Para el caso de fundaciones directas mediante bases aisladas o unificadas utilizar los valores de tensión admisible detallados en el cuadro del punto VI, donde a partir de 3,00 m de profundidad respecto al nivel de terreno natural (a -2,70 m respecto del nivel de referencia) la tensión admisible a considerar es de $3,20 \text{ kg/cm}^2$.

Según la estimación realizada en el Punto VIII, el asentamiento inicial de una base aislada de 2,40 m de ancho será del orden de 2,23 cm si se utiliza la tensión admisible recomendada. Una base más ancha ocasionará un mayor asentamiento.

Para el caso de fundaciones lineales se podrá emplear una zapata corrida tradicional de hormigón de cascote o una viga de fundación, dimensionando su ancho en función de las cargas actuantes con una tensión admisible de $1,40 \text{ kg/cm}^2$ a una profundidad comprendida entre $-0,30 \text{ m}$ y $-1,20 \text{ m}$ respecto del nivel de referencia.

Otra opción sería el empleo de una fundación profunda o indirecta mediante pilotes. En el punto IX se da el ejemplo de cálculo de la capacidad portante de un pilote preexcavado y hormigonado in situ, de diámetro $0,40 \text{ m}$, con la punta apoyada a una profundidad de $7,00 \text{ m}$ y una longitud de fuste de $6,20 \text{ m}$, que arroja una capacidad portante del orden de 65 toneladas. Se brinda una tabla con los parámetros necesarios para el diseño de pilotes de otro diámetro o cota de punta.

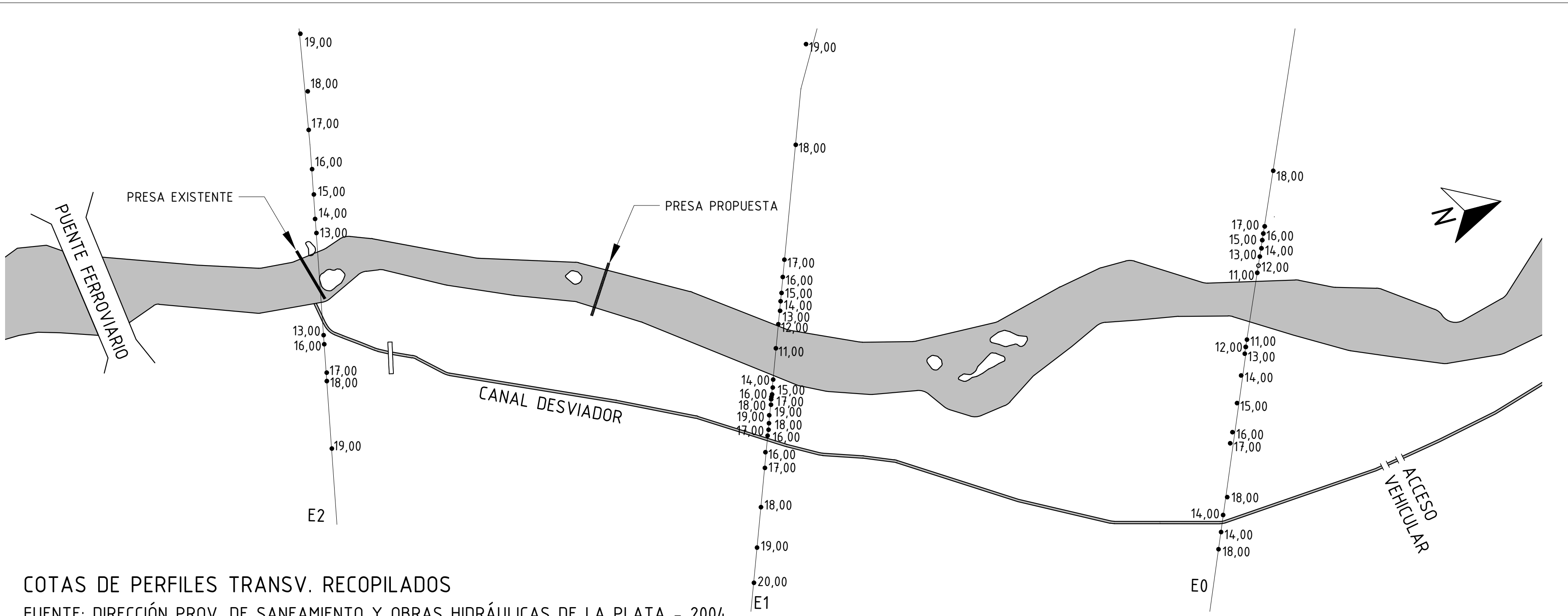
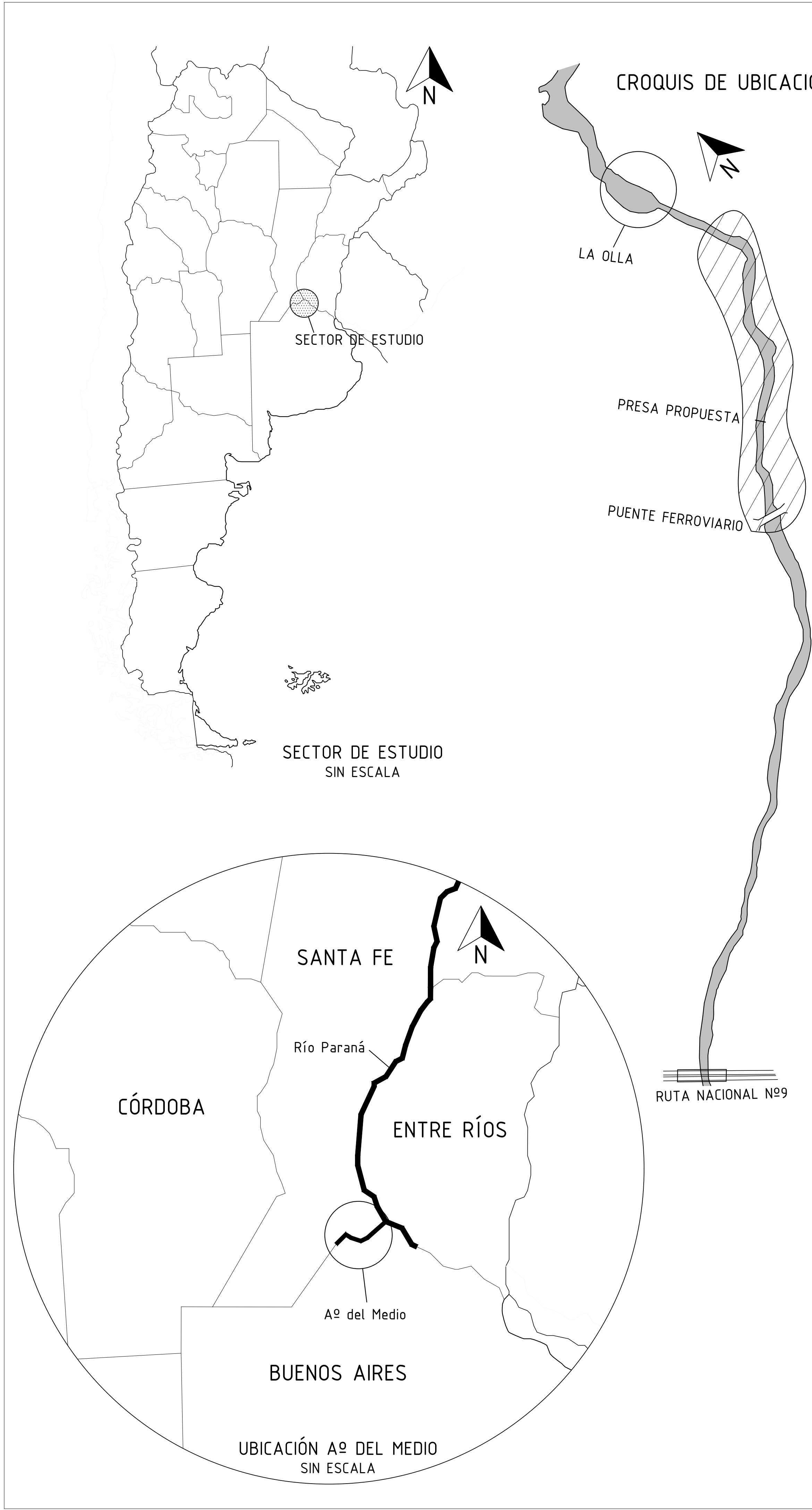
Al momento de la apertura de excavaciones y/o perforaciones se recomienda una especial atención por parte del director de obra a fin de observar cualquier anomalía que eventualmente pudiera presentarse y pudiera afectar las fundaciones, y que no hubiera sido detectada en los sondeos puntuales del presente informe.

Ante las solicitudes originadas por el efecto de viento calculadas de acuerdo al Reglamento CIRSOC 102, las tensiones admisibles pueden incrementarse en un 20%.

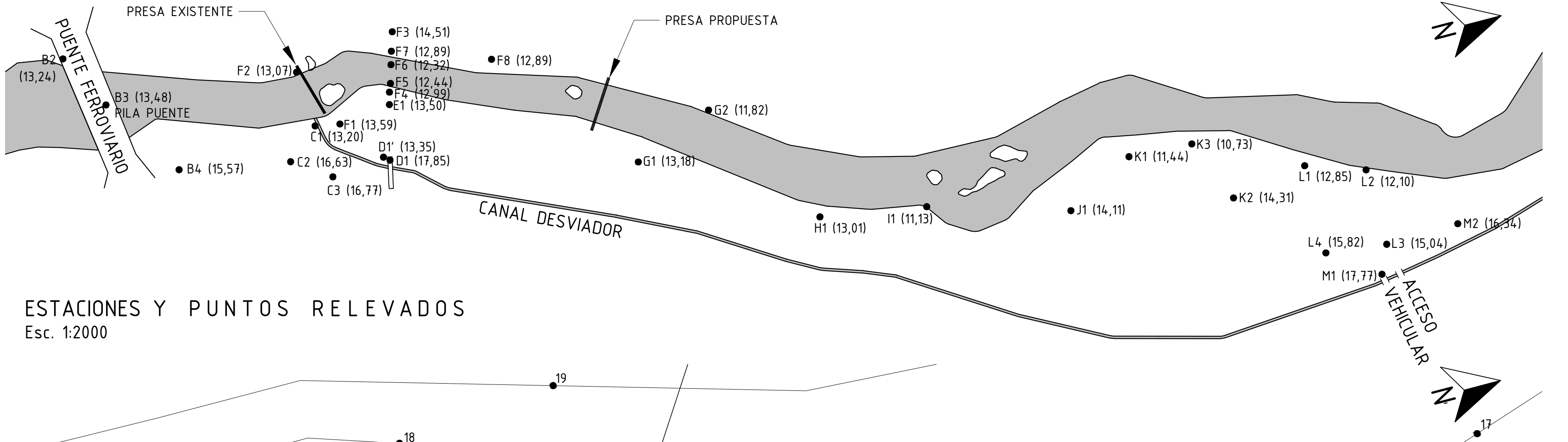
Rosario, 28 de Mayo de 2014.

Juan Carlos Rosado & Asociados
Ingenieros Civiles

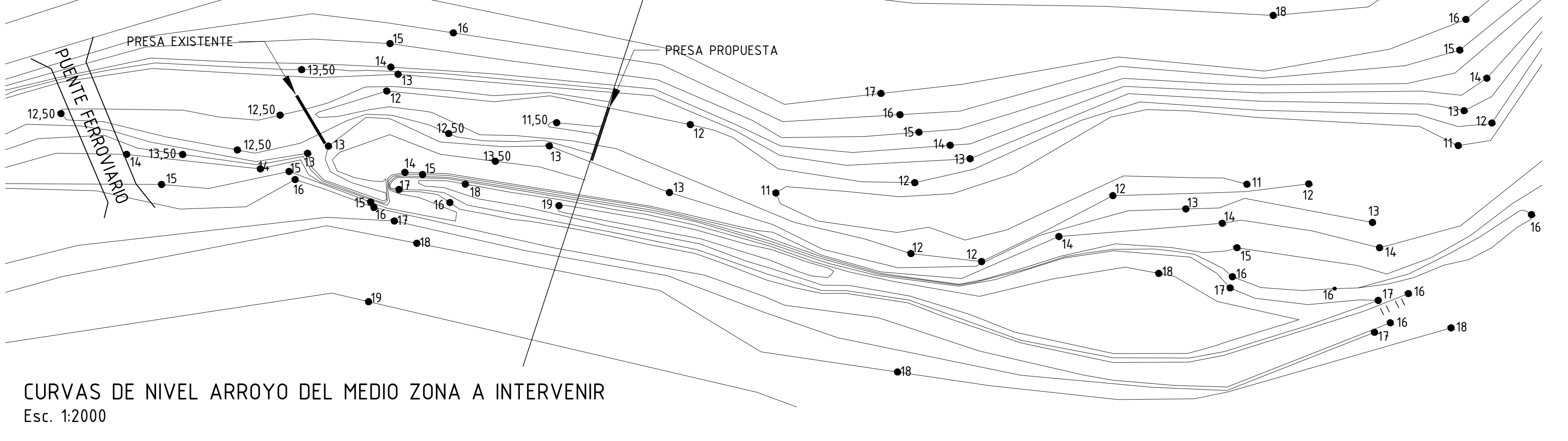
PLANOS



COTAS DE PERFILES TRANSV. RECOPIADOS
FUENTE: DIRECCIÓN PROV. DE SANEAMIENTO Y OBRAS HIDRÁULICAS DE LA PLATA - 2004
Esc. 1:2000



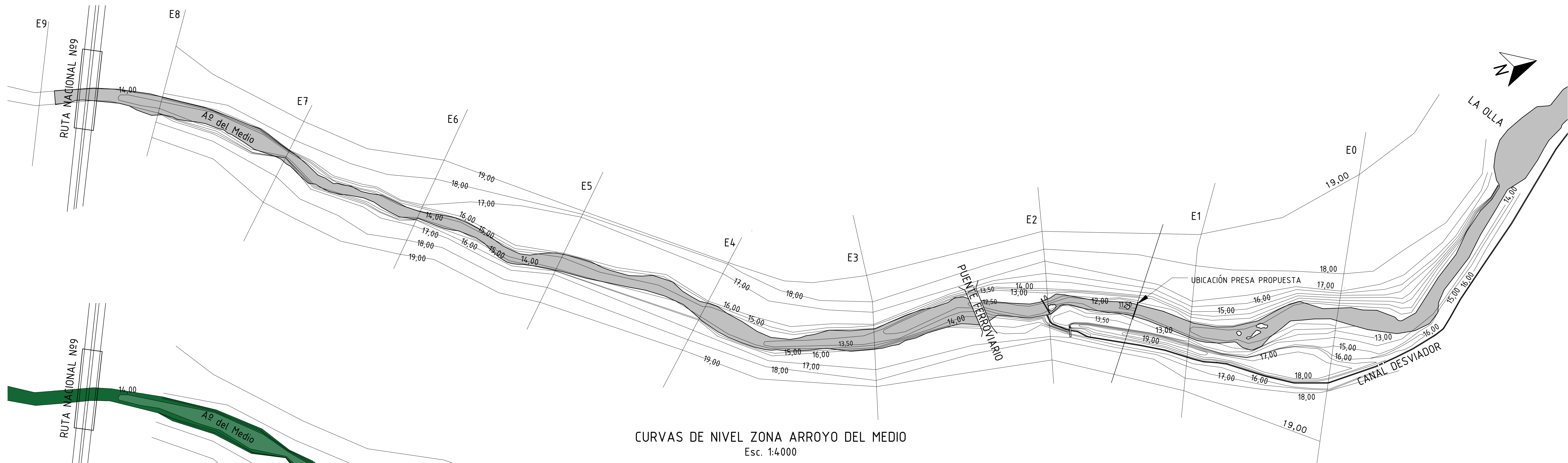
ESTACIONES Y PUNTOS RELEVADOS
Esc. 1:2000



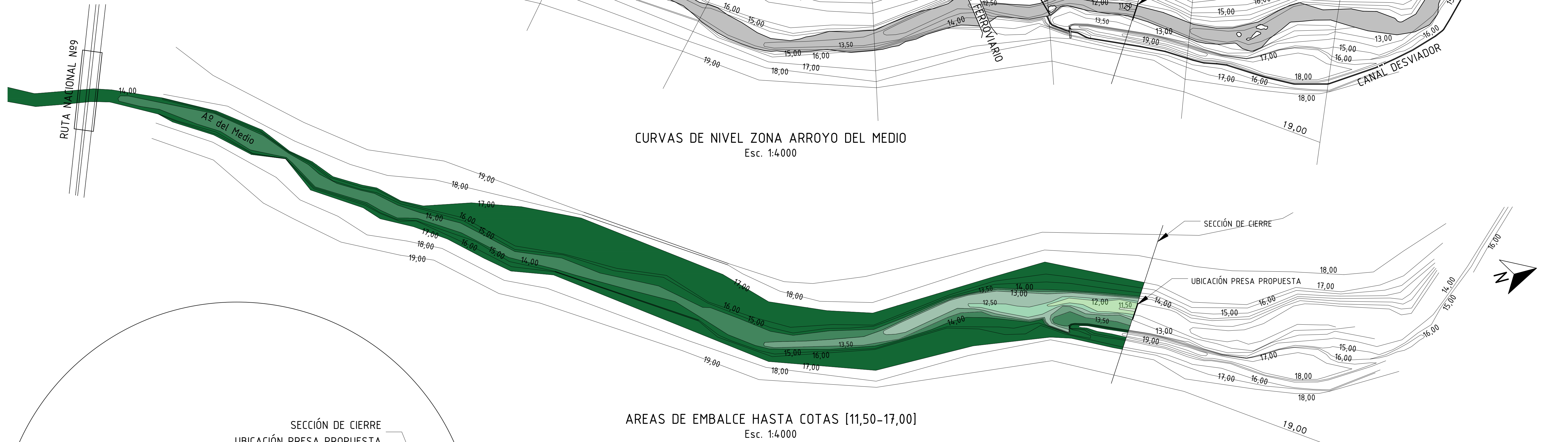
CURVAS DE NIVEL ARROYO DEL MEDIO ZONA A INTERVENIR
Esc. 1:2000

COMENTARIO:
- VER UBICACIÓN DE PERFILES TRANSVERSALES EN PLANO Nº3
"ARROYO DEL MEDIO - PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA"

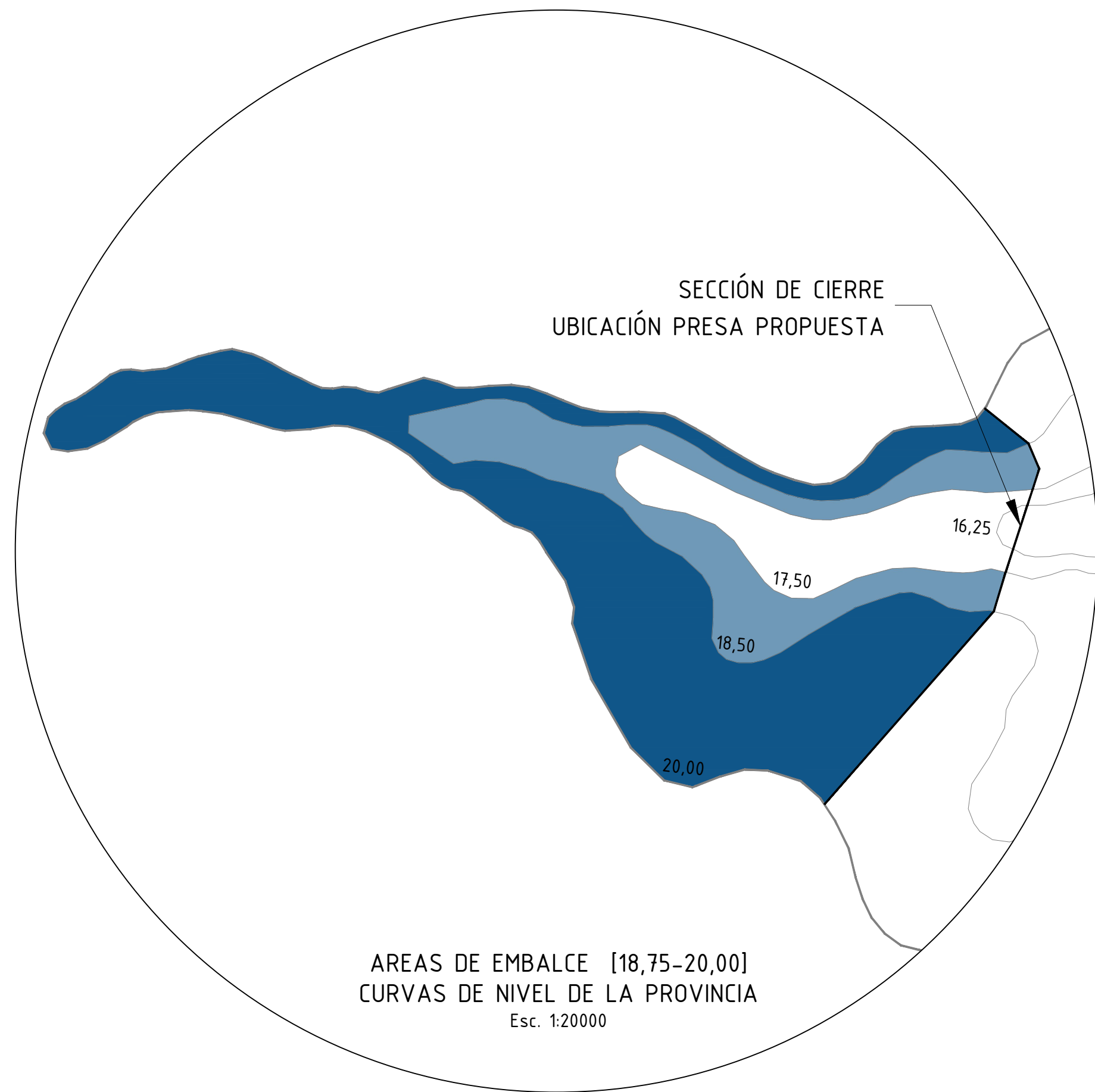
REFERENCIAS
● ARROYO DEL MEDIO
NOTAS
- Cotas IGN



CURVAS DE NIVEL ZONA ARROYO DEL MEDIO
Esc. 1:4000

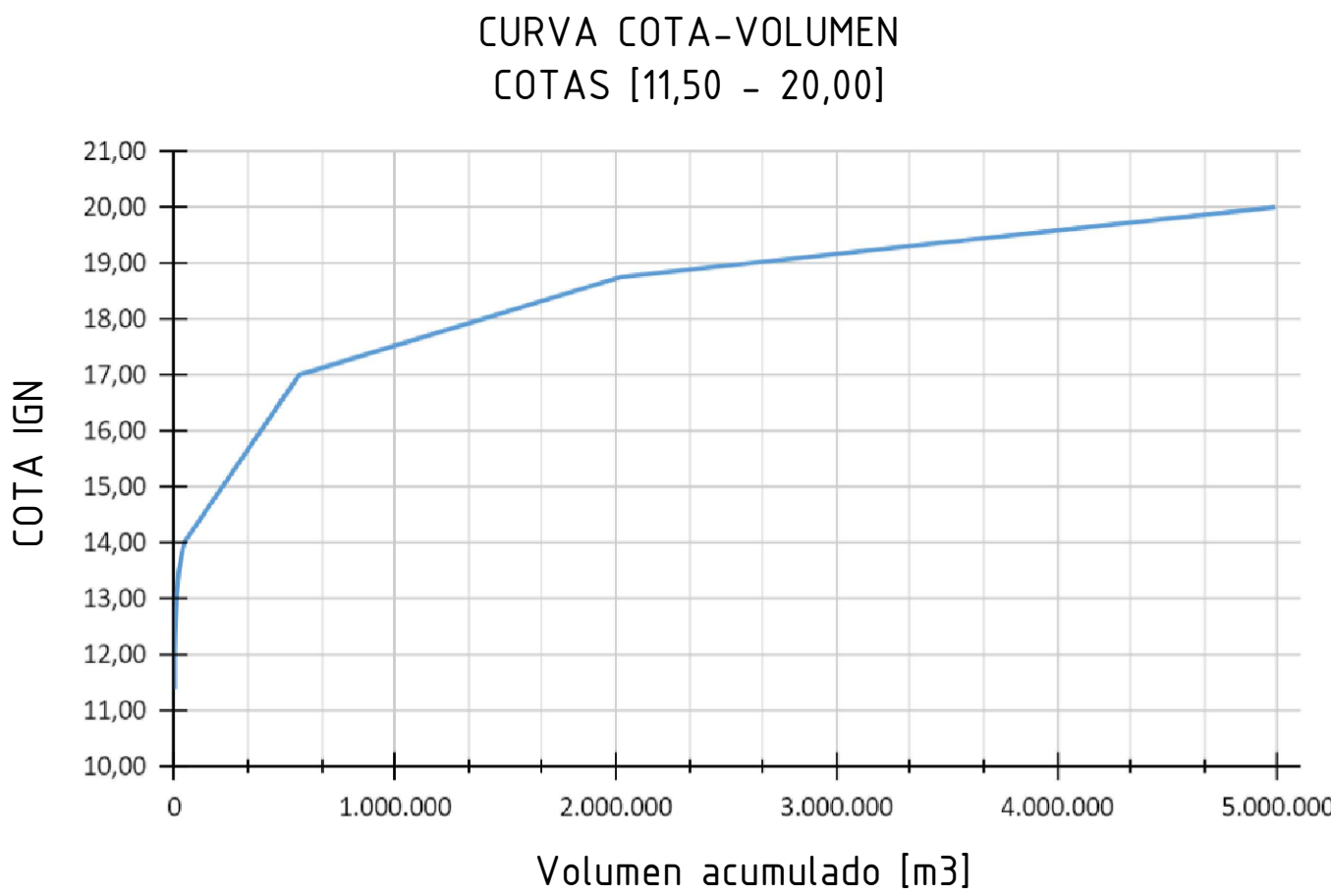
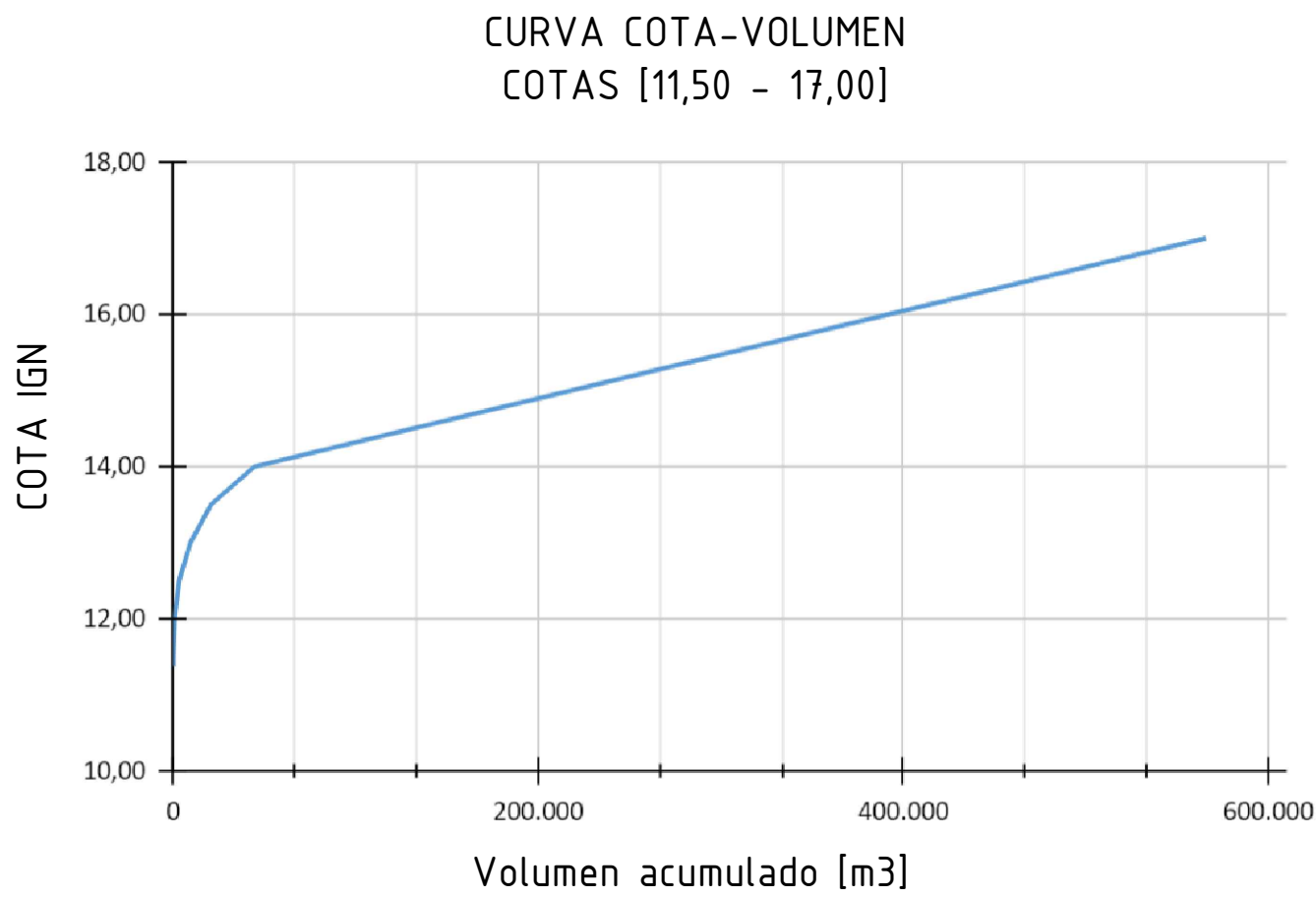


AREAS DE EMBALCE HASTA COTAS [11,50-17,00]
Esc. 1:4000



AREAS DE EMBALCE [18,75-20,00]
CURVAS DE NIVEL DE LA PROVINCIA
Esc. 1:20000

REFERENCIAS	
	ÁREA EMBALSE COTA 11,50 = 128m2
	ÁREA EMBALSE COTA 12,00 = 2906m2
	ÁREA EMBALSE COTA 12,50 = 6948m2
	ÁREA EMBALSE COTA 13,00 = 17860m2
	ÁREA EMBALSE COTA 13,50 = 27110m2
	ÁREA EMBALSE COTA 14,00 = 68522m2
	ÁREA EMBALSE COTA 17,00 = 278884m2
	ÁREA EMBALSE COTA 18,75 = 1386227m2
	ÁREA EMBALSE COTA 20,00 = 3357870m2

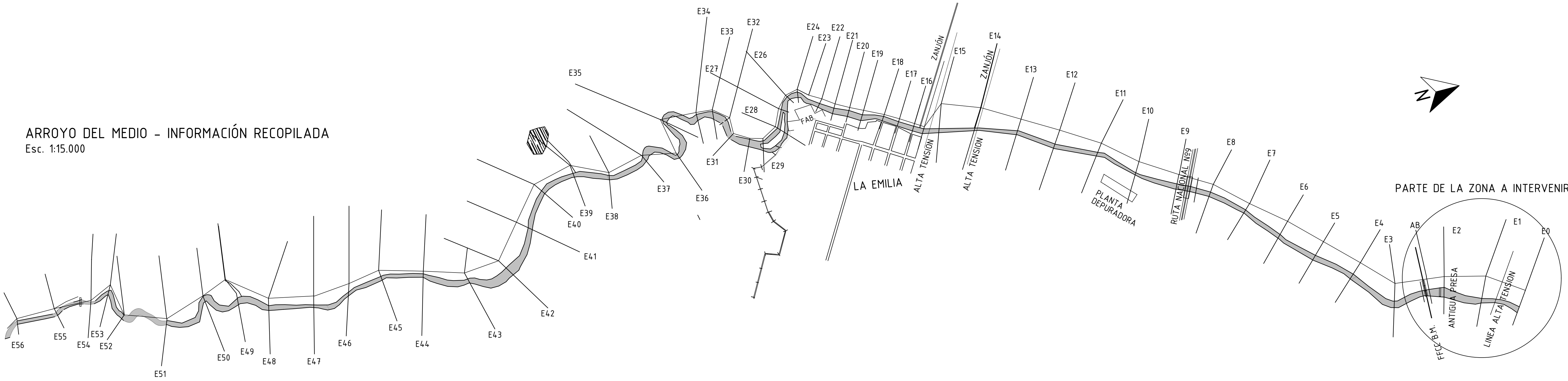


REFERENCIAS	
	ARROYO DEL MEDIO
NOTAS	
- Cotas IGN	

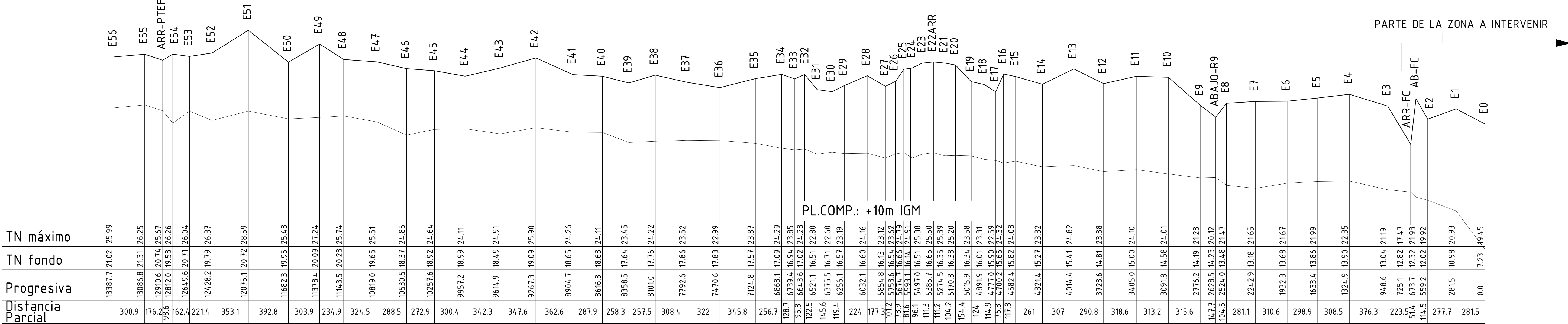
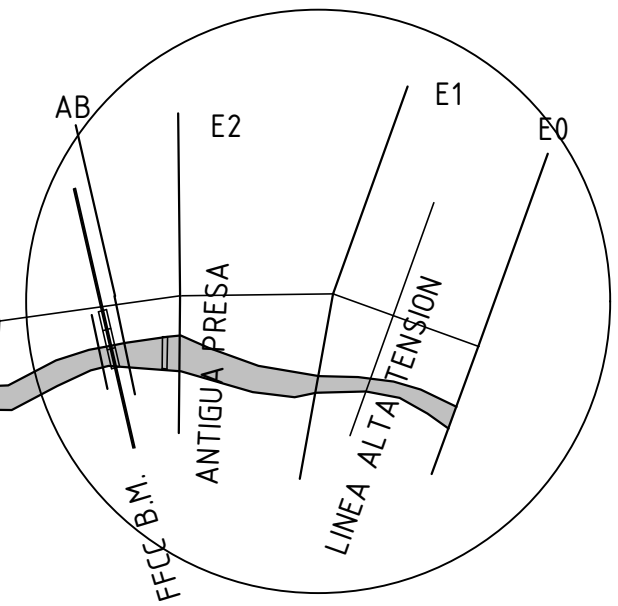
CÁTEDRA DE PROYECTO IV			
PARQUE MOLINO SANTA CLARA			
LOCALIDAD: SAN NICOLÁS DE LOS ARROYOS			
PARTE: AREAS Y VOLUMENES DE EMBALSE			
ESTUDIO Y PROYECTO		FECHA: 27/02/24	
BELLUCINI, Celia	B-5968/4	RICO, Ignacio	R-4222/6
MARTÍNEZ NASIF, Tomás	M-6542/1	ZARZUR, Yasmín	Z-1135/5
ESCALA: 1:4000		PLANO 02	

ARROYO DEL MEDIO - INFORMACIÓN RECOPIlada

Esc. 1:15.000



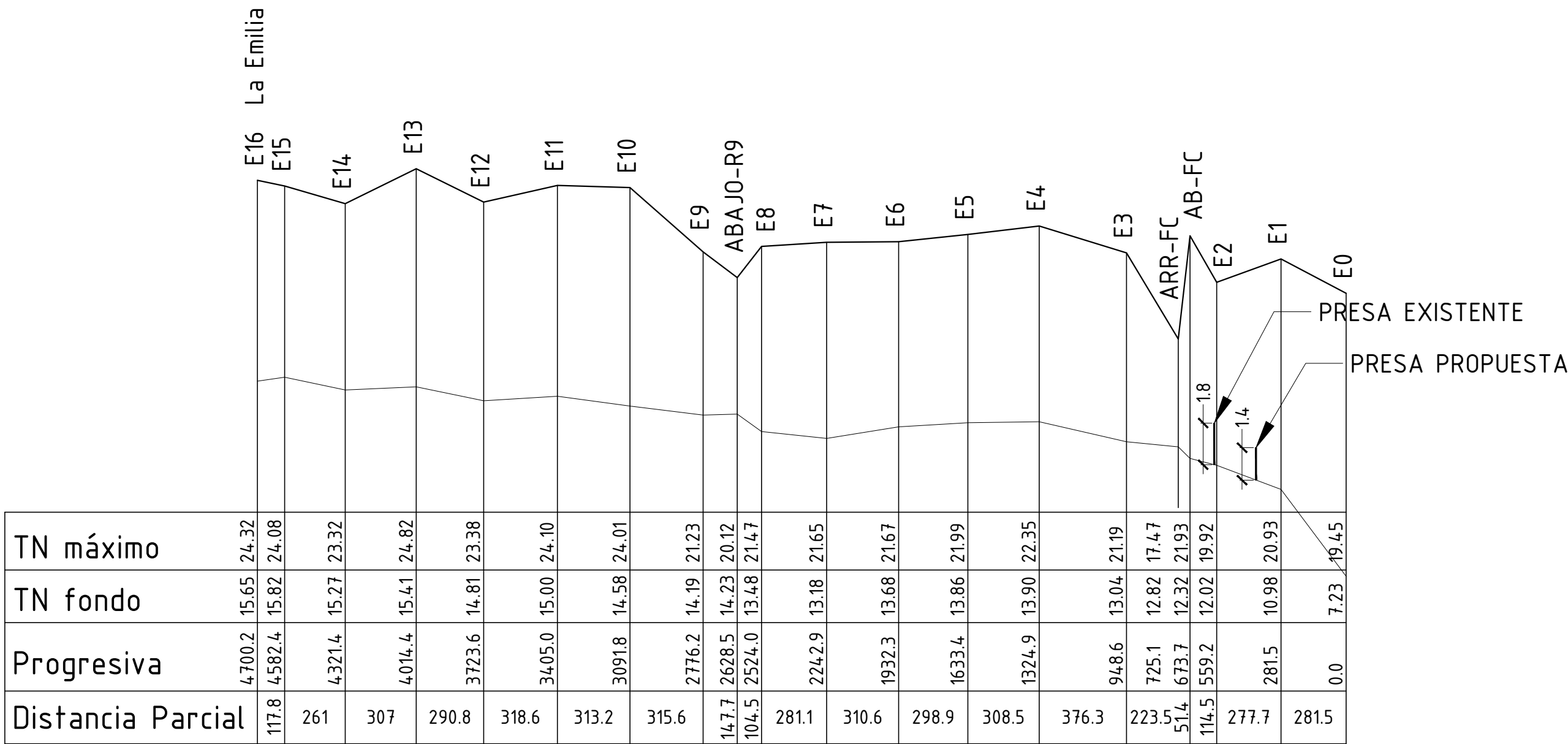
PARTE DE LA ZONA A INTERVENIR



PERFIL LONGITUDINAL ARROYO DEL MEDIO

Esc. V 1:200

Esc. H 1:20.000



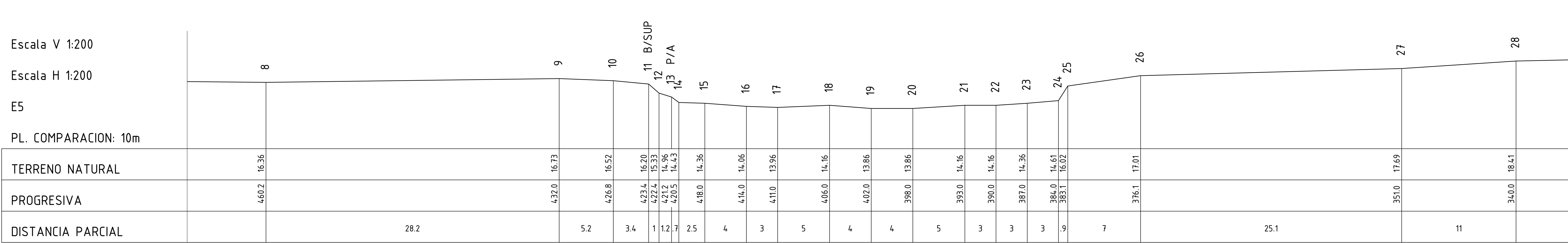
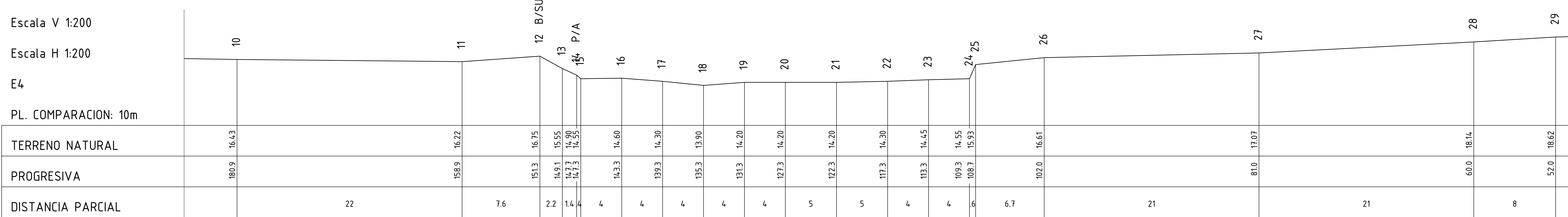
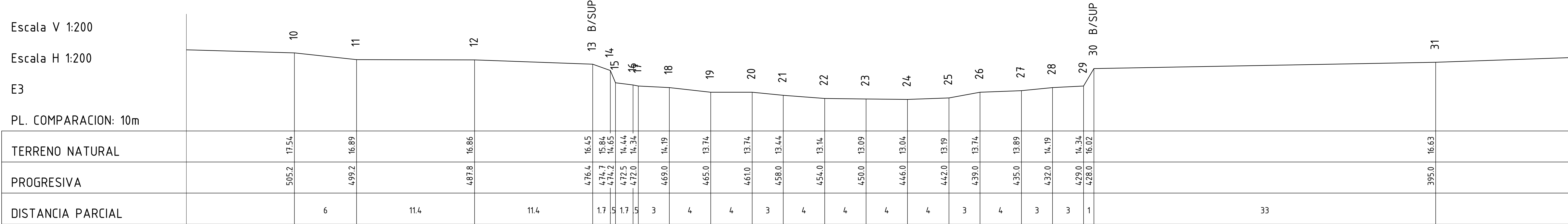
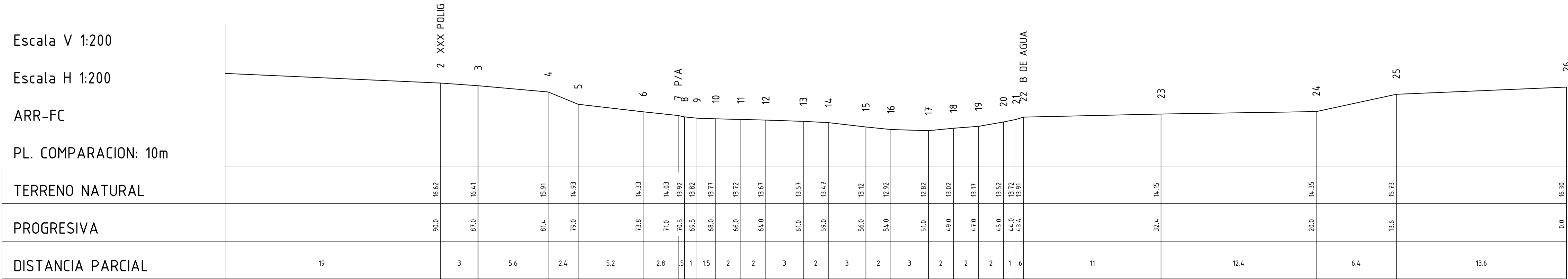
COMENTARIO:

- PARTE DE ESTA INFORMACIÓN CORRESPONDE A UN TRABAJO REALIZADO POR DIRECCIÓN PROVINCIAL DE SANEAMIENTO Y OBRAS HIDRÁULICAS DE LA PLATA, EN EL AÑO 2004
- VER PROPUESTA DE PRESA NUEVA EN PLANO Nº 8

CÁTEDRA DE PROYECTO IV

PARQUE MOLINO SANTA CLARA
LOCALIDAD: SAN NICOLÁS DE LOS ARROYOS
PARTE: ARROYO DEL MEDIO - PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA

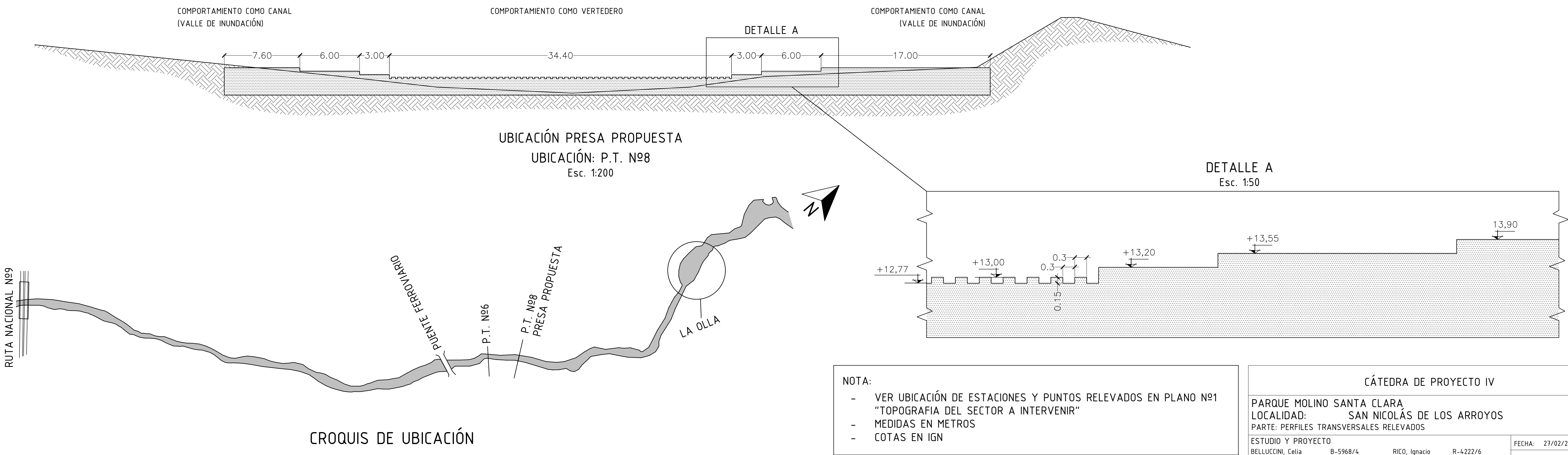
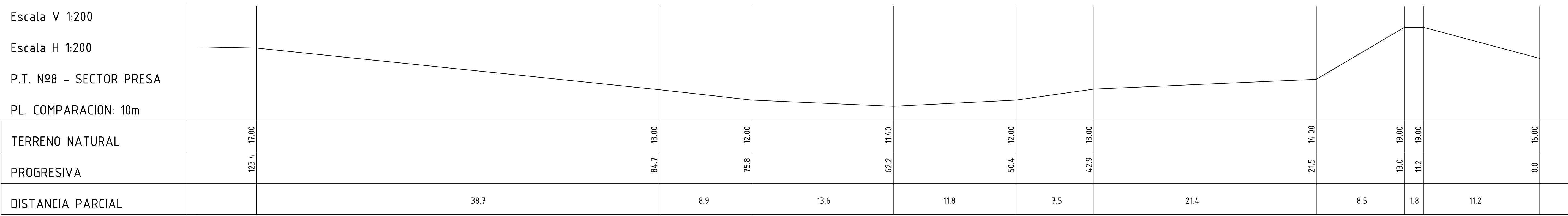
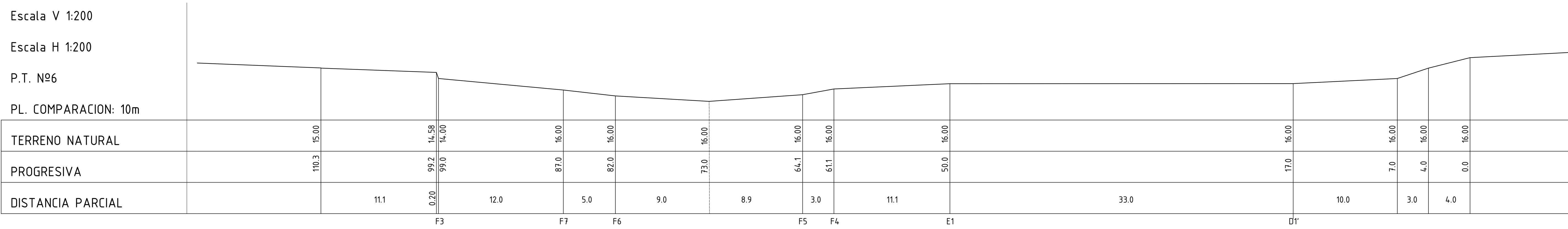
ESTUDIO Y PROYECTO	FECHA: 27/02/24	PLANO
BELLUCINI, Celia	B-5968/4	RICO, Ignacio
MARTÍNEZ NASIF, Tomás	M-6542/1	ZARZUR, Yásmín
		R-4222/6
		Z-1135/5
	ESCALA: 1:20000	03

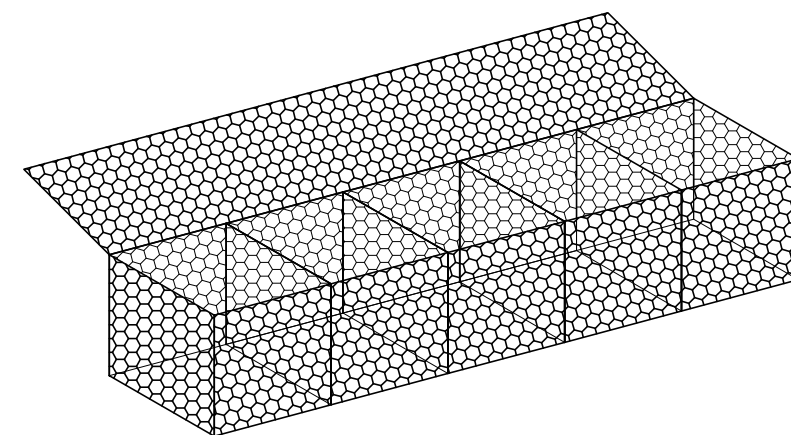
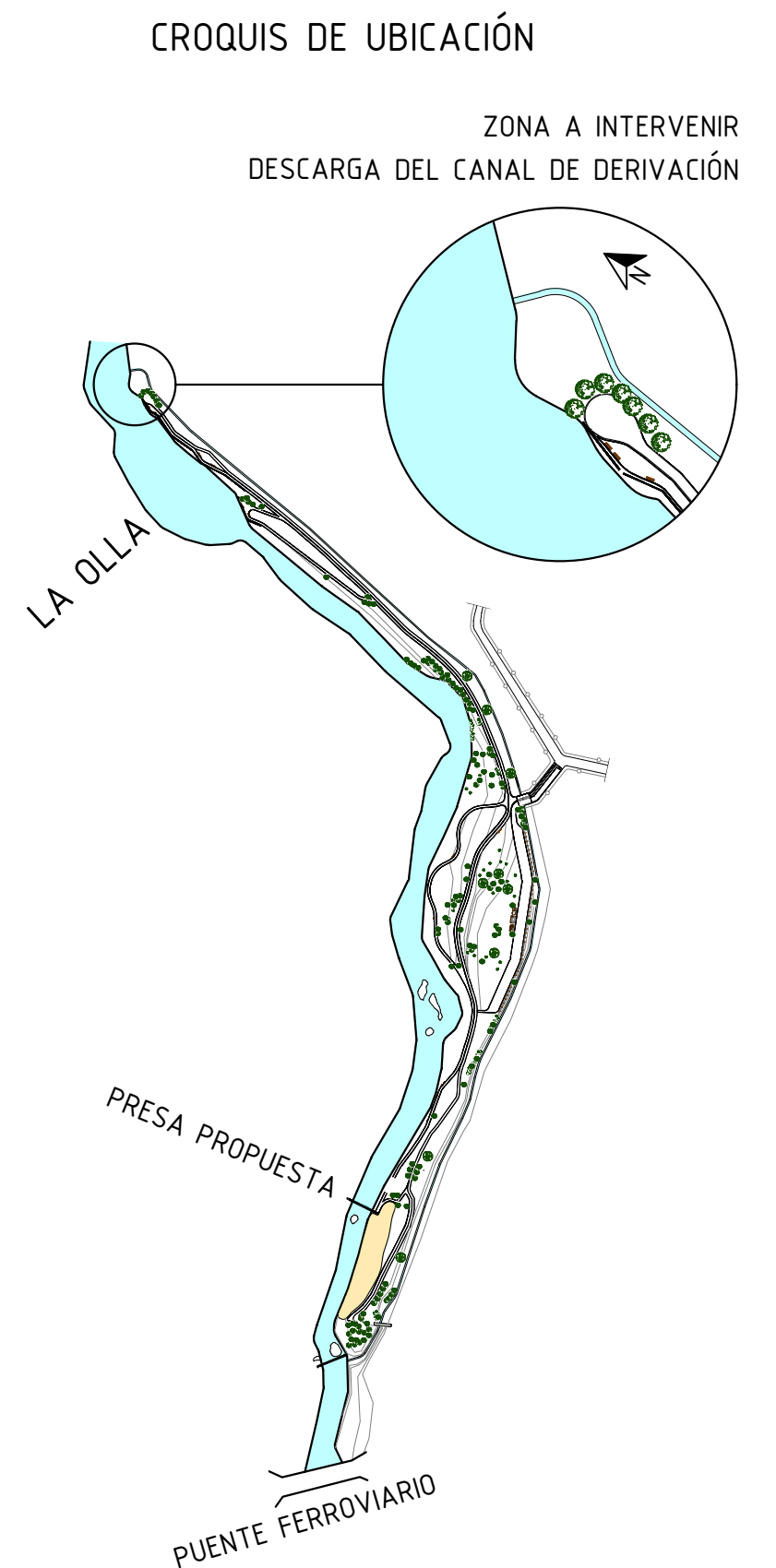
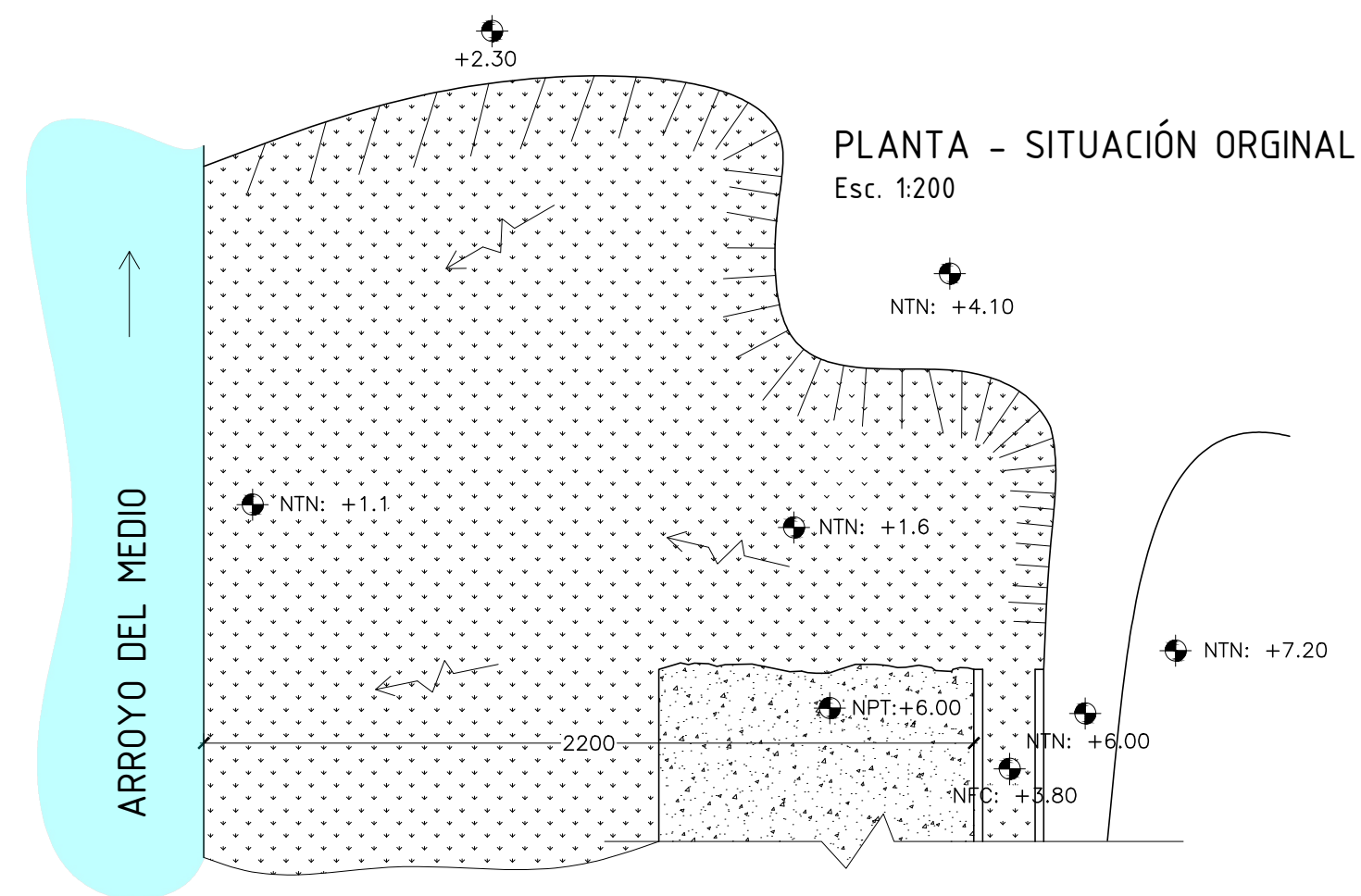
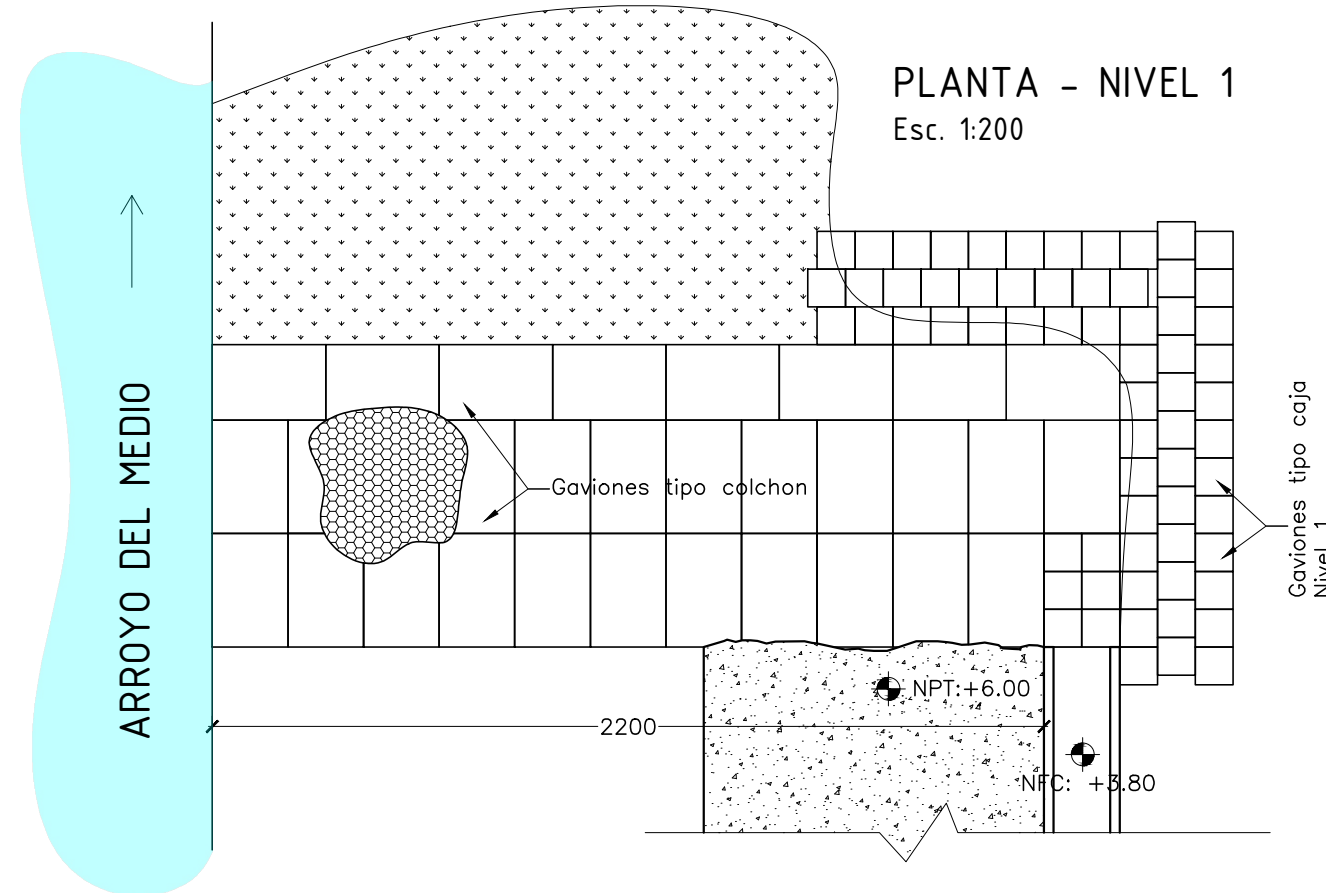
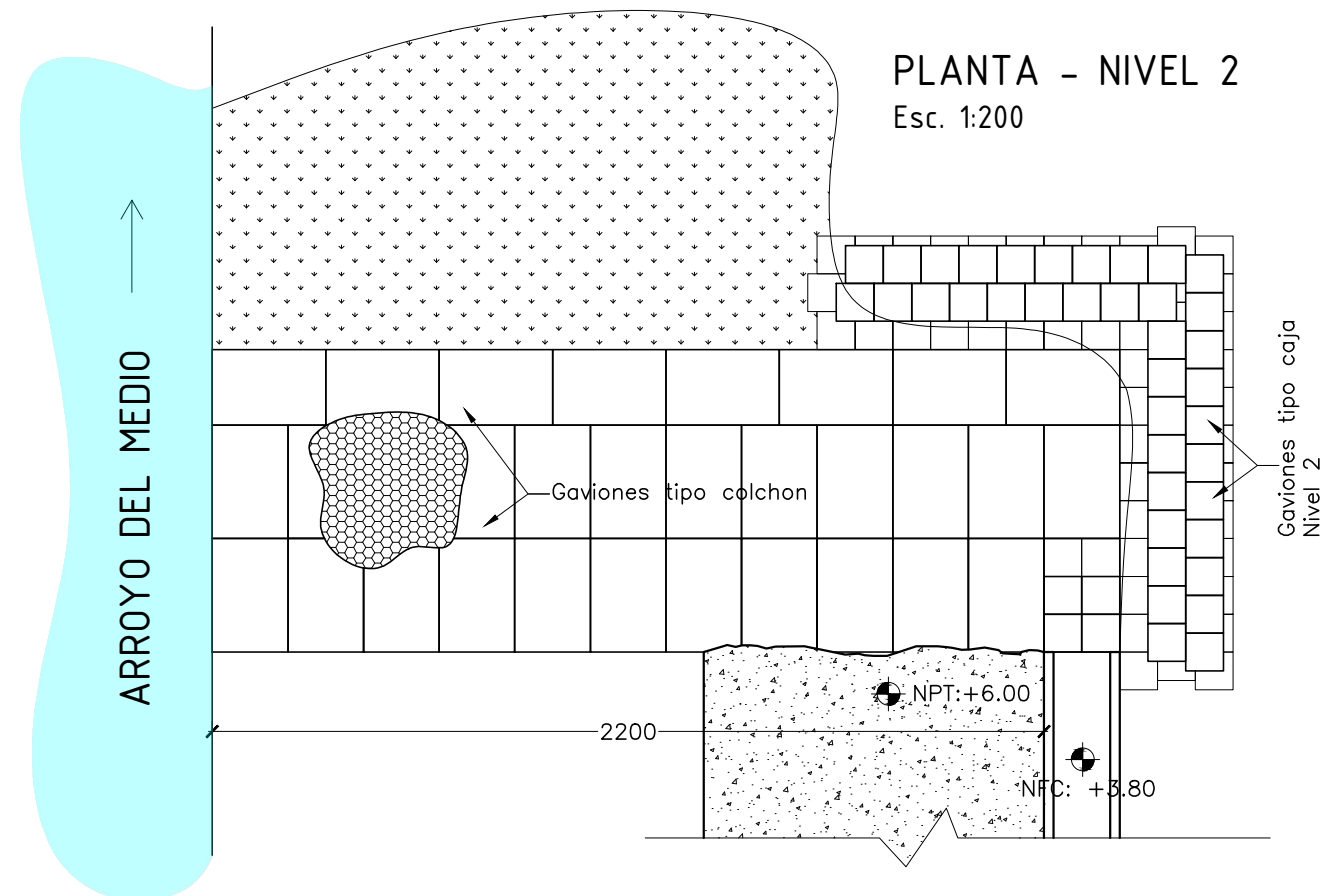
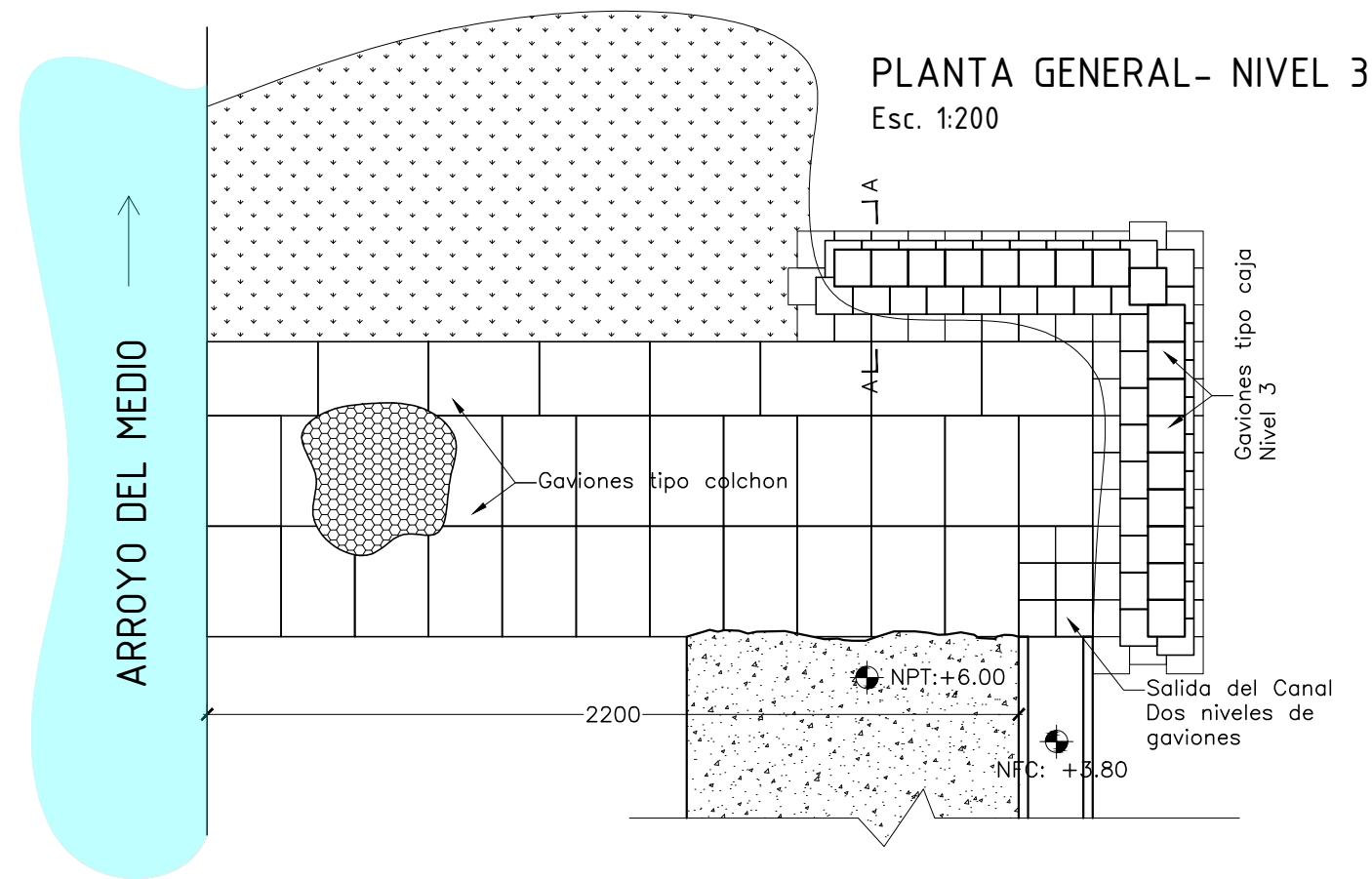


COMENTARIO:

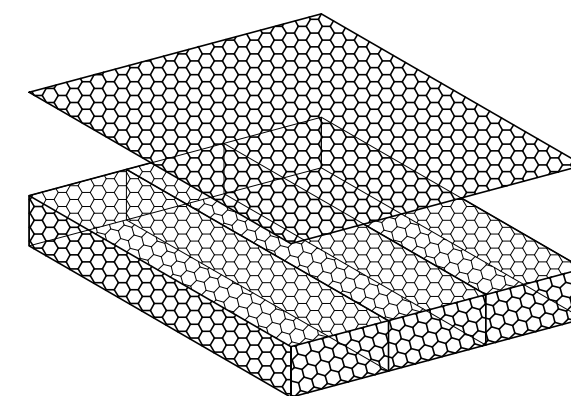
- VER UBICACIÓN DE PERFILES TRANSVERSALES EN PLANO Nº3 “ARROYO DEL MEDIO - PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA”

PARTE DE ESTA INFORMACIÓN CORRESPONDE A UN TRABAJO REALIZADO POR DIRECCIÓN PROVINCIAL DE SANEAMIENTO Y OBRAS HIDRÁULICAS DE LA PLATA, EN EL AÑO 2004

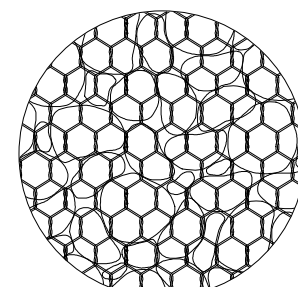




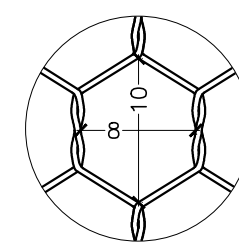
GAVIONES TIPO CAJA
1,00mx1,00mx1,00m c/u



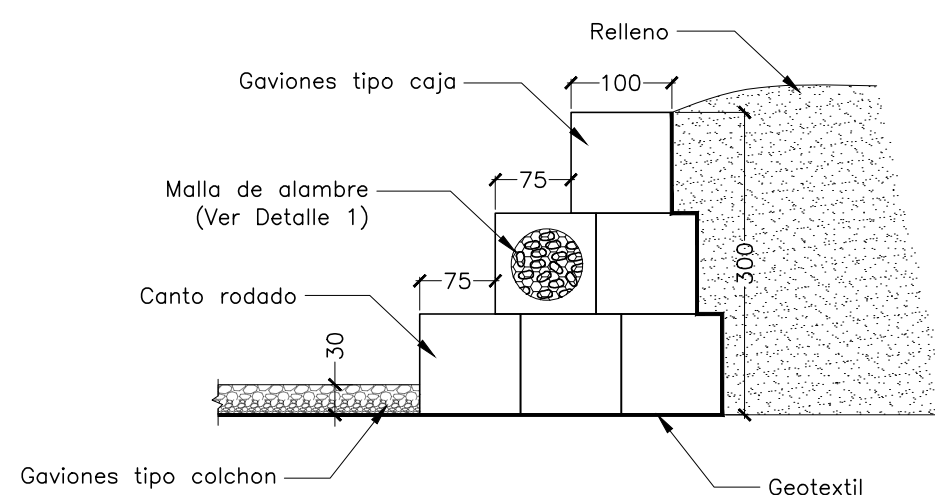
GAVIONES TIPO COLCHON
3,00mx2,00m c/u



DETALLE 1
Esc. 1:20



DETALLE DE MALLA
Esc. 1:5



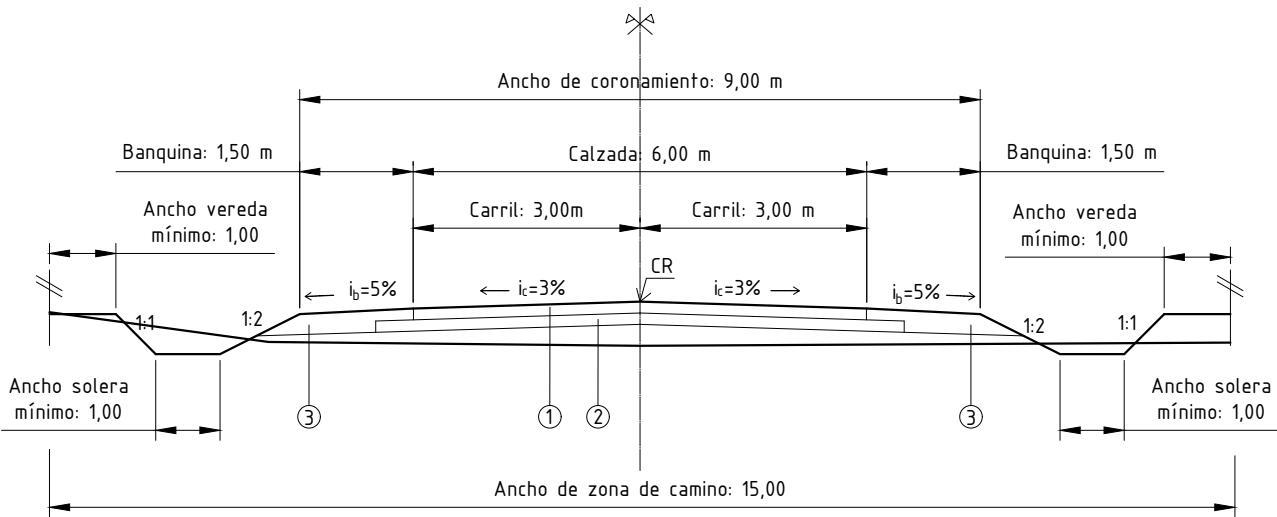
CORTE A-A
Esc. 1:75

NOTAS	
-	Medidas en cm
-	Niveles en metros
-	Cotas de terreno relativas entre ellas

REFERENCIAS	
	ARROYO DEL MEDIO
NTN: Nivel Terreno Natural NFC: Nivel Fondo de Canal NPT: Nivel de Piso Terminado	

CÁTEDRA DE PROYECTO IV			
PARQUE MOLINO SANTA CLARA			
LOCALIDAD:		SAN NICOLÁS DE LOS ARROYOS	
PARTE: INTERVENCIÓN EN ZONA		DE DESCARGA DEL CANAL DE DERIVACIÓN	
ESTUDIO Y PROYECTO			FECHA: 27/02/24
BELLUCCINI, Celia	B-5968/4	RICO, Ignacio	R-4222/6
MARTINEZ NASIF, Tomás	M-6542/1	ZARZUR, Yasmin	Z-1135/5
ESCALA: 1:200			PLANO 06

Perfil tipo de obra CALLE NOBEL (Esc. 1:150)



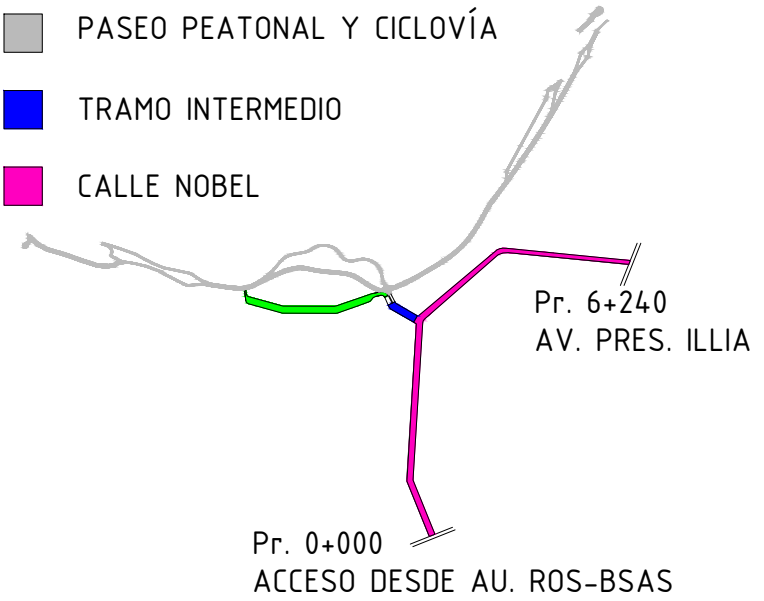
Diseño estructural CALLE NOBEL:

- ① Estabilizado granular, en un espesor de 0,15 m y ancho de 6,00 m.
- ② Perfilado y compactación de la subrasante.
- ③ Banquina de estabilizado granular en 0,22 m de espesor y 1,50 m de ancho.

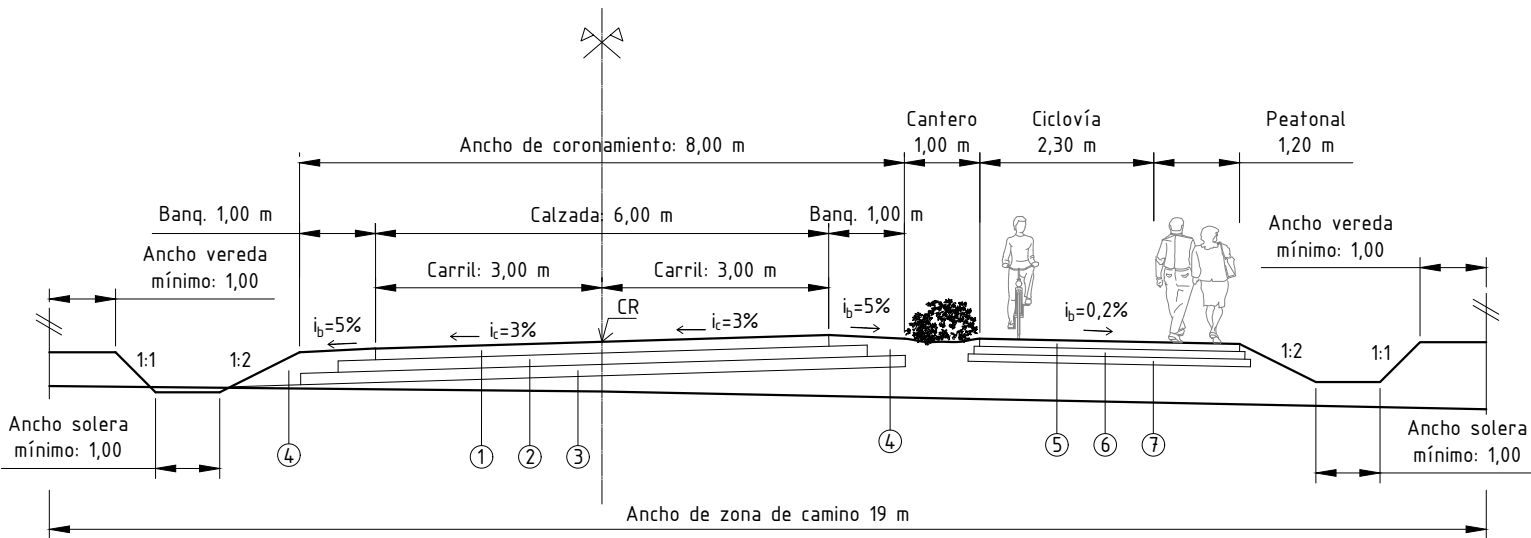
NOTAS:

- Este perfil es válido desde Pr. 0+000 (Acceso desde Autopista ROS-BSAS) hasta Pr. 6+243 (Av. Pres. Illia).
- El ancho de solera podrá ser modificado en función del estudio hidráulico que se realice.

ESQUEMA DE PAQUETES ESTRUCTURALES



Perfil tipo de obra TRAMO INTERMEDIO (Esc. 1:150)



Diseño estructural calzada bicarril TRAMO INTERMEDIO:

- ① Carpeta de rodamiento de RAP y emulsión asfáltica como ligante, de rotura rápida a razón de 0,25 kg/m², en un espesor de 0,06 m y ancho de 6,00 m.
- ② Estabilizado granular, en un espesor de 0,15 m y ancho de 6,25 m.
- ③ Perfilado y compactación de la subrasante.
- ④ Banquina de estabilizado granular en 0,22 m de espesor y 1,50 m de ancho.

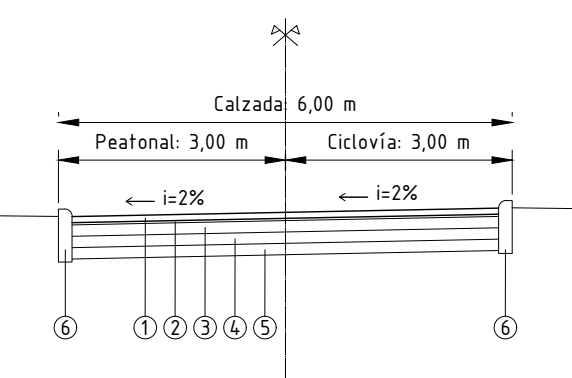
Diseño estructural ciclovía y sendero peatonal TRAMO INTERMEDIO:

- ⑤ Carpeta de rodamiento de RAP y emulsión asfáltica como ligante, de rotura rápida a razón de 0,25 kg/m², en un espesor de 0,03 m y ancho de 3,50 m.
- ⑥ Estabilizado granular, en un espesor de 0,15 m y ancho de 3,75 m.
- ⑦ Perfilado y compactación de la subrasante.

NOTAS:

- Este perfil es válido en el tramo de acceso al parque, a partir de la intersección con calle Nobel y hasta los puentes de acceso.
- El ancho de solera podrá ser modificado en función del estudio hidráulico que se realice.

Perfil tipo de obra PAVIMENTO INTERTRABADO (Esc. 1:150)



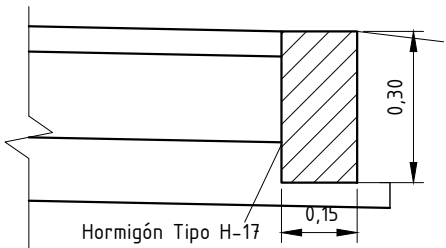
Diseño estructural:

- ① Carpeta de rodamiento de adoquines de hormigón, con espesor entre 8 y 12 cm.
- ② Cama de arena con espesor de 3 cm.
- ③ Base de hormigón pobre, material granular o suelo cemento, con espesor entre 15 y 25 cm.
- ④ Sub-base de material granular con espesor entre 0 y 25 cm.
- ⑤ Sub rasante.
- ⑥ Borde de confinamiento.

NOTAS:

- Este perfil es válido en la totalidad del recorrido del camino peatonal y de la ciclovía.
- El cordón se rebajará hasta la altura del pavimento en las zonas donde exista posible acumulación de agua, de acuerdo al análisis correspondiente a efectuarse.

Detalle cordón protector de borde del pavimento (Esc: 1:150)



CÁTEDRA DE PROYECTO IV

PARQUE MOLINO SANTA CLARA
LOCALIDAD: SAN NICOLÁS DE LOS ARROYOS
PARTE: PERFIL TIPO DE OBRA BÁSICA Y PAVIMENTOS DE LOS ACCESOS

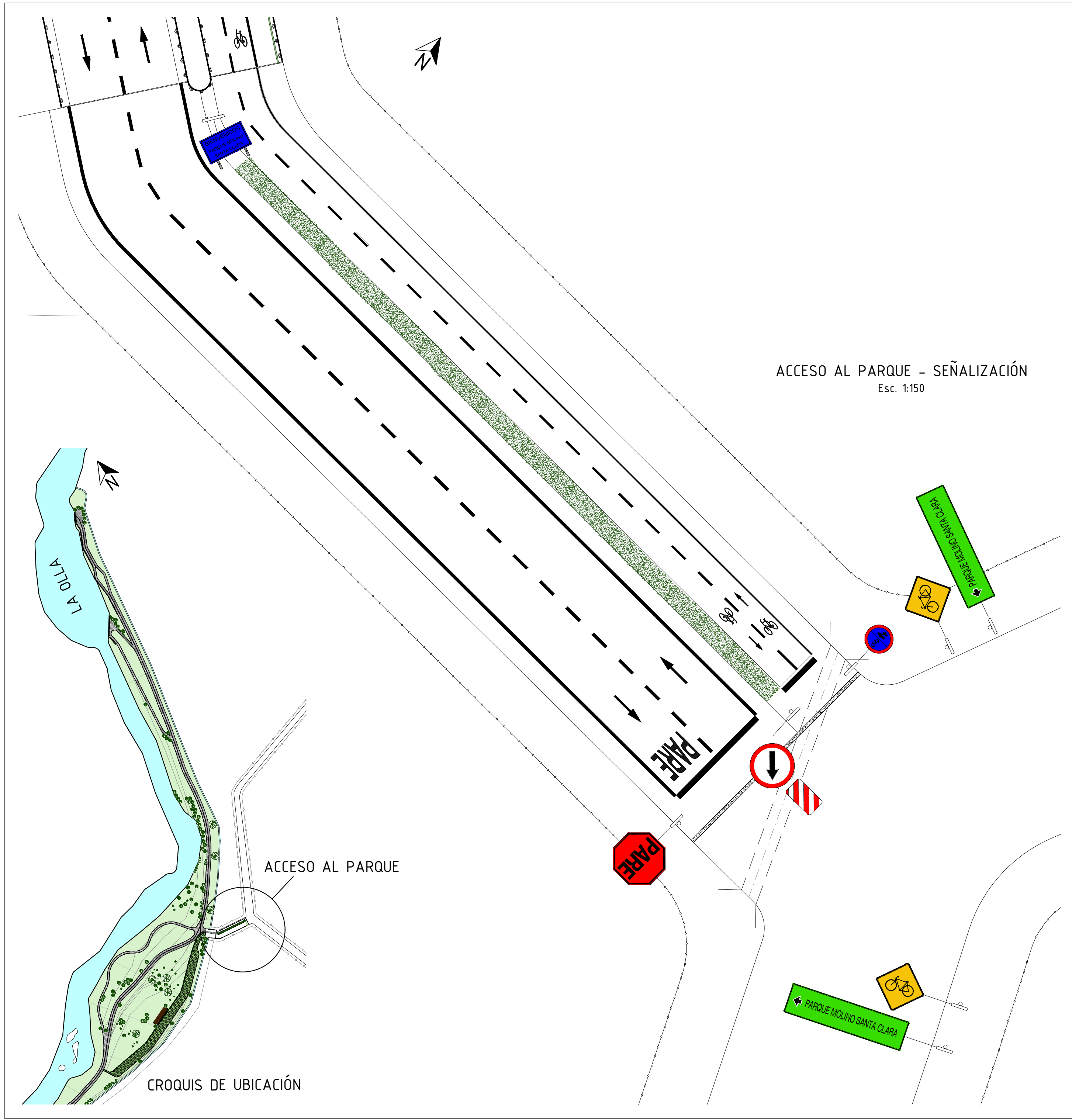
ESTUDIO Y PROYECTO

BELLUCCINI, Celia B-5968/4
MARTINEZ NASIF, Tomás M-6542/1

RICO, Ignacio R-4222/6
ZARZUR, Yasmin Z-1135/5

FECHA: 27/02/24
ESCALA: 1:150

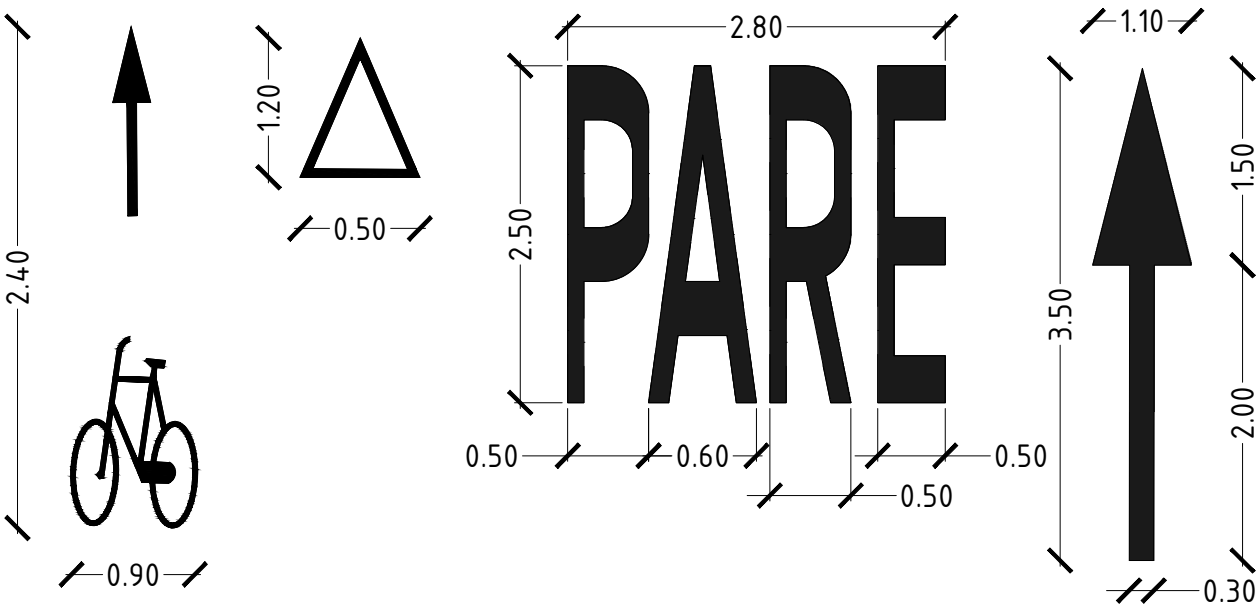
PLANO
07



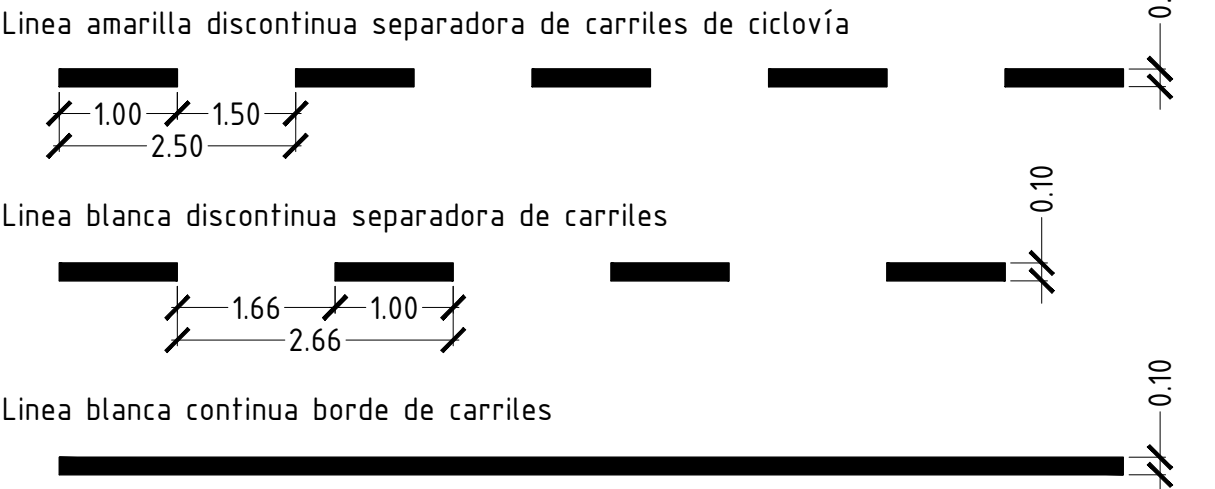
- NOTAS
- Medidas en metros
 - Señalización realizada en base a una velocidad máxima de 40 km/h

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

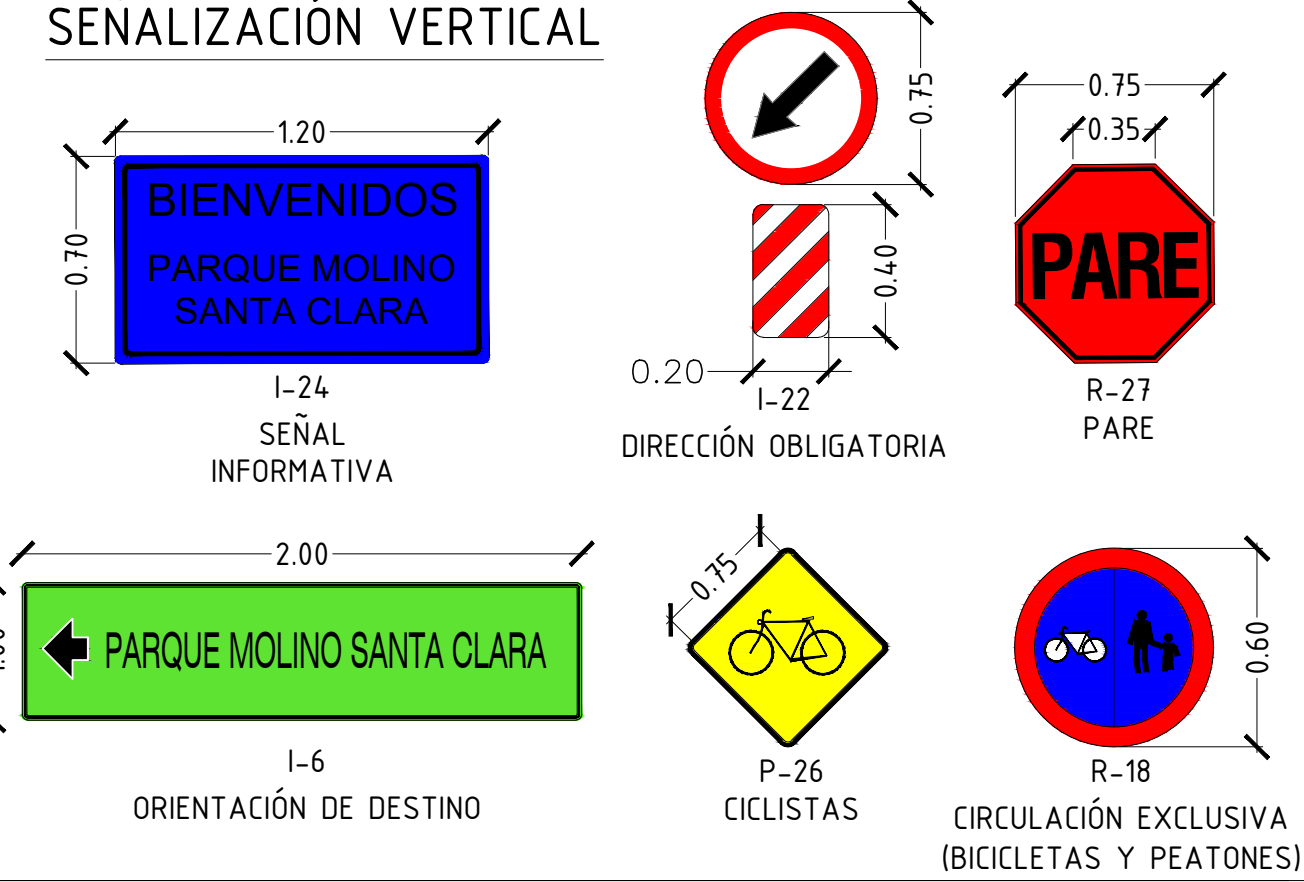
FLECHAS CIRCULATORIAS Y MARCAS ESPECIALES



LINEAS LONGITUDINALES



SEÑALIZACIÓN VERTICAL

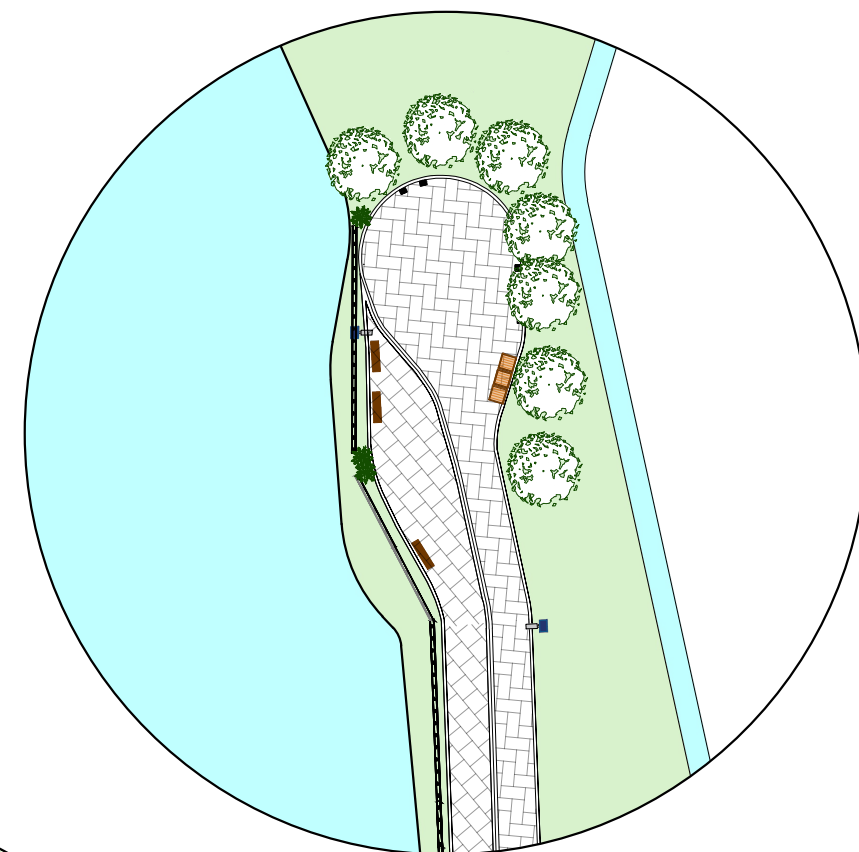


CÁTEDRA DE PROYECTO IV

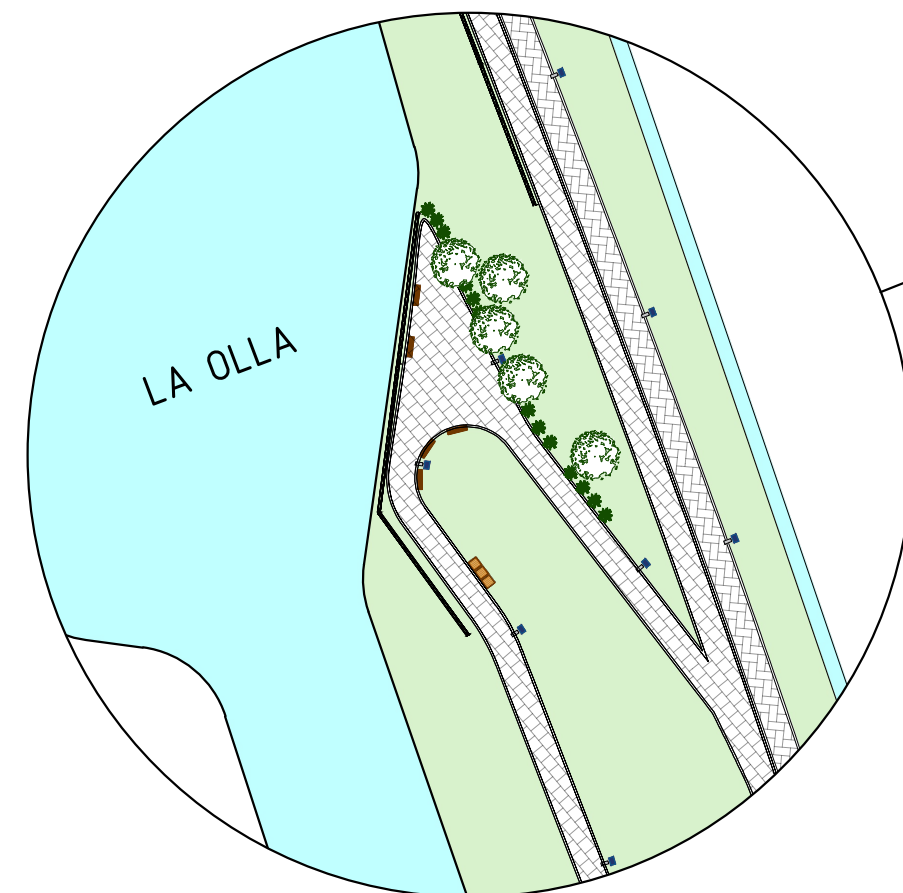
PARQUE MOLINO SANTA CLARA
LOCALIDAD: SAN NICOLÁS DE LOS ARROYOS
PARTE: ACCESO AL PARQUE - SEÑALIZACIÓN



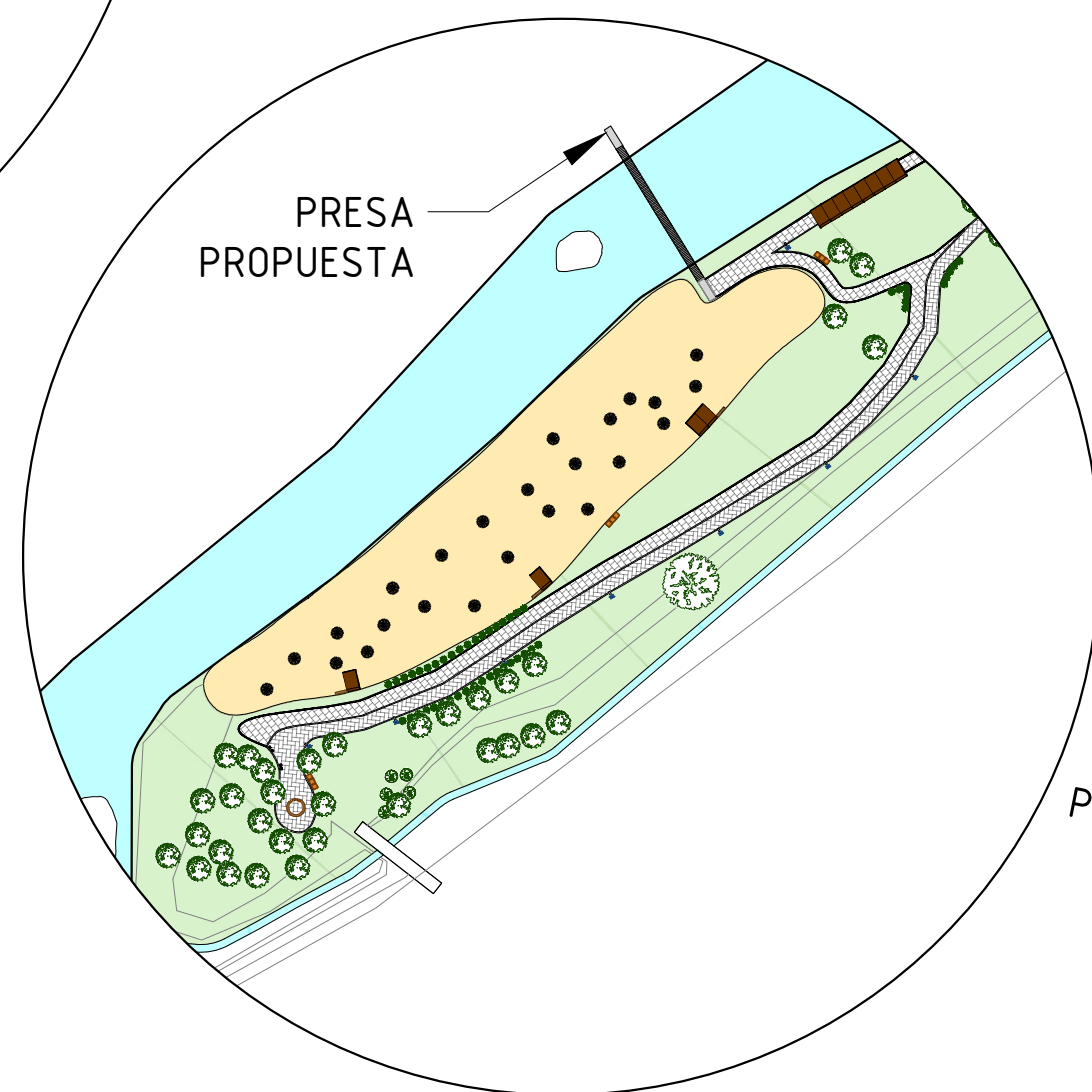
SECTOR RECREATIVO
Esc. 1:1500



MIRADOR 2 - LA OLLA
Esc. 1:500



MIRADOR 1 - LA OLLA
Esc. 1:750



SECTOR PRESA
Esc. 1:1500



CÁTEDRA DE PROYECTO IV

PARQUE MOLINO SANTA CLARA
LOCALIDAD: SAN NICOLÁS DE LOS ARROYOS
PARTE: PLANTAS ARQUITECTONICAS

ESTUDIO Y PROYECTO

BELLUCCINI, Celia B-5968/4
MARTINEZ NASIF, Tomás M-6542/1

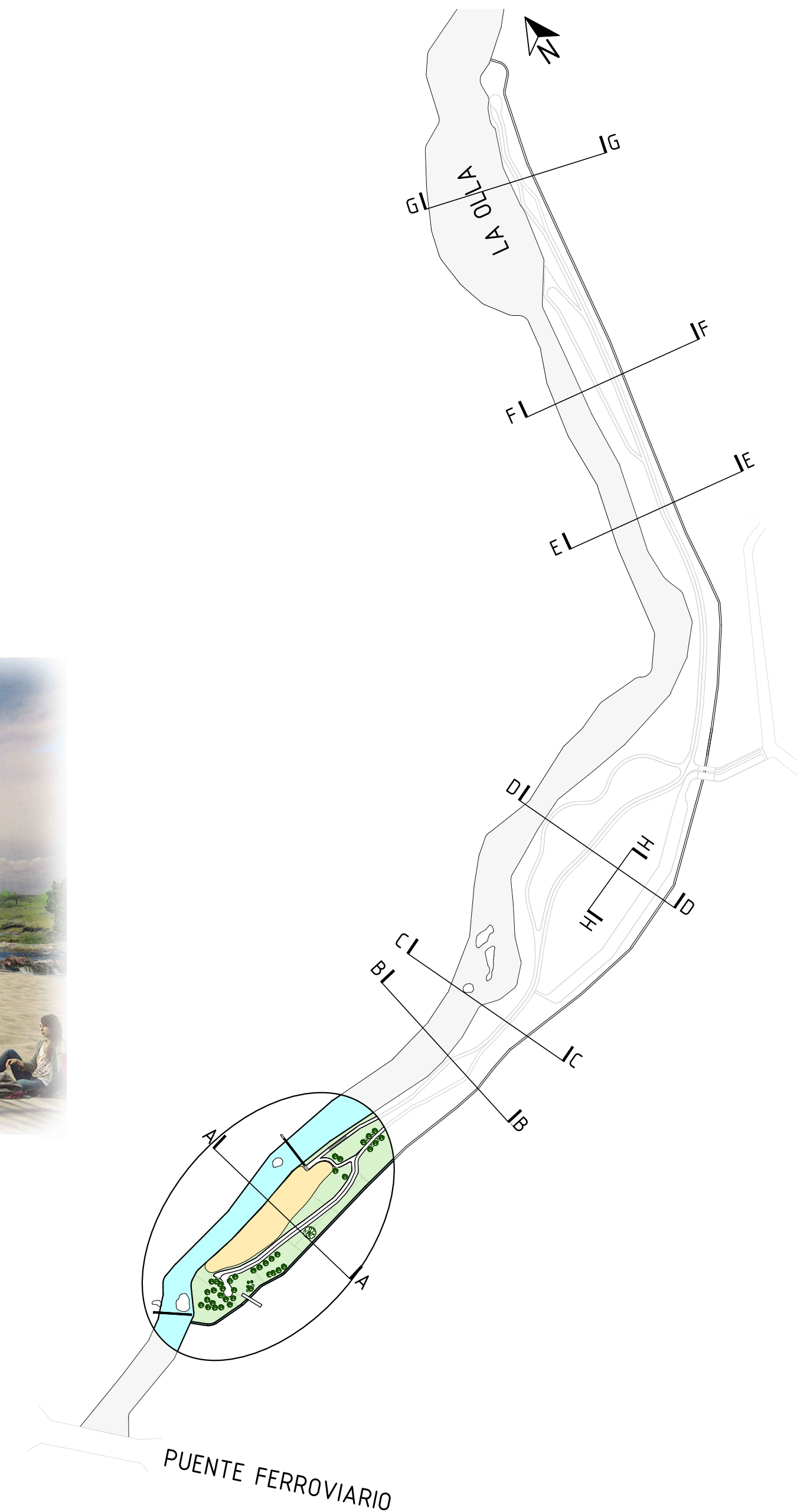
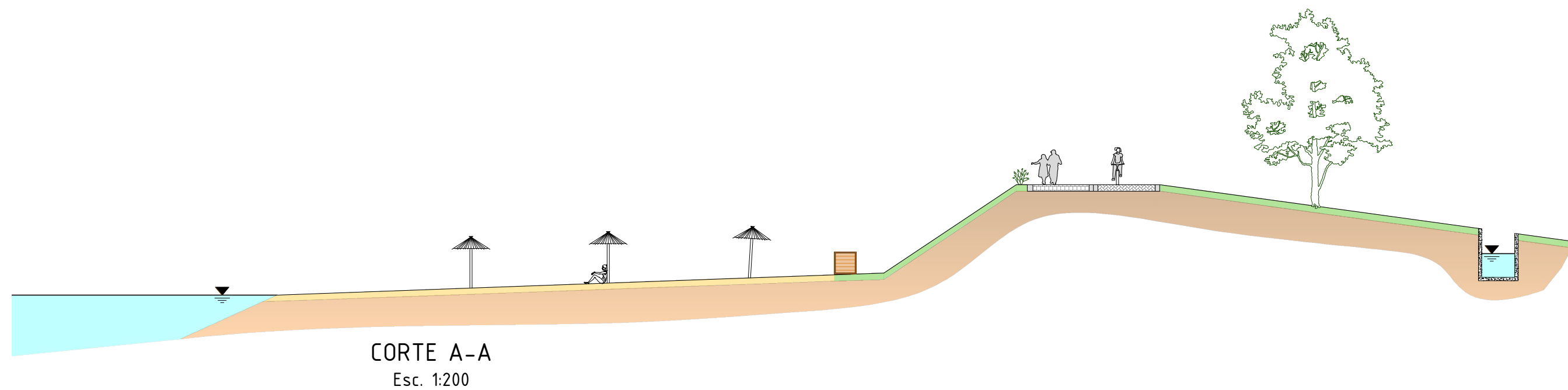
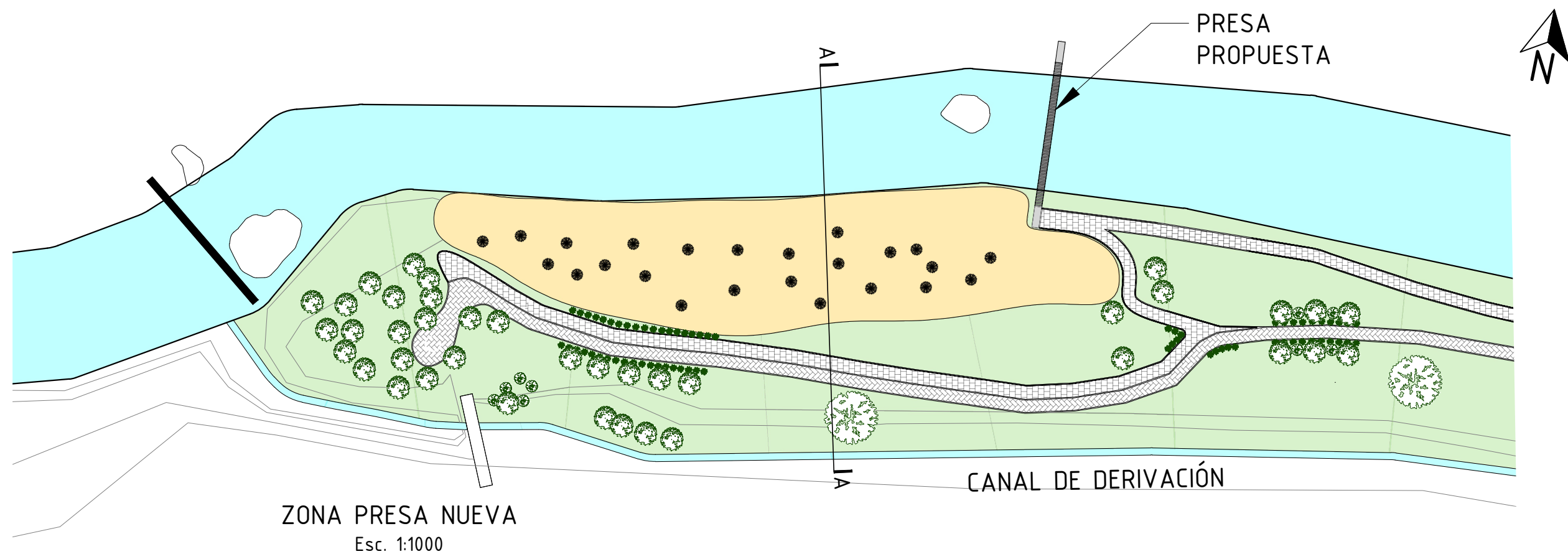
RICO, Ignacio R-4222/6
ZARZUR, Yasmin Z-1135/5

FECHA: 27/02/24

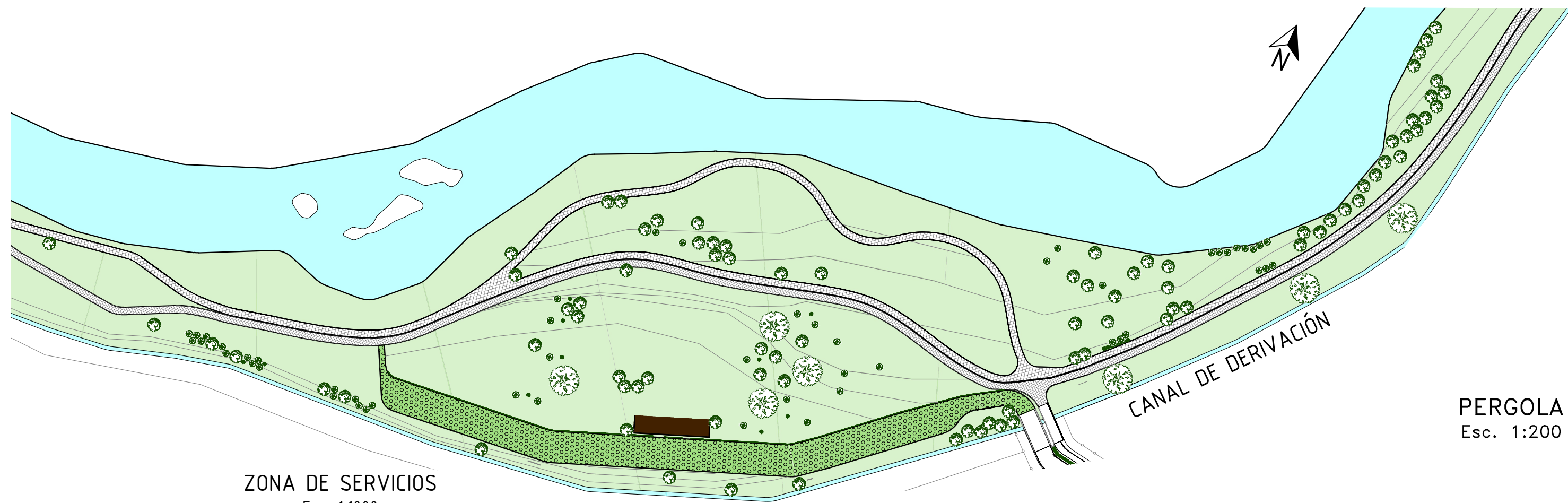
ESCALA: 1:4000

PLANO

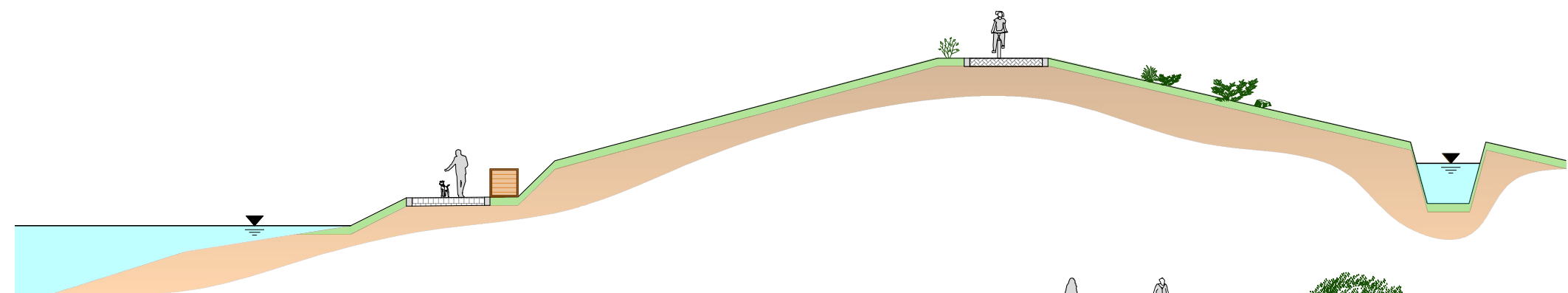
09



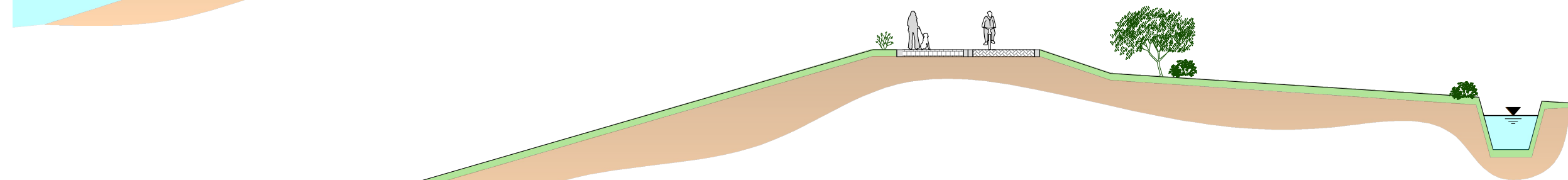
CÁTEDRA DE PROYECTO IV			
PARQUE MOLINO SANTA CLARA			
LOCALIDAD: SAN NICOLÁS DE LOS ARROYOS			
PARTE: CORTES Y DETALLES DE ARQUITECTURA			
ESTUDIO Y PROYECTO		FECHA: 27/02/24	
BELLUCCINI, Celia	B-5968/4	RICO, Ignacio	R-4222/6
MARTINEZ NASIF, Tomás	M-6542/1	ZARZUR, Yasmin	Z-1135/5
ESCALA: 1:4000		PLANO 10.1	



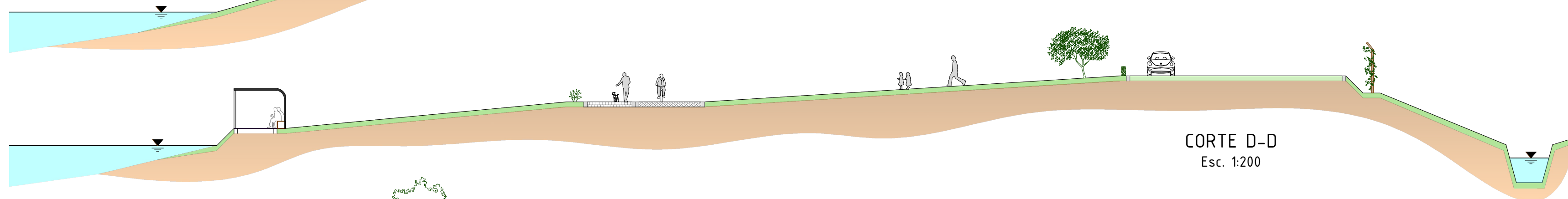
ZONA DE SERVICIOS
Esc. 1:1000



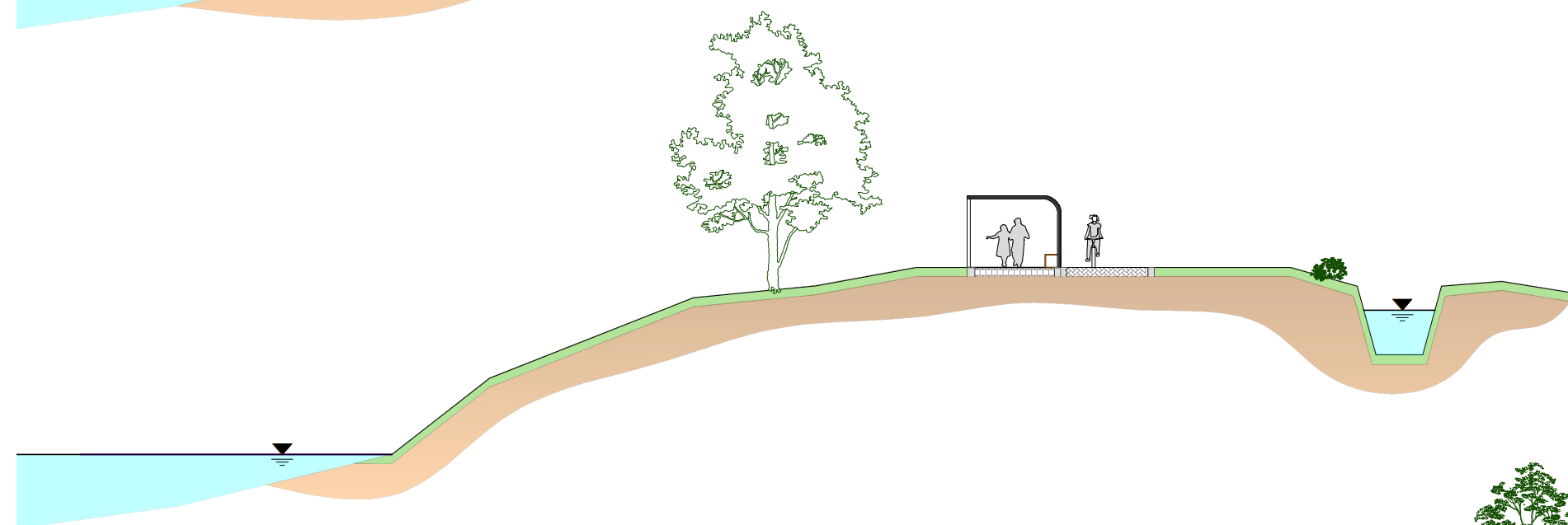
CORTE B-B
Esc. 1:200



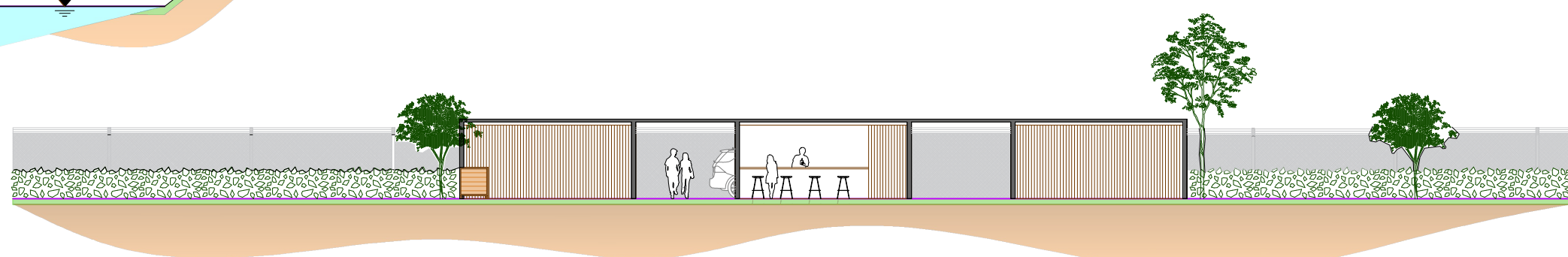
CORTE C-C
Esc. 1:200



CORTE D-D
Esc. 1:200

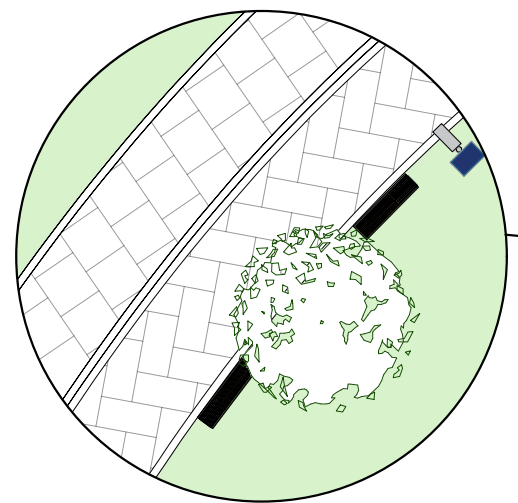


CORTE E-E
Esc. 1:200

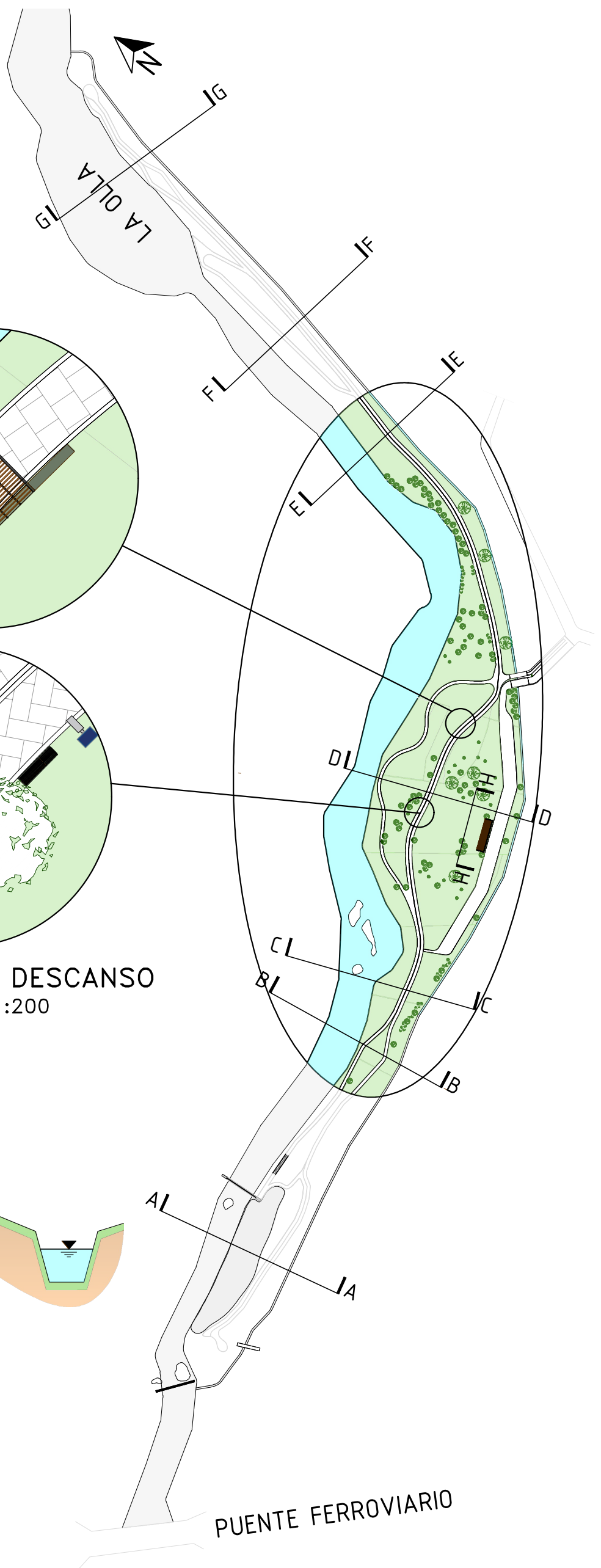


CORTE H-H
Esc. 1:200

PERGOLA
Esc. 1:200



BANCOS DE DESCANSO
Esc. 1:200



CÁTEDRA DE PROYECTO IV

PARQUE MOLINO SANTA CLARA
LOCALIDAD: SAN NICOLÁS DE LOS ARROYOS
PARTE: CORTES Y DETALLES DE ARQUITECTURA

ESTUDIO Y PROYECTO

BELLUCCINI, Celia B-5968/4
MARTINEZ NASIF, Tomás M-6542/1

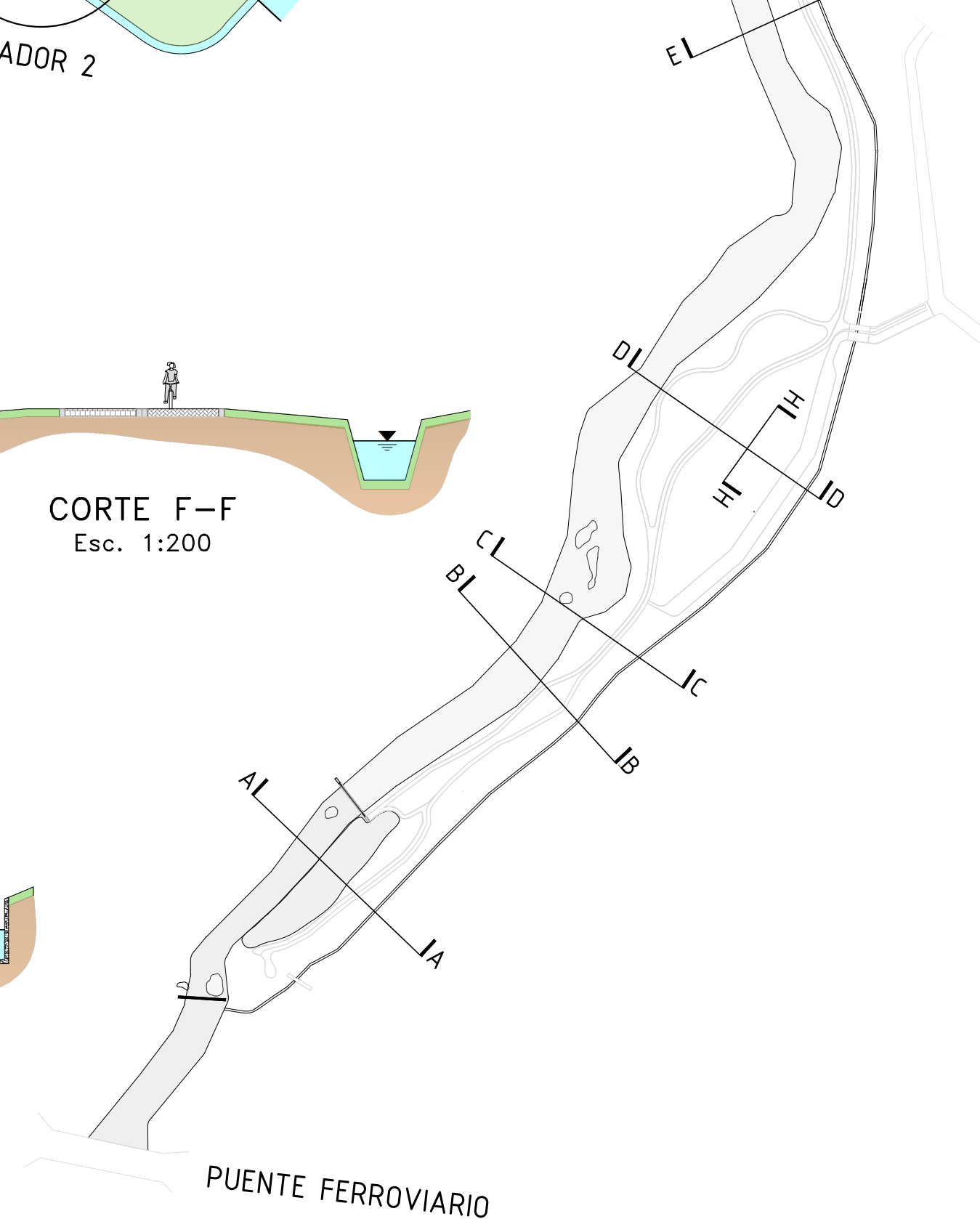
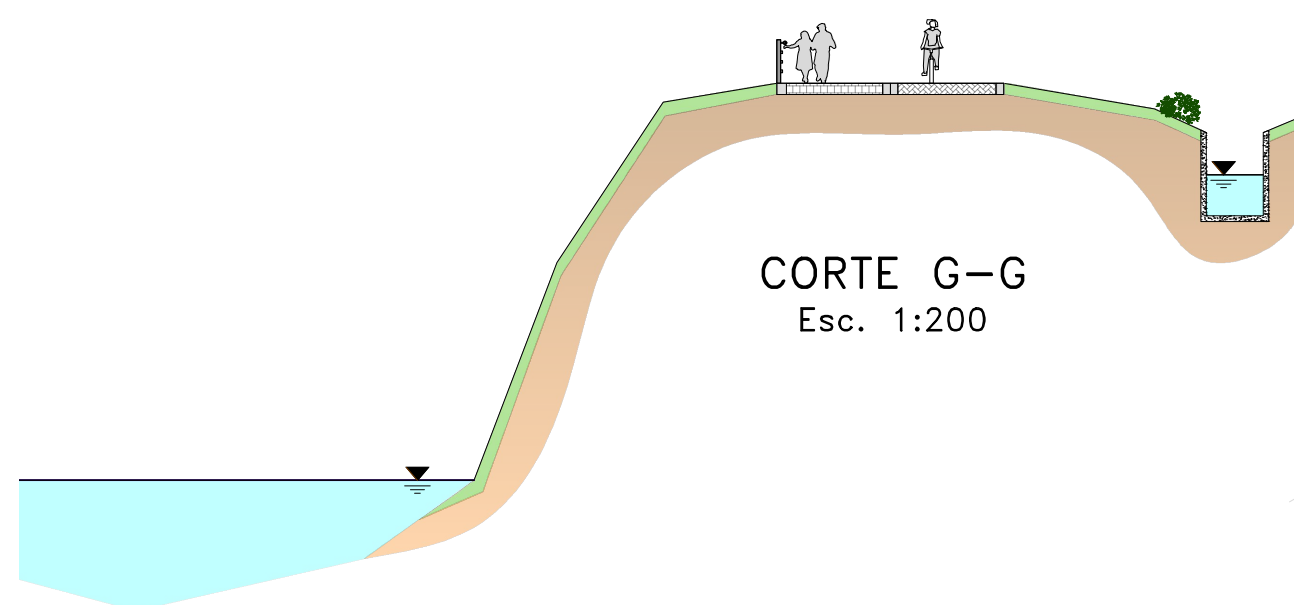
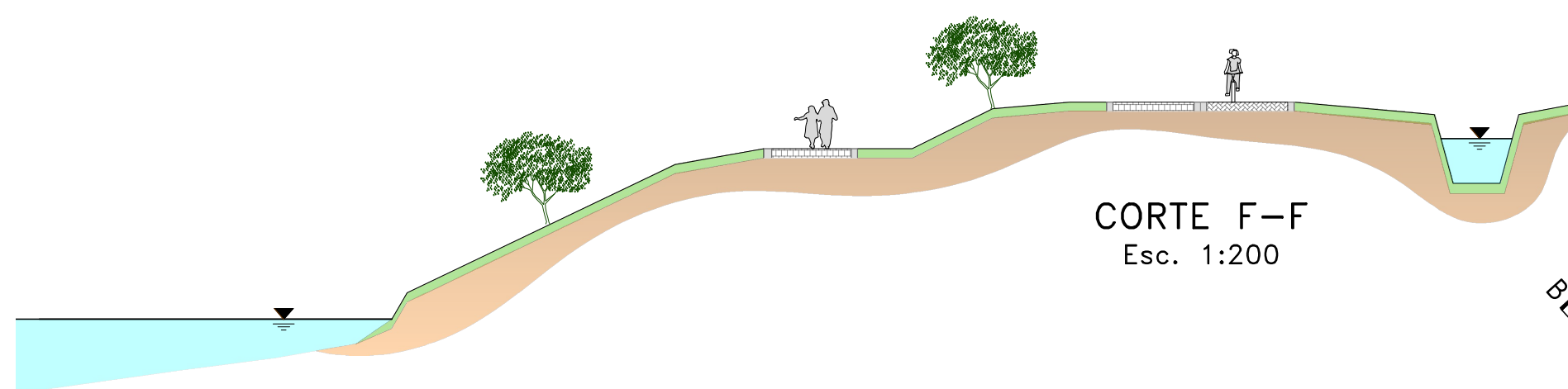
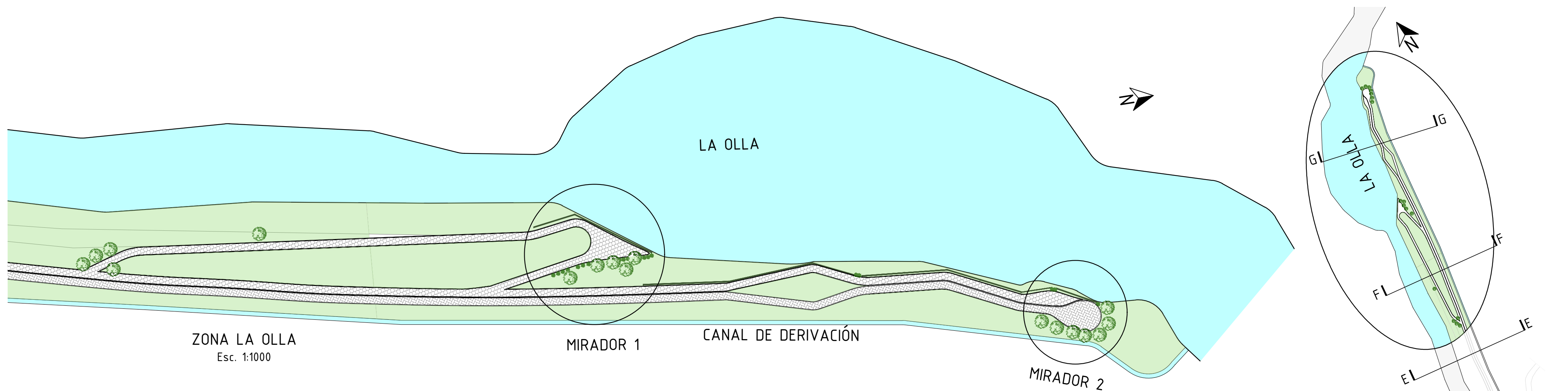
RICO, Ignacio R-4222/6
ZARZUR, Yasmin Z-1135/5

FECHA: 27/02/24

ESCALA: 1:4000

PLANO

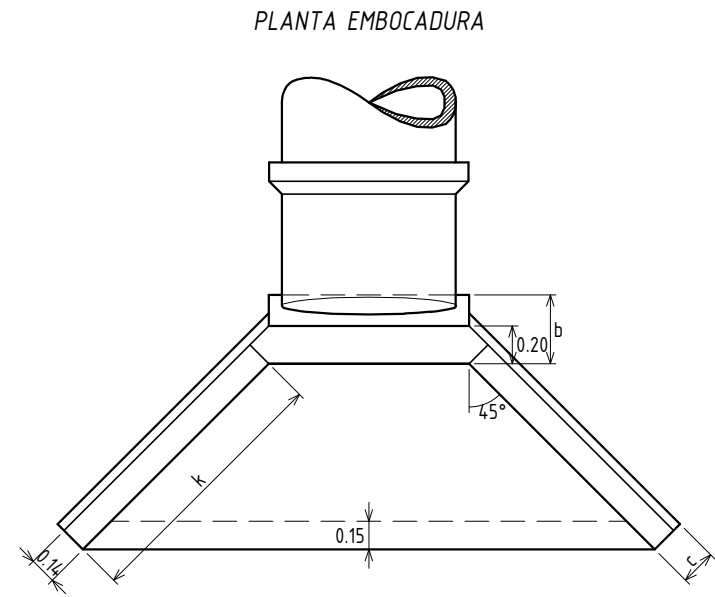
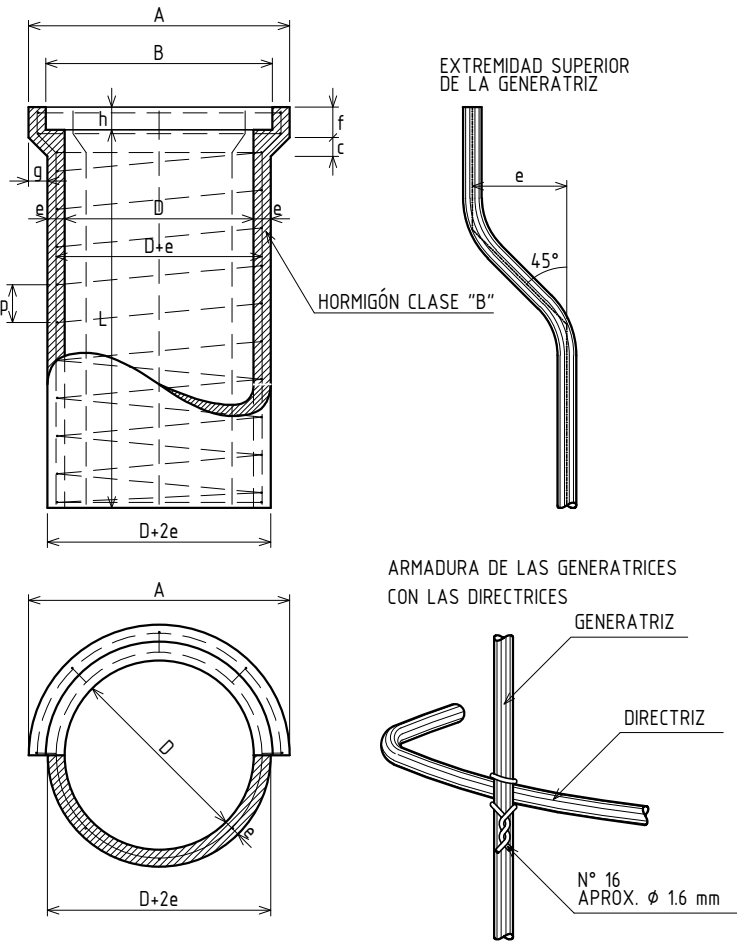
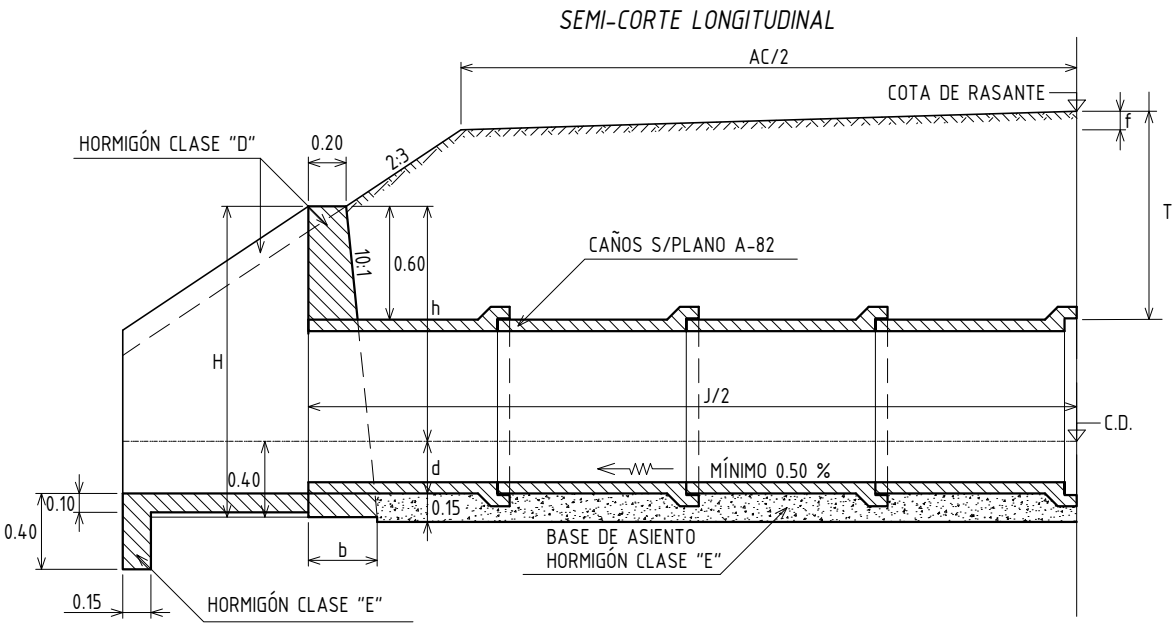
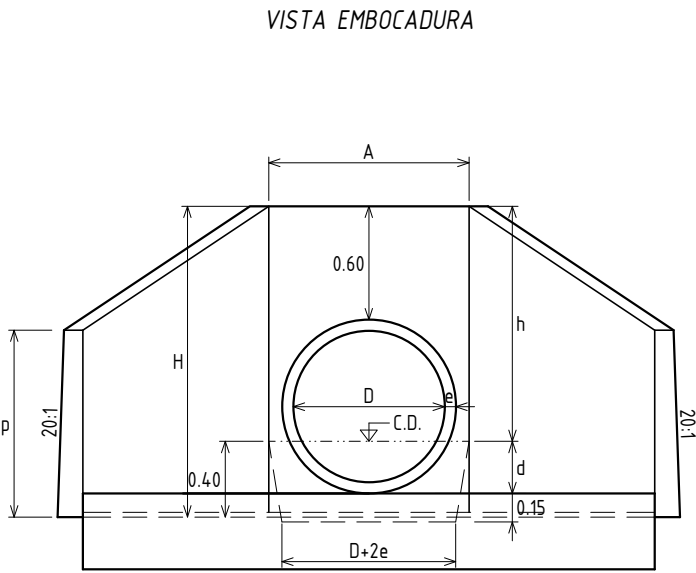
10.2



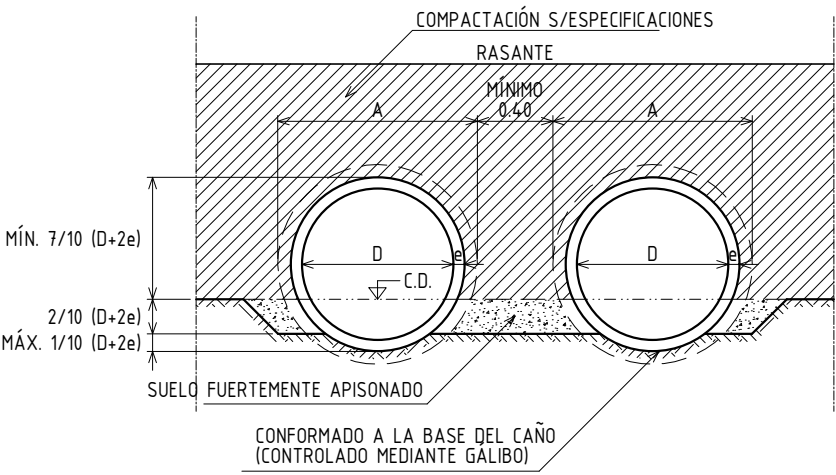
CÁTEDRA DE PROYECTO IV				PLANO	
PARQUE MOLINO SANTA CLARA				10.3	
LOCALIDAD: SAN NICOLÁS DE LOS ARROYOS				FECHA: 27/02/24	
PARTE: CORTES Y DETALLES DE ARQUITECTURA				ESCALA: 1:4000	
ESTUDIO Y PROYECTO					
BELLUCCINI, Celia	B-5968/4	RICO, Ignacio	R-4222/6		
MARTINEZ NASIF, Tomás	M-6542/1	ZARZUR, Yasmin	Z-1135/5		

ALCANTARILLA DE CAÑOS SEGUN PLANO H-2993

CAÑOS DE HORMIGÓN SEGÚN PLANO A-82

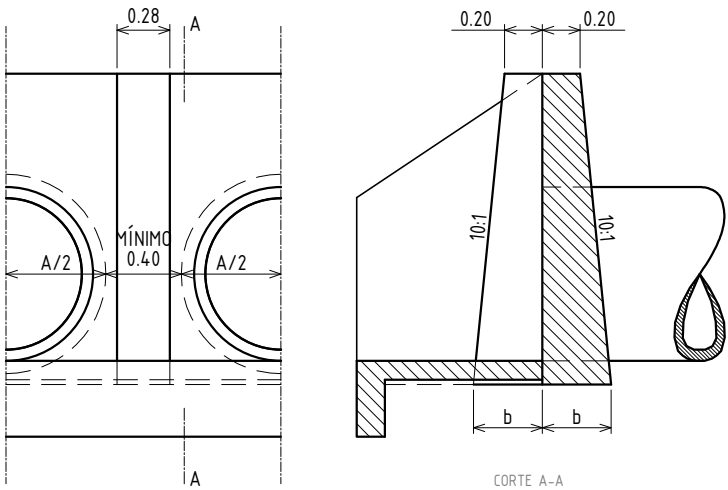


COLOCACIÓN DE CAÑOS SIN ASIENTO DE HORMIGÓN



DIÁMETRO	ESPES. PARED	LARGO ÚTIL	ARMADURAS				PESO TOTAL ARMAD.	DIMENSIONES						VOLUM. DE HORM.
			LONG.	ESPIRALES				A	B	c	f	g	h	
D (m)	e (m)	L (m)	ϕ (mm)	ϕ (mm)	P (m)	DIAM. EXTER.	(kg)	A (m)	B (m)	c (m)	f (m)	g (m)	h (m)	(m3)
0.40	0.040	1.00	7x8	6	0.10	0.452	7.580	0.570	0.490	0.045	0.080	0.045	0.060	0.0608
0.50	0.045	1.00	8x8	6	0.10	0.557	8.590	0.690	0.600	0.050	0.080	0.050	0.060	0.0847
0.60	0.050	1.00	9x8	8	0.11	0.668	14.820	0.810	0.710	0.055	0.085	0.055	0.060	0.1123
0.80	0.060	1.00	12x8	10	0.11	0.875	27.763	1.055	0.935	0.068	0.100	0.068	0.065	0.1780
1.00	0.075	1.00	14x8	12	0.11	1.092	46.722	1.320	1.170	0.080	0.115	0.085	0.075	0.2780

CONTRAFUERTE PARA LUCES MÚLTIPLES



DATOS A FIJAR EN EL PROYECTO

D=....m; J=....m
INDICAR CON O SIN BASE DE ASIENTO
n=.... (N° DE LUCES)

D (m)	b (m)	k (m)	P (m)	A (m)	H (m)	c (m)	h (m)	d (m)
0.60	0.35	1.24	0.90	0.81	1.490	0.185	1.090	0.210
0.80	0.37	1.39	0.98	1.06	1.644	0.189	1.244	0.276
1.00	0.39	1.58	1.06	1.32	1.805	0.193	1.405	0.345

NOTAS
LOS CAÑOS PODRÁN SER ASENTADOS SOBRE UNA BASE DE HORMIGÓN CLASE "E" , SEGÚN DETALLE, CONFORMADO A LA BASE DEL CAÑO.
LAS JUNTAS SERÁN TOMADAS CON MORTERO ASFÁLTICO 1:3.

CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN
HORMIGÓN: 1:1.5:3 POR VOLUMEN, CON UN MÍNIMO DE 400 kg DE CEMENTO PORTLAND POR m³.
PEDREGULLO: DE 5 A 15 mm PARA CANOS DE 0.40 A 0.60 m DE DIÁMETRO.
DE 5 A 20 mm PARA CANOS DE 0.80 A 1.00 m DE DIÁMETRO.

CÁTEDRA DE PROYECTO IV

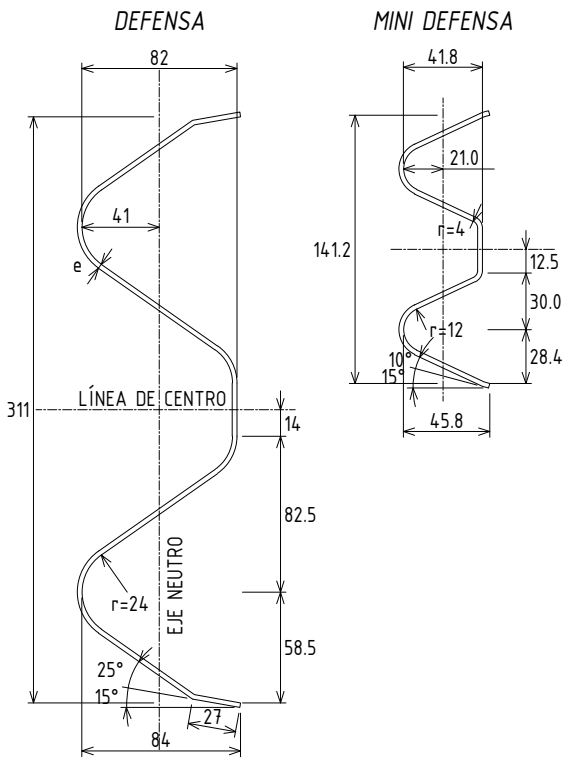
PARQUE MOLINO SANTA CLARA
LOCALIDAD: SAN NICOLÁS DE LOS ARROYOS
PARTE: ALCANTARILLA DE CAÑOS SEGUN PLANO A-82 Y H-2993

ESTUDIO Y PROYECTO
BELLUCCINI, Celia B-5968/4
MARTINEZ NASIF, Tomás M-6542/1
RICO, Ignacio R-4222/6
ZARZUR, Yasmin Z-1135/5

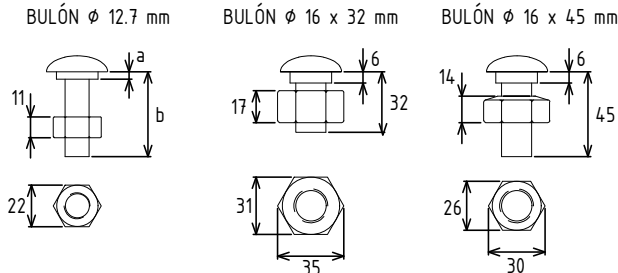
FECHA: 27/02/24
ESCALA: 1:40

PLANO
11

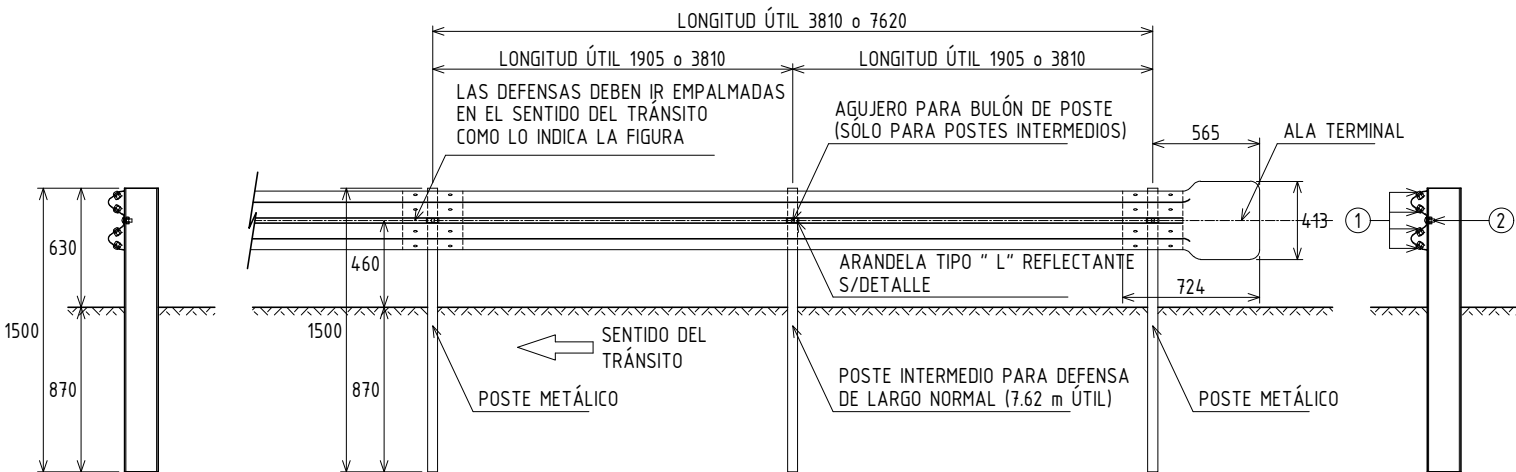
SECCIÓN TRANSVERSAL



DETALLE DE BULÓN Y TUERCA



DETALLE DE INSTALACIÓN DE LA DEFENSA Y DETALLE DE BULONES

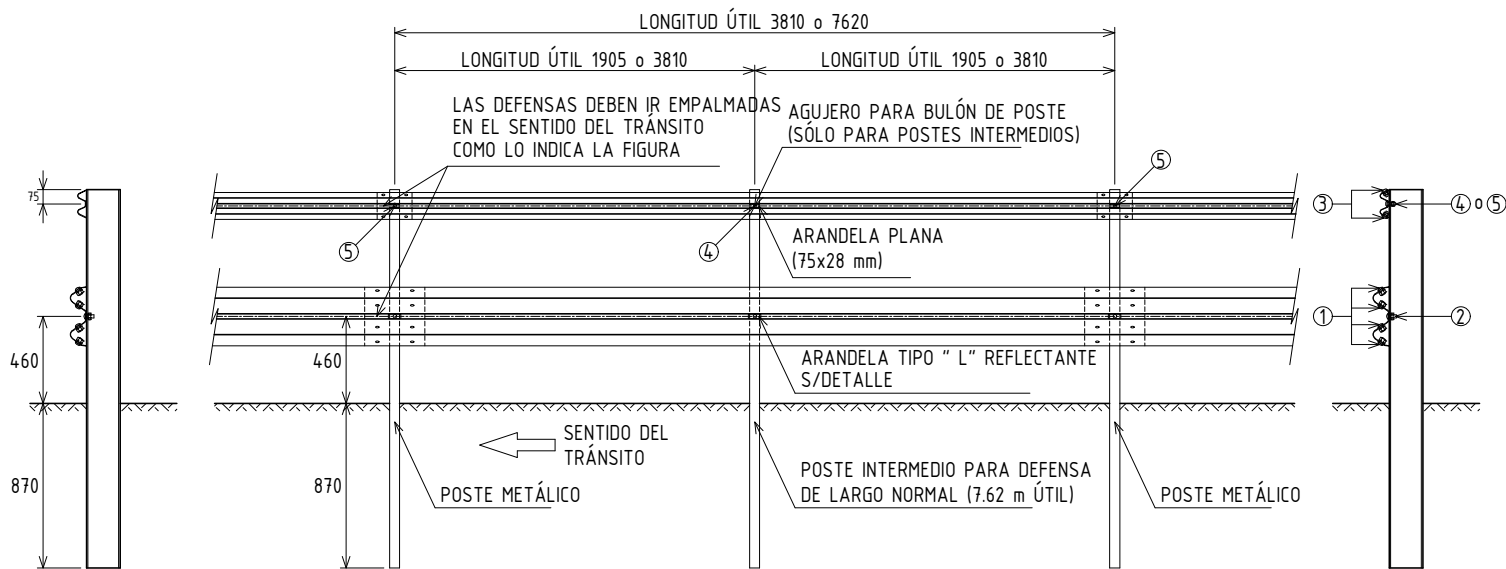


DIMENSIONES DE LOS BULONES

	Ø 16.0 mm		Ø 12.7 mm		
POSICIÓN	1	2	3	4	5
a (mm)	6	6	4	4	4
b (mm)	32	45	15	25	45

NOTA
LA CARA REDONDEADA DE LA TUERCA DEBE ASENTAR CONTRA EL FUSTE.

DETALLE DE INSTALACIÓN DE LA MINI DEFENSA Y DETALLE DE BULONES



PROPIEDADES FÍSICAS DE POSTES LAMINADOS EN CALIENTE

	TIPO	ALTURA h (mm)	ANCHO b (mm)	ESPESOR e (mm)	MOMENTO DE INERCIA (cm ⁴)		MÓDULO RESISTENTE (cm ³)		W _x .W _y (cm ⁶)	W _x /W _y
					HORIZONTAL	VERTICAL	HORIZONTAL	VERTICAL		
	LIVIANO	152.4	48.77	5.08	541.0	29.1	70.5	8.2	578.0	8.60
	PESADO	177.8	53.09	5.33	873.0	40.8	98.3	10.3	1013.0	9.54

PROPIEDADES FÍSICAS DE POSTES CONFORMADOS EN FRIO

	TIPO	ALTURA h (mm)	ANCHO b (mm)	ESPESOR e (mm)	MOMENTO DE INERCIA (cm ⁴)		MÓDULO RESISTENTE (cm ³)		W _x .W _y (cm ⁶)	W _x /W _y
					HORIZONTAL	VERTICAL	HORIZONTAL	VERTICAL		
	LIVIANO	170.0	70.0	4.75	590.0	64.0	73.8	12.3	908.0	6.0
	PESADO	190.0	80.0	4.75	850.0	96.0	89.5	16.3	1578.0	5.5

PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS DEFENSAS

	TIPO	CLASE	CALIBRE e	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL (cm ²)	MOMENTO DE INERCIA (cm ⁴)		MÓDULO RESISTENTE (cm ³)		PESO DE LA DEFENSA (kg)	
					HORIZONTAL	VERTICAL	HORIZONTAL	VERTICAL	3.81 m	7.62 m
	DEFENSA	A	12 (2.5mm)	12.84	96.1	1249.0	22.5	80.6	41	78
		B	10 (3.2mm)	16.52	123.6	1607.0	28.9	103.6	53	100
	MINI DEFENSA	-	12 (2.5mm)	5.95	12.0	92.0	4.8	13.0	19	40

DATOS A FIJAR EN EL PROYECTO

- DEFENSA SEGUN PLANO H-10237
- CLASE
- LONGITUD ÚTIL m (MÚLTIPLO DE 3.81 m)
- CON O SIN ALAS TERMINALES (COMUNES O ESPECIALES)
- POSTES (INDICAR TIPO)

NOTA

LAS DEFENSAS EN CURVA, CUYO RADIO SEA MAYOR DE 45 m, PODRÁN ADAPTARSE DIRECTAMENTE EN OBRA AL INSTALARSE, Y LAS DE RADIO MENOR DEBERÁN SER PROVISTAS CURVAS PREVIAMENTE.

CÁTEDRA DE PROYECTO IV

PARQUE MOLINO SANTA CLARA
LOCALIDAD: SAN NICOLÁS DE LOS ARROYOS
PARTE: DEFENSA METÁLICA DE ACERO GALVANIZADO SEGUN PLANO H-10237

ESTUDIO Y PROYECTO

BELLUCCINI, Celia B-5968/4
MARTINEZ NASIF, Tomás M-6542/1

RICO, Ignacio R-4222/6
ZARZUR, Yasmin Z-1135/5

FECHA: 27/02/24

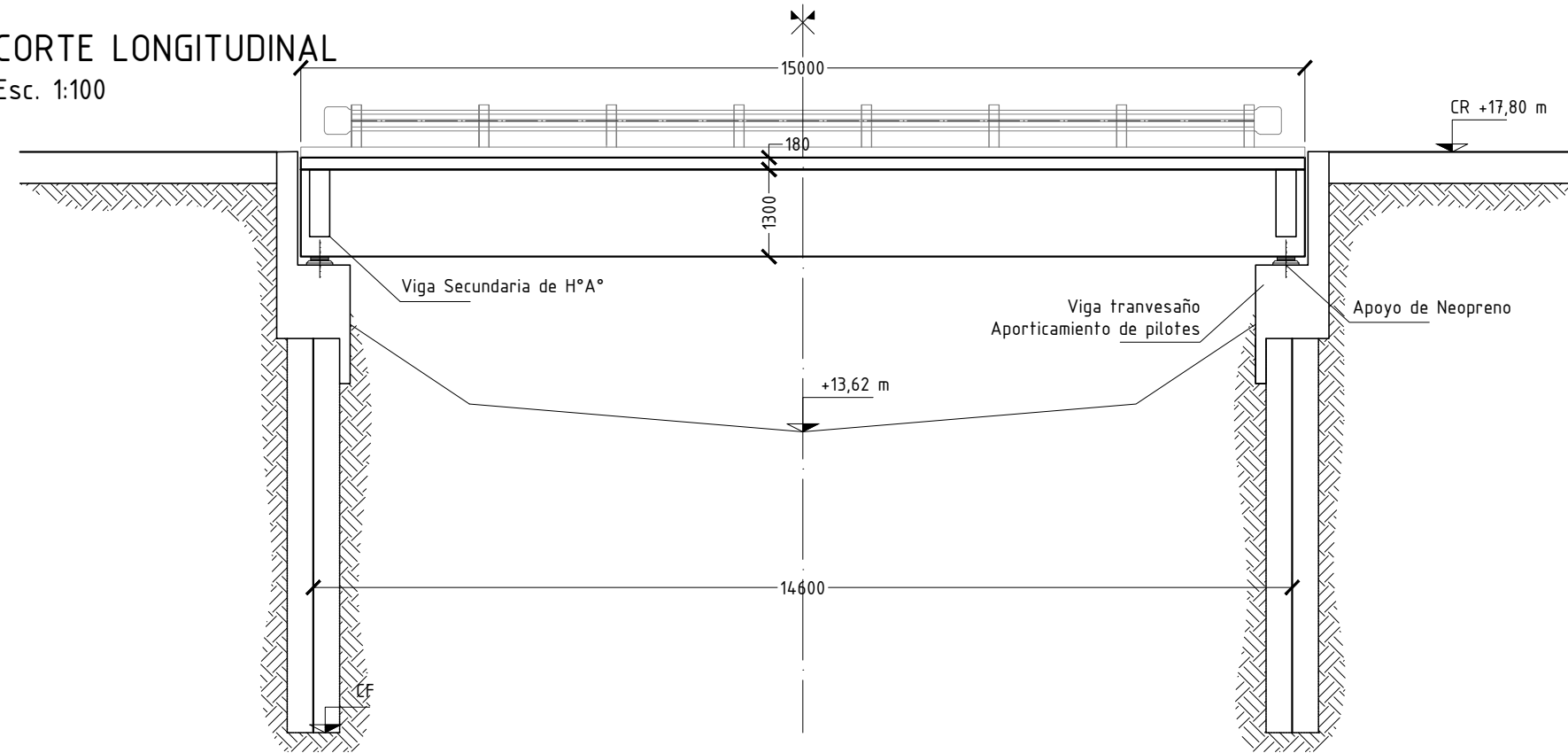
ESCALA: 1:40

PLANO

12

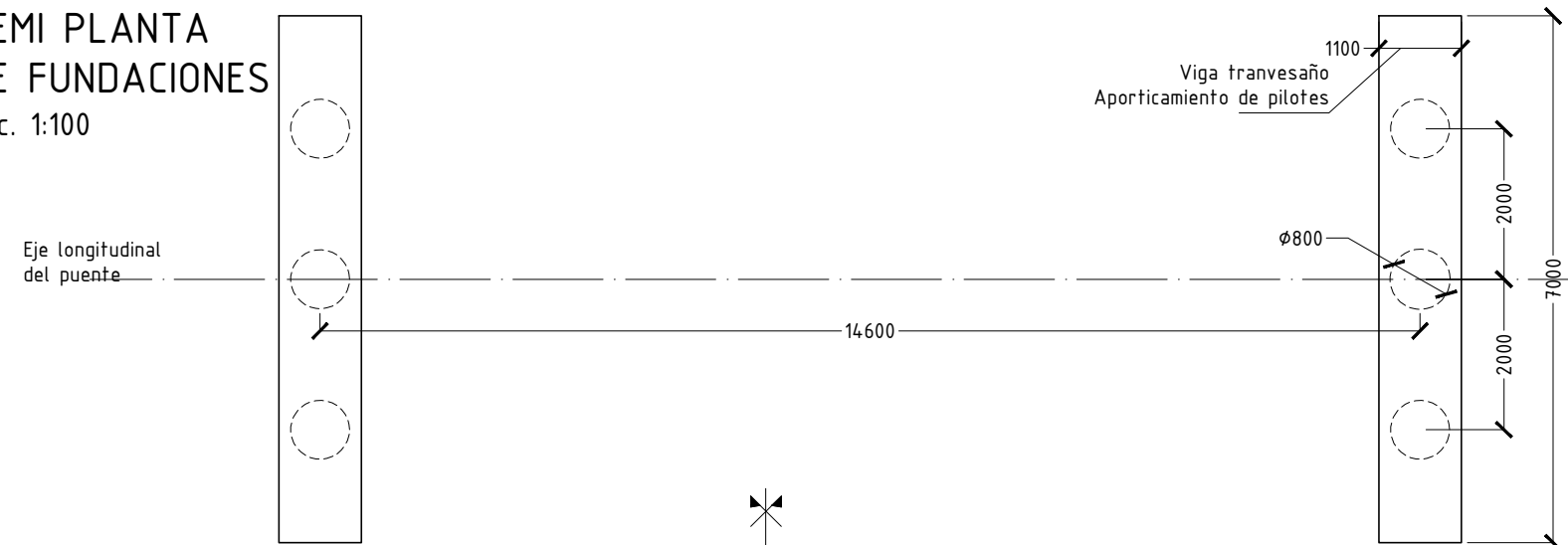
CORTE LONGITUDINAL

Esc. 1:100



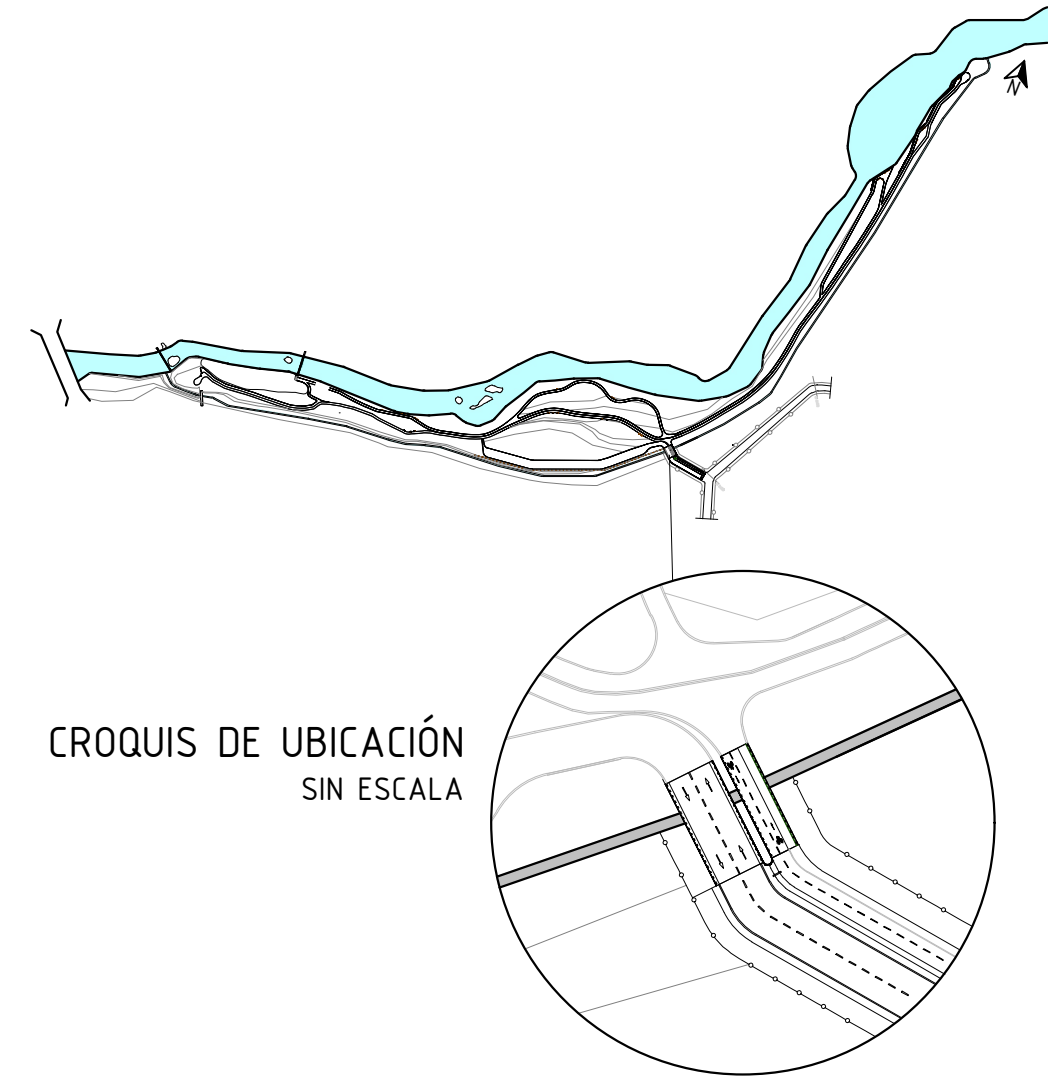
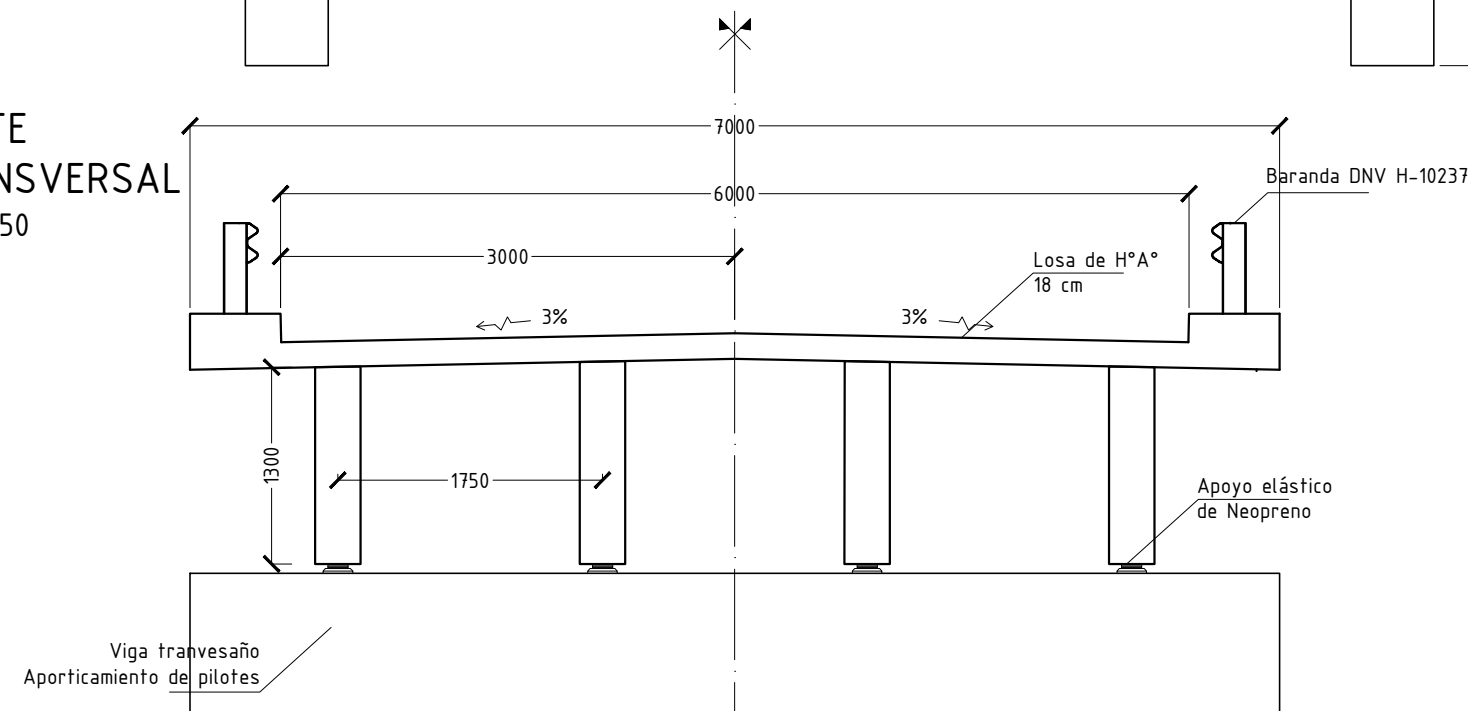
SEMI PLANTA DE FUNDACIONES

Esc. 1:100



CORTE TRANSVERSAL

Esc. 1:50



NOTAS

- Medidas en mm, salvo indicación contraria
- Niveles en metros

MATERIALES

- Hormigon H-30
- Acero $F_y=420$

CÁTEDRA DE PROYECTO IV

PARQUE MOLINO SANTA CLARA
LOCALIDAD: SAN NICOLÁS DE LOS ARROYOS
PARTE: PUENTE DE ACCESO VEHICULAR

ESTUDIO Y PROYECTO

BELLUCCINI, Celia B-5968/4
MARTINEZ NASIF, Tomás M-6542/1

RICO, Ignacio R-4222/6
ZARZUR, Yasmin Z-1135/5

FECHA: 27/02/24

ESCALA: 1:100

PLANO

13

ANEXO ESTRUCTURAL

Predimensionamiento del puente vehicular

Luz	15,00	m
Geometría del puente		
Ancho calzada	3	m
Pte. transversal	0,02	%
Baranda "flex-beam"	0,50	m
Distancia entre barandas	6,00	m
Ancho	7,00	m
Longitud	15,00	m
Separación entre vigas	1,75	m
Cantidad de vigas	4	
Características adoptadas de elementos estructurales		
Espesor losa de tablero	18	cm
Sep. entre ejes de vigas long.	1,75	m
Altura vigas (Perfil I)	1,00	m
Ancho viga	30	cm

// en staad 1,80 m

1. Cargas permanentes	
1.1.	PP componentes estructurales y no estructurales
2. Cargas transitorias/Sobrecarga	
2.1.	Sobrecarga vehicular
2.2.	Impacto

Análisis de cargas

1.1. Elementos estructurales y no estructurales		
a. Losa de H°A°		
Peso unitario H-25 *	25	kN/m3
b. Vigas longitudinales met		
	30,62	kN/m
Peso unitario	78,5	kN/m3
Area	0,390	m2
d. Barandas		
	0,7848	kN/m
S/DNV	80,00	kg/m
e. Cordón		
	2,50	kN/m2
Peso unitario	25	kN/m3
Altura	0,10	m
Peso específico met	7850	kg/cm3
Peso específico HA	2500,00	kg/cm3

2.1. Sobrecarga		
s/DNV		
Nro de carriles		2,00
Coef. de impacto		1,4
a.Aplanadora	200	kN
Paso total	200	kN
Superficie	15	m2
Aplanadora rodillo delantero	80	kN
Distancia entre rodillos delante	0,80	m
Aplanadora rodillo trasero	120	kN
Peso rodillo trasero	60	kN

Distancia entre rodillos trasero	1,60	m
Distancia entre ejes	3,00	m
b. Multitud compacta	5,00	kN/m²
s/DNV	0,5	tn/m ²
Apladora - Multitud compacta	205	kN
Rodillo delantero	41	kN
Rodillo trasero	61,5	kN

Combinacion de carga	Carga permanente	Sobrecarga
Estado límite		
1.2D+1.6L	1,20	1,60

Dimensionamiento

Materiales	
f'c [MPa]	30
fy [MPa]	420
Ec [MPa]	25.743
Es [MPa]	200.000
n	7,77
β1	0,832

Esfuerzos máximos		
ELU		
	Tramo	Apoyo
Mu [kNm]	1.474	0
Vu [kN]	1	370
ELS		
Ms [kNm]	1.047	tramo
Vs [kN]	217	apoyo

Colaboración losa	
Ancho de losa b	
1/4 luz viga	3,75
Ancho efectivo del ala	
8 * espesor losa	1,44
1/2 distancia al alma ady	0,73
b [m]	1,75

Verificación posición del eje neutro	
de	1,105
mn	0,026
we	0,026
a [cm]	3,373
c [cm]	3,968
εte	0,08

→ bloque de tensiones en la placa

>0,005 ✓

Flexión s/CIRSOC	
Mn [MNm]	1,6378
kd	1,1422
ke	24,301
As [cm ²]	36,02
Barras:	

N 12	32,00
N 16	18,00
N 20	12,00
N 25	8,00

8 ø25

Corte s/CIRSOC	
Vn [MN]	0,49
Vc [MN]	0,30
Vs [MN]	0,19
Av/s [cm ² /m]	4,11
Av min/s [cm ² /m]	2,36
s max [cm]	40
Separación s/ diám. de barras:	
s 6 [cm]	13,63
s 8 [cm]	24,33
s 10 [cm]	38,45

→ **estribos a 2 ramas ø8 c/ 24 cm**

ELS s/CIRSOC 801	
f [cm] s/STAAD	1,73
f adm = L/800 [cm]	1,88
Verifica	

→ *flecha adm para cargas vehiculares*