

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



Proyecto de Grado
Carrera de Ingeniería Civil

Proyecto de ampliación del Parque Industrial Roldán

Roldán - Provincia de Santa Fe

ESTUDIANTES

BOCHATAY, Alvaro B-6173/5
CASTAGNINO, Esteban C-6822/5
TRIMARCO, Nicolás T-2901/7
VALENTI, Lucas V-2941/6

DIRECTORES:

Ing. LUQUE, Analía
Arq. CERVERA, Cristina
Ing. FIDELEFF, Horacio

ASESORES:

Ing. NAVARRO, Raul
Ing. PORTAPILA, Margarita
Ing. RAFFAELLI, Juan Pablo

*Trabajo presentado en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura,
en cumplimiento parcial de los requisitos para alcanzar la titulación en*

Ingeniería Civil
Febrero de 2026

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. OBJETIVOS.....	8
2.1. Objetivo general.....	8
2.2. Objetivos particulares.....	8
3. ESTUDIO DE ZONA DE EMPLAZAMIENTO.....	8
3.1. Ubicación.....	8
3.2. Marco normativo.....	11
3.3. Infraestructura existente.....	13
4. PROBLEMÁTICAS.....	16
5. INFORMACIÓN RECOPIADA.....	17
5.1. Reconocimiento de la zona.....	17
5.2. Estudio hídrico.....	18
5.3. Análisis de suelos.....	18
6. ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	19
6.1. Resumen de obras hidráulicas.....	21
6.2. Cálculos hidrológicos.....	22
6.2.1. Curvas de nivel.....	22
6.2.2. Caudales de diseño.....	23
6.2.3. Curvas IDR.....	23
6.2.4. Coeficientes de escorrentía.....	24
6.2.5. Situación pre-propuesta.....	24
6.2.6. Situación post-propuesta.....	26
6.3. Circuito de drenaje.....	27
6.3.1. Diseño de albañales.....	28
6.3.2. Diseño de canales perimetrales.....	30
6.3.3. Diseño del reservorio.....	33
6.3.4. Descarga del reservorio.....	35
6.3.4.1 Diseño de orificios.....	35
6.3.4.2 Diseño de vertedero.....	37
6.3.5 Redimensionamiento de las obras básicas de la RN A012.....	38
6.3.5.1 Dimensionamiento de la cuneta de la RN A012.....	38
6.3.5.2 Dimensionamiento de las alcantarillas.....	38
7. INGRESO PRINCIPAL.....	41
7.1. Ubicación del ingreso.....	42
7.2. Diseño geométrico de ingreso principal.....	42
7.3. Diseño de paquete estructural de carriles de aceleración y deceleración.....	46
7.4. Garita de acceso.....	46
7.5. Ingreso área de servicios.....	47
8. CIRCULACIÓN INTERNA.....	49
8.1. Situación actual.....	49
8.2. Diseño geométrico de circulación interna.....	50

8.2.1 Verificación de giros.....	53
8.3. Diseño de paquete estructural de calles internas.....	54
9. DISEÑO ARQUITECTÓNICO ÁREA DE SERVICIOS.....	55
9.1. Diseño arquitectónico.....	56
9.2 Circulación peatonal y vehicular.....	59
10. CÁLCULO Y DISEÑO DE PUENTE PEATONAL.....	60
10.1. Justificación de un puente peatonal.....	60
10.1.1. Análisis de necesidad y riesgo.....	60
10.1.2. Definición de las premisas críticas de diseño.....	61
10.1.3. Criterios de ubicación y funcionalidad.....	62
10.2. Criterios y especificaciones de diseño estructural.....	62
10.2.1. Normativa utilizada.....	62
10.2.2. Tipología estructural y materiales seleccionados.....	63
10.2.3. Diseño geométrico.....	64
10.2.3.1 Reticulado vertical.....	64
10.2.3.2 Reticulado horizontal.....	65
10.2.3.3 Cabezales de apoyo y de fundación.....	67
10.2.3.4 Acceso a la superestructura.....	68
10.3. Memoria de cálculo.....	69
10.3.1. Cargas en consideración.....	69
10.3.1.1 Cargas verticales.....	69
10.3.1.2 Cargas horizontales.....	69
10.3.1.3 Estados de cargas a analizar.....	69
10.3.2. Análisis de cargas.....	72
10.3.3. Adopción de perfiles.....	74
10.3.3.1 Montantes.....	74
10.3.3.2 Diagonales.....	75
10.3.3.3 Cordones.....	75
10.3.3.4 Reticulado horizontal.....	76
10.3.3.5 Sistema de vigas de piso.....	77
10.3.3.6 Porticos extremos.....	78
10.3.4. Deformaciones.....	79
10.3.5. Cabezales de apoyo.....	80
10.3.6. Pilas del puente.....	83
10.3.7. Fundaciones.....	84
10.3.7.1 Cabezal de fundación.....	84
10.3.7.2 Pilotes.....	85
10.3.7.2.1 Geometría de los pilotes.....	85
10.3.7.2.2 Dimensionamiento de armaduras.....	87
10.4. Verificación de la frecuencia natural del puente.....	88
11. IDENTIFICACIÓN DE DIMENSIÓN AMBIENTAL.....	89
11.1. Impactos durante el proceso de intervención.....	89
11.1.1. Componente suelo.....	89
11.1.2. Componente aire y contaminación acústica.....	89

11.1.3. Componente de recursos y residuos.....	90
11.2. Impactos negativos en la fase de operación (post- intervención).....	90
11.3. Medidas de mitigación.....	91
11.4. Objetivos de desarrollo sostenible (ODS).....	92
12. CONCLUSIONES.....	94
13. BIBLIOGRAFÍA.....	95
14. LEGAJO DE PLANOS.....	97
15. ANEXOS.....	98

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro más profundo y sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible este recorrido académico y la culminación de nuestro proyecto final de carrera.

En primer lugar, extendemos nuestro reconocimiento a la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario, por proporcionarnos la formación, los recursos y el entorno necesario para desarrollarnos como futuros profesionales de la Ingeniería Civil.

Es imprescindible destacar la labor de nuestros profesores y tutores; Analía, Raúl, Horacio, Cristina, Margarita, Claudia y Juan Pablo. Su guía, paciencia y vasto conocimiento nos equiparon con las herramientas esenciales para llevar adelante este y otros trabajos. Mas el conocimiento no significa nada sin la inmensurable vocación docente que logró transmitirnos las herramientas necesarias para hacer y pensar ingeniería. Dichas herramientas fueron los pilares para poder razonar durante cada fase del proceso.

A nuestras familias y amigos, les agradecemos su apoyo incondicional, la constante motivación y la comprensión a lo largo de este camino. Su respaldo fue crucial para afrontar cada desafío con determinación.

Finalmente, reconocemos y agradecemos a cada integrante de este grupo. La dedicación, el esfuerzo y el compromiso colectivo fueron claves para superar obstáculos y alcanzar los objetivos propuestos.

Gracias a todos por ser parte esencial de este logro, con afecto: Alvaro, Esteban, Nicolás y Lucas.

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe enmarcado en la materia “Proyecto 4” de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA), aborda el desarrollo de una propuesta de Ingeniería Civil, basado en la ampliación del parque industrial público de la ciudad de Roldán, provincia de Santa Fe.

El parque Industrial está ingresado en el Registro Nacional de Parques Industriales (RENPI), con una doble denominación. La primera, *Parque Tecnoagroalimentario Padre Jorge Luis Oldani*, ciudadano ilustre de la ciudad por su función parroquial y rol como director de la Escuela San José Obrero, fundador del Colegio Terciario Juan Pablo II y del Jardín de Infantes Juan XXIII. El segundo y más conocido como *Parque Industrial de Roldán*, de ahora en más PIR.

En la **imagen 1** se puede observar una toma aérea del PIR. Este cuenta con 19 hectáreas desarrolladas y 19 hectáreas en proceso de desarrollo, con 20 industrias establecidas, orientadas a la producción industrial e innovación tecnológica. Entre ellas se destacan los rubros de producción de pinturas y diluyentes, piletas de fibra de vidrio, productos para el agro, industrias de la construcción y comercialización de equipos, entre otros. Resultando en una amplia variedad de procesos y actores que diariamente acuden al PIR para desarrollar sus actividades.



Imagen 1. Toma aérea del parque industrial Roldán. Fuente: elaboración propia.

En el año 2025, la provincia de Santa Fe sancionó la Ley provincial N° 14.395 de Parques Productivos y Distritos Productivos Tecnológicos, donde el objetivo es impulsar la

creación y desarrollo de Parques Productivos y Distritos Productivos. También está vigente un Régimen de Promoción Industrial bajo la Ley Provincial N° 8478 de Promoción Industrial.

Estos incentivos y políticas de estado, como así también la visión productiva de la ciudad de Roldán, forman un conjunto de bases sólidas para proyectar la ampliación del PIR en pos de poder atraer y contener nuevas empresas e industrias que contribuyan al desarrollo productivo de la región.

Por un lado, el estudio estará enfocado en la ubicación de un nuevo acceso al parque, el cual permita un ingreso seguro y adecuado para los vehículos que circulen por la RN A012. Además, se proyectará en el ingreso un área de servicios para el acceso del público en general a la cual se podrá ingresar a través de una calle colectora externa al PIR. Debido a que la zona en estudio es atravesada por una ruta nacional con un alto volumen de tránsito y que frente al parque existe una zona industrial, se proyectará un puente peatonal comunicando ambos márgenes de la ruta, tanto para garantizar el acceso seguro de los peatones que trabajan en la margen oeste hacia el área de servicios, como para enaltecer el parque productivo y su valor en la producción santafesina.

Por otro lado, se diseñará el loteo y circulación interna dentro de la zona en expansión del PIR. Esto traerá como consecuencia la impermeabilización del suelo que requerirá un estudio en detalle. Para eso se analizará el escurrimiento superficial de las aguas pluviales, donde por normativa no se debe modificar el tiempo de concentración de la cuenca ni los caudales erogados en el predio, resultando no solamente en proyectar la canalización de estas aguas, sino también un reservorio para la retención de las aguas y posterior disipación de forma controlada.

Se destaca que este trabajo forma parte de una actividad académica, donde para el desarrollo de cada instancia del anteproyecto, se recurre al contenido académico adquirido durante nuestra formación. Debido a la ausencia de datos precisos de la zona, se adoptaron hipótesis simplificadas, por lo que este documento no constituye una propuesta ejecutiva. Su eventual implementación requerirá profundizar en estudios técnicos, económicos y de suelos, así como el desarrollo de una ingeniería de detalle.

Los datos y diseños aquí presentados tienen un carácter meramente ilustrativo y están orientados a fines académicos, sin intención de aplicabilidad inmediata. Asimismo, se plantean hipótesis basadas en determinados criterios que podrían no corresponderse plenamente con las condiciones reales.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Diseñar un plan integral de mejoras de infraestructura vial y de servicios para el Parque Industrial de Roldán.

2.2. Objetivos particulares

- Optimizar la infraestructura vial a partir de la urbanización existente.
- Generar un área de servicios para el personal de la zona.
- Generar una vinculación peatonal segura del parque con la zona Industrial.
- Definir los criterios de desarrollo sostenible en el plan de mejora.

3. ESTUDIO DE ZONA DE EMPLAZAMIENTO

3.1. Ubicación.

El parque industrial existente, como se observa en la **imagen 2** se localiza en las afueras de la ciudad de Roldán, provincia de Santa Fe, Argentina. Esta localidad, perteneciente al Departamento San Lorenzo, registró 30.680 habitantes en el Censo Nacional 2022.

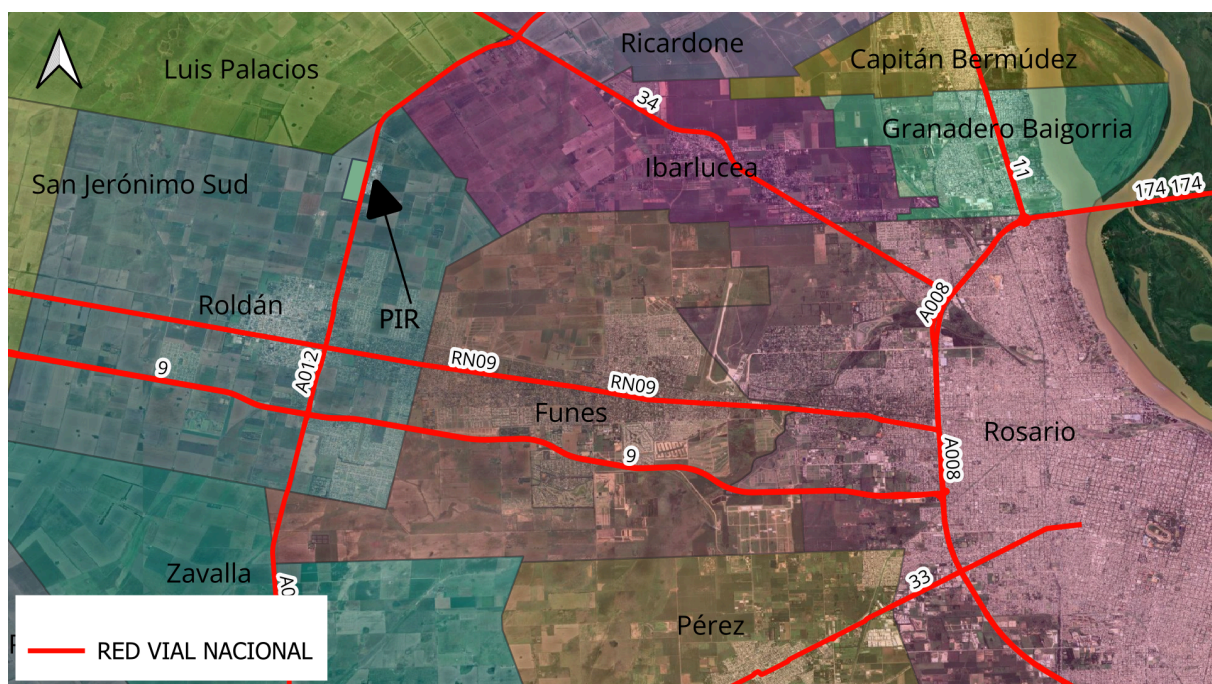


Imagen 2. Ubicación de Roldan con respecto a Rosario. Fuente: Elaboración propia

En la **imagen 3** se puede observar que el parque se encuentra emplazado 4 km al norte del núcleo urbano de la ciudad de Roldán, sobre la margen oeste de la RN A012. El predio del parque industrial cuenta con un área total de 59 hectáreas y se encuentra aledaño a la RN A012 entre los kilómetros 46,750 y 47,750. Dicha ruta nacional es el segundo anillo circunvalar de la ciudad de Rosario, que conecta la autopista Rosario-Buenos Aires con el cordón agroexportador en San Lorenzo, resultando en un lugar estratégico para empresas dedicadas a la industria agroalimentaria y metalúrgica.

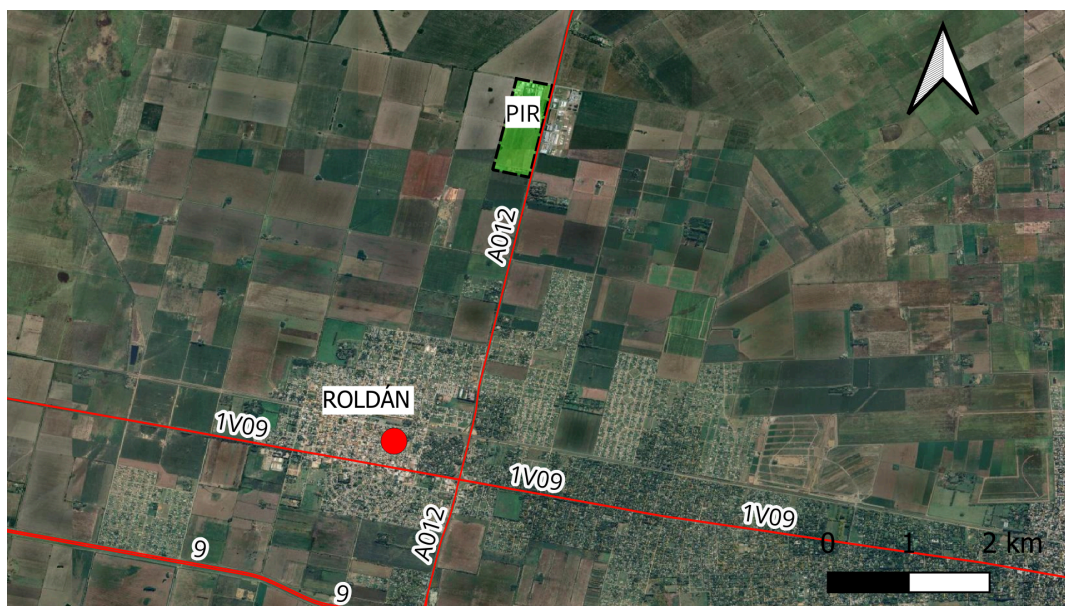


Imagen 3. Ubicación del Parque Industrial de Roldán (PIR). Fuente: Elaboración propia.

Según el DAMI (Desarrollo de las Áreas Metropolitanas del Interior), Roldán no integra institucionalmente el AMR; sin embargo, resulta innegable su rol como ciudad satélite, fuertemente vinculada funcional y territorialmente con Rosario. Dicha ciudad se sitúa a unos 32 km al oeste de la ciudad de Rosario, integrándose al Área Metropolitana del Gran Rosario como una de las ciudades satélites con mayor crecimiento demográfico en los últimos años junto a la vecina localidad de Funes. En la **imagen 4** podemos observar el crecimiento y expansión territorial de la población.

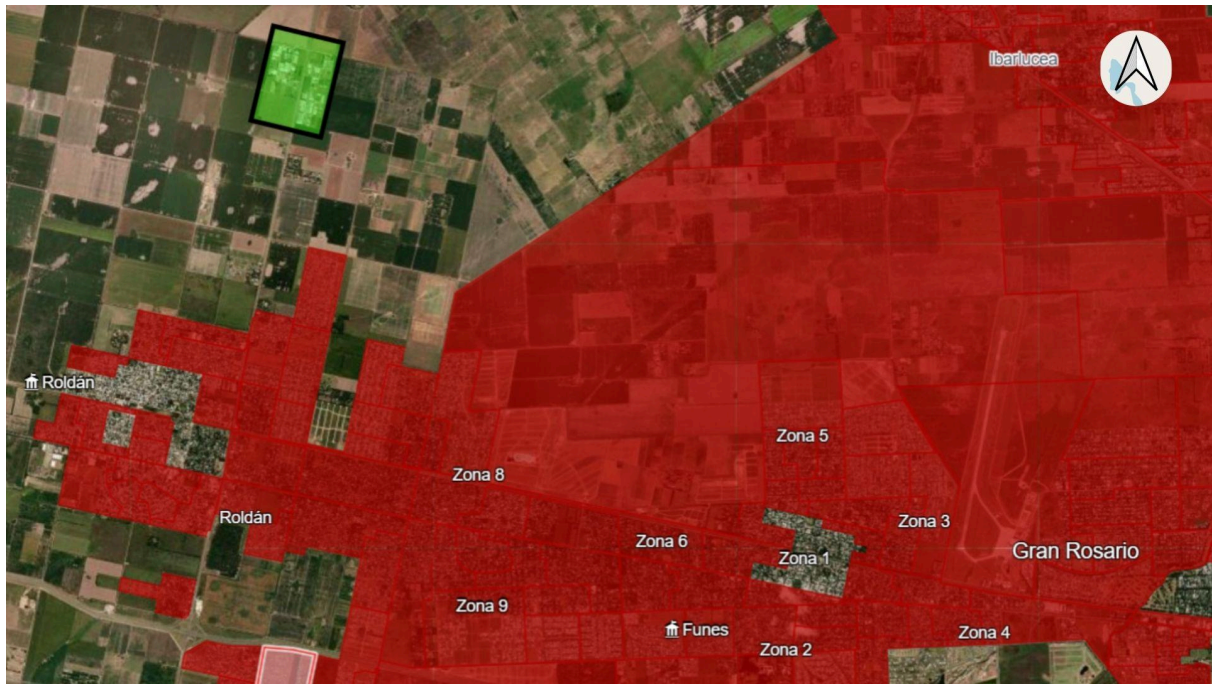


Imagen 4. Variación de la densidad de población entre 2001 y 2022. En rojo aumentó 50% o más. Fuente: Poblaciones.org

Actualmente el parque está consolidado en el sector norte, con industrias ya establecidas y pavimentos a nivel definitivo, quedando por definir los loteos en el sector sur del mismo. En la **imagen 5** se visualiza lo antes descrito junto a la zona industrial, que a pesar de no ser intervenida en este proyecto no deja de ser un actor influyente en la zona.

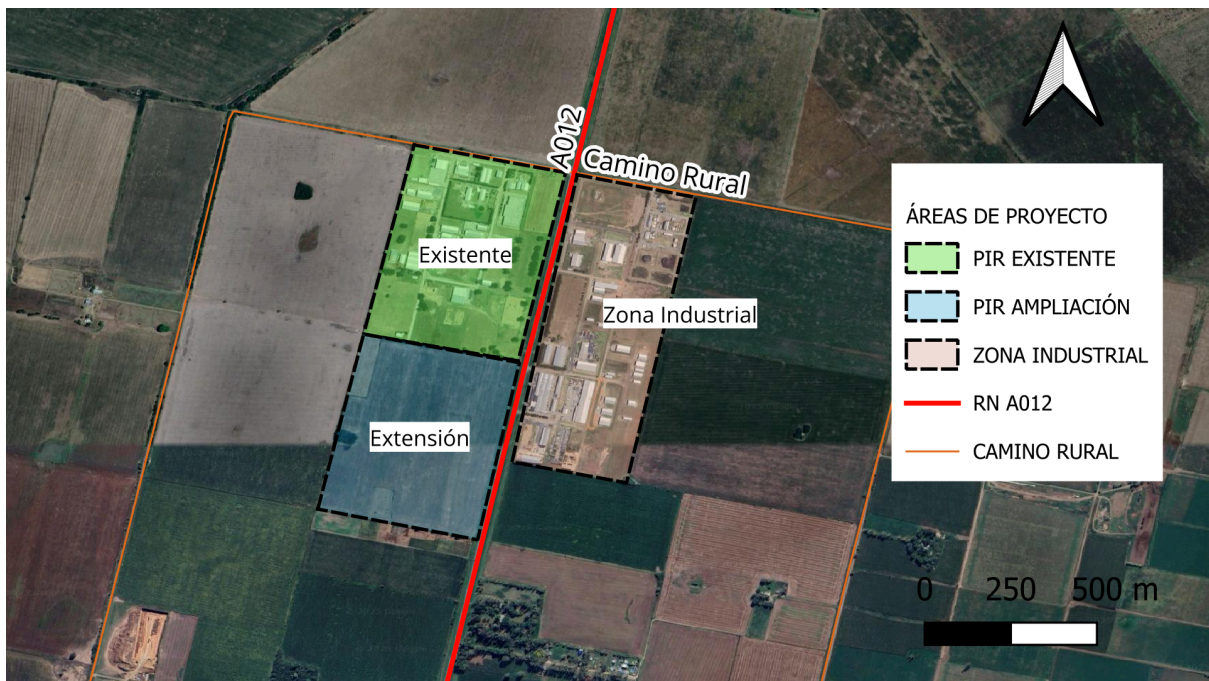


Imagen 5. Sectorización del parque industrial. Fuente: elaboración propia imagen satelital de google intervenida en QGIS.

3.2. Marco normativo.

A nivel local la municipalidad de Roldán regula la expansión industrial del PIR mediante ordenanzas que lo alinean con el ordenamiento territorial de la ciudad. Dentro de esas ordenanzas se destaca la ordenanza N° 1097/20 (Plan Estratégico Urbano Territorial).

Esta ordenanza aprueba un plan integral para el ordenamiento urbano, y dentro de él, se aborda específicamente el Parque y Área Industrial (clasificado como E5 en el Suelo Especial). A continuación describimos los temas más importantes tratados en la ordenanza:

- **Categoría de Suelo:** El Parque y Área Industrial se clasifica como Suelo Especial (E5), destinado a intervenciones estructurales de alto valor para el desarrollo urbano-territorial.
- **Dirección Permitida:** La expansión se admite exclusivamente hacia el oeste del parque industrial actual. Esto se alinea con la integración a la futura Zona Logística (E6) y la nueva Autovía A012, facilitando conexiones viales y ferroviarias metropolitanas.
- **Usos Admitidos:** Exclusivamente industrial y servicios complementarios (por ejemplo, transporte, carga, clasificación de mercancías). Debe cumplir con la legislación provincial y normas municipales complementarias. No se permiten usos residenciales o no compatibles.
- **Requisitos Normativos:** La expansión está sujeta al desarrollo de un Plan Especial (instrumento de planeamiento intermedio), que definirá indicadores urbanísticos como densidad, ocupación del suelo (FOS/FOT), retiros, alturas y accesos.
- **Coordinación con el Plan de Manejo Hídrico Municipal:** En el Artículo 3° (Objetivos de las Normas), se establece que las Normas Urbanísticas coordinan las acciones físicas y normativas con el Plan de Manejo Hídrico Municipal, lo que implica considerar el escurrimiento y la gestión de aguas pluviales para un desarrollo ambiental sustentable.
- **Infraestructura de Saneamiento:** En el Artículo 6.1.1 (Plan Programático de Suelo e Infraestructura), se incluye la infraestructura de saneamiento como un aspecto prioritario, específicamente mencionando cloacas, pluviales, canalizaciones y reservorios. Esto asegura que las áreas urbanizables, incluyendo las expansiones industriales, cuenten con sistemas adecuados para manejar el escurrimiento y evitar inundaciones.
- **Condicionamientos Ambientales:** En el Artículo 6.3.6 (Convenio Urbanístico), se exige el cumplimiento de requisitos establecidos por leyes provinciales, incluyendo la tramitación y certificación de Factibilidad Hídrica y el Plan de Manejo Hídrico. Esto

implica que cualquier expansión, como la del Parque y Área Industrial (E5), debe incluir estudios y obras que mitiguen el impacto hídrico, como reservorios pluviales o barreras naturales.

A escala provincial, existen tres leyes relacionadas con los recursos hídricos, la ley provincial N°13.740, la N°13246 y la N° 11.730. La primera, denominada Ley de Aguas, tiene como objeto regular la gestión integrada de los recursos hídricos de la provincia de Santa Fe, con el fin de promover los distintos usos del agua de manera sustentable a favor de las generaciones presentes y futuras, garantizando el derecho humano fundamental de acceso al agua potable. Dentro de su alcance establece que el control de los excedentes hídricos en urbanizaciones y loteos corresponde a la autoridad de aplicación provincial. La segunda, tiene como objeto alcanzar la estabilización de los aportes originados por escurrimientos superficiales procedentes de precipitaciones en la Cuenca de Aporte del Sistema del Arroyo Ludueña. Esta estabilización consiste en no modificar el escurrimiento superficial de la cuenca en lo que respecta a los caudales y tiempos de respuesta que pudiesen generar efectos dañinos aguas abajo de la zona a intervenir. Mientras que en el marco de la Ley Provincial 11.730 se establece un régimen de regulación de usos de bienes inundables. De acuerdo al mismo se definen los bienes comprendidos en cada una de las áreas:

- Área I: Cauces de agua naturales y artificiales y cuerpos de agua permanentes.
- Área II: Vías de evacuación de crecidas y áreas de almacenamiento.
- Área III: Áreas con riesgo de inundación no incluidas en I y II.

La ley elabora cartografías con la delimitación de cada una de las áreas, como herramienta de gestión para el desarrollo urbanístico en función de las prohibiciones y restricciones de uso del área II y advertencia de uso del área III.

Estas leyes afectan al proyecto, tanto por estar dentro de la cuenca del Ludueña como por estar categorizado como Área II según la **imagen 6**. Por lo que la autorización del proyecto está sujeto, entre otras condiciones, a las siguientes condiciones:

- a. No se debe obstaculizar el escurrimiento natural de las aguas.
- b. Se deben adoptar las previsiones necesarias para anular el riesgo de inundación o sean compatibles con el riesgo.
- c. Se plantea un reservorio en el cual se almacena de forma transitoria el agua de lluvia, asegurando así, que los escurrimientos superficiales resultantes no excedan los que se producían con anterioridad.

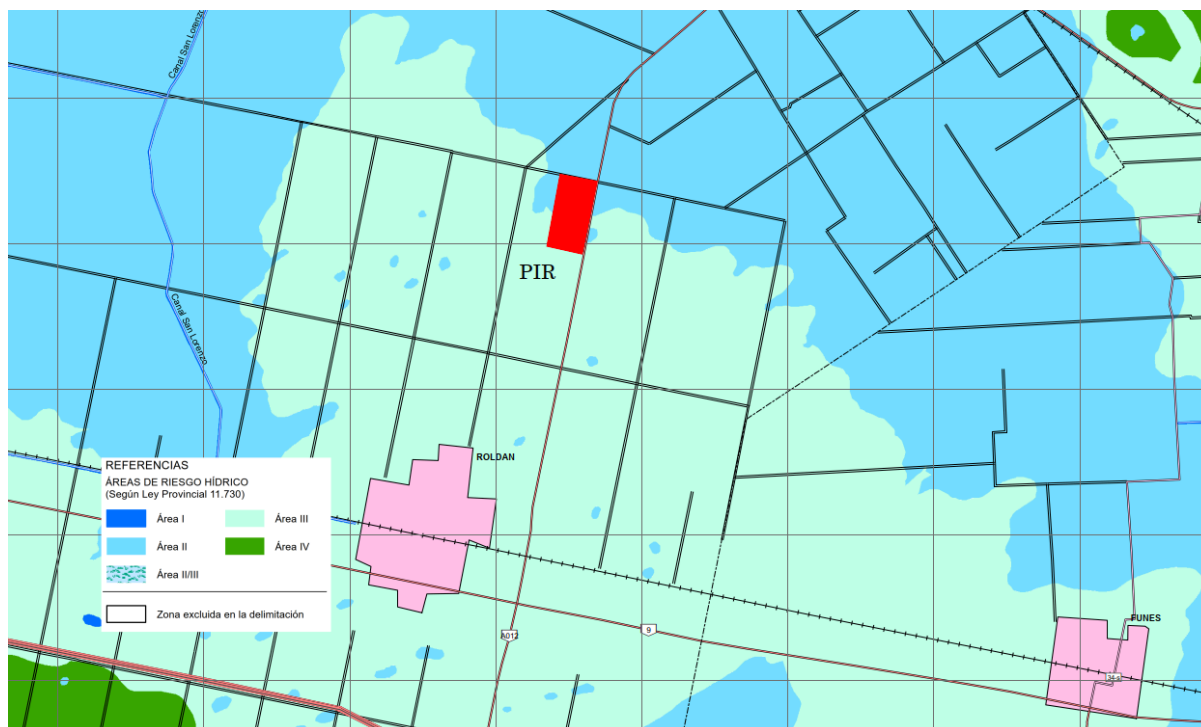


Imagen 6. Categoría 2 según la ley N° 11.730. Fuente: Ley N° 11.730.

Estas normativas serán tenidas en cuenta durante el desarrollo del proyecto.

3.3. Infraestructura existente.

En cuanto a la infraestructura vial existente, el parque presenta un único ingreso por el frente norte del PIR, ubicado a 200 m de la RN A012 como se muestra en la **imagen 7**. El mismo cuenta con un portón metálico corredizo en conjunto con una valla de ingreso. Este desemboca en una de las calles centrales del predio con un ancho de calzada de 7,30 m, de doble circulación y 20 m de línea a línea municipal. La misma se encuentra pavimentada con un pavimento rígido. Cabe aclarar que no todas las calles se encuentran pavimentadas ni definidas, sobre todo en el sector sur del PIR. Por otro lado, 150 metros al oeste del portón corredizo mencionado previamente, el parque industrial cuenta con un portón de mantenimiento, utilizado por los camiones con acoplado para ingresar al mismo, dado que las dimensiones del portón principal no son suficientes para su ingreso. Actualmente el parque presenta un alambrado que delimita su área más desarrollada con el futuro sector (sur) a intervenir.

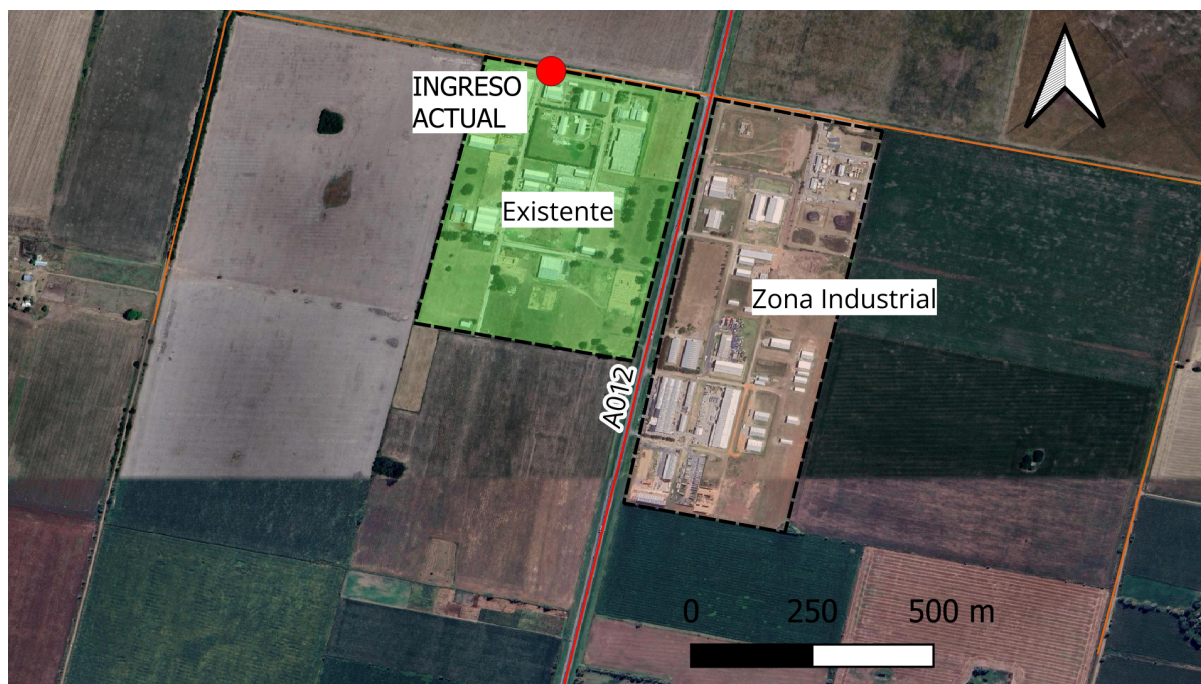


Imagen 7. Ubicación del ingreso.

En cuanto al manejo hídrico, en las **imágenes 8 y 9** se observa que el predio presenta una baja impermeabilización del suelo con una alta cobertura de suelo vegetal. Esta condición favorece la infiltración y evapotranspiración, permitiendo que la escorrentía superficial sea mantiforme, es decir, sin un cauce definido.



Imagen 8. Límite sur del PIR. Fuente: elaboración propia.

Cuando hay precipitaciones, el agua escurre sobre el terreno hasta alcanzar la calzada existente que se observa en la **imagen 9**. La misma funciona como colectora principal conduciendo el agua con dirección sur-norte hacia el sector de ingreso del parque.



Imagen 9. Calle de ingreso al PIR, al fondo de la imagen se encuentra la única entrada vigente.

Fuente: elaboración propia.

Al llegar al acceso, el agua acumulada en la calzada de la **imagen 9**, desemboca en la cuneta del camino rural que se encuentra fuera del predio (**imagenes 10 y 11**). Desde allí continúa su recorrido hasta la cuneta de la RN A012 y se desplaza hacia aguas abajo de la cuenca.



Imagen 10. Cunetas del PIR con vegetación densa. *Fuente: elaboración propia.*



Imagen 11. *Cunetas existentes del PIR. Fuente: elaboración propia.*

4. PROBLEMÁTICAS

El proyecto tiene por objetivo resolver problemáticas existentes derivadas de la falta de planificación previa, así como prevenir situaciones futuras que comprometan el funcionamiento adecuado del Parque Industrial Roldán. Se abordará la inseguridad vial y las dificultades de acceso debido a la ubicación actual del ingreso, que obliga a los vehículos a realizar giros riesgosos en una ruta de alto tránsito y cuyas dimensiones no son adecuadas para camiones con acoplado.

Los trabajadores y empresas del parque, así como los de la zona industrial ubicada frente a la RN A012, carecen de un área de servicios que satisfaga necesidades básicas como alimentación, esparcimiento o servicios financieros, para facilitar la operatoria diaria de los empleados y empresas. Esta situación obliga a los trabajadores a tener que trasladarse hasta la ciudad o solicitar por cadetería para cualquier necesidad o bien que requieran.

Como respuesta a la problemática anterior, se plantea el desarrollo de un área de servicios dentro del parque industrial. Por ende el personal de la zona industrial deberá cruzar la RN A012, una vía de alto tránsito, para acceder a cualquier tipo de comercio o servicio, lo que incrementa los riesgos de seguridad vial.

Finalmente, la expansión del parque y la consecuente impermeabilización del suelo requieren de soluciones hidráulicas, para evitar el aumento del escurrimiento hacia el arroyo Ludueña y evitar inundaciones.

5. INFORMACIÓN RECOPIADA.

Desde la Secretaría de Producción, Empleo Y Planeamiento Estratégico se proporcionó información existente del lugar como mensuras, ordenanza vigente del sector, un anteproyecto del parque industrial, locación de conducto maestro de gas del parque, y planos.

5.1. Reconocimiento de la zona

Al llegar al lugar donde se encuentra el parque industrial se observó un ingreso por un camino secundario que se encuentra en una zona periférica del parque, sin conexión directa a la red vial principal, lo que reduce su eficiencia y la comodidad para los conductores. En la **imagen 12** podemos observar el estado actual del ingreso al PIR.



Imagen 12. Ingreso actual al parque industrial. Fuente : Diario el roldanense.

Realizando un recorrido de la zona en general, se encontró un denso tejido industrial en el frente norte del parque, el cual se extiende con menos densidad hacia el lado sur del mismo. En cuanto a su periferia la zona se encuentra delimitada con alambrados en todo su perímetro y, además, existe un alambrado interno que divide la zona que actualmente está desarrollada con la que se va a desarrollar a futuro. En la **imagen 13** se puede observar lo expresado.



Imagen 13. *Alambrado interno existente del parque industrial. Fuente: elaboración propia.*

5.2. Estudio hídrico

El parque industrial se encuentra dentro de la cuenca del Arroyo Ludueña, específicamente de la Subcuenca del Canal Ibarlucea (ver HID-01 en 14 - Legajo de Planos). Dicha zona es fuertemente modificada por la actividad antrópica en el Gran Rosario. El PIR está ubicado en la parte alta de la subcuenca mencionada permitiendo la rápida evacuación del agua del sector frente a las lluvias extraordinarias. Las curvas de nivel permiten visualizar el sentido de escurrimiento del agua, el cual tiene una dirección noreste donde la RN A012 actúa como una barrera al escurrimiento, controlando la salida de los caudales. Posteriormente se realizará un estudio más detallado del tema ya que al intervenir la zona y aumentar el caudal de escurrimiento del sector debemos canalizar correctamente todo ese aporte a un punto de cierre.

5.3. Análisis de suelos

No se cuenta con un estudio de suelos dentro de los límites del parque, pero se dispone de un estudio de suelos realizado en un lote que se encuentra cruzando la RN A012, por lo que se consideran los datos como representativos dado el carácter académico

del proyecto, como se mencionó con anterioridad. En la **imagen 14** se observa la zona en donde fue realizado el estudio.



Imagen 14. Sitio donde se realizaron las perforaciones. Fuente: elaboración propia.

El estudio de suelos en cuestión se puede apreciar en el anexo 4 (ver en 15 - Anexos).

6. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El análisis hidrológico es una instancia fundamental para lograr los objetivos planteados en el proyecto, es por ello que el primer hito a abordar en el informe está dedicado al mismo. De este se desprende tanto el correcto funcionamiento del sistema de desagües pluviales, como también el control de los impactos generados en la cuenca hídrica por la alteración de la esorrentía del suelo.

Como se observa en la **imagen 15**, el predio objeto de estudio se emplaza dentro de la cuenca del Arroyo Ludueña, un sistema hídrico de llanura con una superficie aproximada de 740 km² y una pendiente media del orden del 1,4 por mil. Esta baja pendiente, sumada a la presencia de numerosos terraplenes viales y ferroviarios, condiciona el escurrimiento superficial, generando una dinámica de drenaje lenta y compleja.

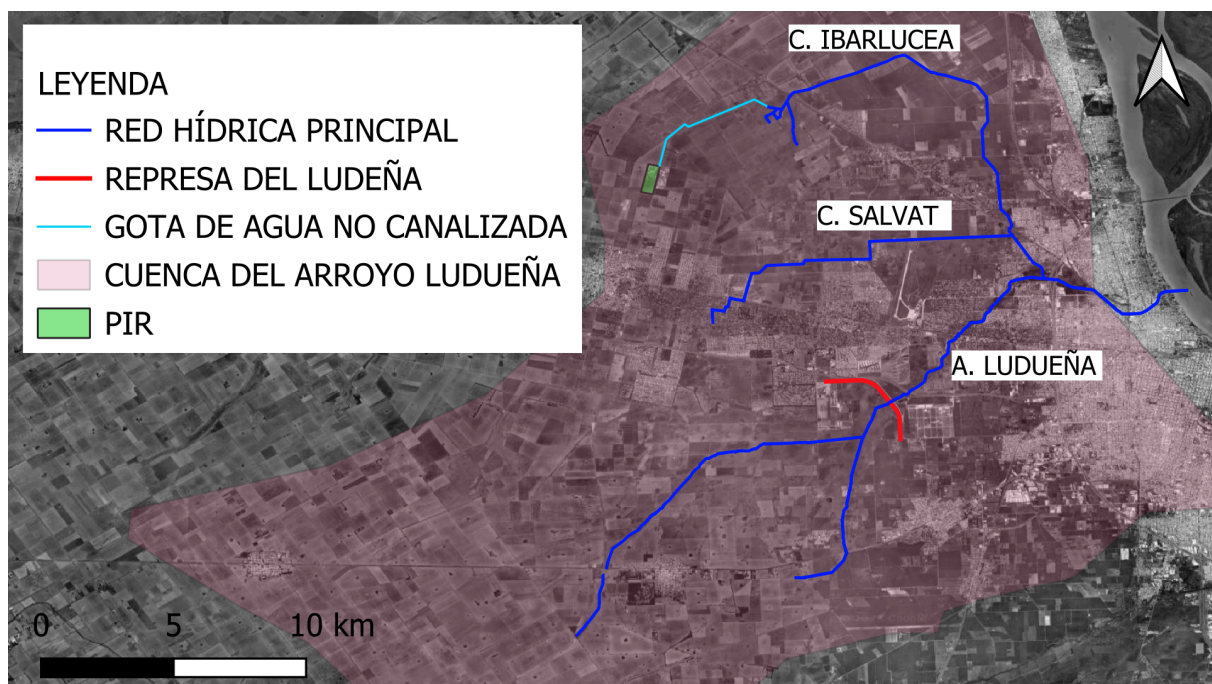


Imagen 15. Ubicación del PIR dentro de la cuenca del A. Ludueña.

Desde el punto de vista del comportamiento hidráulico, el escurrimiento generado en el área del Parque Industrial sigue una dirección predominante hacia el Noreste, descargando sus excedentes en el Canal Ibarlucea, uno de los principales tributarios del sistema. Este canal transporta los caudales hasta su confluencia con el Arroyo Ludueña, el cual finalmente desemboca en el único punto de cierre de la cuenca sobre el Río Paraná tras atravesar la trama urbana de Rosario.

Es fundamental destacar que el sistema presenta una capacidad de evacuación limitada en su tramo inferior (desembocadura entubada), lo que históricamente ha generado riesgos de anegamiento. Por esta razón, la gestión hídrica del proyecto no puede limitarse a la simple evacuación de aguas, requiere un enfoque integral que combine medidas estructurales (como la ejecución de reservorios de detención para la laminación de crecidas) y medidas no estructurales (normativas de uso del suelo y control de impermeabilización). El objetivo central de este estudio es garantizar que la urbanización del predio no incremente el caudal pico aguas abajo, mitigando así el impacto hidrológico sobre el sistema regional.

6.1. Resumen de obras hidráulicas

La expansión del Parque Industrial Roldán implica una transformación significativa en el uso del suelo. Actualmente, el área a desarrollar se compone predominantemente de suelo natural y vegetación. Sin embargo, con la ejecución del proyecto, se introducirán diversas estructuras e infraestructuras, resultando en la impermeabilización de la superficie y, consecuentemente, en una alteración de los patrones de escurrimiento. Esta modificación genera un incremento en la escorrentía superficial y una reducción en la capacidad de infiltración y percolación del agua en el terreno.

Por lo tanto, es necesario llevar a cabo medidas estructurales y no estructurales para mitigar los impactos sociales y económicos. En este informe nos centraremos en medidas estructurales, ya que la normativa, considerada como medida no estructural, ya fue desarrollada. Sin embargo, es importante que en el interior de los lotes no se modifiquen las normas de edificación ya que afectaría el desarrollo realizado.

Estas obras son las siguientes;

- Albañales, los cuales captan el agua en las calles internas del parque, y se diseñan para una recurrencia de 5 años. Se decide hacer albañales ya que los mismos no requieren de tapada.
- Canales a cielo abierto perimetrales, que recogerán el agua de los albañales y también la proveniente de la calzada. Estos canales se diseñan para una recurrencia de 5 años y verifican su respuesta para una recurrencia de 100 años.
- Reservorio, el cual se diseña para una recurrencia de 100 años, el objetivo del mismo es recibir todo el desagüe pluvial que llegue desde los canales y amortiguar el aumento del caudal aparejado por la impermeabilización de la zona y de esta forma cumplir con la normativa hídrica anteriormente mencionada.
- Reperfilamiento de la cuneta oeste de la RN A012 y su verificación para los caudales de diseño.

En la **imagen 16** se observa un esquema del sistema de desagües planteado.

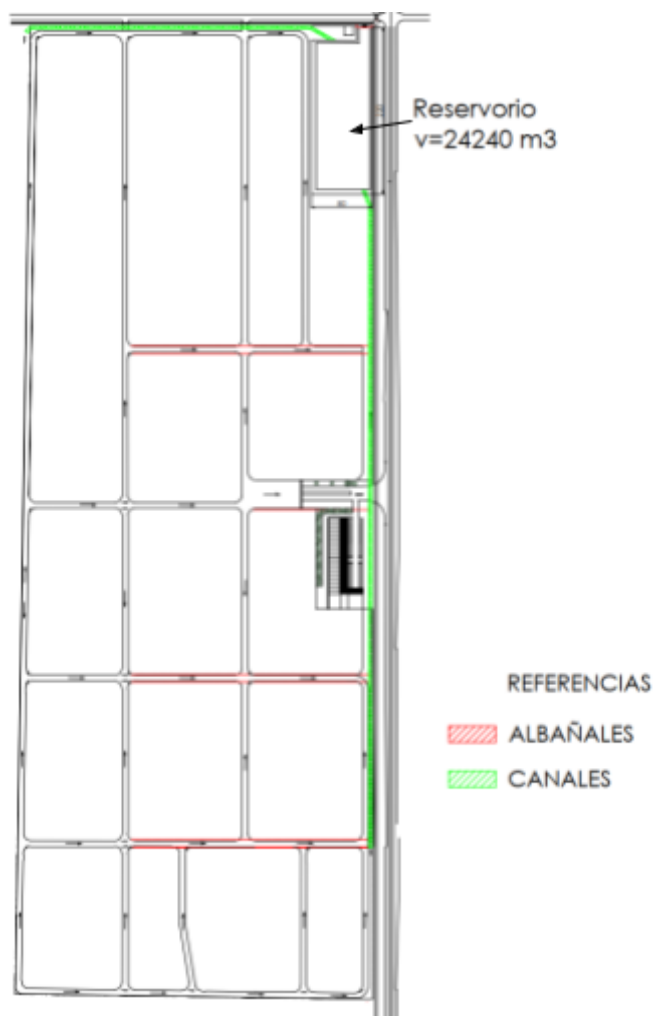


Imagen 16. Esquema de desagües pluviales.

6.2. Cálculos hidrológicos

6.2.1. Curvas de nivel

Para poder analizar y diseñar la circulación interna del parque industrial se requiere de las cotas actuales del terreno natural dentro del mismo, para eso se realiza el análisis topográfico de la zona en estudio se realizó por medio de las curvas de nivel cada 2,50 metros del Instituto Geográfico Nacional y, además, de las curvas de nivel generadas a través del Modelo Digital de Elevación disponible en la página del mismo ente, con una diferencia de 1 metro.

Asimismo se cuenta con un relevamiento topográfico de la RN A012 ejecutado por la Dirección Nacional de Vialidad que permite verificar los valores obtenidos de las curvas. Este relevamiento es un insumo de gran importancia en el proyecto, ya que el terraplén de la ruta actúa como una barrera física que limita el libre escurrimiento de las aguas, es por

ello que se verificará la capacidad de la cuneta oeste existente. En la **imagen 17** se puede observar lo expresado.



Imagen 17. Curvas de nivel del parque. Fuente: elaboración propia a partir de MDE del IGN.

6.2.2. Caudales de diseño

Para obtener los caudales de diseño se utiliza el Método Racional, que se basa en la siguiente expresión;

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

Donde, C es el coeficiente de escorrentía, I es la intensidad de la lluvia en mm/h y A es el área de la subcuenca en has.

Este método realiza las siguientes simplificaciones;

- La intensidad de la lluvia se asume constante dentro de cada intervalo de tiempo considerado.
- La precipitación es uniformemente distribuida espacialmente sobre toda la cuenca.
- La relación entre el caudal de entrada y el caudal de salida de la cuenca se mantiene aproximadamente constante durante el evento.

6.2.3. Curvas IDR

Para el desarrollo de la propuesta se utilizan las curvas IDR de la localidad de Zavalla junto a su parametrización (Basile, P. A., Riccardi, G., & Stenta, H.). De esta forma se obtiene una intensidad media de lluvia, la cual es utilizada para obtener el caudal que

aporta a la cuenca para una recurrencia dada según el método explicado en el apartado 6.2.2. Se utiliza la recurrencia de 5 años para el desagüe pluvial de las calles internas, una recurrencia de 25 años para el diseño de las alcantarillas y canales de la RN A012, y la recurrencia de 100 años para el diseño de tanto los canales a cielo abierto perimetrales como también el diseño del reservorio. Los parámetros se pueden observar en la **tabla 1**.

Tabla 1. *Curva Intensidad-Recurrencia-Duración de Zavalla parametrizada. Fuente: Derivación y parametrización de curvas IDR para Rosario, Casilda y Zavalla- Basile, P. A., Riccardi, G., & Stenta, H. - (2012).*

Ecuaciones curvas IDR						
	R (años)	α	β	γ	Rango D (min)	ERP (%)
Ec (2)	5	1849,364	15,723	0,8074	5<D<7200	3,25
Ec (6)	100	2400,034	16	0,7715	5<D<7200	4,92
Int. (5) y (6)	25	2216,646	16,429	0,792	5<D<7200	4,13

A partir de estos se obtiene la intensidad media máxima de lluvia para una recurrencia dada.

$$i [mm/h] = \frac{\alpha}{(D+\beta)^\gamma}$$

Donde α , β y γ son los parámetros de la tabla 4 y D es la duración de la lluvia en minutos

6.2.4. Coeficientes de escorrentía

Como se expresó en el artículo 6.2.2, para obtener el caudal se requiere definir el coeficiente de escorrentía para las R=5 años, R=25 y R=100 años se utiliza la tabla 5, extraída de “*Hidrología, Procesos y Métodos - H.E. Orsolini - E.D. Zimmermann - P.A. Basile - (2017)*”. En la siguiente **tabla 2** se puede observar los valores del coeficiente de escurrimiento. A partir de estos valores, y considerando el porcentaje de área permeable e impermeable, se determina el coeficiente C para cada recurrencia.

6.2.5. Situación pre-propuesta

Actualmente, el 65% de la superficie total del parque industrial —incluyendo los terrenos a incorporar— es permeable, dejando solo el 35% impermeabilizado. A continuación se estiman los coeficientes de escorrentía para cada recurrencia a partir de la ponderación de los parámetros C obtenidos en el apartado 6.3.3

$$C(100 \text{ años}) = 0,35 \cdot 0,97 + 0,65 \cdot 0,36 = 0,57$$

$$C(5 \text{ años}) = 0,35 \cdot 0,80 + 0,65 \cdot 0,23 = 0,43$$

Tabla 2. Coeficientes de escurrimiento

Tabla X.2: Coeficientes de escurrimiento C. Austin, Texas (Chow et al., 1994).

Característica de la Superficie	Recurrencia R (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Hormigón: pavimentos, techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<u>Zonas Verdes (jardines, parques, etc.):</u>							
Condición pobre (cubierta de pasto menor al 50% del área):							
Pendiente baja (0 – 2%)	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Pendiente media (2 – 7%)	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente elevada (> 7%)	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición media (cubierta de pasto entre 50% - 75% del área):							
Pendiente baja (0 – 2%)	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Pendiente media (2 – 7%)	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente elevada (> 7%)	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor al 75% del área):							
Pendiente baja (0 – 2%)	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Pendiente media (2 – 7%)	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente elevada (> 7%)	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos:							
Pendiente baja (0 – 2%)	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Pendiente media (2 – 7%)	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente elevada (> 7%)	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales:							
Pendiente baja (0 – 2%)	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Pendiente media (2 – 7%)	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente elevada (> 7%)	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques:							
Pendiente baja (0 – 2%)	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Pendiente media (2 – 7%)	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente elevada (> 7%)	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

En esta situación, es determinante conocer el caudal actual que alimenta la cuenca del Arroyo Ludueña, específicamente el caudal con un período de retorno de 100 años (R=100 años), la ubicación de la misma se puede observar en el, en el plano HID-01 (ver en 15 - Legajo de Planos)

Este es el parámetro fundamental para dimensionar los orificios de salida del reservorio y calcular el volumen de almacenamiento necesario, con el fin de evitar un aporte de caudal mayor al de la mencionada cuenca.

El reservorio consiste en un pequeño "lago" artificial diseñado para la retención temporal del caudal. Su propósito es liberar el agua de manera controlada, evitando así un aumento en el caudal de la cuenca del arroyo Ludueña.

El coeficiente C es el anteriormente calculado para R=100 años y A es el área del parque industrial.

La intensidad se obtiene mediante los parámetros de la curva IDR desarrollados en el apartado 6.2 y la duración de la tormenta se toma igual al tiempo de concentración como una condición del método racional.

Este último se elige obtenerlo según la fórmula empírica de *Federal aviation agency* extraída de *Hidrología, Procesos y Métodos - H.E. Orsolini - E.D. Zimmermann - P.A. Basile* que dice lo siguiente;

$$T_c = 22.73 \cdot (1.1 - C) \cdot L^{0.5} \cdot S^{-0.33}$$

Donde, L es la longitud que recorre la gota más lejana al punto de cierre, C es el coeficiente de escorrentía y S es la pendiente longitudinal de la cuenca de estudio. La elección de esta formulación y no otra radica en que esta fue realizada para zonas con flujo mantiforme predominante, como es el caso del parque industrial hoy en día.

6.2.6. Situación post-propuesta

En esta situación se considera, debido a la normativa del parque, un factor de impermeabilización máximo del suelo (FIS) del 70% del área total del Parque Industrial Roldán, mientras el 30% restante queda como área permeable. A continuación se calculan los coeficientes de escorrentía para cada recurrencia a partir de la ponderación de los parámetros C obtenidos en el apartado 6.3.3

$$C(100 \text{ años}) = 0,70 \cdot 0,97 + 0,30 \cdot 0,36 = 0,787$$

$$C(5 \text{ años}) = 0,70 \cdot 0,80 + 0,30 \cdot 0,23 = 0,629$$

Para el diseño de los albañales y de los canales perimetrales se utiliza el Método Racional Modificado que consiste en la aplicación del método racional original pero en el modificado toma importancia el flujo encauzado, por lo que se procede de la siguiente manera;

- Se trazan subcuencas de aporte dentro de la cuenca original y se determinan puntos bajos donde obligatoriamente se debe captar el agua. Ver plano HID-02 (ver en 14 - Legajo de planos).

- Luego se realiza un trazado tentativo de los albañales para conocer los puntos de cierre o control de las cuencas.
- Con el método racional se obtiene el caudal que aporta cada cuenca.
- Con Chezy-Manning se calcula el caudal admisible de cada calzada de hormigón, ya que por estas circulará el agua en primera instancia. Estas calzadas se adoptan de 7,30 m de ancho, con dos carriles de 3,65 m y una pendiente transversal de 2,5% por carril. A dicho valor se lo compara con el caudal obtenido anteriormente, verificando de esta manera que no se desborden las calles. Dichas verificaciones se encuentran en el anexo 1- estudio hidrológico (ver en 15 - Anexos)
- Una vez verificadas las calles se dimensionan los albañales para un caudal igual a la suma de todas aquellas subcuencas que aportan a cada tramo de albañal.
- Luego se repite el proceso para los canales a cielo abierto y se verifica que además para una recurrencia de 100 años estos no escurran para la RN A012.
- Por último se dimensiona el reservorio también para 100 años de modo que permita retirar del parque un caudal igual al actual antes de la modificación.

6.3. Circuito de drenaje

En este apartado se explica de forma detallada el diseño del sistema de obras hidráulicas por separado. Se destaca que el diseño de cada obra en particular modifica el comportamiento del sistema general. En la **imagen 18** se observa la dinámica hídrica planteada.

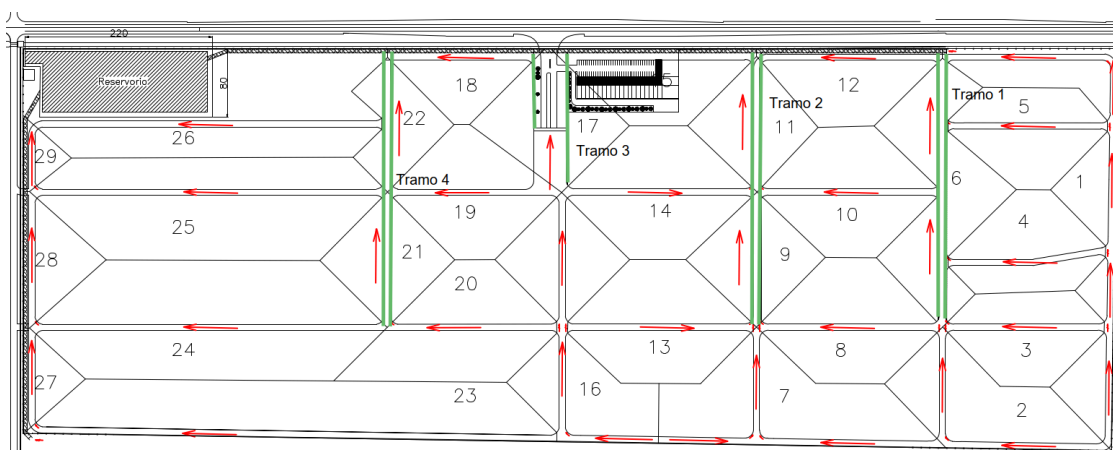


Imagen 18. Esquema de albañales. Fuente: elaboración propia.

6.3.1. Diseño de albañales

La captación del agua dentro del parque se realiza mediante albañales, estos son secciones rectangulares de hormigón, los cuales derivan el caudal hacia canales perimetrales que a su vez la conducen hacia el reservorio. Posteriormente, el agua es volcada a la cuneta de la RN A012 para ser canalizada hasta el Canal Ibarlucea y finalizar en el Río Paraná.

El diseño de los albañales se realiza para una recurrencia de 5 años y depende de las prestaciones requeridas, según sea las cuencas de aporte y el tiempo de concentración de cada una de ellas.

La recurrencia elegida se debe al análisis probabilístico desarrollado para los desagües pluviales urbanos manteniendo el equilibrio entre el costo y la seguridad de la obra. Asimismo, en el libro *"Hidrología, Procesos y Métodos - H.E. Orsolini - E.D. Zimmermann - P.A. Basile"*, se sugiere adoptar, para desagües pluviales urbanos en Argentina una recurrencia entre 2 y 10 años.

La pendiente longitudinal se define según el máximo valor entre una pendiente de 0,2% y la pendiente mínima permitida según sea la velocidad necesaria, siempre que estas sean mayores a la pendiente natural de la superficie local. La máxima pendiente longitudinal será la que se defina de manera tal que no supere la velocidad máxima permitida.

La velocidad máxima depende de la naturaleza de las paredes y el radio hidráulico; mientras que la velocidad mínima se determina según el tirante y el material que el agua lleva en suspensión. Estos valores se pueden observar en la **tabla 3** y **tabla 4**, extraídas de la cátedra de Hidráulica de Canales Abiertos - Departamento de Hidráulica - EIC - FCEIA - UNR. (2020). Escorrimento de flujo a superficie libre: Movimiento permanente y uniforme. Universidad Nacional de Rosario.

Tabla 3. Velocidades máximas para evitar erosión.

NATURALEZA DE LAS PAREDES	VELOCIDAD MAXIMA (m/s)	
	R < 0,50 m	R > 0,50 m
* Roca compacta (granito)	3,00	3,00
* Roca estratificada (calcáreos)	2,20	2,00
* Mampostería con mortero	2,30	2,50
* Hormigón (*)	3,00	3,00
* Mampostería en seco	1,60	1,50
* Tierra vegetal compacta	0,85	0,75
* Ripio > 0,10 m	1,10	1,00
* Terreno de naturaleza arenosa	0,60	0,50
* Terreno de arena fina (médano)	0,40	0,35

(*) Según el tipo de hormigón la V se puede tomar valores hasta 12 m/seg.

Tabla 4. Velocidades mínimas para evitar deposición.

TIRANTE y(m)	VELOCIDAD MINIMA (m/s)							
	AGUAS MUY LIMOSAS				AGUAS POCO LIMOSAS			
	A	B	C	D	A	B	C	D
0,60	0,39	0,43	0,47	0,51	0,36	0,39	0,43	0,46
0,75	0,45	0,50	0,54	0,69	0,40	0,44	0,48	0,52
0,90	0,51	0,56	0,61	0,66	0,44	0,48	0,53	0,57
1,05	0,56	0,61	0,68	0,73	0,47	0,52	0,57	0,61
1,20	0,61	0,66	0,74	0,79	0,50	0,55	0,61	0,65
1,35	0,66	0,72	0,79	0,86	0,53	0,58	0,64	0,69
1,50	0,70	0,78	0,85	0,92	0,56	0,62	0,66	0,73
1,65	0,75	0,83	0,90	0,98	0,59	0,65	0,71	0,77
1,80	0,79	0,87	0,95	1,03	0,62	0,68	0,74	0,80
2,10	0,88	0,96	1,05	1,14	0,67	0,73	0,80	0,86
2,40	0,95	1,05	1,15	1,24	0,72	0,78	0,86	0,92
2,70	1,03	1,14	1,24	1,34	0,76	0,83	0,91	0,98
3,00	1,10	1,22	1,32	1,43	0,80	0,87	0,96	1,03

A: Limo muy fino, liviano, arenoso - **B:** Limo algo grueso, liviano, arenoso - **C:** Limo arenoso de aluvión - **D:** Limo grueso o restos de terrenos duros.

Para paredes de hormigón, la velocidad máxima es de 3,00 m/s. En cuanto a la velocidad mínima adoptada, se considera que se trata de aguas muy limosas, clase D.

Según el artículo 17.13 del Decreto 4812/2012 de la provincia de Santa Fe, el coeficiente de rugosidad de superficies de hormigón oscila entre 0,012~0,017, en este caso se adoptó un coeficiente de 0,016.

Para realizar el dimensionamiento se tendrá en cuenta una tapada mínima de 0,15m que se estima el espesor de la tapa del albañal, luego a partir del método por aproximación desarrollado en la cátedra de Hidráulica de Canales Abiertos se propone una base de fondo y se calcula un tirante de tal forma que se cumpla lo siguiente;

$$AR^{\frac{2}{3}} = \frac{nQ}{I^{\frac{1}{2}}}$$

Donde;

- A: área mojada de la sección transversal del albañal.
- R: radio hidráulico de la sección transversal del albañal.
- n: rugosidad de manning, según materialidad del albañal.
- Q: caudal que escurre por el albañal.
- I: pendiente longitudinal del albañal.

La expresión anterior proviene de vincular a la ecuación de continuidad $Q = V \cdot A$, con la de la velocidad de Manning $V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{S}$, donde $S=I$, la pendiente del canal.

Luego queda;

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{I}$$

entonces despejando los parámetros dependiente de la sección (área A y radio hidráulico R) de los parámetros independientes, se llega a la igualdad expresada con anterioridad.

Asimismo, se utiliza el Método Racional Modificado para el cálculo del caudal de qué aporta cada subcuenca a los distintos albañales.

Como resultado, las dimensiones de los albañales proyectados son los que se presentan en la **tabla 5**, acompañado con el esquema de la **imagen 18** presentada en el inicio del ítem.

Tabla 5. *Dimensiones de albañales adoptadas.*

Dimensiones		
Tramo	Base Fondo [m]	Altura [m]
N.1	0,60	1,10
N.2	1,00	0,90
N.3	0,50	0,80
N.4	0,60	0,90

Para ver el dimensionamiento de todos los albañales dirigirse al anexo 1- estudio hidrológico (ver en 15 - Anexos).

Cabe destacar que los albañales serán diseñados con una rejilla superior, en los cruces por calzada y estacionamientos, del tipo [IndupagSA](#) de clase D-400, la cual puede soportar hasta 40 tn, haciendo posible que el tránsito pesado pueda circular por la misma. De esta forma se evita la colocación de alcantarillas y se favorece el ingreso del fluido a los conductos.

6.3.2. Diseño de canales perimetrales

Los canales perimetrales tienen la función de recolectar el caudal que aportan los albañales y también aquel que llega por la calle, para llevar todo este caudal hacia el reservorio.

El procedimiento de diseño es el mismo que para los albañales mencionados en el apartado anterior. Diseñados para una recurrencia de 5 años, y adicionalmente será verificado el desborde sobre la RN A012 para una recurrencia de 100 años. En esta verificación se considera que trabaja toda la sección como se muestra en la **imagen 19**.

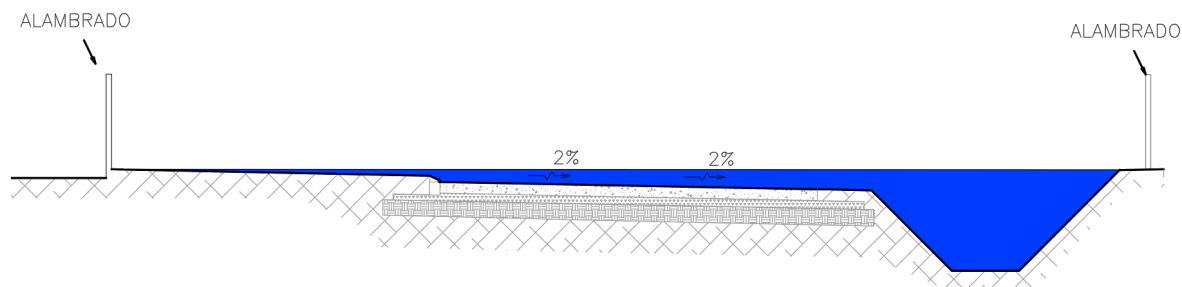


Imagen 19. En azul, situación para recurrencia $R=100$ años. Fuente: elaboración propia.

En este caso se plantean canales de tierra trapezoidales a cielo abierto, verificando siempre que la velocidad sea menor a la admisible, teniendo en cuenta que el canal será mantenido con un pasto bermuda con pendiente entre 0% y 5%, la cual se obtiene de la **tabla 6.** extraída desde *Hidraulica de Canales Abierto - Ven Te Chow*.

Tabla 6. Velocidades máximas para canales recubiertos en pasto.

Cubierta	Rango de pendiente, %	Velocidad permisible, pies/s	
		Suelos resistentes a la erosión	Suelos fácilmente erosionables
Pasto Bermuda	0-5	8	6
	5-10	7	5
	> 10	6	4
Pasto búfalo, Pasto azul Kentucky, pasto bromo liso, pasto azul	0-5	7	5
	5-10	6	4
	> 10	5	3
Mezcla de pastos	0-5	5	4
	5-10	4	3
No usar en pendientes mayores al 10%			
<i>Lespedeza sericea</i> , pasto amor lloroso, <i>ischaemum</i> (amarilla tallo azul), Kudzú, alfalfa, pasto cangrejo	0-5	3.5	2.5
	No usar en pendientes mayores al 5%, excepto para las pendientes laterales en un canal combinado.		
Anuales utilizados en pendientes bajas como protección temporal hasta que se establezca una cubierta permanente de <i>lespedeza</i> común o pasto Sudán	0-5	3.5	2.5
	El uso en pendientes mayores al 5% no es recomendable		

Observaciones. Los valores se aplican a densificaciones promedio y uniformes para cada tipo de cubierta. Utilice velocidades superiores a 5 pies/s solamente cuando puedan obtenerse cubiertas buenas y mantenimiento apropiado.

* U.S. Soil Conservation Service [41].

La pendiente del talud del canal depende de la naturaleza de las paredes, las cuales vienen dadas en la en la **tabla 7.**

Tabla 7. Pendiente del talud del canal.

	NATURALEZA DEL TERRENO	TALUD
*	Roca firme (pequeños canales)	vertical
*	Roca firme	1/4 : 1
*	Roca compacta. Revestimiento de hormigón	1/2 : 1
*	Rocas sedimentarias. Revestimiento en seco	3/4 : 1
*	Tierra vegetal consistente ($\gamma < b$)	1 : 1
*	Tierra vegetal y suelos arcillo-arenosos	1 1/2 : 1
*	Suelos arenosos	2 : 1
*	Arena fina suelta	3 : 1

El cálculo de dimensionamiento se puede observar en anexo 1- estudio hidrológico (ver en 15 - Anexos).

Como resultado, las dimensiones de los canales proyectados son los que se presentan en la **tabla 8**, acompañado del esquema de la **imagen 20**.

Tabla 8. Dimensiones de los canales proyectados.

Canales			
Número	Bf [m]	h [m]	Bs [m]
Num. 1	1,3	1,70	4,70
Num. 2	1	1,50	4,00

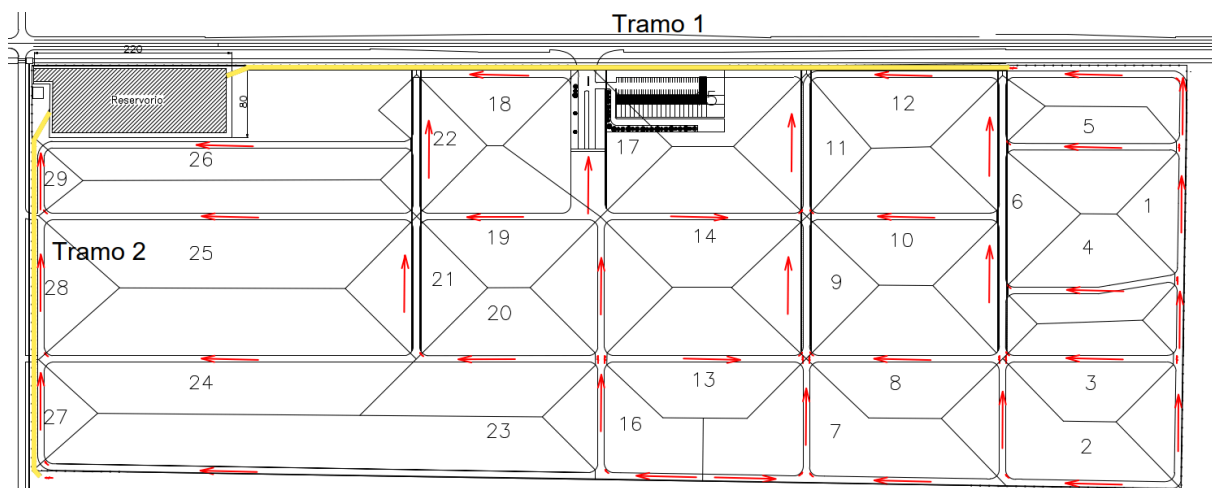


Imagen 20. Esquema de canales. Fuente: elaboración propia.

6.3.3. Diseño del reservorio

El dimensionamiento del volumen del reservorio se desarrolla a partir del análisis comparativo entre los hidrogramas de entrada y de salida correspondientes a la situación post-propuesta y la situación pre-propuesta respectivamente, todo esto para una recurrencia de 100 años. Su función es regular el caudal que se entrega a la cuenca de forma tal que aguas abajo no se detecten variaciones en los caudales generados.

A partir de lo desarrollado en el punto 6.3.4. se llega a un caudal saliente actual de $5,66 \text{ m}^3/\text{s}$ para un tiempo de concentración $T_c=103,03$ minutos. Mientras que de todo el análisis expuesto anteriormente se desprende que para la situación proyectada el tiempo de concentración será $T_c = 37,47$ reduciendo en más del doble el tiempo de viaje de la gota de agua más alejada hasta el punto de cierre. Este tiempo de concentración genera un caudal pico de $14,39 \text{ m}^3/\text{s}$. De esta forma se puede comparar la respuesta actual con la impermeabilizada a partir de los hidrogramas triangulares que se muestran en la **imagen 21**.

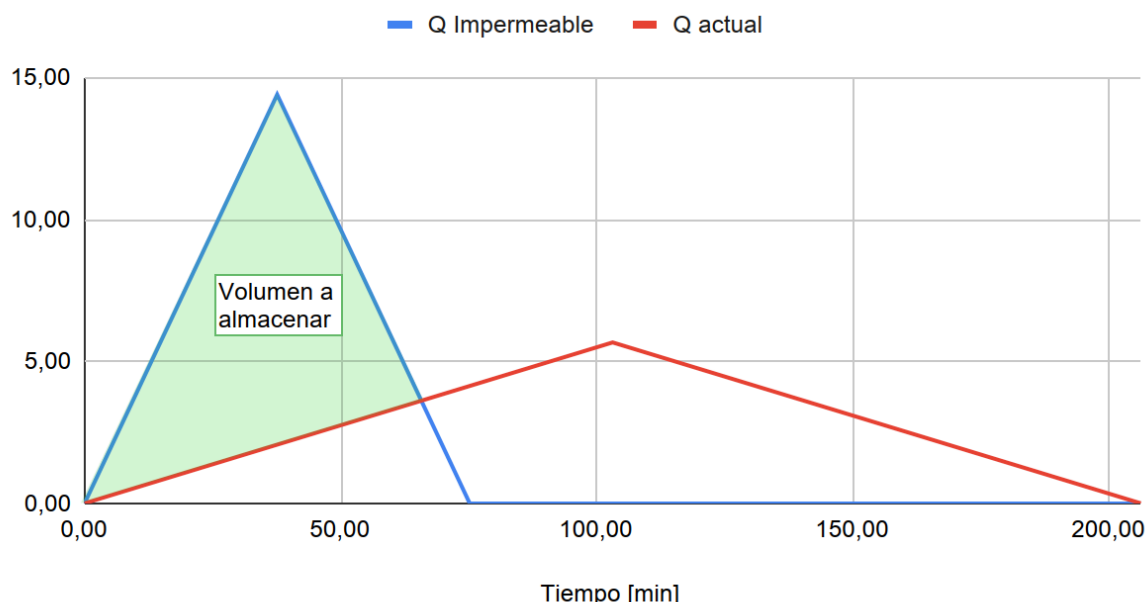


Imagen 21. Hidrogramas de pre y post impermeabilización. Fuente: elaboración propia.

Para obtener el volumen que se debe almacenar es necesario analizar la situación donde la duración de la tormenta exceda el tiempo de concentración de la cuenca, de esta manera se asume que está aportando toda la cuenca de forma simultánea durante distintos intervalos de tiempo. Los hidrogramas para lluvias de mayor duración que T_c tienen caudales máximos menores, debido a que sus intensidades de lluvia son decrecientes. Sin embargo, los volúmenes de escurrimiento son mayores dado que la lámina total crece a pesar de descender la intensidad. Además la forma del hidrograma producido por el método racional con duraciones de lluvias superiores al T_c se propone trapezoidal, el cual se

construye ajustando la duración de las ramas de ascenso y de recesión del hidrograma hasta hacerlas iguales al tiempo de concentración T_c . De esto se desprenden los hidrogramas de la **imagen 22**.

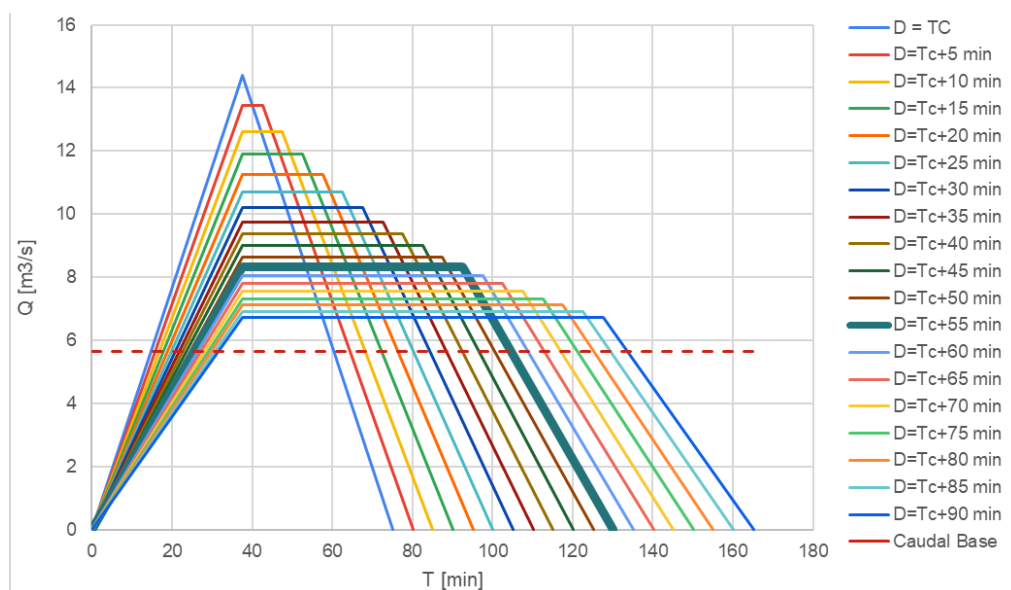


Imagen 22. Hidrogramas de entrada y salida para D mayor a T_c . Fuente: elaboración propia.

Proponiendo entonces distintas duraciones de lluvia mayores al T_c se obtienen distintos volúmenes de almacenamiento hasta encontrar su valor máximo mayor a T_c . Para ello en la **imagen 23** se grafica el volumen almacenado en función de la duración de la tormenta.

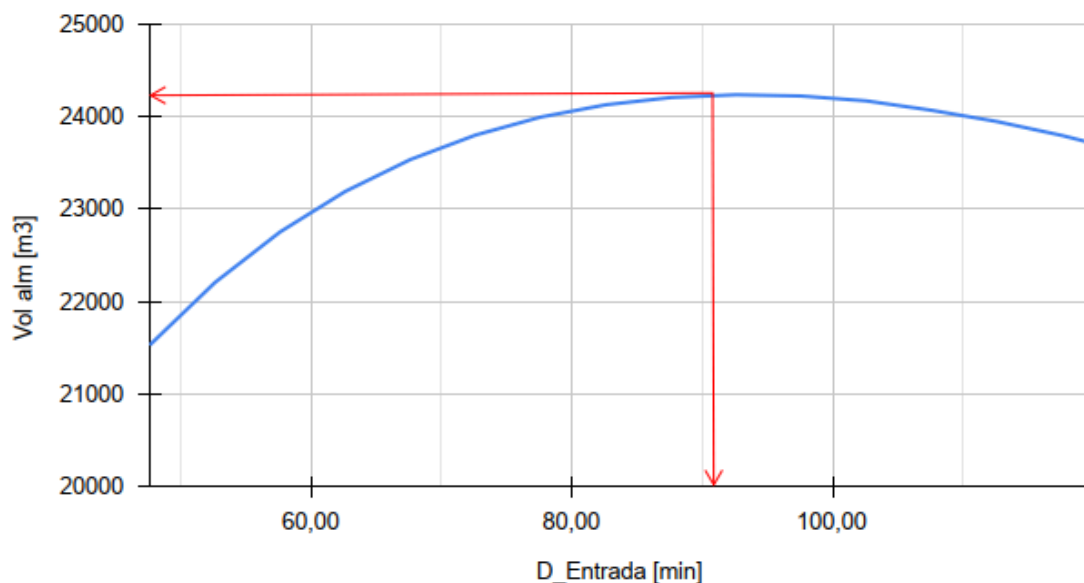


Imagen 23. Curva de máximo volumen almacenado. Fuente: elaboración propia.

Este adquiere un valor máximo para una duración, $D = 92,58$ minutos, arrojando un volumen a almacenar de 24.240 m^3 . En la **tabla 9** se proponen las dimensiones del

reservorio adaptado al layout del proyecto. Este se ubica en el punto más bajo del parque en pos de favorecer el escurrimiento hacia el mismo.

Tabla 9. Dimensiones del reservorio.

6, Volumen a almacenar		
Vol	24240,44	m3
h	1,50	m
Área	16160,30	m2
Dimensiones	80,00	m
	202,00	m

6.3.4. Descarga del reservorio

La descarga del reservorio debe considerar el caudal máximo de salida permitido y la capacidad de la cuneta de la RN A012. Esta última es determinante para establecer la cota de fondo desde la cual se evacuará el agua del reservorio.

Para ello, el plano adjunto HID-04 (ver en 14 - Legajo de planos) muestra el perfil longitudinal de la cuneta izquierda de la ruta, desde la alcantarilla N° 3, ubicada en el nuevo ingreso proyectado del parque hasta la primera alcantarilla longitudinal que cruza debe atravesar la cuneta. La propuesta consiste en incrementar la profundidad de la cuneta para obtener la altura necesaria que permita evacuar el agua del reservorio hacia la misma. Se consideró que la profundidad máxima está limitada por la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), que establece que no es necesaria la instalación de barandas de defensa si la diferencia entre el borde de la banquina y el fondo de la cuneta no supera los 3 metros. Esta condición se cumple en nuestra propuesta.

El reservorio se diseña para descargar por dos lugares distintos, en primera instancia, para una recurrencia baja (R=5 años), el caudal descarga mediante orificios de fondo que conectan el reservorio con la cuneta del camino rural, ubicado al norte del Parque Industrial Roldan, cuando la lluvia que ocurra, sea extraordinaria (R=100 años) se descarga mediante un vertedero junto a los orificios previamente mencionados.

6.3.4.1 Diseño de orificios

Debido a que el tirante aguas abajo de los orificios, es decir, el de la cuneta del camino rural, se encuentra por encima de la cota de intradós de los orificios, estos se diseñan a descarga ahogada mediante la aplicación de la siguiente ecuación;

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot Z}$$

donde,

- μ : es el coeficiente de gasto debido a las propiedades geométricas del orificio, el cual reduce la velocidad de escurrimiento.
- A : es la sección transversal del orificio.
- g : aceleración de la gravedad.
- Z : es la carga total disponible.

El coeficiente de gasto depende de distintos factores, entre ellos, pérdidas de energía localizadas, continuas y debida a la longitud de los descargadores.

Entonces, se procede proponiendo un diámetro de orificio y se obtiene mediante la ecuación anterior el Q que puede escurrir por un solo orificio, luego, como se tiene que descargar un caudal igual al de la situación pre-propuesta se calcula la cantidad de orificios necesarios para poder lograr dicho caudal.

En las **tabla 10** y **tabla 11** se observa los resultados obtenidos;

Tabla 10. Diseño de orificios.

Orificio Circular de 0,6m	
D [m]	0,6
R [m]	0,3
Separación [m]	0,6
Nivel de agua cuneta	35,205
Nivel de agua en el reservorio	35,86
Qs [m³/s]	2,32
Z [m]	0,65
L [m]	4,60
S	0,005
n	0,016
ξ	0,05
f^*l/d	0,290
μ	0,86
A [m²]	0,2827

Tabla 11. Número de orificios.

Cantidad de orificios	
Q0 [m3/s]	0,873
Qdis / Q0	2,66
N orificios adoptados	3
Q erogado [m3/s]	2,62
Diferencia (%)	12,76

Por lo tanto se diseñan tres orificios de 60 cm de diámetro cada uno.

6.3.4.2 Diseño de vertedero

Para una lluvia extraordinaria (R=100 años) la descarga es conjunto orificios más vertedero, por lo que el vertedero se diseña para evacuar un caudal igual al de R=100 años menos el Q Erogado por los orificios en su conjunto.

El caudal descargado por el vertedero se obtiene mediante la siguiente ecuación;

$$Q = 0,552 \cdot C \cdot Le \cdot He^{1.50}$$

donde Q es el caudal descargado (m3/s); C es un coeficiente de descarga, He carga total sobre la cresta (m) y Le longitud efectiva de la cresta en (m). El resultado obtenido se puede ver en la **tabla 12**.

Tabla 12. Diseño de vertedero.

Vertedero	
Le [m]	20,00
altura sobre la cresta [Hd]	0,20
Altura vertedero [h]	1,30
h/H	6,50
h/H > 1,33	Si
Vertedero hidraulicamente alto	
C=Cd	4,03
Q [m3/s]	3,98
Caudal de salida total	
Qorif [m3/s]	2,62
Qvert [m3/s]	3,98
Qtot [m3/s]	6,60
Verifica	

El vertedero y los orificios se pueden ver en el plano HID-03 (ver en 15 - Legajo de planos)

6.3.5 Redimensionamiento de las obras básicas de la RN A012

Para el dimensionamiento de la cuneta y alcantarillado ubicados al lado norte y sobre el ingreso principal del Parque Industrial Roldán se utiliza un recurrencia $R=25$ años según lo establecido por las normas de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV).

En primera instancia debido a que con el diseño del reservorio la cota de fondo del mismo queda en +34,96, esto se puede observar en el plano HID-04 (ver en 15 - Legajo de planos), mientras que la cota de la alcantarilla existente según la información relevada es de +35,00 por lo que se debe rediseñar la alcantarilla para una nueva cota. Otro aspecto crucial es la pendiente longitudinal de la cuneta entre la alcantarilla rediseñada y la siguiente alcantarilla aguas abajo. Dado que su valor, cercano al 0,4%, se considera admisible, no es necesario modificar la cota de la alcantarilla ubicada aguas abajo.

6.3.5.1 Dimensionamiento de la cuneta de la RN A012

El método para el diseño de la cuneta es el mismo para determinar la sección transversal de los albañales explicado en el *apartado 6.3.1 Diseño de albañales*, el caudal de diseño es el obtenido por la descarga del reservorio, sumado al de la cuenca aguas arriba para una recurrencia de 25 años. El caudal mencionado anteriormente se obtiene de la misma forma que todos los caudales de los apartados anteriores, variando únicamente los parámetros α, β, γ de la ecuación de la intensidad, tema tratado en el *apartado 6.2.3 Curva IDR*.

Luego, para una recurrencia de 25 años, del parque industrial se evacúan 3,73 m³/s y la cuenca aguas arriba para la misma recurrencia, aporta un caudal de 6,22 m³/s, por lo que el Diseño será la suma entre los dos caudales anteriores, $Q_{dis} = 9,95$ m³/s.

En la **tabla 13** se observa la sección transversal definitiva de la cuneta, donde se adopta una sección trapezoidal con pendiente de taludes 1:2 según la planilla "Características de diseños geométricos de caminos rurales" de la DNV.

Tabla 13. Sección transversal cuneta RN A012.

Bf	Yu	z (tabla 4)	Área [m ²]	P [m]	Rh [m]	Bs [m]	$AR^{2/3}$	$(n*Q)/I^{1/2}$
4	1	1	5,00	6,83	0,73	6,00	4,06	4,11

6.3.5.2 Dimensionamiento de las alcantarillas

En este apartado se dimensionan tres alcantarillas, cuya ubicación se puede observar en la **imagen 24**. Las alcantarillas 1 y 3, son las ubicadas en el ingreso proyectado al parque industrial, la cual la primera es una alcantarilla diseñada para el canal trapezoidal interior del parque, y la tercera es por la que pasa la cuneta de la RN A012, se

diseñan dos alcantarillas separadas, ya que estas no pueden mezclar los caudales. En cuanto la Alcantarilla 2, es la ubicada al norte del parque industrial, más exactamente, la que cruza el camino rural.

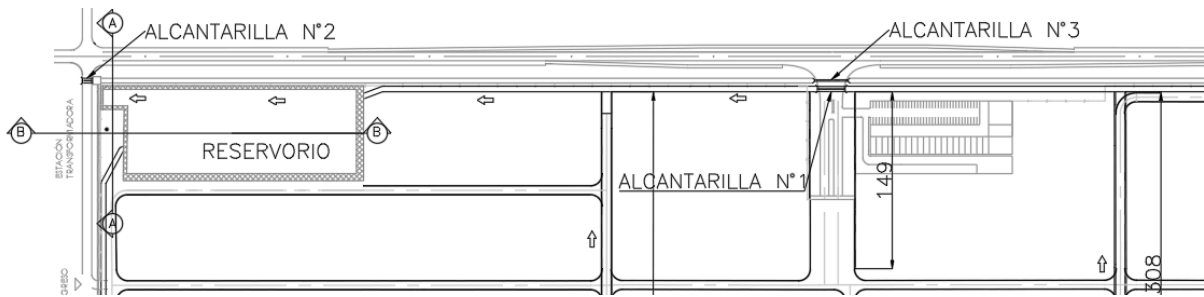


Imagen 24. Ubicación de las alcantarillas a proyectar. Fuente: elaboración propia.

Para obtener el caudal de diseño para la alcantarilla 2 se utiliza, como se nombró anteriormente, la recurrencia de 25 años, a diferencia de la cuneta, en este caso se puede utilizar un caudal de diseño menor, debido, a que como se observa en la **imagen 25**, los tiempos en los que se dan los caudales pico dentro del PIR y en la cuneta no son los mismos por lo que nunca se lleva un caudal igual a la suma de los dos picos, sino que es una situación intermedia.

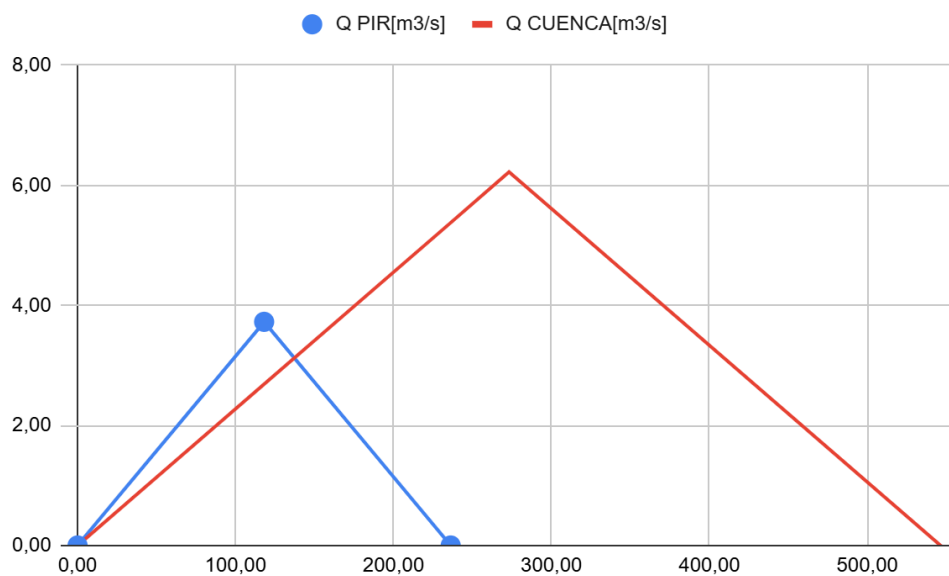


imagen 25. Hidrogramas Q [m3/s] vs t [min]. Fuente: elaboración propia.

En este caso el valor máximo entre la suma de los dos caudales se da en la intersección de los dos hidrogramas para un $t = 135$ min y su valor es $Q = 6,23$ m3/s. En cambio, para las otras dos alcantarillas, esto no sucede, debido a que cada una lleva un caudal independiente, mientras que la alcantarilla 2, los mezcla.

Los caudales de diseño de las alcantarillas 1 y 3 son $Q=7,08 \text{ m}^3/\text{s}$ y $Q=2,34 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente. Las cuencas que aportan a cada alcantarilla se pueden ver en los planos HID-01 y HID-02 (ver en 14 - Legajo de Planos).

Luego, se diseñan las alcantarillas rectangulares según plano tipo O-41211-I de la Dirección Nacional de Vialidad, se eligen rectangulares por sobre las circulares, debido que como los caudales son elevados se requiere mucha sección y la altura disponible es un limitante.

En la **tabla 14**, **tabla 15** y **tabla 16** se observan los resultados finales, se recalca que todas las alcantarillas se diseñan para un funcionamiento entre el 80% y 90% de su sección transversal.

Tabla 14. Alcantarilla 1.

Dimensiones adoptadas		
Alcantarilla - Rectangular O-41211-I		
Cantidad de ductos	2,00	unidades
H adoptado	1,25	m
L	2,00	m
Q [m^3/s]	7,08	m^3/s
Q unitario Q/L [m^3/s]	1,77	m^3/s
Y	1,1	m
Y/H	0,88	

Tabla 15. Alcantarilla 2.

Dimensiones adoptadas		
Alcantarilla - Rectangular O-41211-I		
Cantidad de ductos	2,00	unidades
H adoptado	1,25	m
L	2,00	m
Q [m^3/s]	6,23	m^3/s
Q unitario Q/L [m^3/s]	1,56	m^3/s
Y	1,05	m
Y/H	0,84	

Tabla 16. Alcantarilla 3.

Dimensiones adoptadas		
Alcantarilla - Rectangular O-41211-I		
Cantidad de ductos	1,00	unidades
H adoptado	1,25	m
L	1,50	m
Q [m ³ /s]	2,34	m ³ /s
Q unitario Q/L [m ³ /s]	1,56	m ³ /s
Y	1	m
Y/H	0,80	

7. INGRESO PRINCIPAL

El ingreso al Parque Industrial Roldan (PIR) constituye un punto neurálgico dentro del proyecto, cumpliendo un rol estratégico tanto en la movilidad como en la gestión operativa del parque y su área de servicios. Este sector constituye una de las principales cuestiones de funcionamiento: el ingreso y egreso de los trabajadores durante las horas pico, lo que implica un alto volumen de tránsito que debe incorporarse o abandonar la RN A012.

Esta vía se caracteriza por un elevado flujo de transporte de cargas con destino al puerto. Según datos de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), en el tramo comprendido entre la RN09 y la RP34, el Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) en 2024 fue de 7.800 vehículos, de los cuales un 42% corresponde a vehículos livianos y el resto a pesados, destacándose el camión con acoplado con un 38% de participación. Esto configura una arteria fuertemente dominada por el transporte pesado, condición intensificada en épocas de cosecha o picos de exportación.

Frente a este escenario, resulta imprescindible garantizar condiciones de seguridad vial, tanto para el tránsito pasante de la RN A012 como para la diversidad de vehículos que ingresan o egresan del parque industrial.

Se destaca que la propuesta a desarrollar tiene en cuenta como antecedente las “Participaciones Público Privadas” de Vialidad Nacional donde se buscaba que empresas privadas financiaran y construyeran una red de autopistas y rutas, a cambio de la explotación comercial de las mismas. En ese marco se desarrolló un anteproyecto para convertir la RN A012 en una autovía de dos carriles por sentido, realizado por el OCCOVI (Órgano de Control de Concesiones Viales) de la Nación, en el año 2018.

7.1. Ubicación del ingreso

El Parque Industrial presenta una disposición rectangular, con su mayor extensión en sentido norte-sur, alcanzando aproximadamente 1.300 metros y alineándose con la RN A012. Actualmente, el acceso se localiza en el extremo norte, lo que genera una desventaja en la circulación interna: los vehículos con destino a los lotes del sector sur deben recorrer distancias mayores que aquellos que se dirigen hacia el norte.

Con el objetivo de optimizar la distribución del tránsito interno, se proyecta un nuevo ingreso en el eje de simetría del predio, ubicado en la progresiva PR 47+100 de la RN A012. Esta localización permite equilibrar los recorridos hacia los distintos sectores del parque, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo trayectos innecesarios. En la **imagen 26** se puede observar lo descrito.

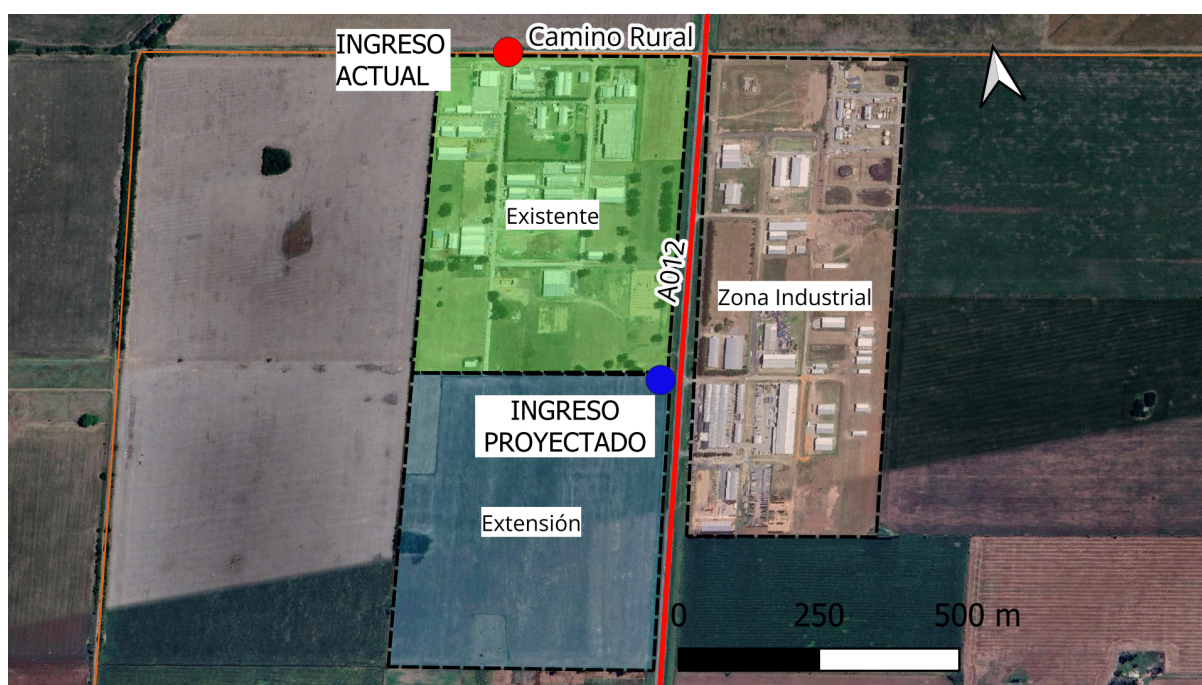


Imagen 26. Ingreso actual e ingreso proyectado. Fuente: elaboración propia.

7.2. Diseño geométrico de ingreso principal

Para definir la geometría del acceso se hace uso de las Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial - DNV - 2010, Capítulo 5 - Intersecciones. Se opta por un ingreso principal que consta de carriles de aceleración y deceleración en ambos sentidos de circulación, con curvas compuestas de tres centros para describir la entrada y la salida al parque. En la **imagen 27** se puede observar el ingreso proyectado con dichos carriles.

Además de diseñar el acceso y la salida del parque industrial (lado oeste), se debe analizar la situación del ingreso y egreso a la zona industrial (lado este). Actualmente, el ingreso y egreso a esta última se realiza con intersecciones “T” en ángulo recto, las cuales se pueden observar en la **imagen 28**.

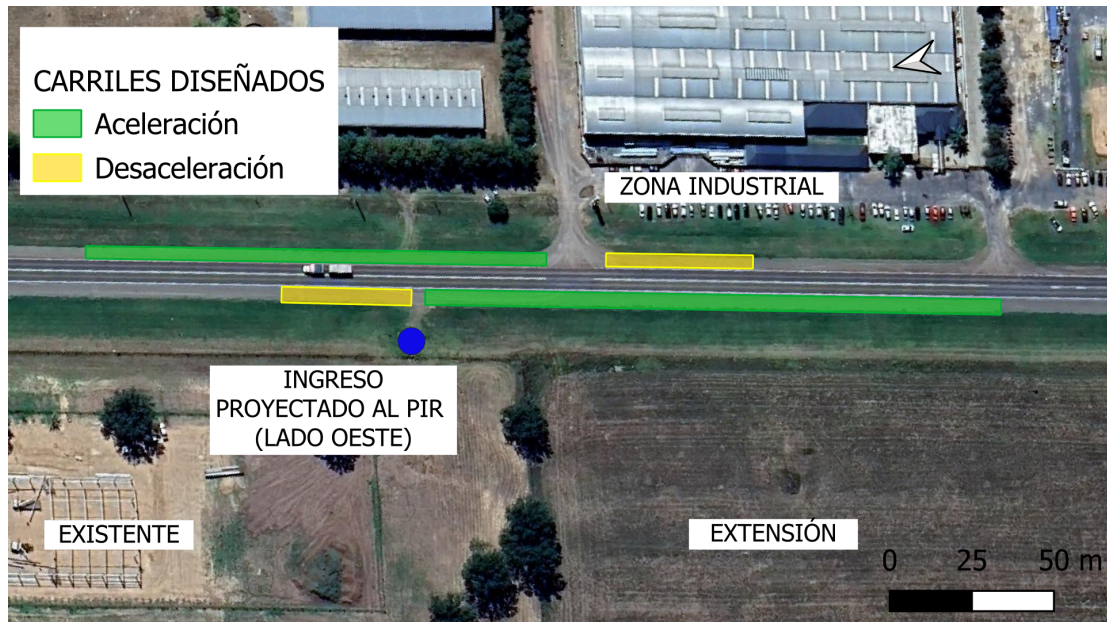


Imagen 27. Ingreso proyectado. Fuente: elaboración propia



Imagen 28. Curvas simples para ingreso y egreso a la zona industrial. Fuente: elaboración propia.

Dado que los vehículos que desean ingresar o egresar de la zona industrial pueden hacerlo por cualquiera de estos accesos, la alternativa planteada de carriles de aceleración y deceleración se ve afectada. Por ejemplo, se podría producir la situación en la cual un vehículo que utiliza el carril de aceleración en el sentido ascendente de la RN A012 se encuentre con otro que realiza una maniobra de frenado para ingresar a la zona industrial por uno de los ingresos nombrados con anterioridad.

Es por este motivo que se decide conservar un único acceso a la zona industrial, llevando a cabo la demolición de las alcantarillas existentes en los demás ingresos de la misma. Los carriles de aceleración y deceleración proyectados contarán con iluminación y barandas de defensa.

En la **imagen 29** se puede apreciar el ingreso de la zona industrial que será conservado y utilizado para el ingreso y egreso vehicular (verde) y aquellos que serán descartados (rojo).



Imagen 29. Ingresos a la zona industrial. Fuente: elaboración propia.

Una vez establecida la ubicación del ingreso a la zona industrial, se procede a determinar las longitudes de los carriles propuestos. Para ello se hace uso de las tablas del plano tipo OB-2. En la **imagen 30** se observa un croquizado de la propuesta con la denominación de cada uno de los carriles (a fines de lograr una representación útil, los carriles de aceleración en dicha imagen están cortados. En el plano ING 01 (ver en 14 - Legajo de planos) se puede observar el diseño geométrico del ingreso en su totalidad).

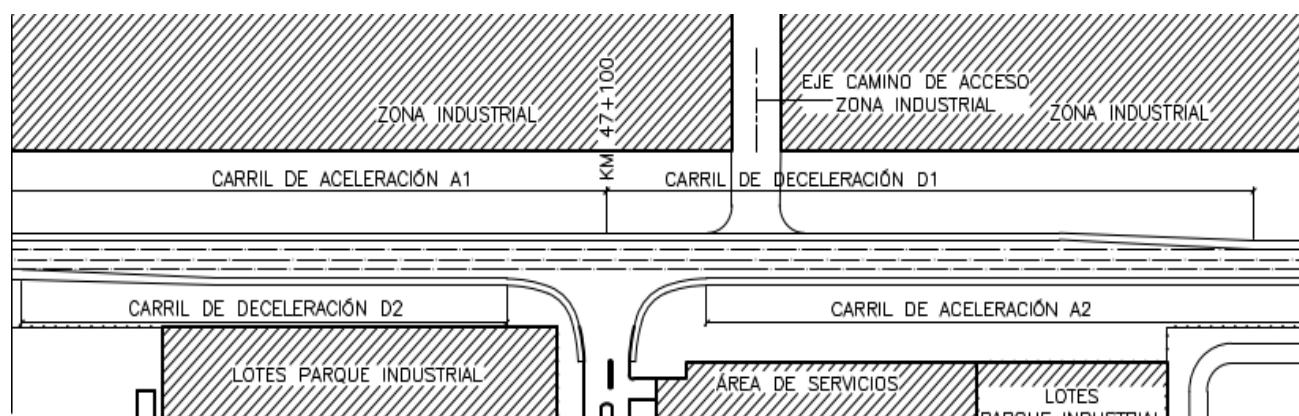


Imagen 30. Croquis de la propuesta con denominación de carriles. Fuente: elaboración propia.

En la **tabla 17** se pueden observar las hipótesis adoptadas para cada carril, con su longitud total y longitud de cuña correspondiente. Es importante destacar que el eje del acceso a la zona industrial presenta una distancia con respecto al eje de acceso al parque industrial. Es por este motivo que se decide que la longitud del carril de deceleración D1 obtenida sea tomada desde el eje del acceso a la zona industrial hacia el sentido descendente de las progresivas de la RN A012. Luego, este carril de deceleración es prolongado hasta el eje de acceso al parque industrial, resultando entonces con una longitud mayor a la determinada por las tablas del plano tipo OB-2.

Tabla 17. Longitudes carriles de aceleración y deceleración. Fuente: elaboración propia.

Denominación carril	Velocidad diseño RN A012 [km/h]	Hipótesis velocidad de rama [km/h]	Long. carril [m]	Long. cuña [m]
A1	110	20	425	110
A2	110	20	425	110
D1 (ascendente)	110	0	267	80
D2 (descendente)	110	20	200	80

En el plano ING 01 (ver en 14 - Legajo de planos) se pueden observar los carriles de aceleración y deceleración propuestos y la planimetría de la intersección propuesta para el ingreso y egreso del parque.

7.3. Diseño de paquete estructural de carriles de aceleración y deceleración.

El pavimento previsto para los carriles de aceleración y deceleración será del tipo flexible. Esto se debe a que el pavimento existente de la RN A012 también es del mismo tipo. En el Anexo 2 se detallan los cálculos e hipótesis adoptadas. La estructura adoptada se presenta en la **tabla 18**:

Tabla 18. *Capas de pavimento para carriles de aceleración y deceleración.*

Capas		Posición	Material	Espesor [cm]
Ligadas	Carpeta de rodamiento	-	CAC D19 R CA30	5
	Base asfáltica	Superior	CAC D19 B CA30	6
		Inferior	CAC D19 B CA30	6
No ligadas	Base	-	Estabilizado granular	20
	Subbase	Superior	Suelo seleccionado	20
		Inferior	Suelo cal	20

En la **tabla 19** se puede observar la estructura adoptada para la banquina.

Tabla 19. *Capas de pavimento para banquina*

Capas		Posición	Material	Espesor [cm]
Ligadas	Carpeta de rodamiento	-	CAC D19 R CA30	5
No ligadas	Base	-	Estabilizado granular	17
	Subbase	Superior	Suelo seleccionado	17
		Inferior	Suelo cal	17

En el plano ING 01 (ver en 14 - Legajo de Planos) se presenta el perfil tipo de pavimento.

7.4. Garita de acceso

La garita de acceso constituye el punto de control principal del parque industrial, destinada a regular el ingreso y egreso de vehículos y personal.

Como sistema de acceso se considera la implementación de tarjetas automáticas o dispositivos electrónicos, otorgados a cada empresa radicada en el parque, lo que permite agilizar el ingreso de vehículos autorizados (especialmente camiones de transporte de carga) y mantener un registro de entradas y salidas.

De este modo, la garita cumple una doble función: por un lado, brindar seguridad en el movimiento interno del parque; y por otro, regular la operación logística, evitando demoras en el acceso y asegurando un flujo ordenado de vehículos.

El control de acceso al parque industrial es llevado a cabo mediante un pórtico metálico con la garita previamente mencionada destinada al sereno o personal de seguridad, como se puede ver en la **imagen 31**.

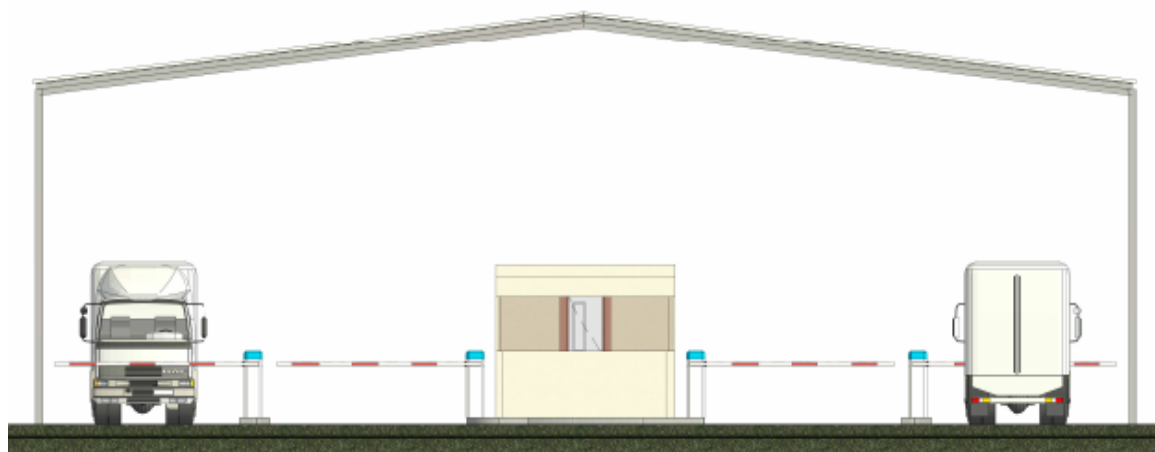


Imagen 31. Garita de control para acceso a parque industrial. Fuente: elaboración propia.

7.5. Ingreso área de servicios

El ingreso vehicular al área de servicios se establece con una isleta y un carril para espera y giro a la izquierda.

A fines de que los vehículos que descargan mercadería para los locales del área de servicios no deban hacerlo en el estacionamiento al público, se plantea una calle que desemboca en la parte trasera de los locales.

En la **imagen 32** se puede observar la isleta con el carril para el giro a la izquierda, y, además, la calle para servicios mencionada previamente.

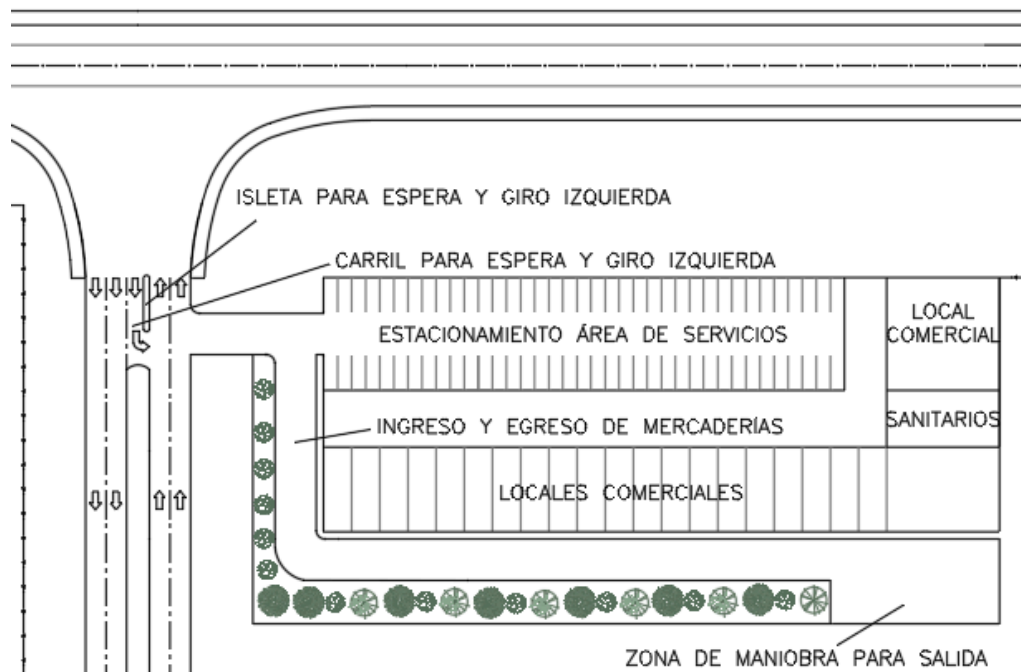


Imagen 32. Ingreso al área de servicios. Fuente: elaboración propia.

Dicha calle posee un ancho de 7,30 metros, permitiendo ambos sentidos de circulación. Para que los vehículos que ingresen allí puedan egresar, se proyecta un diseño tipo para calles sin salida, de acuerdo a las *Normas AASHTO 2004*. La misma se puede apreciar en la **imagen 33**.



Imagen 33. Diseño adoptado para calle auxiliar del área de servicios. Fuente: Normas AASHTO 2004.

Utilizando como vehículo de diseño un camión de unidad única (SU), y observando la **tabla 20** correspondiente a las normas citadas previamente, se obtiene un largo de 30 metros y un ancho de 15 metros para la zona de maniobras para salida.

Tabla 20. *Largo y ancho a adoptar para el diseño de la salida.*

SQUARED END -b-

DESIGN VEHICLE	METRIC m		U.S. CUSTOMARY (ft)	
	W	L	W	L
P	10	20	[30]	[60]
SU	15	30	[50]	[100]

8. CIRCULACIÓN INTERNA

8.1. Situación actual

El sector norte del PIR cuenta con un manzanero consolidado. Algunas calles del mismo se encuentran pavimentadas (pavimento de hormigón), otras están constituidas por un estabilizado granular y otras presentan una calzada de suelo natural sin estabilización, con presencia de vegetación superficial, lo que se puede apreciar en el plano CIRC INT 01 (ver en 14 - Legajo de Planos). En la **imagen 34** e **imagen 35** se pueden apreciar las distintas calzadas que presenta actualmente el parque industrial.



Imagen 34. *Calles pavimentadas del PIR. Fuente: elaboración propia.*



Imagen 35. Calzada de suelo natural sin estabilización. Fuente: elaboración propia.

El perfil de las calles internas cuenta con 20 metros libres de línea municipal a línea municipal, con calzadas de 7,30 m de ancho (ver plano CIRC INT 03 en 14 - Legajo de Planos), admitiendo un carril para cada sentido de circulación.

Una de las problemáticas percibidas es que, dado que no existen calles perimetrales, los vehículos que deseen llegar a los frentes de determinadas empresas que no poseen una calle para continuar la circulación y luego doblar, deben realizar la maniobra de marcha atrás para poder egresar del parque. Esto constituye una dificultad particularmente para los camiones.

Por otro lado, en el sector sur del PIR, no hay un manzanero definido dado que actualmente no se encuentran radicadas empresas en el mismo.

8.2. Diseño geométrico de circulación interna

Para definir el trazado de las calles internas en el sector sur del PIR se busca mantener la continuidad con el manzanero existente en el sector norte y lograr la conectividad de todos los lotes. Se plantean calles perimetrales, a fines de que los vehículos puedan egresar del parque sin la necesidad de realizar una maniobra de marcha atrás. Para la determinación de los radios de giro en las esquinas a desarrollar se establece el criterio de mantener los radios de las esquinas existentes, los cuales son de 10 metros en los bordes internos de la calzada.

En la **imagen 36** se puede apreciar el trazado adoptado.

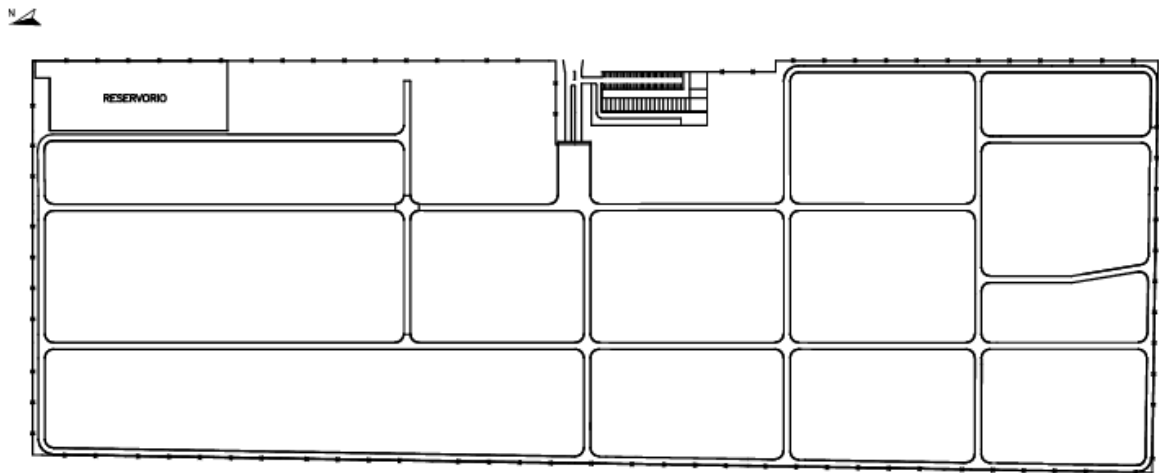


Imagen 36. Trazado adoptado. Fuente: elaboración propia.

Para determinar las cotas de la rasante y de los bordes de la calzada se analizó el sentido de escurrimiento natural de las aguas. Este es hacia el noreste, por lo que el reservorio fue dispuesto en esa ubicación. Como se explicó previamente en el punto 6 (cálculo hidrológico), se dispone de albañales que captan el agua en la calles internas del parque, los cuales desaguan sobre los canales perimetrales que llevan el agua hacia el reservorio, como se puede ver en la **imagen 37**.



Imagen 37. Albañales y canales hacia reservorio. Fuente: elaboración propia.

Los criterios utilizados para determinar las cotas de la rasante son los siguientes:

- La pendiente longitudinal de cada tramo no debe ser menor al 1,5 ‰ para poder asegurar de esta manera un mínimo escurrimiento longitudinal.
- La diferencia de cotas de una misma esquina no debe superar los 30 centímetros, para evitar pendientes excesivas en las curvas.
- Se debe respetar que cada una de las calles reciba el aporte de las cuencas planteadas que correspondan (ver plano HID 02 en 14 - Legajo de planos), ya que en caso contrario los albañales recibirán mayor caudal que para el que fueron calculados.

A partir de los requerimientos detallados (partiendo de la cota de fondo del reservorio, teniendo en cuenta la pendiente establecida de los canales y considerando posibles pendientes de los albañales) se llevó a cabo una iteración proponiendo diferentes alternativas de rasante hasta llegar al resultado final. Se adoptó finalmente una pendiente levemente quebrada para los albañales (en todos los casos alrededor del 2‰). La pendiente de estos últimos siempre coincide con la de la rasante.

En algunos casos fue necesario realizar una modificación en el gálibo de las calzadas para permitir, por ejemplo, el escurrimiento superficial del agua desde todo al ancho de la misma hacia alguno de los canales (calles perimetrales). Dicha modificación del gálibo normal se da con variación lineal en una longitud determinada a partir de la pendiente máxima relativa entre eje y borde de la calzada para la velocidad de diseño adoptada.

$$L = \frac{a_{calz.}}{2} \times \frac{p\%}{ir\%}$$

Donde:

a: ancho de la calzada [m]

p: variación de la pendiente transversal [%] (depende de la velocidad de diseño).

ir: pendiente máxima relativa entre eje y borde de calzada [%]

Se utilizó una velocidad de diseño de 30 km/h, lo que corresponde a una pendiente máxima relativa entre eje y borde de calzada de 0,75%, de acuerdo al apunte *Alineamiento Vial Planimétrico*, correspondiente a la cátedra de Transporte II.

En la **imagen 38** se puede observar el perfil transversal de las calles internas sin albañales.

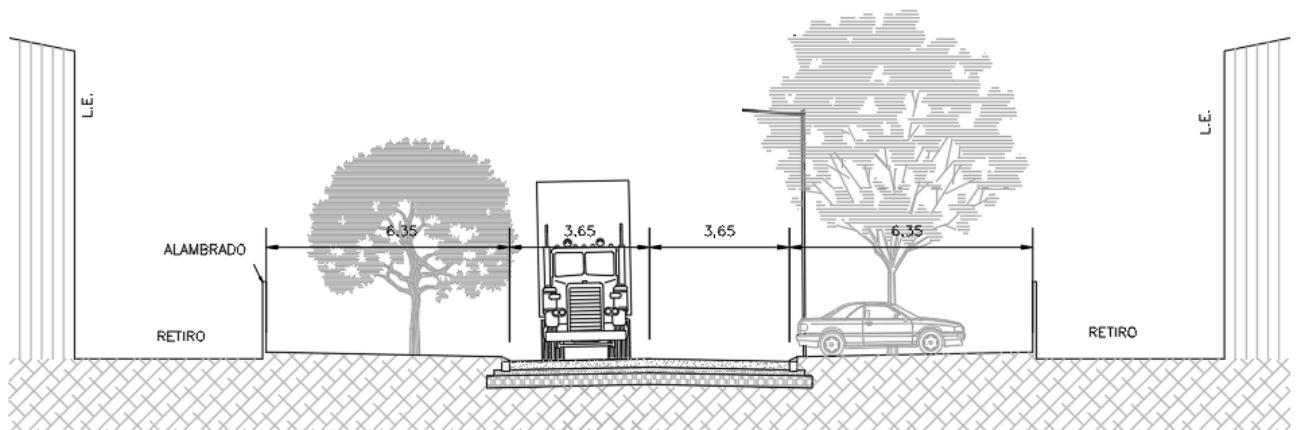


Imagen 38. Perfil transversal de calles internas (sin albañales). Fuente: elaboración propia.

En los planos CIRC INT 02 y CIRC INT 03 (ver en 14 - Legajo de planos) se pueden apreciar los perfiles transversales de las calles internas del parque industrial.

Por otro lado, la planimetría junto con el trazado del parque industrial pueden ser observados en los planos CIRC INT 04 a CIRC INT 09 (ver en 14 - Legajo de planos).

8.2.1 Verificación de giros

Para verificar los radios de giro del diseño adoptado se utiliza la trayectoria trazada por el camión modelo WB-15, considerando la *Norma AASHTO (2004) [US]*. Las dimensiones de dicho vehículo se pueden observar en la **imagen 39**.

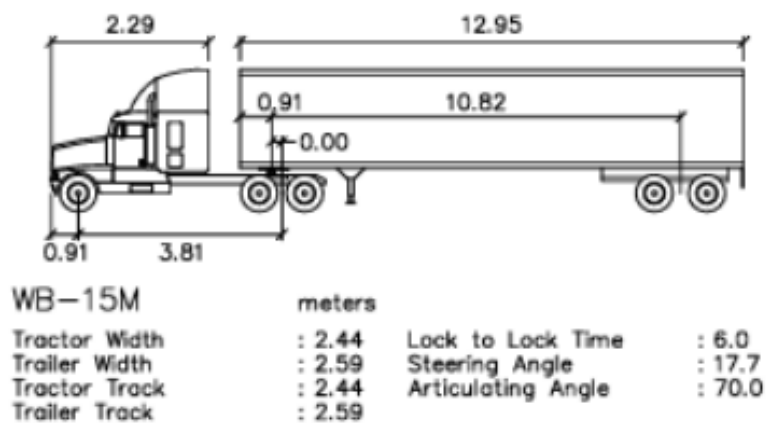


Imagen 39. Camión modelo. Fuente: AASHTO 2004.

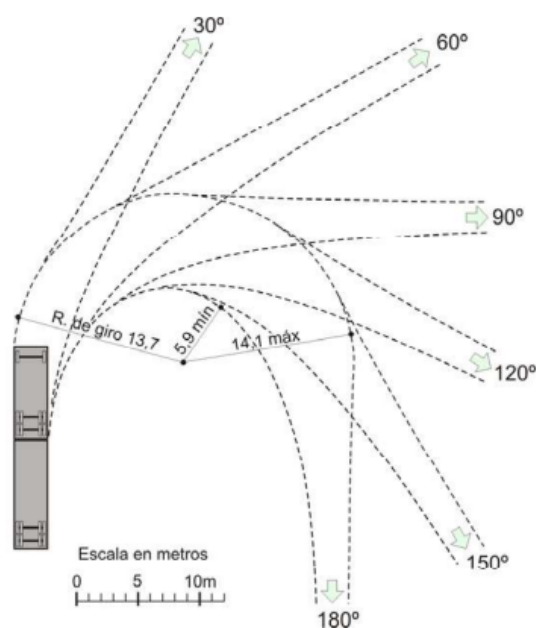


Imagen 40. Mínima trayectoria para vehículo de diseño WEB-15. Fuente: AASHTO 2004

Observando la **imagen 40** se puede apreciar que para un giro a 90° del eje trasero del vehículo, el radio mínimo requerido es de 13,70 metros. Por lo tanto, el diseño geométrico adoptado resulta adecuado, con un radio de giro también igual a 13,70 metros en todas las intersecciones.

8.3. Diseño de paquete estructural de calles internas.

El pavimento previsto para el interior del PIR será del tipo rígido, seleccionado por las prestaciones que ofrece frente a las exigencias operativas del predio. Este material asegura un desempeño confiable ante las solicitaciones generadas por el tránsito de vehículos pesados propios de las actividades logísticas e industriales, así como frente a las condiciones meteorológicas de la región.

En el anexo 2 - Pavimentos (ver en 15 - Anexos) se detallan los cálculos e hipótesis adoptadas. La estructura adoptada se presenta en la **tabla 21**:

Tabla 21. Capas de pavimento de calles internas.

Capas	Material	Espesor [cm]
Losa de hormigón	H-30	20
Base	Estabilizado granular tratado con cemento	15
Subrasante	Suelo del lugar	30

En el plano CIRC-INT 02 (ver en 14 - Legajo de Planos) se puede observar el perfil tipo de pavimento.

9. DISEÑO ARQUITECTÓNICO ÁREA DE SERVICIOS



Imagen 41. Axonometría de área de servicios. Fuente: elaboración propia.

El área de servicios del parque industrial de Roldán se proyecta con el objetivo de brindar servicios complementarios a los trabajadores y personas ajenas al predio. Además, se busca fortalecer el vínculo entre el parque y su entorno urbano.

Este sector estará conformado por locales destinados a emprendimientos comerciales, gastronómicos y de servicios básicos. Además, será utilizado para la ubicación de oficinas administrativas del PIR. Su incorporación permite generar un espacio de encuentro y permanencia, promoviendo la integración social y mejorando la calidad del ambiente laboral.

Es importante destacar que a partir del relevamiento realizado, una situación detectada es que los trabajadores tanto del parque industrial como de la zona industrial no poseen un lugar cercano para la compra de alimentos u algún otro producto de su necesidad.

Se proyecta un área destinada a servicios, ubicada en relación tanto al parque industrial como a la zona industrial. En la **imagen 42** se puede observar la implantación del área de servicios.

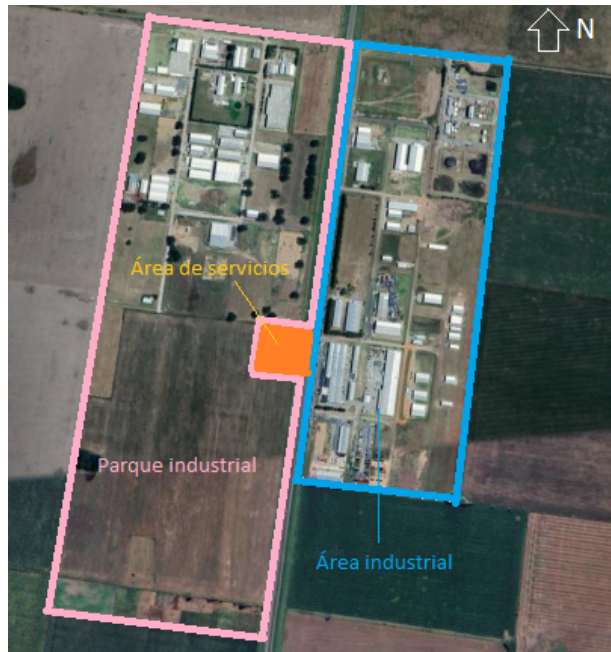


Imagen 42. Implantación del área de servicios. Fuente: elaboración propia.

9.1. Diseño arquitectónico

El diseño del edificio contempla una distribución modular de los espacios, permitiendo que cada local pueda ocupar uno o más módulos según sus necesidades específicas.

La estructura está conformada por tres construcciones independientes, las cuales se pueden ver en la **imagen 43**.

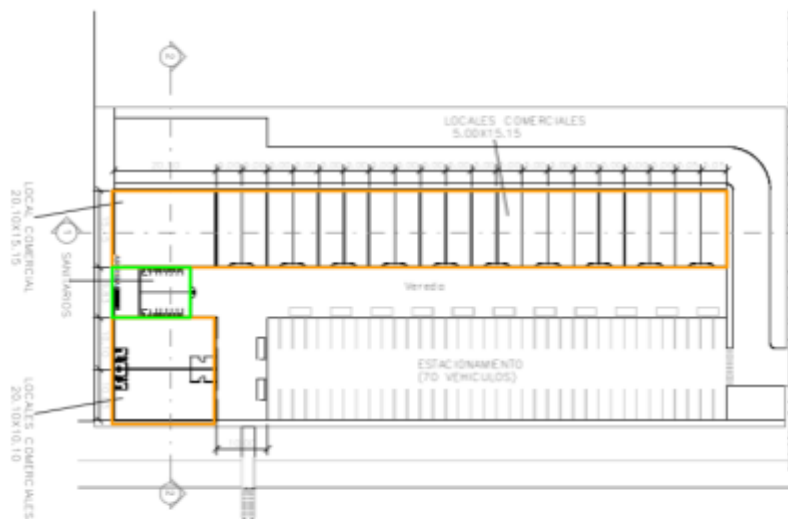


Imagen 43. Ubicación de edificios independientes. Fuente: elaboración propia.

En el edificio de comercio se repite un módulo típico cada 5 metros. Dicho módulo está conformado por un sistema de vigas y columnas IPN 100 (pórtico metálico), que cumplen la función de soportar las cargas de la estructura. Para dividir los comercios se colocan paneles divisorios mediante tecnología steel frame empleando placas de yeso de 12,5 mm de espesor, perfiles C70 laminados en frío y lana de vidrio para el aislamiento acústico. Lo expresado anteriormente se puede observar en la **imagen 44, imagen 45 e imagen 46.**

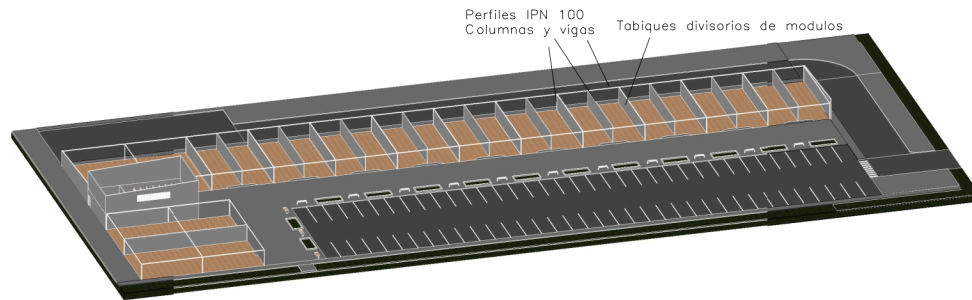


Imagen 44. Modulación. Fuente: elaboración propia



Imagen 45. Pórtico metálico. Fuente: elaboración propia.

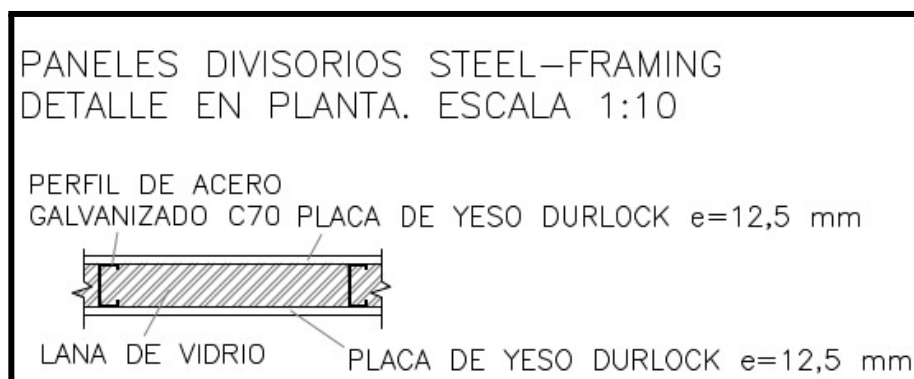


Imagen 46. tabiques divisorios. Fuente: elaboración propia.

El edificio de sanitarios es otra estructura independiente. Se encuentra conformada por una estructura portante de hormigón, como muestra la **imagen 47**.

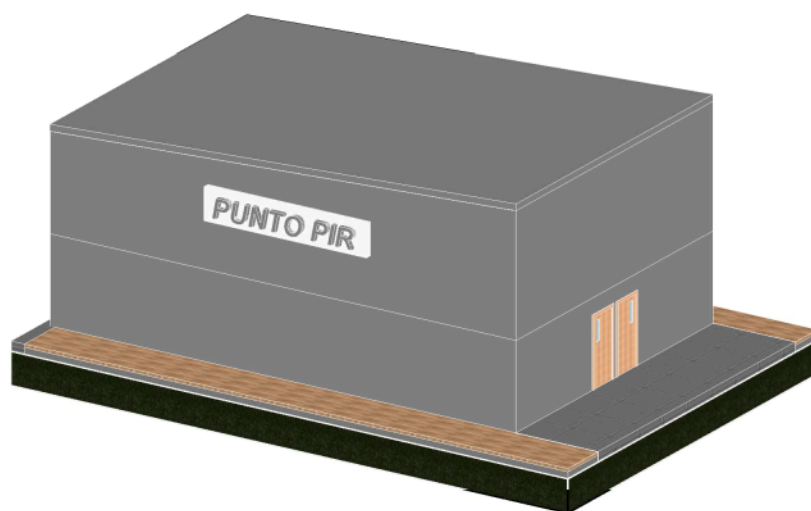


Imagen 47. Estructura del sanitario. Fuente: elaboración propia.

Está diseñado con dos niveles, con la finalidad de que el nivel superior sea destinado como área técnica (colocación de tanques de agua, equipos de AA, ETC). En planta baja se encuentra el sector sanitario propiamente dicho que cuenta con módulos individuales de 1x1,55 m, separados entre sí por tabiques fenólicos, con un total de 6 sanitarios más un módulo de mayor tamaño para personas con problemas de movilidad, tanto para el género femenino como masculino. El otro sector es un depósito de limpieza, al cual se accede por una puerta trasera. Lo expresado se puede observar en la **imagen 48**.

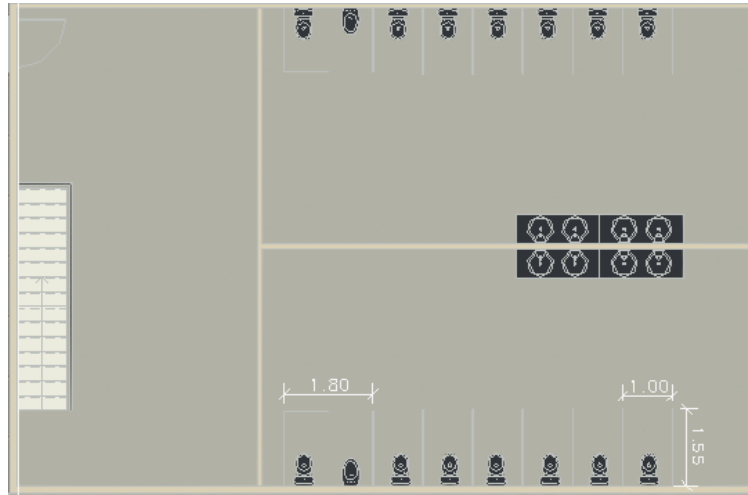


Imagen 48. Planta sanitarios. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, se recomienda ver los planos ARQ-01, ARQ-02 y ARQ-03 (ver en 14 - Legajo de planos). En los mismos se encuentran una planta, cortes, vistas y axonometría que ayudarán a comprender el área de servicios en su conjunto.

9.2 Circulación peatonal y vehicular

La circulación se pensó de tal forma que se intercepten lo menor posible los peatones y los vehículos, como se puede ver en la **imagen 48**.

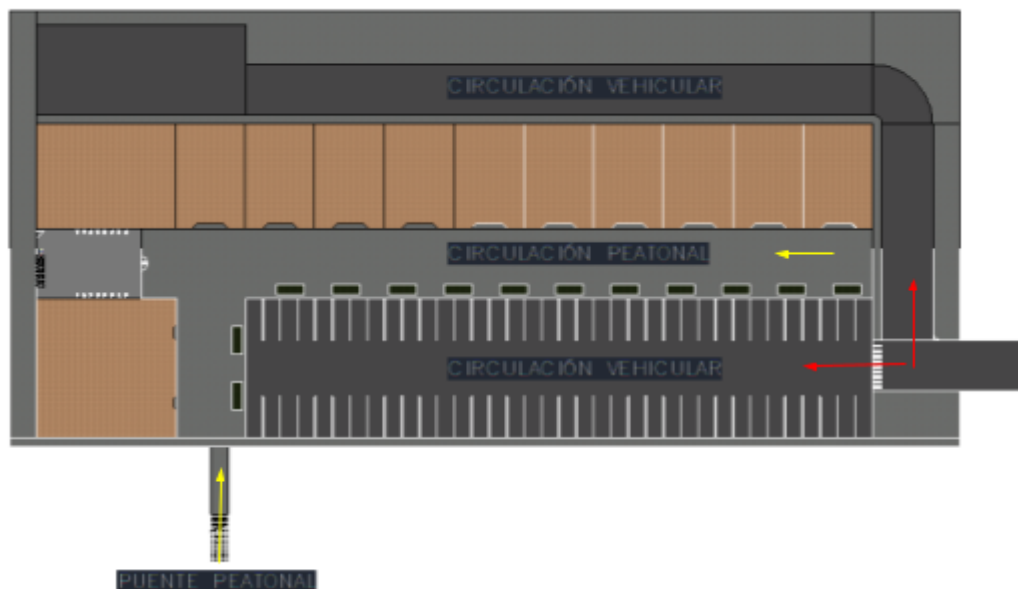


Imagen 49. Ubicación de edificios independientes. Fuente: elaboración propia.

En la **imagen 49** se puede observar la circulación peatonal con flecha amarilla y la vehicular con flecha roja. La circulación está pensada de tal forma que los peatones que

crucen a través del puente peatonal no tengan necesidad de cruzar por la calle o zona de estacionamiento de vehículos. Lo mismo para las personas que circulen por los negocios. Estos no tendrán necesidad en ningún momento de cruzar la zona de estacionamiento.

A su vez, también en la **imagen 49**, se observa una calle auxiliar que se dirige hacia la parte trasera de los comercios. Este camino está destinado a la zona de carga/descarga de los mismos, y está dispuesto de tal forma que los vehículos de logística no interfieran en la visual ni dinámica del área de servicios.

10. CÁLCULO Y DISEÑO DE PUENTE PEATONAL

10.1. Justificación de un puente peatonal

Atendiendo a las actividades desarrolladas en el área a intervenir, se considera que sería de gran utilidad un puente peatonal por sobre la RN A012 con el fin de proporcionar un cruce peatonal seguro para las personas que frecuentan diariamente el sitio.

10.1.1. Análisis de necesidad y riesgo

La conexión propuesta entre el área de servicios dentro del parque industrial y el área industrial al otro lado de la RN A012 es demandada principalmente por el tránsito de peatones que será generado por el área de servicios desarrollada en el apartado anterior. Debido a este aumento de peatones cruzando, el importante volumen de tránsito vehicular pasante por la ruta y los futuros movimientos de giros izquierda y derecha que se producirán mediante los nuevos carriles, no pensar en reducir los puntos de conflicto sería un grave error en el diseño geométrico de cualquier infraestructura vial. Por lo tanto, para disminuir las probabilidades de un siniestro vial, es necesario un vínculo seguro para las personas que deseen asistir al área de servicios y no estén dentro del complejo, sino que se encuentren del otro lado de la RN A012. En la **imagen 50** se muestra la zona en donde se emplaza el puente peatonal.

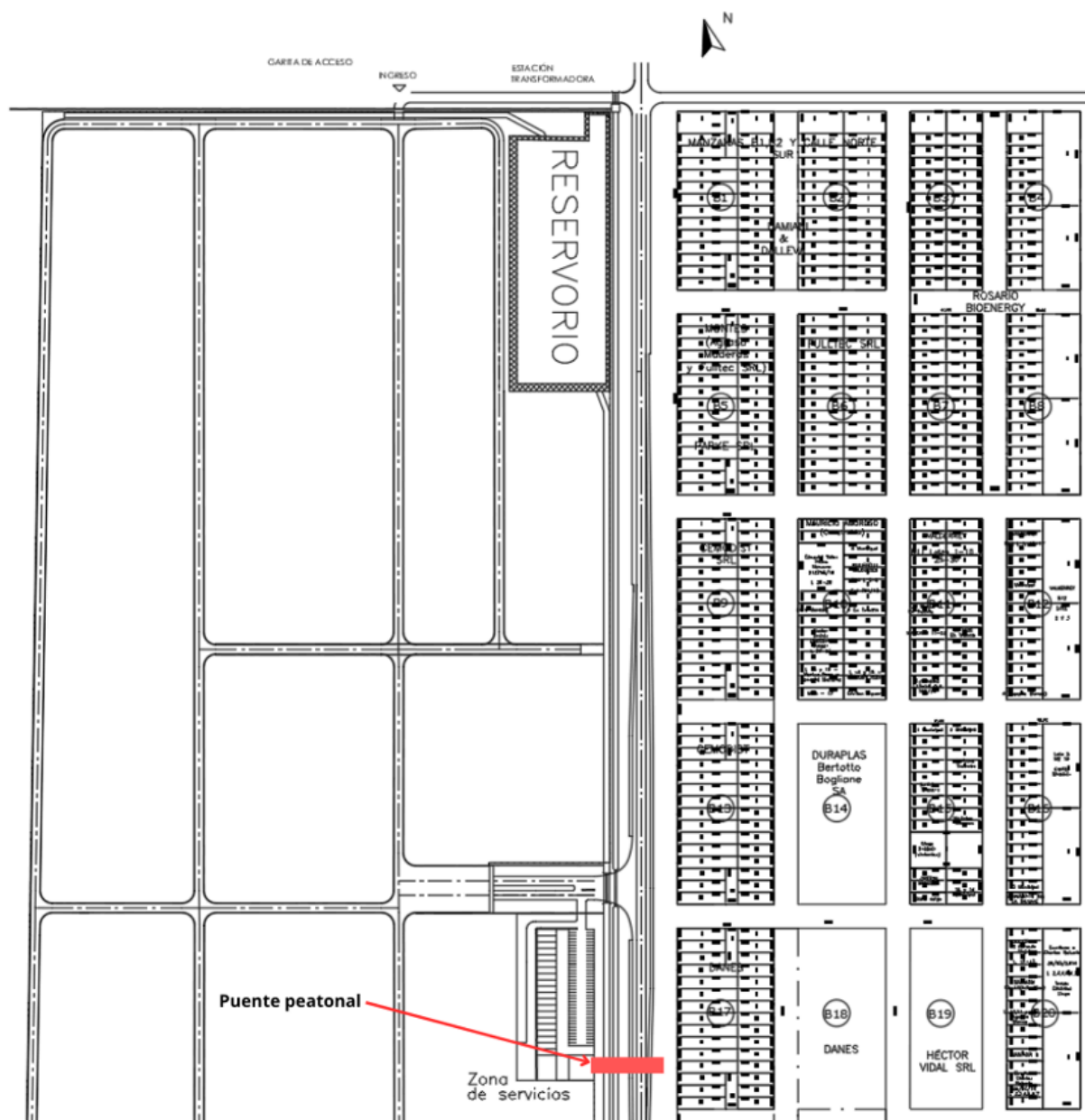


Imagen 50. Zona de emplazamiento de puente peatonal. Fuente: elaboración propia.

10.1.2. Definición de las premisas críticas de diseño

Para definir la geometría y materialidad del puente son dos los requerimientos fundamentales que limitan la propuesta, uno es el gálibo vial, definido en 5,20 m. El otro condicionante es el de la luz que tendrá el puente, ya que la misma nos definirá la geometría y materialidad del mismo. La luz del proyecto se considera teniendo en cuenta el proyecto de ampliación de la RN A012 a una autovía 2+2, traduciéndose así a un aumento significativo de la luz del puente peatonal.

En el “CIRSOC 801-Reglamento argentino para el diseño de puentes carreteros” se especifica las condicionantes a los que está sometido el diseño del puente peatonal, en este

se define el gálibo de la siguiente manera: *“El gálibo vertical para soportes de letreros y cruces peatonales debe ser 0,30 m mayor que el gálibo fijado para la carretera, y el gálibo vertical desde la calzada hasta elementos de arriostramiento de estructuras reticuladas superiores no deberá ser menor que 5,30 m.”* De acuerdo con esto definimos en nuestro proyecto un gálibo vertical de 5,50 m, en el cual se contempló el asentamiento máximo permitido por el CIRSOC 801 de 30 mm.

10.1.3. Criterios de ubicación y funcionalidad

En cuanto a la ubicación, esta fue seleccionada para que el puente sea de máxima eficiencia para la utilización de los peatones, tanto para el ingreso al área de servicios como para la vinculación con la zona industrial.

10.2. Criterios y especificaciones de diseño estructural

10.2.1. Normativa utilizada

El diseño del puente fue desarrollado en estricto cumplimiento con la normativa vigente para puentes en Argentina. Esta normativa se enmarca en el CIRSOC 801 *“Reglamento Argentino para el diseño de puentes carreteros”* y para la consideración de cargas se ha utilizado el documento *“Guía de especificaciones para el diseño de puentes peatonales de la AASHTO LRFD”*.

- **CIRSOC 801-Reglamento Argentino para el diseño de puentes carreteros:**

En el presente código reglamentario para el diseño de puentes carreteros se expresa la siguiente consideración en cuanto a las cargas a considerar en el caso de que el puente carretero tenga incluido en las márgenes cargas peatonales como complementarias a las consideradas por los vehículos: ***“Puentes destinados sólo para peatones, ecuestres, vehículo de mantenimiento de luz, y/o tránsito de bicicletas deben ser diseñados de acuerdo con la “Guía de especificaciones para el diseño de puentes peatonales de la AASHTO LRFD”***. En dicho documento se encuentran las cargas a considerar en el diseño de un puente peatonal el mismo expresa lo siguiente: ***“Principales elementos de soporte, incluyendo vigas, cerchas, y arcos, deberán estar diseñados para una carga viva de peatones de 90 libras por pie cuadrado (Psf) ó 430,00634653 kilogramos fuerza por metro cuadrado (Kgf/m²) del Área de pasarela del puente. La carga viva de los peatones se aplicará a diversas áreas de la pasarela a fin de producir la tensión máxima en el miembro que se está diseñando.”*** Luego el presente código considera cargas debidas al viento, él mismo considera lo siguiente: ***“Para puentes armadura abierta, donde el viento puede pasar fácilmente a través de los elementos. Los***

puentes se pueden diseñar para una carga horizontal mínima de 35 libras por pie cuadrado ó 170,88 (Kgf/m²) en el área vertical total proyectada del puente, como si fuese encerrado.” En el caso de cargas horizontales (viento) se dimensionara el puente por el reglamento CIRSOC 102 vigente en argentina.

10.2.2. Tipología estructural y materiales seleccionados

La selección de la tipología estructural se fundamenta en la longitud del vano principal, la facilidad de montaje y la economía del proyecto.

Para la pasarela peatonal se adoptó una estructura de tipo reticulada de acero, dado que la magnitud de la luz a cubrir es de unos 30 metros, esta solución es la más eficiente. El acceso a la pasarela peatonal se materializa con escaleras de hormigón prefabricado para reducir tiempos de ejecución y además se buscó evitar la ejecución de encofrados para un hormigonado in situ, el cual no sería conveniente de realizar ya que el entorno donde se ejecutará el puente debe ser en el menor tiempo posible para evitar interrupciones en el tráfico de la carretera.

La estructura resistente de la pasarela peatonal está compuesta por sistemas reticulados, dos horizontales paralelos y dos verticales, también dispuestos en paralelo. Esta configuración forma en su integridad una sección de tipo cajón capaz de resistir esfuerzos de cargas gravitacionales provenientes de las cargas de peatones, sobrecargas de uso y el mismo peso propio de la estructura, en cuanto a las cargas horizontales predominan fundamentalmente las provenientes del viento. Lo explicado anteriormente se puede observar en la **imagen 51** e **imagen 52**.

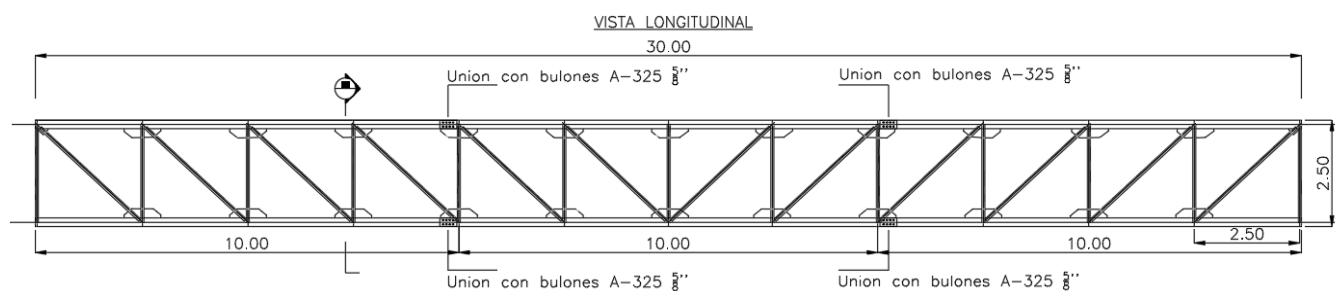


Imagen 51. Vista longitudinal del reticulado de la pasarela peatonal. Fuente: elaboración propia.

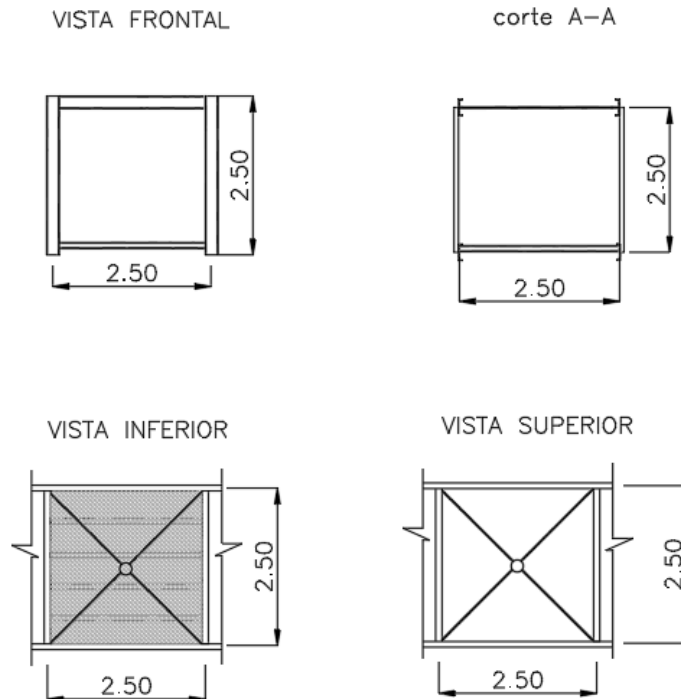


Imagen 52. Vistas del reticulado de la pasarela peatonal. Fuente: elaboración propia

10.2.3. Diseño geométrico

10.2.3.1 Reticulado vertical

Será encargado de tomar cargas gravitatorias. Están compuestos por cordones de perfiles metálicos tipo UPN 260, montantes LPN 89x89x9,2 y diagonales LPN 64x64x6,4. En la **imagen 53** se puede observar las secciones y la configuración geométrica de un módulo del puente peatonal.

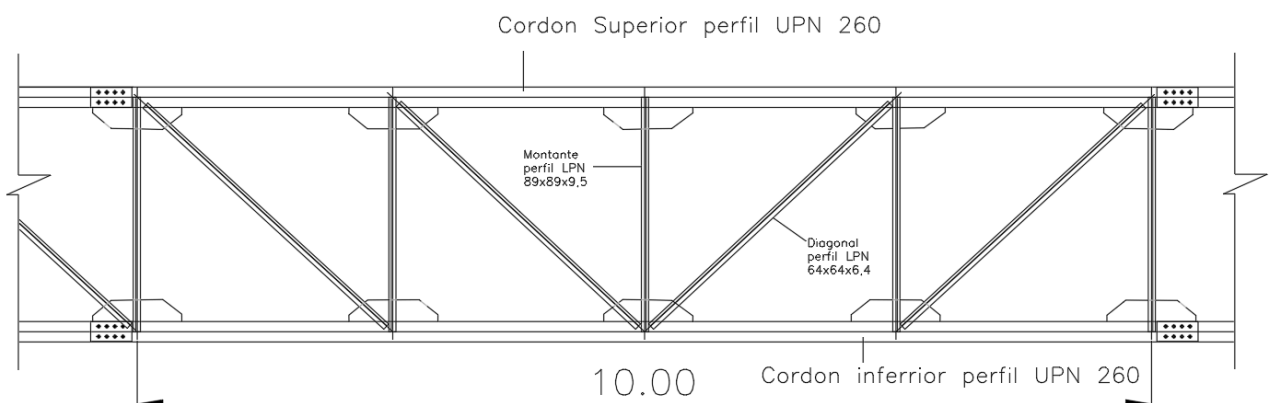


Imagen 53. Vistas del reticulado de la pasarela peatonal. Fuente: elaboración propia.

Los perfiles serán soldados en taller en módulos de 10 m, lo cual dan como resultado 3 módulos en el desarrollo total del puente como mencionamos anteriormente. También se debe mencionar que las uniones abulonadas solo corresponden a los cordones, en cuanto a las diagonales y montantes, estas serán soldadas in situ en donde corresponda la unión de los módulos. Se optó por soldar in situ para lograr una mejor continuidad en las piezas a ensamblar. La soldadura permite un menor mantenimiento ya que la misma permite una mejor continuidad en la estructuras y se pueden evitar problemas a futuro tales como la corrosión y el aflojamiento de los bulones por vibraciones.

10.2.3.2 Reticulado horizontal

Será el encargado de tomar las cargas horizontales provenientes del viento. En este apartado podemos distinguir dos tipos de reticulados horizontales: uno es el superior, compuesto por tensores de sección LPN 19x19x3,2 dispuestos en forma de cruz generando arriostramientos horizontales a los montantes y a su vez colaborando con la toma de cargas horizontales, las mismas serán absorbidas por los pórticos extremos del puente. Una observación respecto a este tipo de reticulado es que el mismo es a cielo abierto, es decir, no posee ningún tipo de revestimiento que sirva de cubierta para el puente. El otro reticulado horizontal es el inferior, el cual cumple las mismas funciones que el reticulado horizontal superior. Este está compuesto por perfiles tipo LPN 19x19x3,2 en cruz. Sobre los mismos se encuentra una estructura de soporte, la cual será el piso del puente peatonal por donde las personas circulan. Esta estructura de soporte tiene por finalidad dirigir las cargas superficiales consideradas hacia los nudos de los reticulados verticales, de esta forma se llega al comportamiento de un reticulado ideal, en el cual todos sus elementos están solicitados a esfuerzos axiales. La estructura de piso está compuesta por una serie de vigas con sección IPN 80, las cuales descansan sobre otras vigas de sección IPN 180, siendo estas últimas las encargadas de dirigir las cargas hacia los nudos del articulado vertical. Sobre el emparrillado de vigas antes mencionado se colocará un metal desplegado de una densidad de 11 kg/m², el cual sirve como superficie de terminación para la estructura de piso propuesta. En las **imágenes 54, 55 y 56** puede verse lo expresado anteriormente.

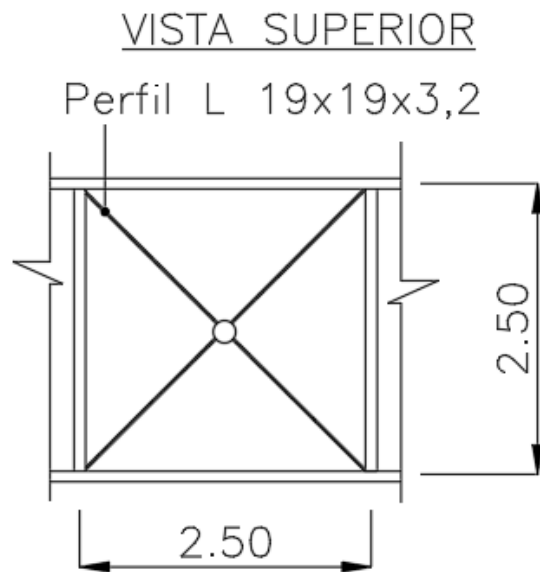


Imagen 54. Vista de reticulado horizontal superior. Fuente: elaboración propia.

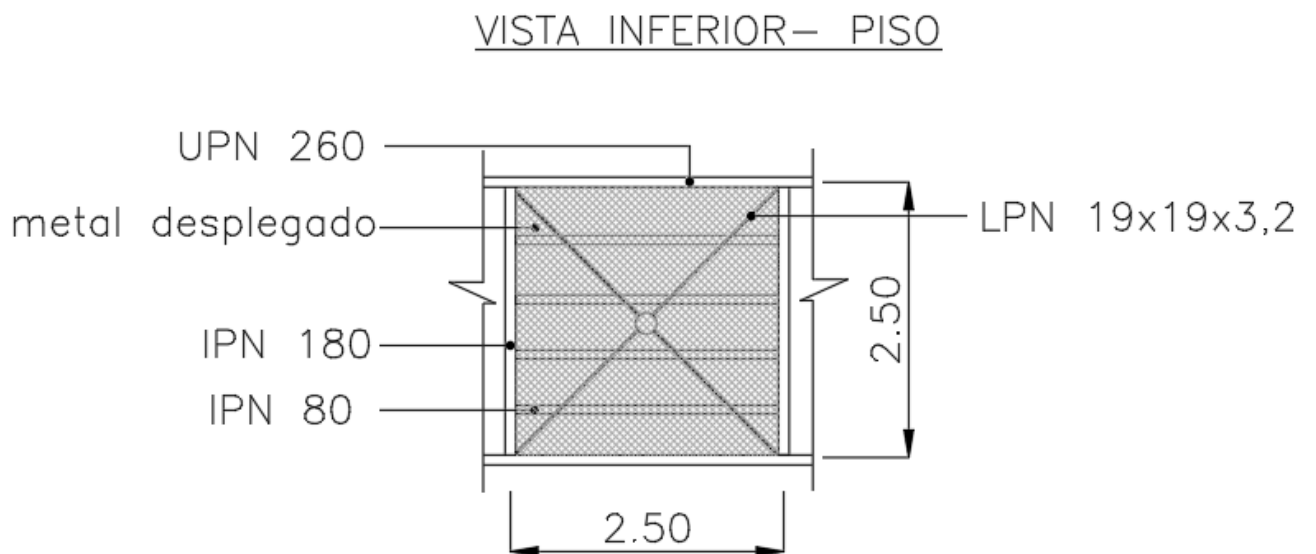


Imagen 55. Vista de reticulado horizontal inferior. Fuente: elaboración propia.

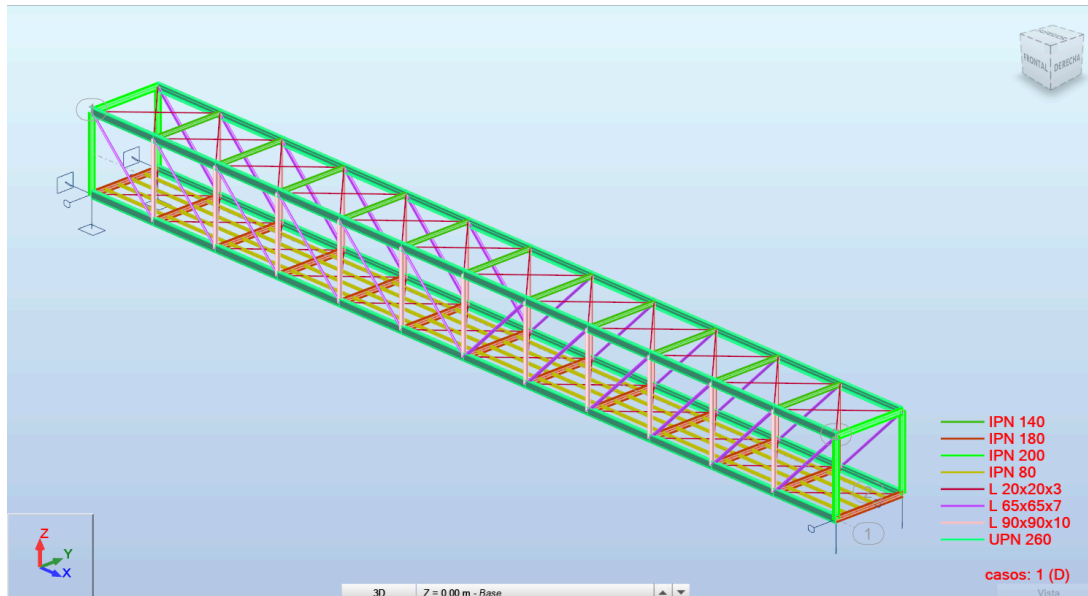


Imagen 56. Axonometría parcial del puente peatonal. Fuente: elaboración propia.

10.2.3.3 Cabezales de apoyo y de fundación

Estos sirven de apoyo para la pasarela peatonal, los mismos serán materializados en hormigón armado, estos deben tener una altura suficiente para que los mismos tengan una considerable rigidez para transmitir correctamente las cargas a las pilas del puente, las cuales descansan por debajo del cabezal. La geometría del mismo tiene las siguientes dimensiones: 260 cm x 100 x 60 cm. También se dimensionó los cabezales de fundación, estos tienen la función de transmitir las cargas de las pilas hacia los pilotes. Este último tiene la suficiente rigidez para transmitir de la manera más directa posible las cargas a los pilotes y sus dimensiones son las siguientes: 111 x 50 x 50 cm. En la **imagen 57** se pueden ver ambos cabezales, pilas y pilotes antes mencionados. El desarrollo del cálculo de las verificaciones correspondientes se encuentra en el anexo 3- Cálculo y diseño estructural (ver en 15 - Anexos).

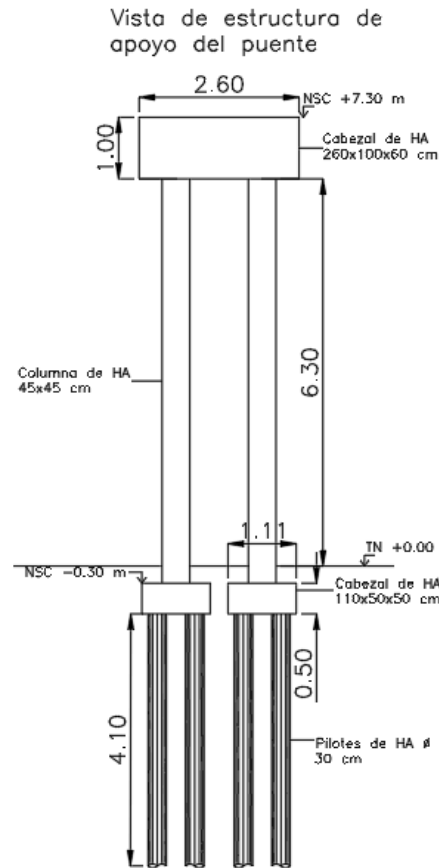


Imagen 57. Vista de estructura de apoyo del puente. Fuente: elaboración propia.

10.2.3.4 Acceso a la superestructura

Para el acceso a la pasarela peatonal se priorizo la eficiencia en el montaje del mismo. Dada la considerable altura a subir desde el nivel de acceso a nivel de piso de la pasarela se optó por elegir una escalera de hormigón armado prefabricado. Con la necesidad de minimizar el tiempo de ejecución para evitar interrupciones en la zona de emplazamiento, el sistema de industrialización permite un mayor control de calidad en la ejecución, esto genera una mayor seguridad en la uniformidad dimensional y la resistencia estructural requerida. Con este tipo de metodología constructiva se evita la utilización de encofrados en la obra. Cabe destacar que no se realizará un cálculo estructural de los elementos prefabricados ya que los alcances de este trabajo son a nivel de anteproyecto y escapa de nuestro alcance. Aun así se identificarán los elementos a utilizar, tales como escaleras y columnas de hormigón armado prefabricado. En la siguiente **imagen 58** mostramos un corte transversal a la RN A012 del lugar de emplazamiento del puente peatonal.

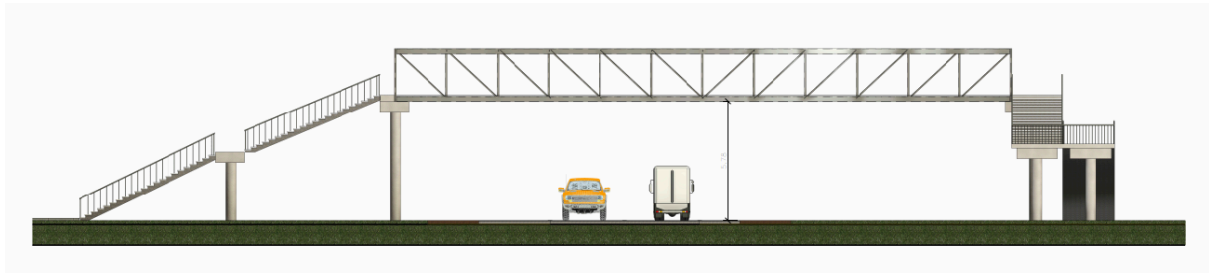


Imagen 58. Corte transversal de la RN A012. Fuente: elaboración propia.

10.3. Memoria de cálculo.

Se describe la metodología de cálculo del puente peatonal, sus cabezales de apoyo y sus fundaciones. Cabe destacar al presente lector que estos cálculos son a fines de un anteproyecto.

10.3.1. Cargas en consideración

10.3.1.1 Cargas verticales

- Peso propio de la estructura (DC): Dependerá de los elementos a utilizar en el reticulado de la pasarela peatonal, se incluirán en el software utilizado.
- Sobrecargas de uso (LS): Según AASHTO 4,3 Kn/m² sobre el área de influencia de la pasarela peatonal. También el CIRSOC 101 indica en la Tabla 4.1 un valor de 3 Kn/m². Como valor final se ha adoptado 4,3 Kn/m².

10.3.1.2 Cargas horizontales

- Acción del viento (W): Se calcula según el procedimiento analítico del **CIRSOC 102-"Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones"**, la pasarela peatonal corresponde a la sección de "otras estructuras", en este apartado se indica como es el cálculo de las acciones realizadas por el viento en la estructura.

10.3.1.3 Estados de cargas a analizar

ELU:

El reglamento CIRSOC 801 establece las combinaciones de cargas a considerar en el diseño del puente peatonal. Estos factores dependen de las acciones que se consideren, es decir, en el mismo reglamento especifica distintos tipos de acciones sobre la estructura clasificándolas como Resistencia I, Resistencia II, Resistencia III, Resistencia IV y Resistencia V. Las utilizadas en este proyecto serán:

- Resistencia I: Combinación de cargas básicas correspondiente al uso vehicular normal del puente, sin viento.
- Resistencia III: Combinación de cargas correspondiente al puente expuesto a vientos con velocidades superiores a 25 m/s.
- Resistencia IV: Combinación de cargas correspondiente a relaciones muy elevadas entre los efectos provocados por las cargas permanentes y los provocados por las sobrecargas.
- Resistencia V: Combinación de cargas correspondiente al uso del puente por parte de vehículos normales con una velocidad del viento de 25 m/s.

-DC: peso propio de los componentes del puente.

-LS: sobre carga viva.

-WS: viento sobre la estructura.

La fórmula para afectar a cada acción consta de ponderar las cargas con dos factores:

$$Q = \sum n_i \gamma_i Q_i$$

- n_i : modificador de las cargas especificado en el Artículo 1.3.2

- γ_i : factores de carga especificados en las Tablas 3.4.1-1 y 3.4.1-2.

- Q_i : solicitaciones de las cargas aquí especificadas.

El factor n_i se lo considera con un valor igual a 1, ya que según las especificaciones del CIRSOC 801 no coincide completamente con la estructura del puente peatonal.

En cuanto al factor γ_i depende del tipo de acción aplicada a la estructura, el CIRSOC 801 proporciona cuadros en los cuales se pueden obtener estos factores para cada tipo de carga. En la **tabla 22** se muestran los factores que el reglamento CIRSOC 801 nos proporciona para los casos de resistencia I y III.

Tabla 3.4.1-1. Combinaciones de cargas y factores de cargas

Combinación de cargas	Estado límite	DC DD DW EH EV ES EL PS CR SH	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	Usar sólo uno por vez				
											EQ (A definir por INPRES)	BL	IC	CT	CV
Resistencia I (a menos que se especifique lo contrario)	γ_p	1,75	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-	-
Resistencia II	γ_p	1,35	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-	-
Resistencia III	γ_p	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-	-
Resistencia IV	γ_p	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-	-	-	-
Resistencia V	γ_p	1,35	1,00	0,40	1,00	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-	-
Evento extremo I (A definir por INPRES)	γ_p	γ_{EQ}	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-
Evento extremo II	γ_p	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Servicio I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-	-
Servicio II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-	-	-	-
Servicio III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-	-
Servicio IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-	-	-	-
Fatiga I – sólo LL, IM y CE	-	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fatiga II – sólo LL, IM y CE	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 22. Factores de ponderación de cargas ELU .

Para las cargas permanentes DC el circosoc dice lo siguiente: “Al estudiar las Combinaciones de Carga de Resistencia I, III y V durante la construcción, los factores de carga para el peso de la estructura y accesorios, DC y PS, no deberá ser menor a 1,25.”

Entonces optamos de manera simplificada el factor de carga debido a cargas permanentes igual a $\gamma_p=1,25$.

Luego las combinaciones a tener en cuenta serán:

C1: 1,25 DC + 1,75 L

C2: 1,25 DC + 1,40 W

C3: 1,5 DC

C4: 1,25 DC + 1,25 L + 0,4W

C5: 0,9 DC + 1,35 L + 0,4W

ELS:

Para las combinaciones en servicio se tomará un factor igual a 1 de ponderación de las acciones.

C1S: DC + L + 0,4W

C2S: DC + 0,7W

C3S : DC + L

C3S: W

10.3.2. Análisis de cargas

Para que se pueda definir las secciones adecuadas para la pasarela peatonal, se deben calcular las solicitaciones a considerar y luego se verifica con un proceso iterativo las secciones propuestas hasta el momento. Como ya mencionamos anteriormente, las cargas respecto al peso propio de la estructura metálica será considerada por el software utilizado, en el presente proyecto se utilizó el software "Robot structural analysis".

10.3.2.1 Cargas verticales

Estas cargas serán dirigidas a los nudos del reticulado vertical, con el fin de respetar las hipótesis de reticulado ideal y aprovechar que sus elementos se encuentren solicitados a tracción o compresión pura, sin flexión. En la siguiente **tabla 23** se observa el análisis de cargas correspondiente al sistema de vigas paralelas que conforman la estructura de piso del puente peatonal.

Tabla 23. Cargas a considerar.

Carga sobre piso del puente		
Sobre carga s/ AASHTO		
L	4,3	Kn/m2
D (acero desplegado)	0,108	Kn/m2

Ancho de influencia de cada perfil	0,5	m
Carga repartida sobre la viga de piso (L)	2,15	Kn/m
Carga repartida sobre la viga de piso(D)	0,054	Kn/m

Tabla 24. Cargas a considerar.

Reacciones de cada viga			
R (L) total	5,375	kn	C/ apoyo
R (L) c/ apoyo	2,6875	kn	
R (D) total	0,135	kn	
R (d) c/ apoyo	0,0675	kn	
Peso propio lo calcula el software "Robot estructural"			

10.3.2.2 Cargas horizontales

Cargas horizontales (W): Estas cargas se calcularon mediante el método analítico del **CIRSOC 102- "Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones"**. El mismo especifica a los reticulados como estructuras "abiertas" en las

cuales el método de cálculo consiste en calcular una **fuerza F** equivalente actuando en la dirección del viento y en el baricentro de la estructura reticulada. Para la determinación de esta fuerza se deben tener en cuenta los datos expresados en la siguiente **tabla 25**.

Tabla 25. Datos de partida.

CARGAS DE VIENTO S/CIRSOC 102	
DATOS DE PARTIDA	
Ubicación	Rosario-Santa Fe
Características	Reticulado
	Categoría III
	Exposición C

A partir de estos datos se calculó la presión dinámica “qz” que ejerce el viento sobre la estructura reticulada del puente. Esta presión dinámica depende de factores relacionados a la topografía, factor de exposición, elevación en el terreno y de la direccionalidad del viento. En la **fórmula 1** se expresa la ecuación de cálculo de la presión dinámica “qz”. En la **tabla 26** y **tabla 27** se expresan los datos obtenidos para el cálculo de “qz”.

$$qz = 0,613 \cdot Kz \cdot Kzt \cdot Kd \cdot Ke \cdot V^2 \quad (1)$$

Donde:

-qz: presión dinámica del viento

-Kz: coeficiente de exposición

-Kzt: coeficiente topográfico

-Kd: coeficiente de direccionalidad del viento

-Ke: coeficiente de elevación

Tabla 26. Coeficientes de cálculo.

Parámetros	
Kzt	1
Ke	1
Kd	0,85
G	0,85
Cf	1,8
Kz	0,88
qz [Kn/m2]	1,57

Tabla 27. *Parámetros a considerar.*

datos geométricos			
z	5,5	m	
alfa	9,8	tabla 1.9-1	
zg	750	m	tabla 1.9-1
V	58,3	m/s	

Luego se procede al cálculo de la **fuerza F** antes mencionada a partir de los parámetros calculados:

$$F = qz \cdot G \cdot Cf \cdot Af \quad (2)$$

Donde:

-qz: presión dinámica del viento

-G: factor efecto rafaga

-Cf: coeficiente de fuerza

-Af: área efectiva de proyección normal al viento

Una vez que obtuvimos la fuerza resultante F, podemos distribuirla de forma equitativa en los cordones superiores e inferiores del puente. En la **tabla 28** se expresan los valores antes mencionados.

Tabla 28. *Cálculo de fuerza F.*

F	41,10	Kn
F por metro lineal	1,37	Kn/m
F / cada cordón	0,68	Kn/m

10.3.3. Adopción de perfiles

La verificación estructural de todos los elementos de este puente peatonal metálico se realizó en estricto cumplimiento con el **Reglamento CIRSOC 301- 2018**. Se utilizó el método de Estados Límites (LRFD) para asegurar que la capacidad resistente de la estructura sea adecuada para soportar las cargas de diseño (permanentes, sobrecargas peatonales, viento y sismo), garantizando así su seguridad y aptitud al servicio.

10.3.3.1 Montantes

Estos serán materializados con perfiles LPN 89x89x9,2 en todo el desarrollo del puente. Los mismos se verificaron trabajando a la máxima sollicitación de compresión posible de acuerdo a los estados de cargas considerados. El procedimiento para la

adopción de estos perfiles fue proponer una sección y luego verificarla a compresión. En la **tabla 29**. Se puede observar la sección verificada antes mencionada junto con sus valores máximos de solicitaciones. El desarrollo del cálculo de las verificaciones correspondientes se encuentra en el anexo 3- Cálculo y diseño estructural (ver en 15 - Anexos).

Tabla 29. Adopción de perfiles.

Montantes- SIEMPRE COMPRIMIDOS			
Carga	kN	Estado de carga	N° barra
Máxima Compresión (Pu)	98,80	1,25D + 1,75 L	123
Máxima Tracción (Tu)	0,69	1,5 W	123
Perfil adoptado	L 89x89x9,5		

10.3.3.2 Diagonales

Las mismas serán materializadas con perfiles LPN 64x64x6,4 en todo el desarrollo del puente. Estas secciones fueron verificadas con la máxima solicitación a tracción pura que pueden tener de acuerdo a las combinaciones de cargas consideradas. En la siguiente **tabla 30** se puede observar la sección adoptada con la correspondiente solicitación máxima. El desarrollo del cálculo de las verificaciones correspondientes se encuentra en el anexo 3- Cálculo y diseño estructural (ver en 15 - Anexos).

Tabla 30. Adopción de perfiles.

Diagonales- SIEMPRE TRACCIONADOS			
Carga	kN	Estado de carga	N° barra
Máxima Compresión (Pu)	-	-	-
Máxima Tracción (Tu)	166,00	1,25D + 1,75 L	106
Perfil adoptado	L 64x64x6,4		

10.3.3.3 Cordones

Los cordones metálicos UPN 260 (superior e inferior) en el puente reticulado son los elementos principales que resisten las fuerzas causadas por la flexión global del puente. En el análisis ideal, el cordón superior trabaja únicamente a compresión y el cordón inferior solo

a tracción, absorbiendo la gran mayoría de la tensión generada por las cargas. En la **tabla 31** y **tabla 32** se expresa la sección adoptada y la sollicitación máxima que le corresponde a cada cordón. El desarrollo del cálculo de las verificaciones correspondientes se encuentra en el anexo 3- Cálculo y diseño estructural (ver en 15 - Anexos).

Tabla 31. *Adopción de perfiles.*

Cordón superior			
Carga	kN	Estado de carga	N° barra
Máxima Compresión (Pu)	387,77	1,25D+1,75L	277
Máxima Tracción (Tu)	45,90	1,5W	277
Perfil adoptado	UPN 260		

Tabla 32. *Adopción de perfiles.*

Cordon Inferior			
Carga	kN	Estado de carga	N° barra
Máxima Compresión (Pu)	30,16	1,5 W	289
Máxima Tracción (Tu)	363,38	1,25D+1,75L	289
Perfil adoptado	UPN 260		

10.3.3.4 Reticulado horizontal

El puente incorpora reticulados horizontales de arriostramiento, dispuestos en forma de cruz o "X" y compuestos por perfiles livianos de sección LPN 19x19x3,2 , ubicados en los planos de los cordones. Estos elementos tienen la función crucial de garantizar la estabilidad lateral de la estructura frente a las cargas horizontales, principalmente el viento. Por su esbeltez, se diseñan para trabajar exclusivamente como tensores a tracción, de modo que en cada panel de la cruz, solo la diagonal que está siendo estirada resiste la fuerza lateral, transfiriendo eficientemente a los apoyos del puente mediante los pórticos extremos. En la **tabla 33** se muestran las solicitudes máximas a las que serán sometidas las diagonales. El desarrollo del cálculo de las verificaciones correspondientes se encuentra en el anexo 3- Cálculo y diseño estructural (ver en 15 - Anexos).

Tabla 33. *Adopción de perfiles.*

Tensores en "X"- Arriostramiento horizontal			
Carga	kN	Estado de carga	N° barra
Máxima Compresión (Pu)	-	-	-
Máxima Tracción (Tu)	20,83	1,25D+1,75L	289
Perfil adoptado	L 19x 19x 3,2		

También en este reticulado horizontal se encuentran los puntales por donde la carga de viento ingresa a los tensores. Los mismos están conformados por una sección IPN 80, trabajando a compresión. En la **tabla 34** se muestra la sección adoptada y el esfuerzo máximo al que estará trabajando. El desarrollo del cálculo de las verificaciones correspondientes se encuentra en el anexo 3- Cálculo y diseño estructural (ver en 15 - Anexos).

Tabla 34. *Adopción de perfiles.*

Montantes - Arriostramiento horizontal			
Carga	kN	Estado de carga	N° barra
Máxima Compresión (Pu)	14,73	1,5W	55
Máxima Tracción (Tu)	-	-	-
Perfil adoptado			

10.3.3.5 Sistema de vigas de piso

Estas vigas serán las encargadas de dirigir las cargas superficiales aplicadas en cada panel a los nudos del reticulado vertical, como mencionamos anteriormente. Las mismas estarán solicitadas a esfuerzos de momento flector y corte. La sección adoptada para estos elementos será de perfiles IPN 180. En la siguiente **tabla 35** se expresa la sección adoptada y las solicitaciones a las que estarán sometidas. El desarrollo del cálculo

de las verificaciones correspondientes se encuentra en el anexo 3- Cálculo y diseño estructural (ver en 15 - Anexos).

Tabla 35. *Adopción de perfiles.*

Vigas de apoyo para paneles de piso			
Carga	kN	Estado de carga	N° barra
Máximo Mf (Mu) [Kn m]	13,61	1,25D+1,75L	31
Máximo V (Vu) [Kn]	18,60	1,25D+1,75L	31
Perfil adoptado	IPN 180		

10.3.3.6 Porticos extremos

Los pórticos metálicos serán conformados por perfiles de sección IPN 200 que desempeñan una función crucial en el puente, particularmente en la resistencia lateral. Aunque la estructura reticulada principal (celosía vertical) está diseñada para soportar las cargas verticales y transferir eficientemente las fuerzas axiales a los apoyos, el viento puede ejercer una carga lateral significativa. Estos pórticos, que se ubican transversalmente entre las celosías verticales, actúan como elementos rígidos para captar esta presión del viento. La sección IPN 200 ofrece la rigidez y resistencia necesarias para este propósito. Al funcionar como marcos, absorben la fuerza horizontal y la redirigen, a través de los travesaños y arriostramientos, hacia los apoyos del puente (pilas y estribos), donde se disipan de forma segura. Los mismos estarán solicitados a y/o flexocompresión, es decir, esfuerzos de flexión y compresión actuando simultáneamente. En la siguiente **tabla 36** se puede observar la sección adoptada y a los esfuerzos que está sometida. El desarrollo del cálculo de las verificaciones correspondientes se encuentra en el anexo 3- Cálculo y diseño estructural (ver en 15 - Anexos).

Tabla 36. *Adopción de perfiles.*

Pórticos extremos			
Carga	kN	Estado de carga	N° barra
Máximo Mf (Mu) [Kn m]	20,00	1,5 W	29-44-124
Máximo V (Vu) [Kn]	16,70	1,5 W	29-44-124
Perfil adoptado	IPN 200		

10.3.4. Deformaciones

Las deformaciones verticales son las más evidentes y resultan principalmente de las cargas gravitacionales, incluyendo el peso propio de la estructura, las cargas permanentes y, crucialmente, la sobrecarga de uso (el peso de los peatones). Un control estricto de estas deflexiones es vital para evitar el fallo (Estado Límite Último) y, más comúnmente en pasarelas, para cumplir con los Estados Límite de Servicio. Las deformaciones horizontales son desplazamientos laterales que se deben principalmente a las fuerzas externas, siendo la más significativa la acción del viento (cargas transversales). Al igual que en el caso vertical, un control riguroso de estas deformaciones es necesario para garantizar la estabilidad lateral de la pasarela.

Para un puente metálico peatonal, los límites de deformación (flecha) se rigen por la Guía de Especificaciones para el Diseño de Puentes Peatonales de la AASHTO LRFD, tal como lo indica el Reglamento CIRSOC 801 – 2019 en su Artículo 2.5.2.6.2. Las exigencias expresan que tanto para deformaciones verticales como horizontales deben ser menores a $L/500$ en estructuras de un tramo. Esto arroja como resultado una deformación admisible de 6 cm. Además, por su parte, el reglamento CIRSOC 801 indica un límite más exigente de $L/1000$, el cual arroja un valor admisible de 3 cm (30 mm). Como criterio se optó en consideración el valor de deformación admisible más exigente de los antes mencionados. En la **imagen 59 y 60** se puede ver la deformación en milímetros (mm) que se obtuvo a través de un análisis por medio del software utilizado bajo cargas en servicio (ELS). Algo importante a mencionar es que a la estructura se le realizó una contraflecha para contrarrestar la carga del propio peso.

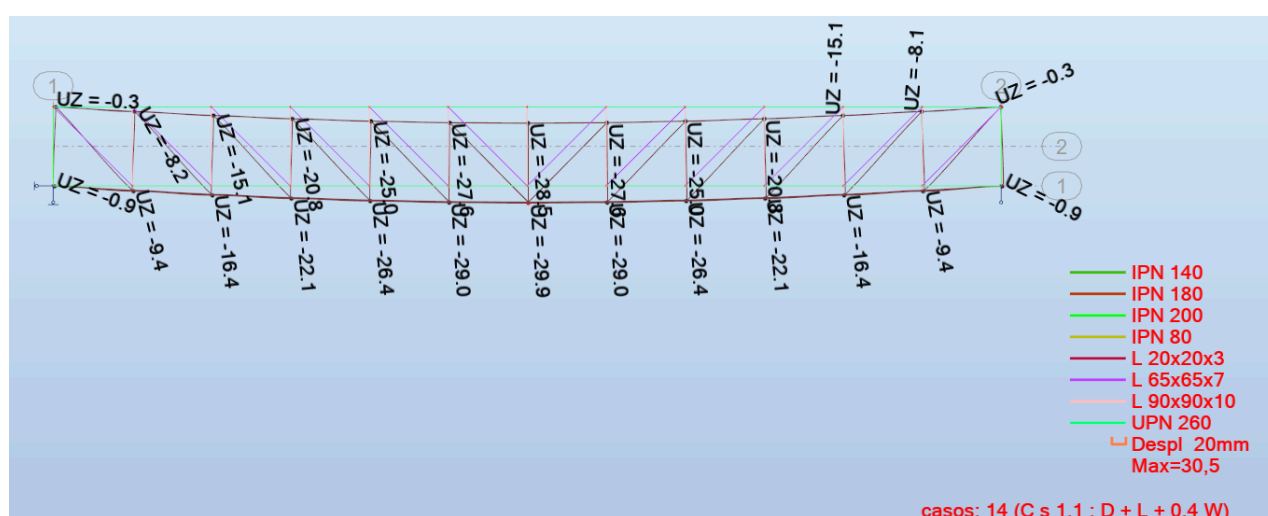


Imagen 59. Deformación vertical en estado ELS. Fuente: elaboración propia.

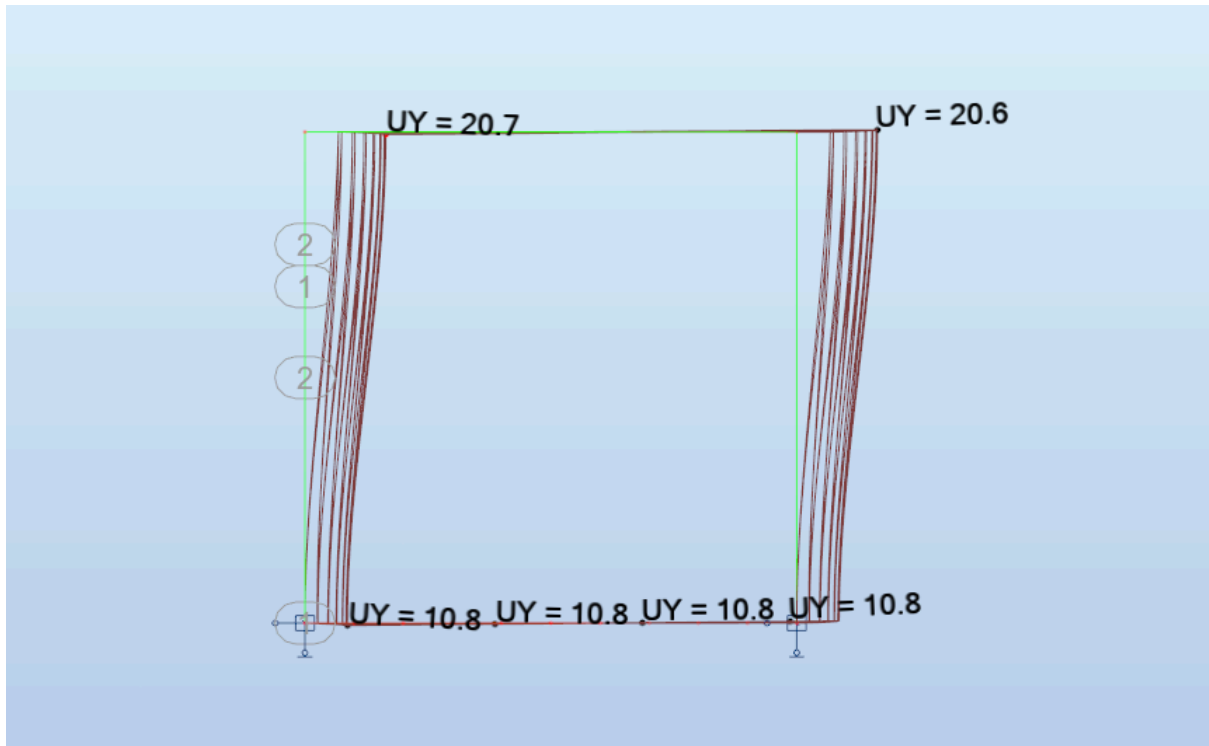


Imagen 60. Deformación horizontal en estado ELS. Fuente: elaboración propia.

En la **imagen 60** se muestra el pórtico de los extremos del puente peatonal, quedando en manifiesto su deformación.

Como podemos observar ambos desplazamientos están dentro del rango admisible de 30 mm.

10.3.5. Cabezales de apoyo

Los cabezales de apoyo del puente que soportan cordones de perfiles metálicos tipo UPN 260 son elementos estructurales fundamentales, diseñados como rígidos para asegurar una transferencia de cargas eficiente y uniforme desde la superestructura hacia la subestructura. En estos elementos, las grandes fuerzas concentradas de reacción de los apoyos, combinadas con la geometría robusta del cabezal, generan un campo de tensiones complejo en ciertas regiones de discontinuidad (Regiones D). Es en estas zonas donde el modelo de diseño tradicional basado en la teoría de flexión (aplicable a Regiones B) pierde validez. Es por eso que su cuantía de acero se dimensionó con el *método de las bielas*, el mismo es un procedimiento que sugiere el reglamento CIRSOC. Como primer paso se dimensiona el cabezal de apoyo teniendo en cuenta sólo las cargas verticales transmitidas por los cordones del puente y la escalera de hormigón prefabricado, ambos descansan sobre este cabezal. Una vez que se ha dimensionado la armadura principal del cabezal para resistir el Estado Límite Último (ELU) de cargas verticales (reacciones y peso propio), se procede a la verificación de su capacidad y estabilidad estructural. Esta verificación se

realiza considerando al cabezal como un pórtico o marco rígido, evaluando su comportamiento y respuesta estructural ante la acción simultánea de las cargas verticales de gravedad y las cargas horizontales (viento). En la siguiente **imagen 61** se observa el método de las bielas propuesto y en la **tabla 37** el dimensionamiento de la armadura según la tracción máxima.

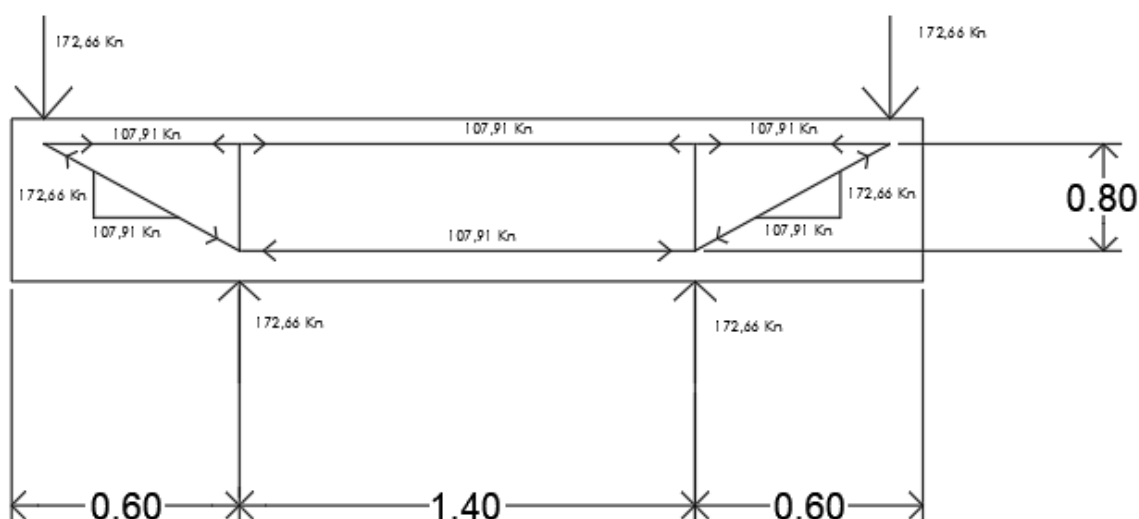


Imagen 61. Método de las bielas para cabezal de apoyo. Fuente: elaboración propia.

Tabla 37. Armadura cabezal.

Armadura superior del cabezal		
Tu	107,91	Kn
ϕ_t	0,75	
$A_s = T_u / \phi_t F_y$	6,12	cm ²
Adopto	4 Ø 16	

Luego, como se mencionó anteriormente se verifica el cabezal actuando como un pórtico de regla rígida frente a cargas horizontales, empotrando las pilas en el cabezal de apoyo. Para esto se modeló el pórtico en el software *Robot structural analysis* y así obtener las solicitaciones máximas de momento flector. Una vez obtenidos los momentos flectores máximos, se verifica el cabezal como un elemento rígido de región tipo D por medio del procedimiento desarrollado por el **cuaderno 240**. En la siguiente **tabla 38** se observa la verificación correspondiente, luego en la **imagen 62** se detalla el diagrama de momentos flectores del pórtico antes mencionado.

Tabla 38. Armadura cabezal.

Análisis del cabezal por medio del cuaderno 240			
h	1	h/l	0,38
l	2,6		
Mu	48,95	kn m	
Zs	0,708	m	
ZF	0,708	m	
Tu	69,17	Kn	

Considerando las cargas verticales y las horizontales actuando en simultáneo el pórtico presenta un momento flector de doble signo en la regla del mismo con un valor de 48,95 kN m. Este momento es generado por un traccion Tu multiplicado por su brazo de palanca elástico. El valor de Tu es de 69,17 kN, el cual es menor comparado con el valor que se obtuvo por el método de las bielas (107,91). Por este motivo es que el cabezal resiste a cargas verticales como también a las horizontales trabajando como un pórtico de regla rígida. Este cabezal será armado con acero ADN 420 en su parte inferior y superior, cubriendo los momentos máximos en los dos extremos del mismo.

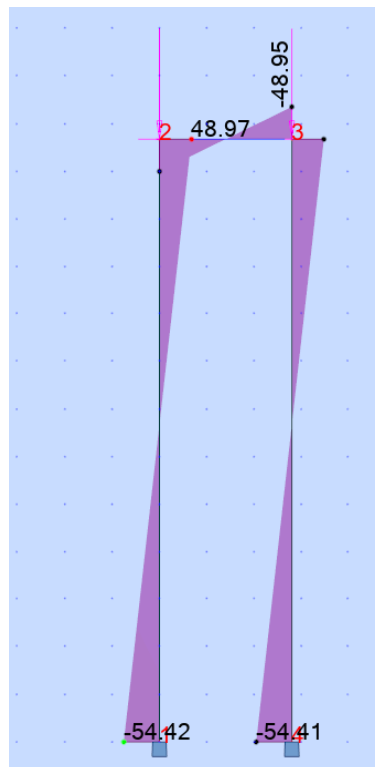


Imagen 62. Esfuerzos de momento flector del pórtico rígido. Fuente: elaboración propia.

10.3.6. Pilas del puente

Las pilas de hormigón armado de 45 x 45 cm que forman parte de la subestructura del puente son elementos clave solicitados principalmente a flexocompresión. Dada su esbeltez inherente y la naturaleza de las cargas que soportan (tanto axiales por peso y reacciones, como momentos flectores por excentricidades y acciones horizontales). Para el dimensionamiento y verificación de la armadura requerida en estas secciones, se aplicó rigurosamente el método de los momentos amplificados, según lo estipulado en el reglamento argentino CIRSOC 201. Este enfoque de diseño incrementa los momentos flectores de primer orden por un factor de amplificación que captura los efectos de la deformación lateral de la pila, garantizando así que la sección posea la resistencia adecuada para los estados límites últimos (ELU) bajo las condiciones de carga más críticas. Para saber si es aplicable el dimensionamiento teniendo en cuenta los efectos de segundo orden debemos verificar si el pórtico es considerado desplazable o pórtico no desplazable. En la **tabla 39** se expresa tal verificación.

Tabla 39. Verificación de pórtico.

Clasificación del pórtico		
delta	0,71	cm
Pu	245,4	kn
Vu	16,3	kn
Lu	360	cm
Q	0,030	
Q < 0,05?	SI	
Pórtico no desplazable		

Como el pórtico resulta no desplazable, el dimensionamiento se realiza despreciando las deformaciones horizontales del pórtico. Luego en la **tabla 40** se realiza la verificación de esbeltez de las pilas. Posteriormente se procede al dimensionamiento de las mismas a través de los diagramas de interacción.

Tabla 40. *Diseño de columnas.*

Diseño de columnas: estado de cargas vertical + horizontal		
P u c/ columna	245,40	Kn
Hormigón	H 25	
K	0,65	
L	630	cm
lado 1	45	cm
lado 2	45	cm
A	2025	cm ²
I x	341718,75	cm ⁴
r	12,99	cm
λ	31,52	<100
λ lim	34,00	y no > 40
$\lambda < \lambda$ lim ?	no esbelta	col. corta
M1	-48,95	Kn m
M2	-54,41	Kn m
Diagramas de iteración		
Pu max	245,40	Kn
Mu max	-54,41	Kn m
Coeficiente 'γ'	0,84	
Normal 'n'	1,21	MPa
Momento 'm'	-0,6	MPa
Cuantía por diagrama	menor a 0,01	
Cuantía adoptada	0,01	
Area armadura	20,25	cm ²
Adopto	12 Ø 16	
Estribos	Ø 6 c/ 25 cm	

10.3.7. Fundaciones

10.3.7.1 Cabezal de fundación

Los cabezales de fundación diseñados para este puente peatonal cumplen la función crítica de transferir las cargas concentradas de cada una de las dos pilas hacia los elementos de soporte de fundición. Como el cabezal se considera nuevamente un elemento rígido, se siguen los lineamientos descritos en el punto 10.3.5. El mismo fue dimensionado por el método de las bielas para la carga máxima en estado límite último (ELU) que viaja por cada una de las pilas. En la **imagen 63** se puede observar el sistema propuesto.

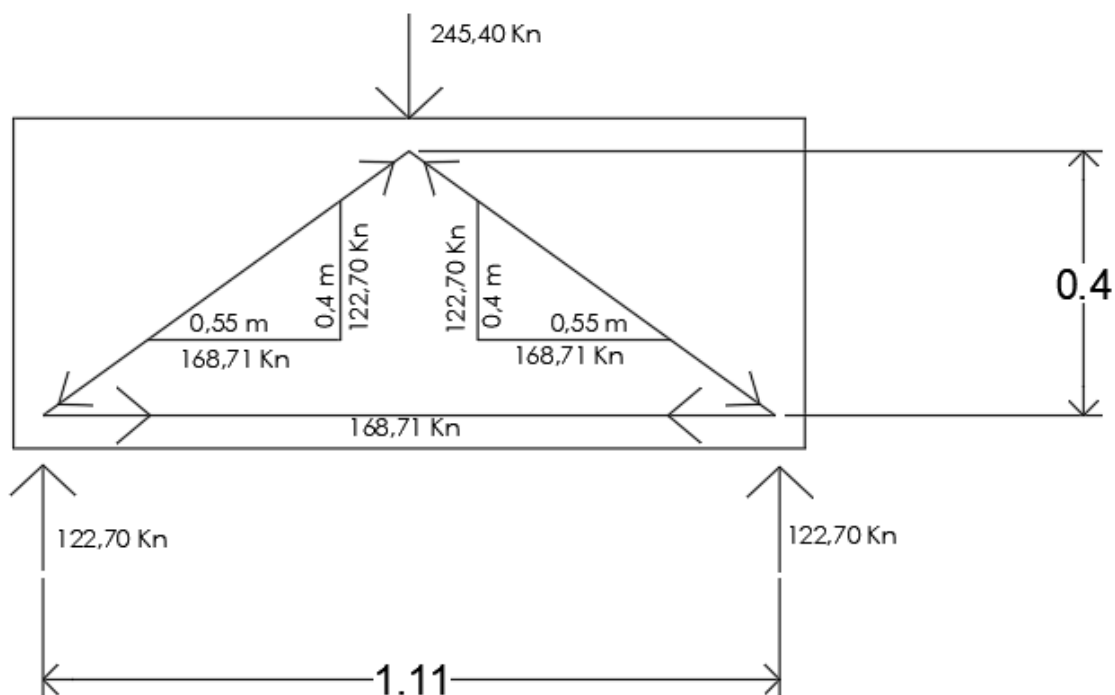


Imagen 63. Esfuerzos de momento flector del pórtico rígido. Fuente: elaboración propia.

Una vez que se obtuvo el esfuerzo de tracción máximo, se procede a calcular las armaduras correspondientes. En la **tabla 41** se puede observar la armadura calculada.

Tabla 41. Armaduras cabeza.

Dimensionamiento del cabezal de fundación		
Pu tot c/ columna	245,40	Kn
Armadura inferior del cabezal		
Tu	168,71	Kn
ϕ_t	0,75	
$As = Tu / \phi_t F_y$	9,57	cm ²
Adopto	4 Ø 20	

10.3.7.2 Pilotes

10.3.7.2.1 Geometría de los pilotes

La longitud de un pilote en estado de cargas de servicio (o Estado Límite de Servicio, ELS) se determina basándose principalmente en la capacidad portante admisible del terreno. A diferencia del cálculo a rotura (Estado Límite Último, ELU), donde se utilizan factores de mayoración de carga y minoración de resistencia, en el ELS se trabaja con las

cargas reales sin mayorar. Se estima la longitud necesaria para movilizar la resistencia por punta (Q_p) y la resistencia por fuste (Q_f) del pilote en función de las propiedades geotécnicas del suelo (cohesión, ángulo de fricción, nivel freático, etc.), hasta que la suma de ambas iguale la carga de servicio aplicada (P_s). Crucialmente, la longitud final se fija garantizando que el asentamiento total del pilote bajo la carga de servicio no exceda el asentamiento máximo diferencial o total que la superestructura del puente (cabezal y pila) puede tolerar sin sufrir daños o comprometer su funcionalidad. En la siguiente **tabla 42** se expresa la capacidad portante del suelo.

Tabla 42. Estratos de suelo.

FUNDACIONES		
Datos de estudio de suelo		
	Q adm fuste [Kn/m2]	Q p [Kn/m2]
Estrato 1 : 1,20 m	68,96	526,50
Estrato 2: 2,00 m	91,8216	526,50
Estrato 3 : 1,50 m	57,97	526,50

Luego, se propone un diámetro de pilote a considerar en el cálculo, para este proyecto, consideramos dos pilotes de 30 cm de diámetro. Una vez propuesto el diámetro se procede a calcular en relación a la profundidad de los estratos la capacidad portante de este pilote. Para este proyecto no se consideró la resistencia por punta de los pilotes, ya que el suelo es de gran capacidad portante y con solo considerar la resistencia por fricción, la profundidad de los mismos resulta razonable. En la siguiente **tabla 43** se puede observar la capacidad de un pilote en los tres estratos.

Tabla 43. Carga admisible.

Estrato	N f [Kn]	N f acum [Kn]	N p [Kn]	C max
1,2	78,00	78,00	no considero	78,00
2	173,08	251,08	no considero	251,08
1,5	81,95	333,03	no considero	333,03

Finalmente se adopta un pilote de 30 centímetros de diámetro y 4,10 metros de profundidad. En la **tabla 44** se puede observar la verificación del pilote sumándole el peso propio del mismo.

Tabla 44. Verificación de pilote.

VERIFICACIÓN DEL PILOTE PROPUESTO		
PP pilote	7,25	Kn
Ps c/ pilote + PP	90,75	Kn
Capacidad pilote	251,08	Kn
Verifica?	SI	

10.3.7.2.2 Dimensionamiento de armaduras

El dimensionamiento de las armaduras de los pilotes se realiza en un estado límite último (ELU). Las cargas que bajan de las pilas son absorbidas en partes iguales por los pilotes. Estos son elementos a compresión y se encuentran confinados por el suelo, por lo que no se considera el pandeo de los mismos. En la **tabla 45** se observa el dimensionamiento y adopción de armaduras.

Tabla 45. Dimensionamiento de armaduras.

DIMENSIONAMIENTO DE ARMADURAS		
Pu columna	245,40	Kn
Pu c/ pilote	122,7	Kn
Ag necesaria (pilote)	6,60	cm2
Ag adoptada (pilote)	706,86	cm2
Adopción de armaduras		
0,01 Ag necesaria	0,066	cm2
0,005 Ag adoptada	3,53	cm2
As	3,534	cm2
Adopto 4 Ø 12		
Estribos 1 Ø 6 c /19 cm		

10.4. Verificación de la frecuencia natural del puente.

Para puentes destinados principalmente a peatones o bicicletas, la verificación de la frecuencia es crítica para evitar problemas de vibración por resonancia con el paso de los usuarios. Según la Guía AASHTO (referenciada por el CIRSOC 801) la frecuencia natural del puente debe ser mayor a 3 Hz para evitar problemas de vibración y discomfort por parte de los usuarios. Este límite se establece para evitar la resonancia con el primer armónico inducido por las personas al caminar.

La Guía AASHTO proporciona una fórmula **(3)** para calcular de manera aproximada la frecuencia natural del puente, cabe aclarar que esta fórmula sólo es válida para puentes peatonales.

$$f = 2,86 \cdot \ln(180/W) \quad \textbf{(3)}$$

Donde:

W : peso del puente en Kips.

f Frecuencia natural del puente.

Del software utilizado se obtuvo el peso de la estructura, el cual arrojó un valor de 18,09 Kips. Luego reemplazando en la fórmula **(3)** anterior:

$$f = 2,86 \cdot \ln(180/18,09) = 6,57 \text{ Hz} \quad \textbf{(4)}$$

Resultando en una frecuencia natural del puente de 6,57 Hz , valor ampliamente mayor a 3 Hz, lo que asegura que el puente no entra en resonancia bajo cargas peatonales. De esta forma se garantiza un buen confort del puente en servicio.

11. IDENTIFICACIÓN DE DIMENSIÓN AMBIENTAL

El objetivo central en este enfoque es garantizar que el desarrollo de la infraestructura del parque industrial no sólo fomente el crecimiento económico local y regional, sino que también minimice los impactos ambientales y promueva la equidad social. Las obras de construcción de la circulación interna, el puente peatonal y la reorganización general del parque son analizadas a la luz de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), sirviendo estos como un marco de referencia global para medir el impacto y la contribución del proyecto a un futuro más sostenible. Específicamente, se examina la contribución a la construcción de infraestructuras resilientes y la promoción del trabajo decente.

11.1. Impactos durante el proceso de intervención.

La construcción de las obras como las de circulación interna, acceso al parque industrial, puente peatonal y la reorganización del parque en general generan impactos negativos temporales.

11.1.1. Componente suelo

- Modificación del suelo: La construcción de las nuevas calles, bases y cimentaciones del puente implica la remoción de la capa vegetal (si existe).
- Contaminación de suelos en la etapa constructiva: Posibles derrames accidentales de combustibles, lubricantes, pinturas y otros químicos utilizados para la maquinaria pesada para ejecutar la obra.

11.1.2. Componente aire y contaminación acústica

- Contaminación del aire: El movimiento de tierras, las excavaciones, compactaciones y circulación de camiones generan emisiones de polvo y partículas en suspensión, afectando la calidad del aire local, en especial días de viento.

- Contaminación acústica y vibraciones: El uso de maquinaria pesada (excavadoras, aplanadoras, camiones, retro pala, etc) producen ruidos y vibraciones intensas que pueden afectar a las industrias ya instaladas en el parque industrial.

11.1.3. Componente de recursos y residuos

- Generación de residuos de construcción y demolición: Se generará un volumen considerable de residuos inertes (tierra, escombros, hormigón, etc) y no inertes (madera, plásticos de embalaje, metales). Esto tiene un riesgo si no se trata mediante una gestión de separación y disposición final de los materiales utilizados.
- Aumento de tráfico y congestión: El constante ingreso y egreso de camiones para el transporte de materiales y escombros generará un aumento temporal del tráfico y riesgo de accidentes en las vías de acceso al parque.

11.2. Impactos negativos en la fase de operación (post-intervención).

Una vez finalizadas las obras, la ampliación efectiva del parque y la nueva dinámica que genera pueden traer impactos si no se monitorean algunas cuestiones.

11.2.1. Componente hídrico y emisiones

- Mayor demanda de servicios: El crecimiento de la superficie industrial, facilitado por la reorganización, incrementa la demanda de agua y energía. Esto conlleva a una exigencia y presión sobre la infraestructura de servicios públicos de la región.
- Impermeabilización del suelo: En la etapa operativa, con lo dicho en el ítem anterior, genera una impermeabilización y eso se traduce en un cambio en la escorrentía del agua en la superficie de la zona a intervenir, lo que sucede es que se reduce la capacidad de infiltración del agua en el terreno natural, lo que produce un aumento en la escorrentía superficial del agua en el suelo, favoreciendo a problemáticas como el riesgo de inundación en la zona y aguas abajo de ella.

- Aumento del potencial de efluentes industriales: La ampliación facilita la radicación de más empresas, lo que a su vez incrementa el volumen total de efluentes líquidos y posiblemente, la generación de residuos peligrosos.
- Incremento de gases de efecto invernadero: El aumento de la actividad industrial y del tráfico de camiones y vehículos de empleados generará un aumento permanente de las emisiones de GEI, contribuyendo al cambio climático a nivel global, aunque de forma menor a nivel local.

11.3. Medidas de mitigación

11.3.1. Fase de construcción

Estas medidas se enfocan en controlar y minimizar los efectos adversos generados por las obras realizadas del parque industrial.

- Contaminación de suelos: recurrir a recipientes de contención y barreras de absorción cerca de la zona de acopio de combustibles y lubricantes para evitar derrames.
- Contaminación del aire: utilizar riegos y humectación de las superficies en su preparación para evitar la suspensión de partículas.
- Contaminación acústica: limitar el uso de maquinaria pesada ruidosa a los horarios diurnos permitidos por la normativa municipal.
- Generación de residuos: implementar un plan de gestión de residuos que exija la separación de materiales (hormigón, metales, tierra) en la propia obra. Priorizar la reutilización del material excavado (tierra) y la valorización de escombros como áridos.

11.3.2. Fase post-construcción

- Aumento de escorrentía y riesgo de inundaciones: integrar sistemas de drenaje urbano sostenible, como pavimentos permeables en zonas específicas o la creación de cunetas y jardines de lluvia, para favorecer la infiltración del agua de lluvia.
- Mayor presión en los servicios: establecer un requisito para la radicación de nuevas empresas que incluya la presentación de un plan de uso eficiente del agua y la energía, promoviendo el uso de tecnologías de bajo consumo y energías renovables.

- Aumento de efluentes industriales: desarrollar un reglamento ambiental interno que obligue a todas las empresas a realizar el pretratamiento de sus efluentes (líquidos) dentro de sus parcelas, antes de la descarga al sistema colector general, y realizar monitoreos periódicos de la calidad del vertido.
- Gases de efecto invernadero: el puente peatonal ya es una medida clave, pero se debe complementar con la instalación de bicicleteros seguros y la promoción del uso compartido del vehículo entre los trabajadores.

11.4. Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son un llamado universal adoptado en 2015 por las Naciones Unidas que consiste en 17 metas globales interconectadas diseñadas para ser logradas antes del año 2030. Estos objetivos, también conocidos como Agenda 2030, buscan abordar los principales desafíos del mundo, centrándose en tres pilares: el desarrollo social (como acabar con la pobreza y garantizar la salud y educación), la prosperidad económica y la protección ambiental (como la acción por el clima y la conservación de la vida submarina), con el fin último de lograr un futuro más sostenible y equitativo para todas las personas.

11.4.1. ODS 9: Industria, innovación e infraestructura

Este objetivo es el que más directamente está relacionado con la naturaleza del proyecto. En cada ODS hay metas que se proponen cumplir al momento de realizar un proyecto.

- Meta 9.1 (Infraestructuras sostenibles): Se destaca que el proyecto está alineado con la construcción de infraestructuras resilientes, sostenibles y de calidad (calles, puente peatonal, zona de servicios, acceso vial). Estos elementos son fundamentales para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano en el parque industrial.
- Meta 9.2 (Industrialización inclusiva y sostenible): Se considera que la reorganización del parque y la mejora de la infraestructura buscan promover una industrialización inclusiva y sostenible, al optimizar el espacio y las condiciones operativas para las empresas.

- Meta 9.4 (Modernización): Se entiende que la intervención busca modernizar las infraestructuras existentes y futuras del parque industrial, procurando que el diseño y la ejecución se realicen bajo criterios de sostenibilidad y eficiencia de recursos.

11.4.2. ODS 3: Salud y bienestar

El puente peatonal impacta en la seguridad de las personas.

- Meta 3.6 (Accidentes de tráfico): Se analiza que la construcción del puente peatonal por sobre la RN A012 tiene como objetivo principal reducir el número de lesiones y muertes causadas por accidentes de tráfico en esa zona crítica, contribuyendo directamente a la salud y bienestar de los usuarios.

11.4.3. ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico

La mejora del entorno industrial tiene un efecto indirecto en las condiciones laborales y el desempeño económico.

- Meta 8.5 (Empleo pleno y productivo): Se considera que la mejora de la infraestructura y la reorganización del parque industrial crean condiciones que favorecen un crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, lo que, a su vez, apoya el logro del empleo pleno y productivo y la seguridad en el trabajo dentro de las instalaciones.

11.4.4. ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles

La intervención en el parque industrial, aunque no es una "ciudad", impacta directamente en la calidad del entorno y la movilidad de las personas.

- Meta 11.2 (Sistemas de transporte): Se observa que la construcción del puente peatonal y las nuevas calles contribuye a proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, accesibles y sostenibles, mejorando la seguridad vial de los peatones que acceden al sitio, lo cual es fundamental para una movilidad sostenible.

12. CONCLUSIONES

El desarrollo del presente proyecto para la ampliación del Parque Industrial Roldán (PIR) permite establecer una solución integral a las problemáticas de infraestructura, seguridad vial y gestión hídrica identificadas en la zona. A su vez, se promueve el desarrollo comercial de la misma, en donde se busca trascender más allá de la actividad industrial al proponer un sector que fomente el desarrollo comercial y la calidad de los espacios públicos.

La proyección de un nuevo ingreso principal en la RN A012, junto al diseño de los carriles de aceleración y desaceleración, resuelven el riesgo de los giros actuales en la ruta dominada por el tránsito pesado. Esta intervención, sumada al puente peatonal de 30 metros de luz, garantiza un entorno seguro tanto para la logística industrial como para los trabajadores que deben cruzar la ruta hacia el área de servicios.

El diseño del sistema de drenaje, que incluye albañales, canales y un reservorio, asegura el cumplimiento de las normativas vigentes al no incrementar el caudal pico volcado a la cuenca del arroyo Ludueña tras la impermeabilización del suelo.

El diseño de la red vial interna del PIR representa un avance crítico en la funcionalidad privada del predio, permitiendo una transición eficiente entre la logística pesada y la seguridad de los usuarios. Se logró resolver la problemática de las maniobras de retroceso para camiones mediante la implementación de calles pavimentadas y un trazado que garantiza la continuidad de los manzaneros existentes.

La rasante de las calles internas fue diseñada en estricta coordinación con el sistema de drenaje, utilizando pendientes longitudinales y transversales para dirigir de la forma más eficiente la escorrentía superficial hacia los albañales y al canal perimetral.

Para concluir finalmente, el proyecto de ampliación del Parque Industrial Roldán (PIR) constituye una propuesta de ingeniería integral que transforma un sector consolidado de baja planificación en un nodo logístico y productivo de alta eficiencia y seguridad. Mediante el reordenamiento de la circulación interna con pavimentos rígidos de alta resistencia y el diseño de un nuevo acceso estratégico sobre la RN A012, se logra optimizar el flujo de transporte pesado y mitigar los riesgos de siniestralidad vial para trabajadores y peatones. Este desarrollo se complementa con una gestión hídrica responsable dentro de la Cuenca del Arroyo Ludueña, garantizada por un reservorio de detención de 24.240 m³ que neutraliza el impacto de la impermeabilización del suelo. Finalmente, la integración de áreas de servicios y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), posicionan al parque como una infraestructura resiliente, capaz de traccionar el crecimiento económico regional bajo estándares modernos de sostenibilidad y bienestar humano.

13. BIBLIOGRAFÍA

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). *Guía de especificaciones para el diseño de puentes peatonales (LRFD Guide Specifications for the Design of Pedestrian Bridges)*.
- Basile, P. A., Riccardi, G., & Stenta, H. (s.f.). *Derivación y parametrización de curvas IDR para Rosario, Casilda y Zavalla (Santa Fe, Argentina)*. Universidad Nacional de Rosario.
- Basile, P. A., Zimmermann, E., Riccardi, G., & Stenta, H. (2010). *Derivación de curvas intensidad-duración-recurrencia (IDR) para las ciudades de Casilda y Zavalla, Santa Fe, Argentina*. Recuperado de: https://www.fceia.unr.edu.ar/curiham/es/wp-content/uploads/2018/11/Pedro-Abel-Basile_Taller-lluvias-2012.pdf
- Chow, V. T. (1994). *Hidráulica de canales abiertos*. McGraw-Hill.
- Decreto Provincial N° 4841/12. *Reglamentación de aspectos ambientales*.
- Dirección Nacional de Vialidad (DNV). (2010). *Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial*.
- Dirección Nacional de Vialidad. (s.f.). *Clasificación de Tránsito*. Recuperado de: http://transito.vialidad.gob.ar:8080/SelCE_WEB/clasificacion.html
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). *Reglamento CIRSOC 101: Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y Sobrecargas Mínimas de Diseño para Edificios y Otras Estructuras*.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). *Reglamento CIRSOC 102: Acción del Viento sobre las Construcciones*.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). *Reglamento CIRSOC 301: Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para Edificios*.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). *Reglamento CIRSOC 801: Reglamento Argentino para el Diseño de Puentes Carreteros*.
- Ley Provincial N° 11.730. *Régimen de uso de bienes situados en zonas inundables* (2000).
- Ley Provincial N° 13.246. *Estabilización de la Cuenca del Arroyo Ludueña* (2011).
- Ley Provincial N° 13.740. *Ley de Aguas de la Provincia de Santa Fe* (2018).
- Ministerio de Obras Públicas / Instituto Nacional del Agua (INA). (s.f.). *Plan de Manejo Hídrico Roldán*. Recuperado de: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_manejo_hidrico_rolდან.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_manejo_hidrico_rolدان.pdf)
- Ministerio de Transporte de la Nación. (s.f.). *Corredor E - Libro 3: Especificaciones Técnicas*. Recuperado de: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/corredor_e_-_libro_3.pdf
- Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible: Industria, innovación e infraestructura*. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>
- Orsolini, H. E., Zimmermann, E. D., & Basile, P. A. (2017). *Hidrología: Procesos y Métodos* (4ta edición).
- Pagota, M., Martínez, P., Raffaelli, J. P., Bolcatto, N., & Páramo, J. A. (2023). *Material de apoyo: Cátedra Transporte I* (Revisión 2023). Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario.

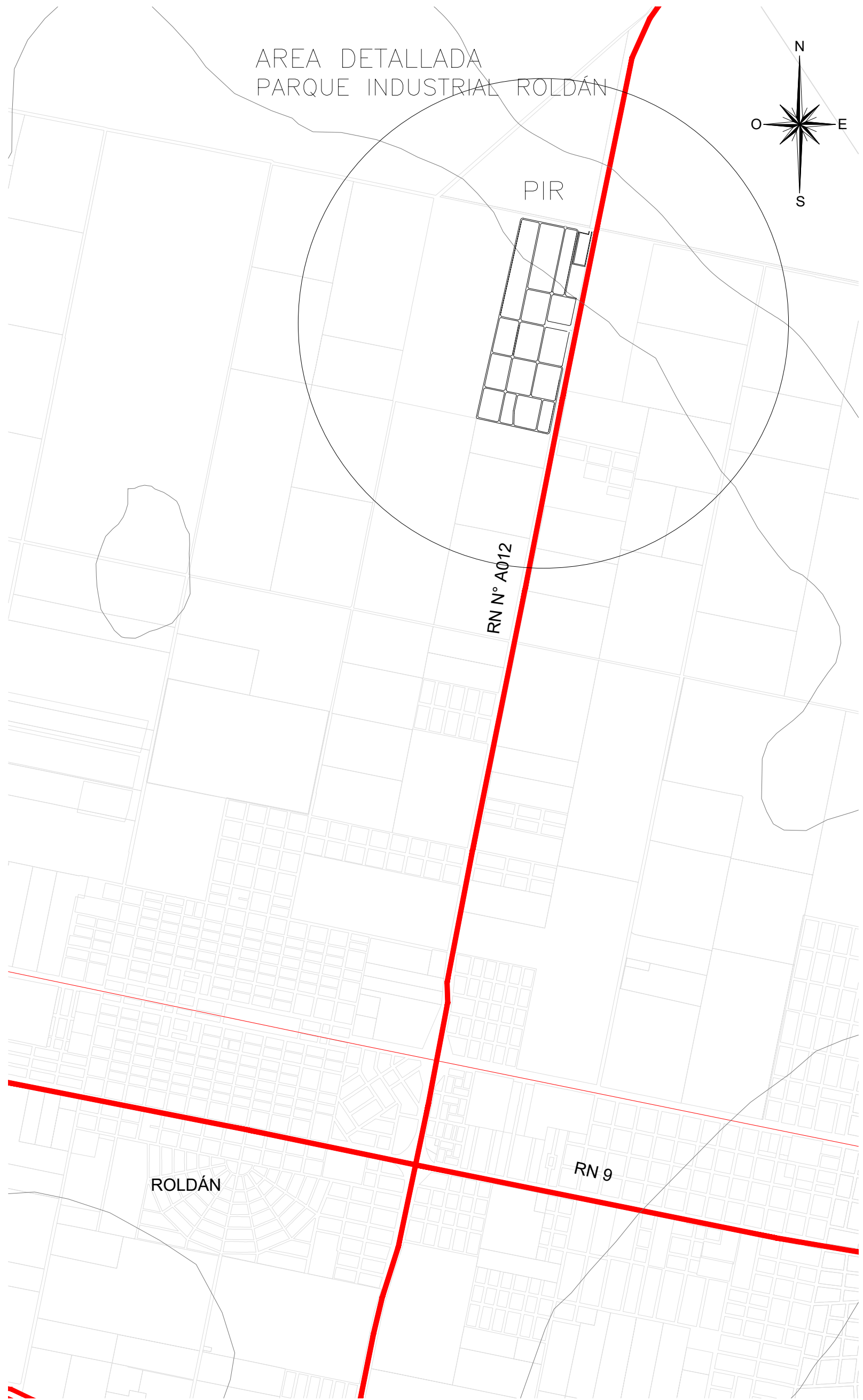
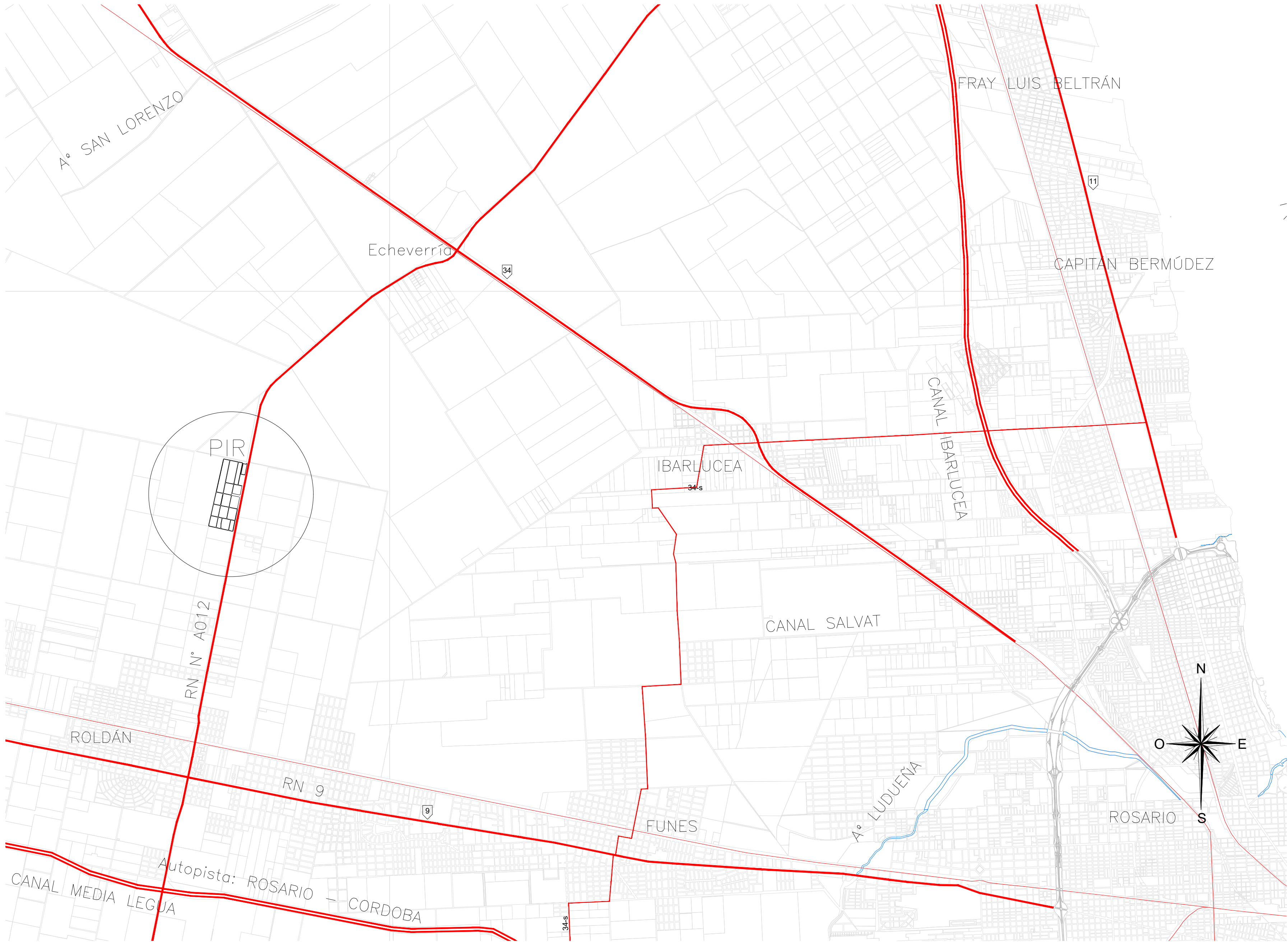
- Riccardi, G. (2004). *Embalses urbanos. Hidrología en medios antropizados*. Rosario.
Recuperado de:
https://aulavirtual.fio.unam.edu.ar/pluginfile.php/323806/mod_folder/content/0/HMA_Cap11.pdf

14. LEGAJO DE PLANOS

PROVINCIA DE SANTA FE



GRAN ROSARIO

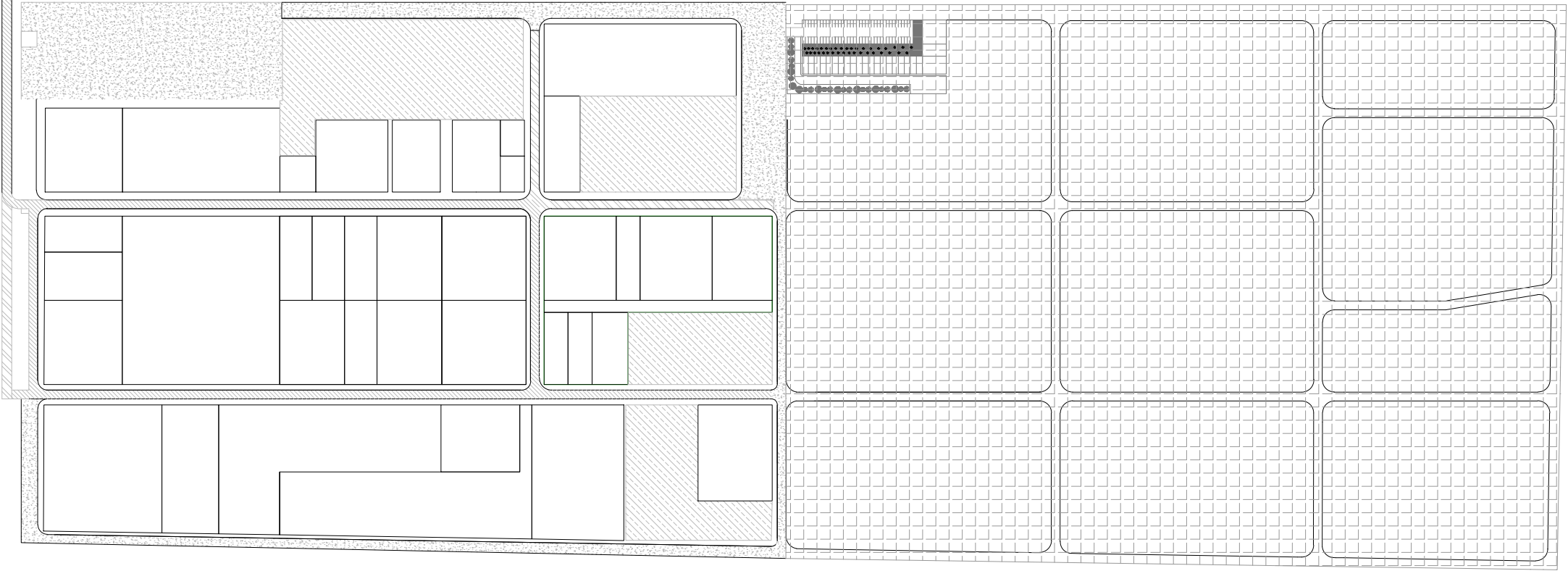


LISTADO DE PLANOS:

LAYOUT

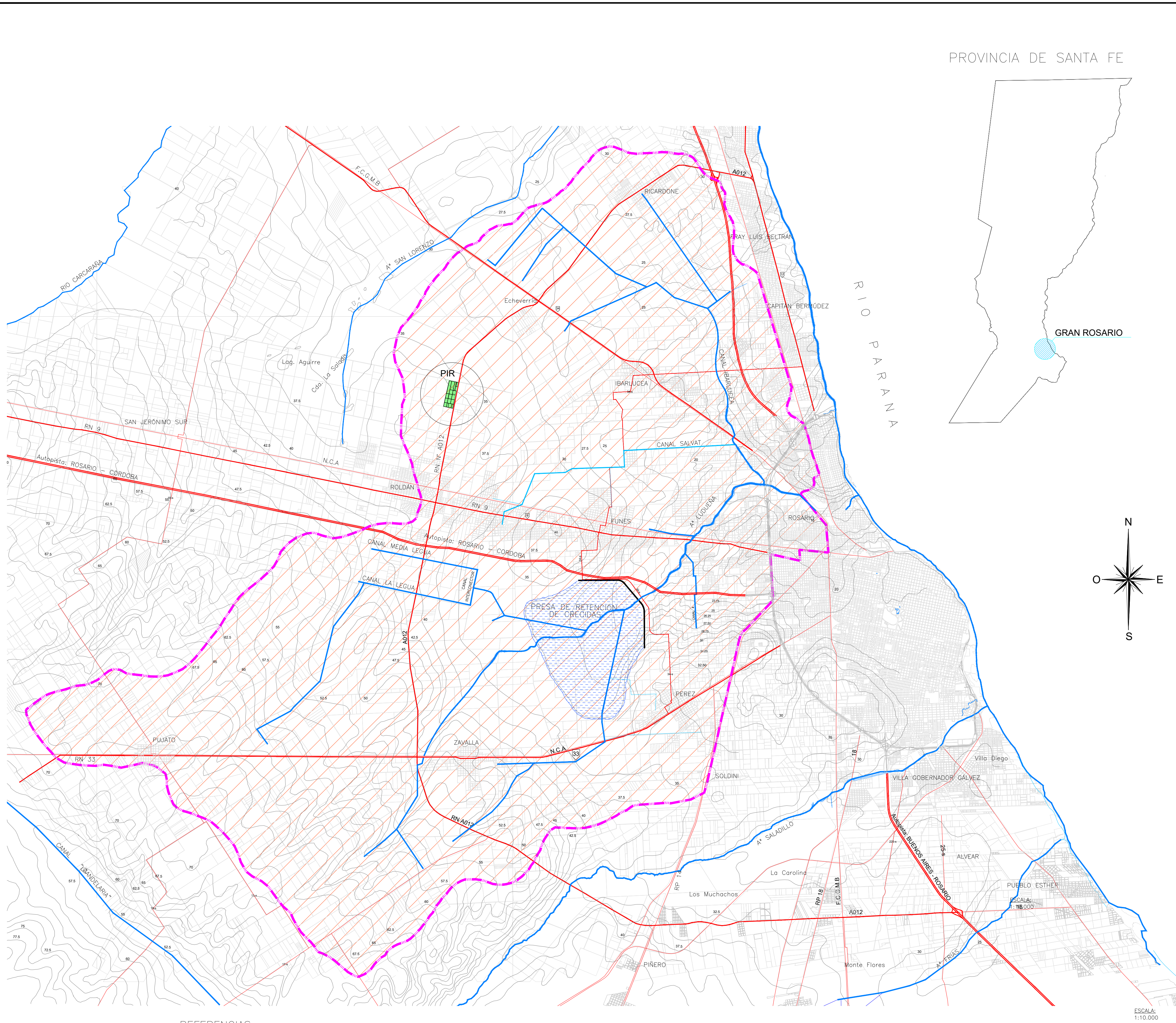
- PLANO UBI 01
PROYECTO HIDRAULICO
PLANO HID-01 (UBICACION DEL PARQUE EN LA CUENCA)
PLANO HID-02 (CUENCA Y SUBCUENCA DE APOORTE)
PLANO HID-03 (DESAGUE DEL PIR Y RESERVORIO)
PLANO HID-04 (PERFIL LONGITUDINAL DE CUNETAS DE RN A012)
PROYECTO DE INGRESO PRINCIPAL
PLANO ING-01 (INGRESO PRINCIPAL DE PIR)
PLANO ING-02 (GARITA DE ACCESO)
CIRCULACION INTERNA
PLANO CIRC.INT-01 (SITUACIÓN ACTUAL DEL PIR)
PLANO CIRC.INT-02 (PLANIMETRIA DE CIRCULACION INTERNA)
PLANO CIRC.INT-03 (PERFILES TRANSVERSALES Y DESAÑES)
PLANO CIRC.INT-04 (PLANIMETRIA DE CALZADAS ACOTADAS Y DESAGÜES)
PLANO CIRC.INT-05 (PLANIMETRIA DE CALZADAS ACOTADAS Y DESAGÜES)
PLANO CIRC.INT-06 (PLANIMETRIA DE CALZADAS ACOTADAS Y DESAGÜES)
PLANO CIRC.INT-07 (PLANIMETRIA DE CALZADAS ACOTADAS Y DESAGÜES)
PLANO CIRC.INT-08 (PLANIMETRIA DE CALZADAS ACOTADAS Y DESAGÜES)
PLANO CIRC.INT-09 (PLANIMETRIA DE CALZADAS ACOTADAS Y DESAGÜES)
PLANO CIRC.INT-10 (DISEÑO DE JUNTAS)
PLANO CIRC.INT-11 (DISEÑO DE JUNTAS)
DISEÑO ARQUITECTONICO
PLANO ARQ-01 (PLANTA DE TECHO ÁREA DE SERVICIOS)
PLANO ARQ-02 (ARQUITECTURA ÁREA DE SERVICIOS)
PLANO ARQ-03 (AXONOMETRIA ÁREA DE SERVICIOS)
PROYECTO ESTRUCTURA
PLANO EST-01 (ESTRUCTURA DE PUENTE PEATONAL)-(PASARELA PUENTE PEATOAL)
PLANO EST-02 (ESTRUCTURA DE PUENTE PEATONAL)-(DETALLE DE UNIONES)
PLANO EST-03 (ESTRUCTURA DE PUENTE PEATONAL)-(VISTAS LAT Y TRANV)
PLANO EST-04 (ESTRUCTURA DE PUNETE PEATONAL)-(ARMADURAS DE CABEZAL Y PILOTES)

LAYOUT PIR



REFERENCIAS:

- Calles pavimentadas
- Calles con estabilizado granular
- Sector sin intervención (imposibilidad de circulación vehicular)
- Lotes vacantes
- Proyecto de ampliación



- REFERENCIAS
- PARQUE INDUSTRIAL ROLDÁN
 - CUENCA DE APORTE ARROYO LUDUEÑA A=740 km²
 - SUB-CUENCA NORTE
 - SUB-CUENCA SUR
 - LIMITE DE CUENCA DE APORTE ARROYO LUDUEÑA
 - CURSOS DE AGUA
 - RUTAS NACIONALES Y PROVINCIALES / FFCC
 - CURVAS DE NIVEL
 - ESPEJO DE AGUA PRESA ARROYO LUDUEÑA

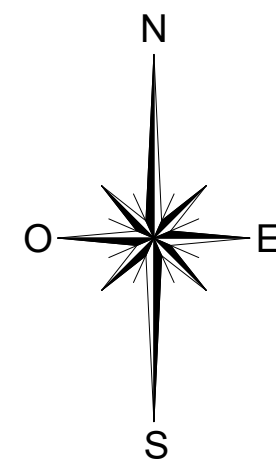
NOTAS:

- * ESTE PLANO ES ADAPTACIÓN DEL PLANO CROQUIS DE UBICACIÓN E ÍNDICE DE PLANOS DE LA DIRECCIÓN PROVINCIAL DE PROTECCIÓN URBANA CONTRA INUNDACIONES (2011)
- * LAS COTAS ESTÁN REFERIDAS AL CERO DEL IGN

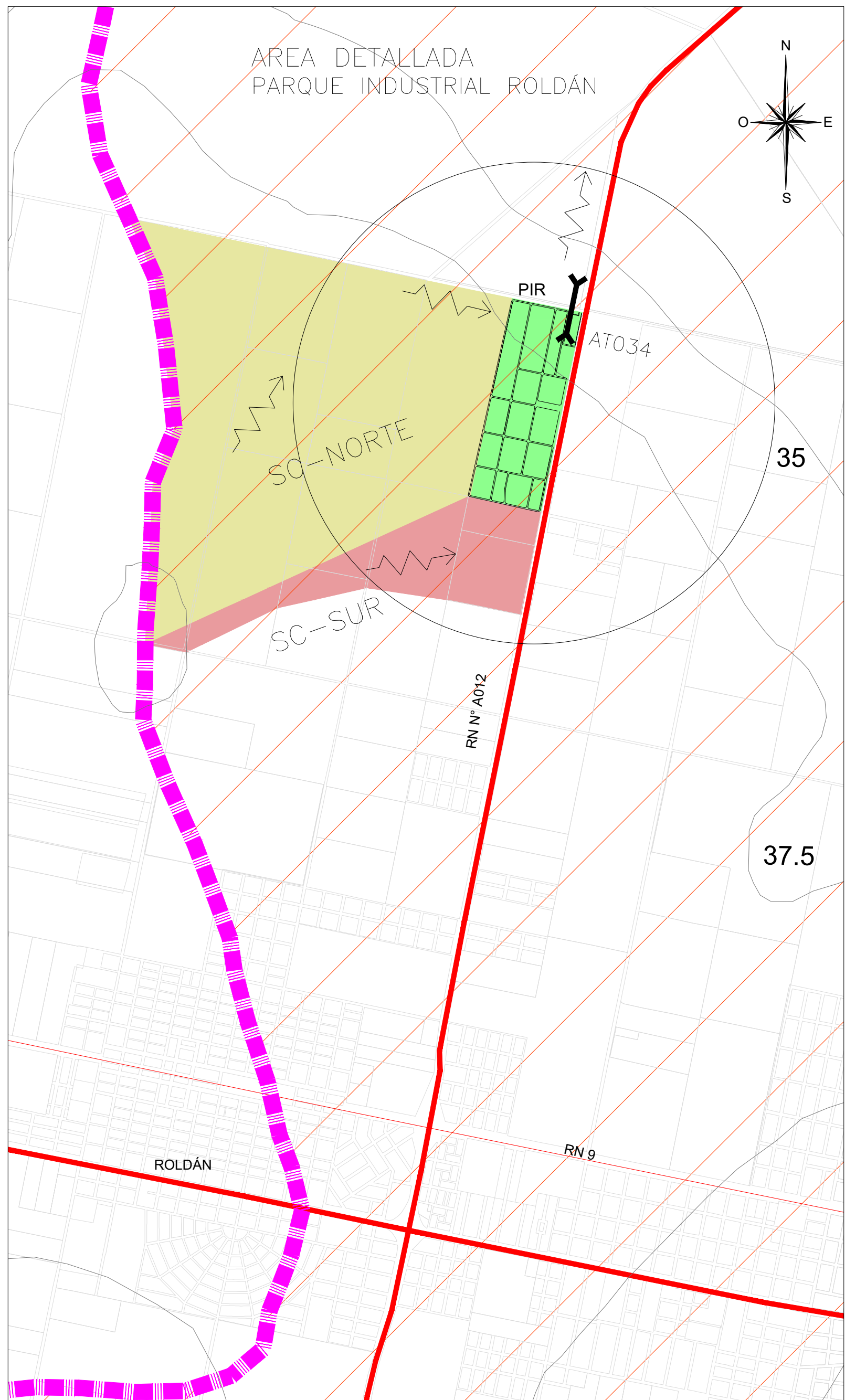
PROVINCIA DE SANTA FE

RIO PARANA

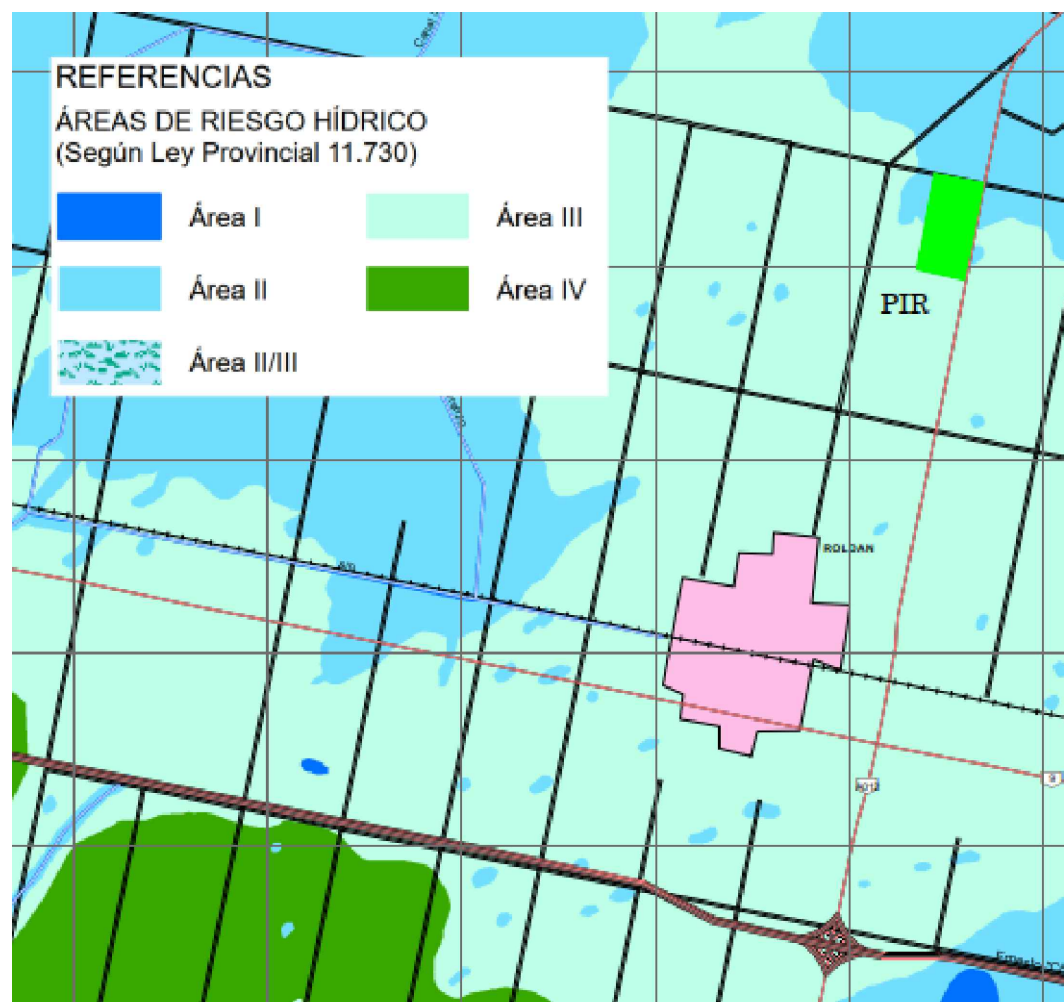
GRAN ROSARIO



ESCALA:
1:10.000



CATEGORIZACIÓN DE AREA SEGÚN LEY 11.730
PARQUE INDUSTRIAL ROLDÁN

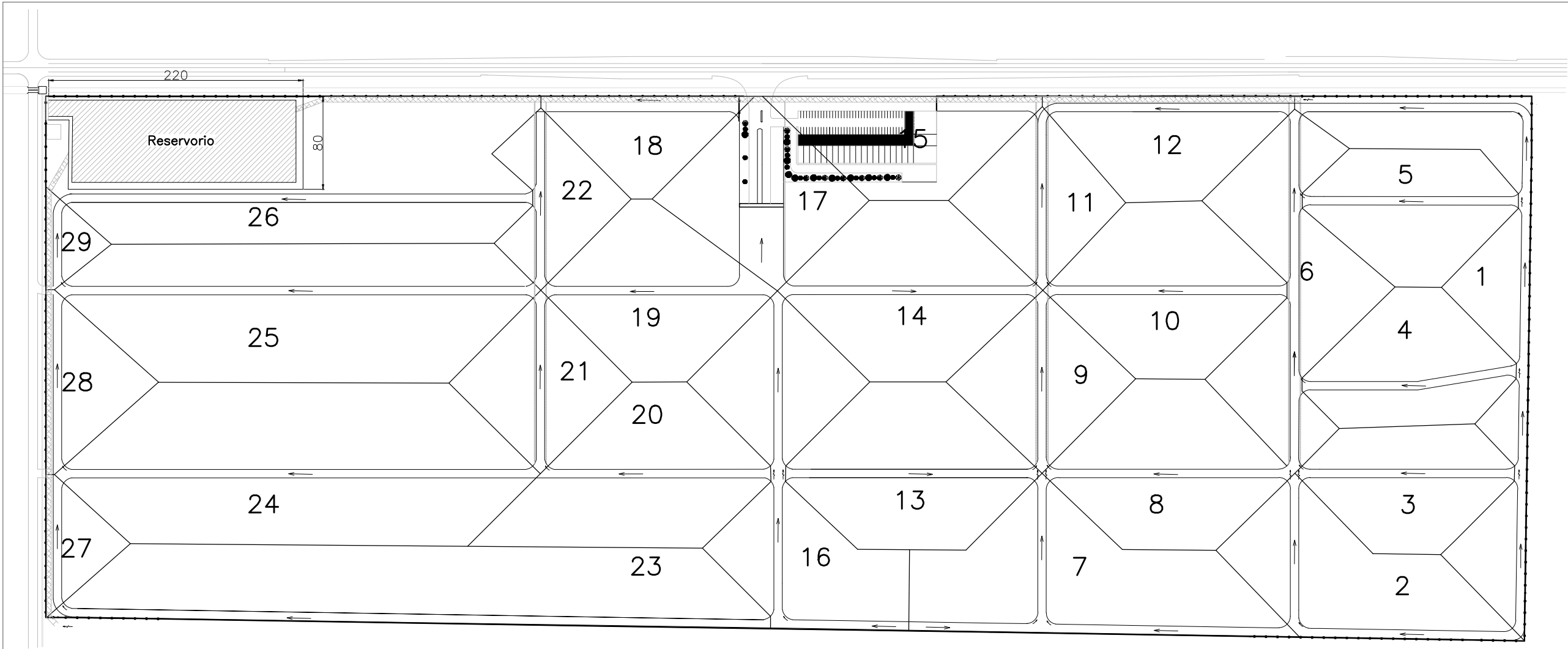


OBRA:
PARQUE INDUSTRIAL ROLDÁN
PLANO:
CROQUIS DE UBICACIÓN EN LA CUENCA
CATEGORÍA:
PROYECTO IV
PROYECTISTAS:
BOCHATAY, Alvaro - CASTAGNINO, Esteban - TRIMARCO, Nicolás - VALIENTI, Lucas

ESCALA:
INDICADAS

PLANO N°:
HID-01





NOTAS:

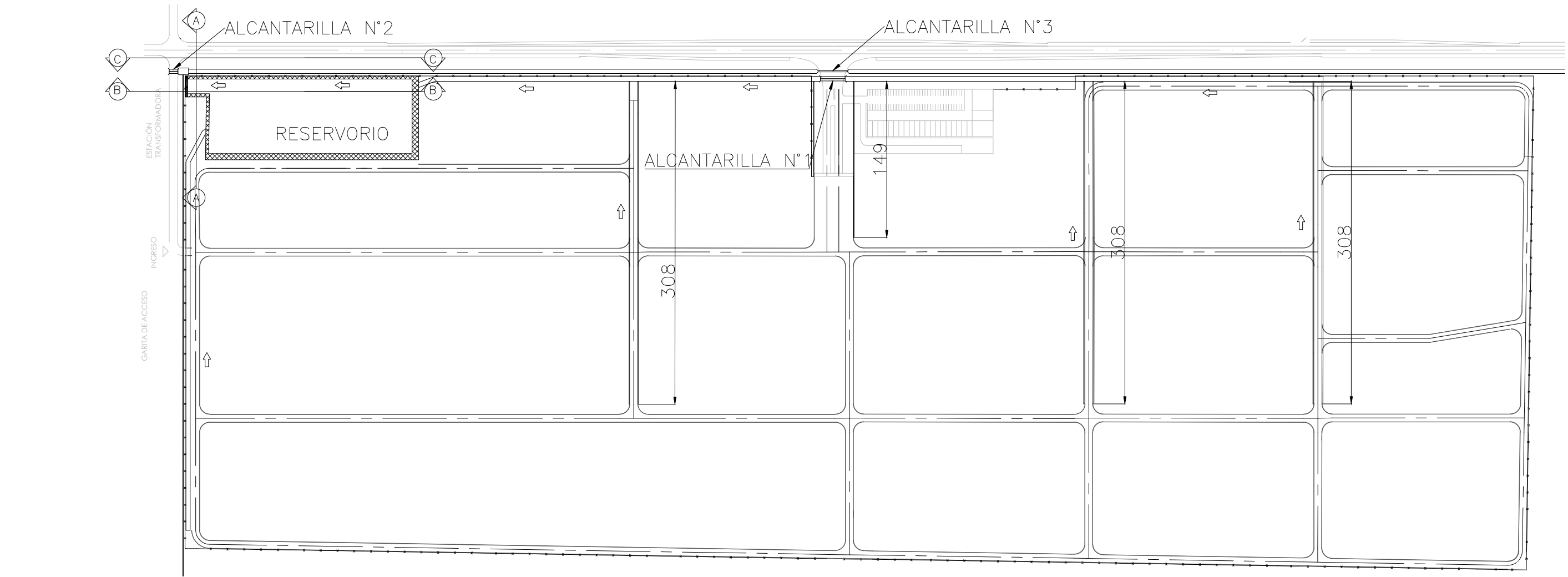
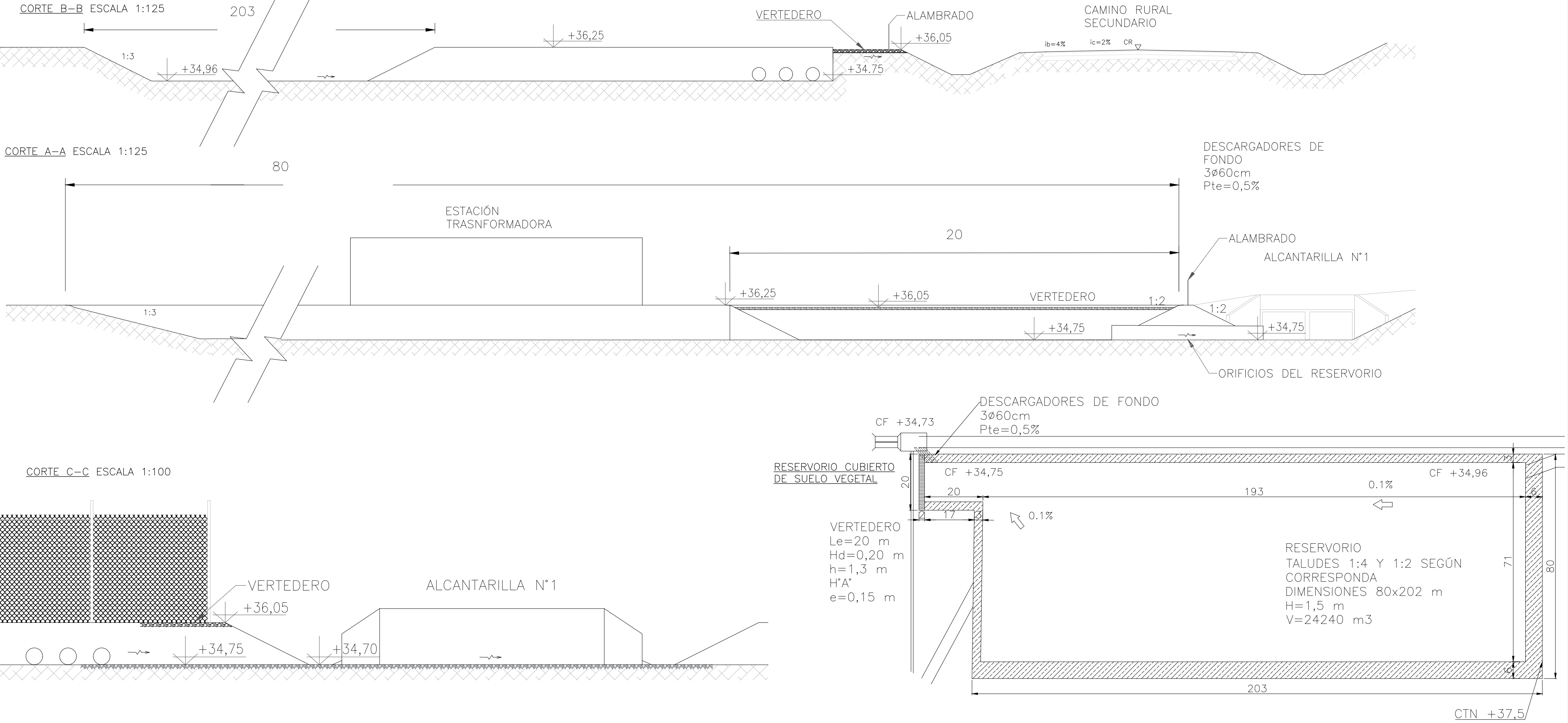
- * LAS COTAS ESTAN REFERIDAS AL CERO DEL IGN
- * PARQUE INDUSTRIAL ROLDÁN 616.800 m2

REFERENCIAS

- SC-NORTE: 3,03 km2
- SC-SUR: 1,14 km2
- LIMITE DE CUENCA DE APOORTE ARROYO LUDUEÑA
- CURSOS DE AGUA
- RUTAS NACIONALES Y PROVINCIALES / FFCC
- SENTIDO DE ESCURRIMIENTO

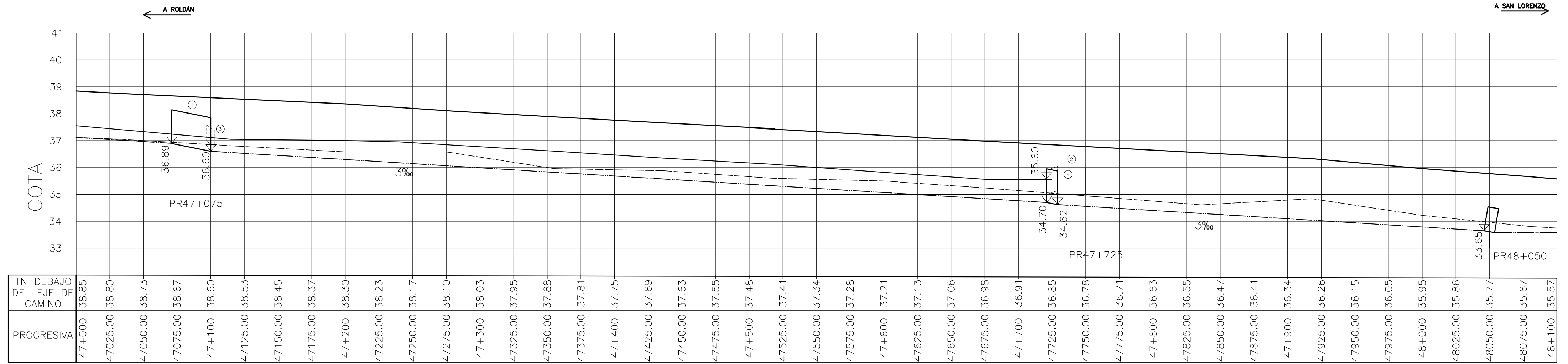
OBRA:
PARQUE INDUSTRIAL ROLDÁN
PLANO:
CUENCAS Y SUBCUENCAS DE APOORTE
CÁTEDRA:
PROYECTO IV
PROYECTISTAS:
BOCHATAY, Alvaro – CASTAGNINO, Esteban – TRIMARCO, Nicolás – VALENTI, Lucas

ESCALA: 1:500	PLANO. N°: HID-02



NOTAS:
* LAS COTAS ESTAN REFERIDAS AL CERO DEL IGN

REFERENCIAS
SENTIDO DE ESCURRIMIENTO
TERRENO NATURAL
HORMIGÓN
TALUD RESERVORIO
CORDÓN MONTABLE
ALBAÑAL
EJE CALZADA



- ① ALCANTARILLA LONGITUDINAL DE H*A* N°3
SEGÚN PT O-41211-I MODIFICADO
LUZ SIMPLE J= 29,60 m ; i=1% ;
y=1,25* m; L= 1,50 m
CANTIDAD:1

③ ALCANTARILLA LATERAL
EXISTENTE A DEMOLER
H=0.60 L=1.00 J=6.10
- ② ALCANTARILLA LONGITUDINAL DE H* A* N°2
SEGÚN PT O-41211-I MODIFICADO
LUZ DOBLE J= 8,20 m ; i=1% ;
y=1,25* m; L= 2,00 m
CANTIDAD:1

④ ALCANTARILLA LATERLA DE INGRESO
ACTUAL A DEMOLER
ALC H=0.90 L=1.00 J=6.25
- CUNETA IZQUIERDA ACTUAL

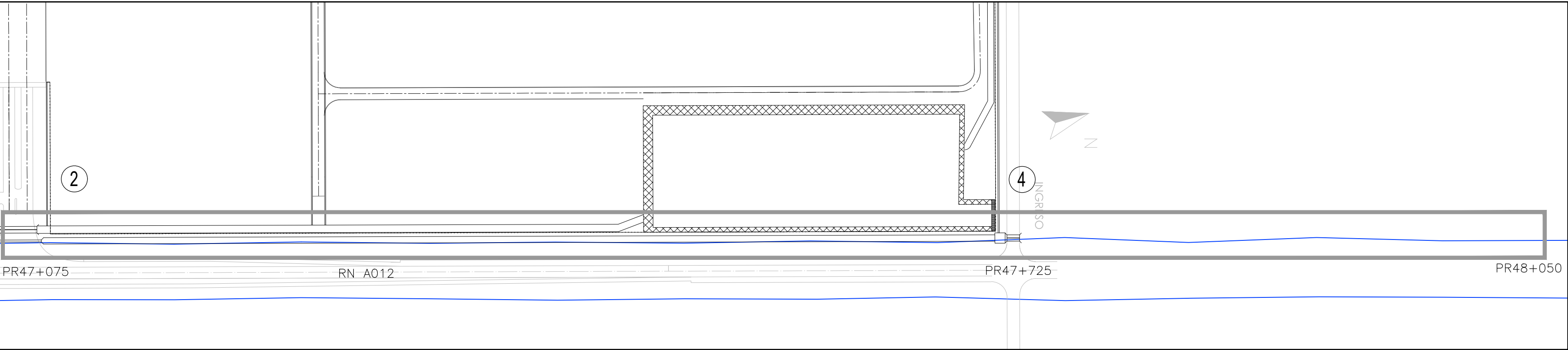
COTA RASANTE

CUNETA IZQUIERDA PROYECTADA

ALCANTARILLA LATERAL
- SE PLANTEA AUMENTAR LA PROFUNDIDAD DE LA CUNETA PARA DARLE PROFUNDIDAD AL RESERVORIO

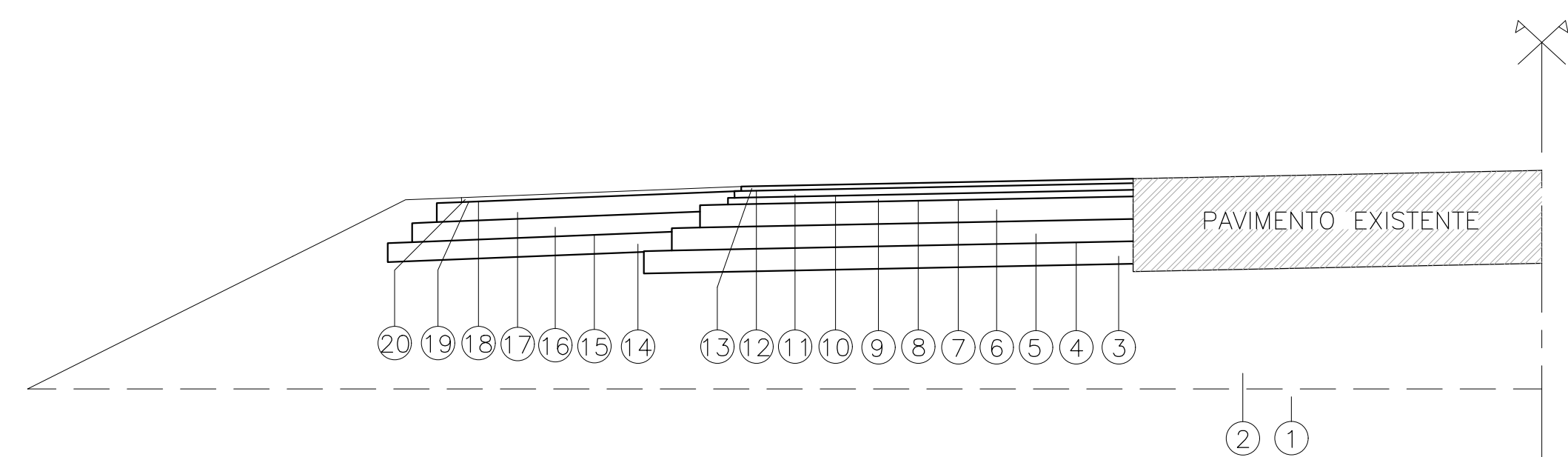
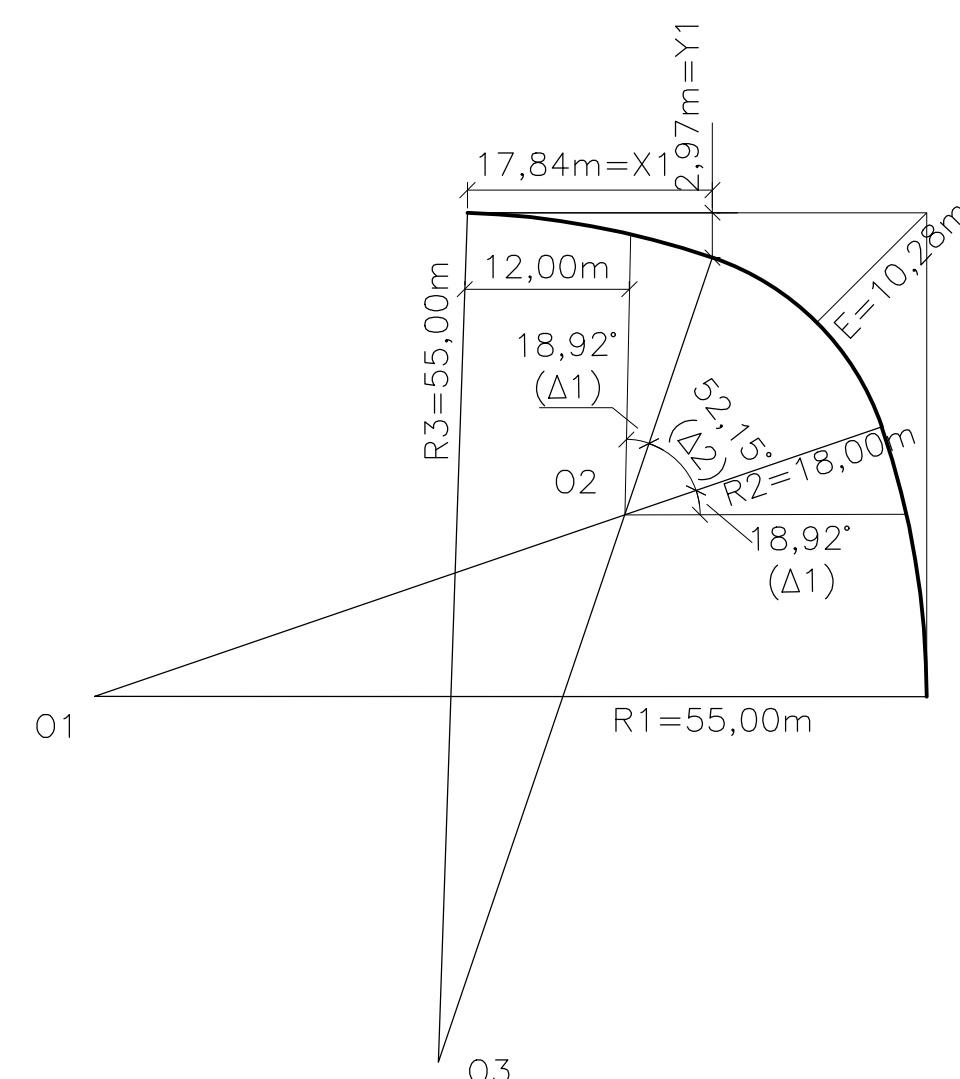
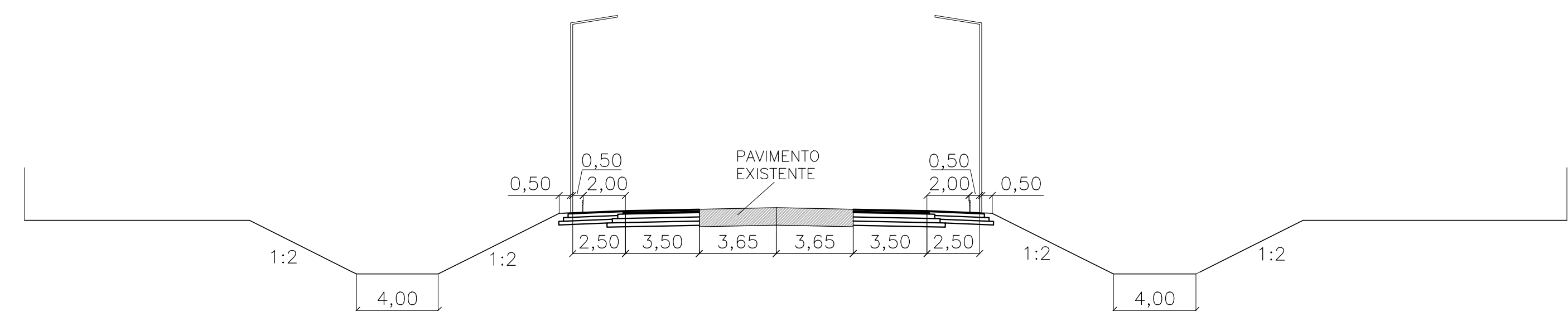
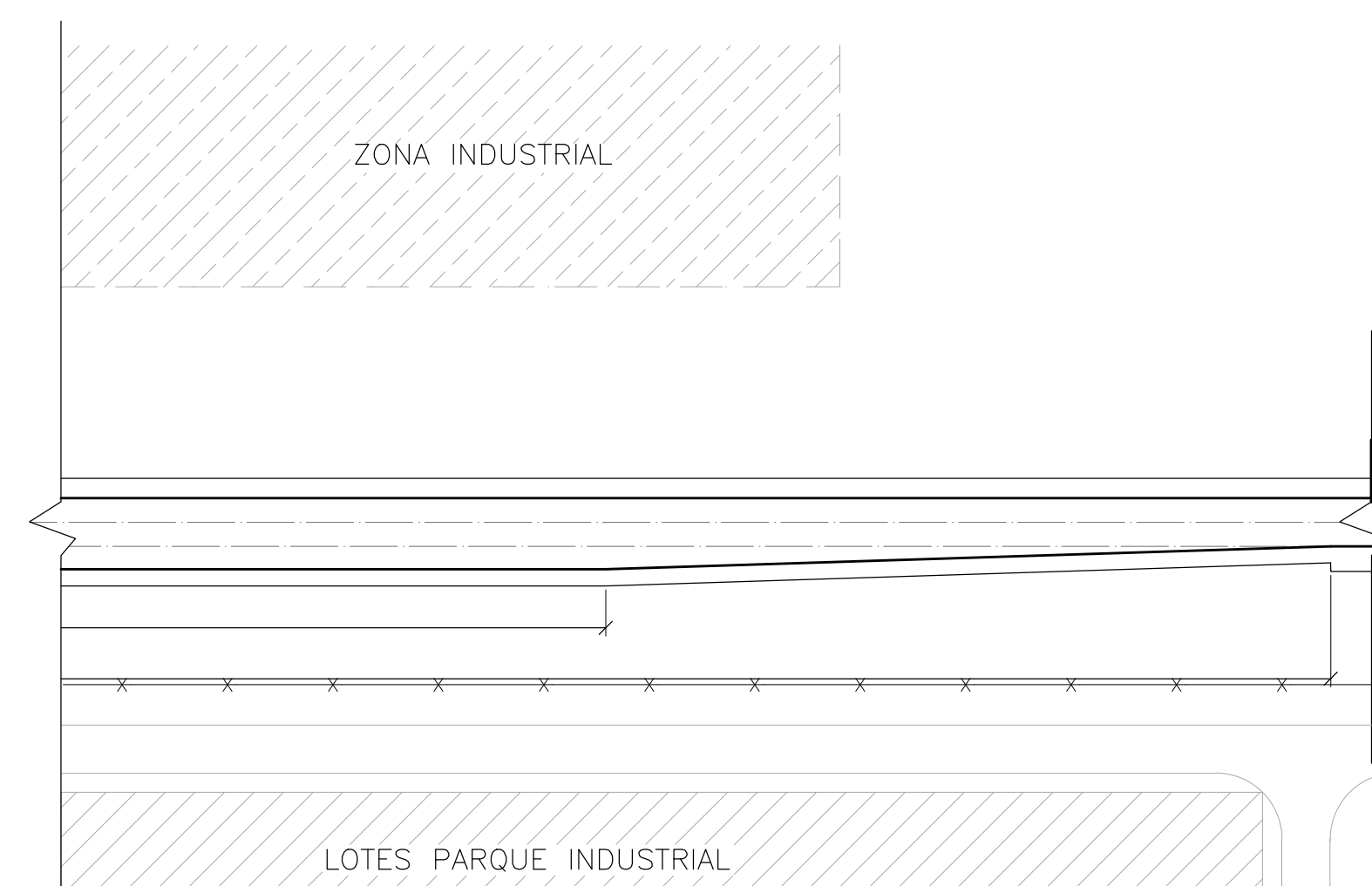
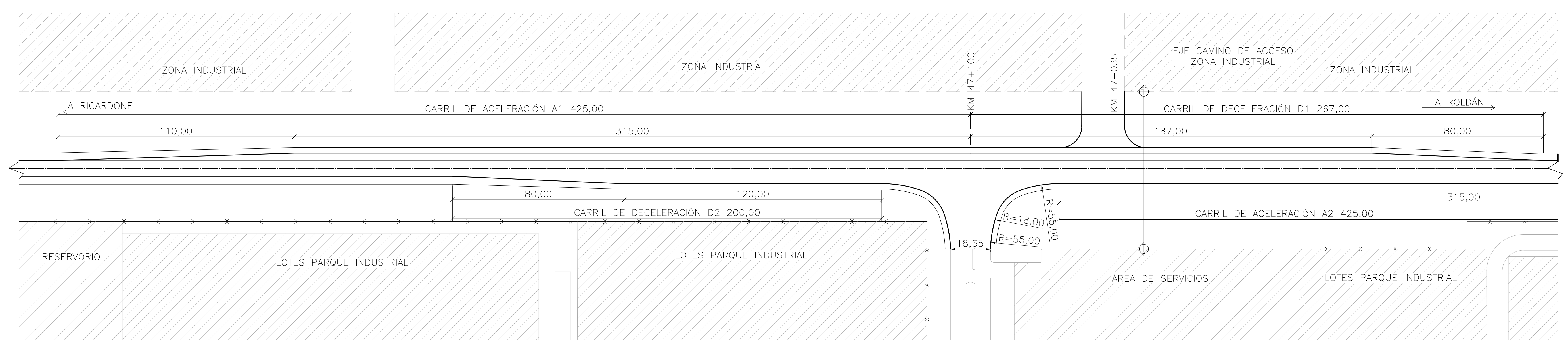
SE GARANTIZA NO EXCEDER UNA PROFUNDIDAD DE 3.00 m

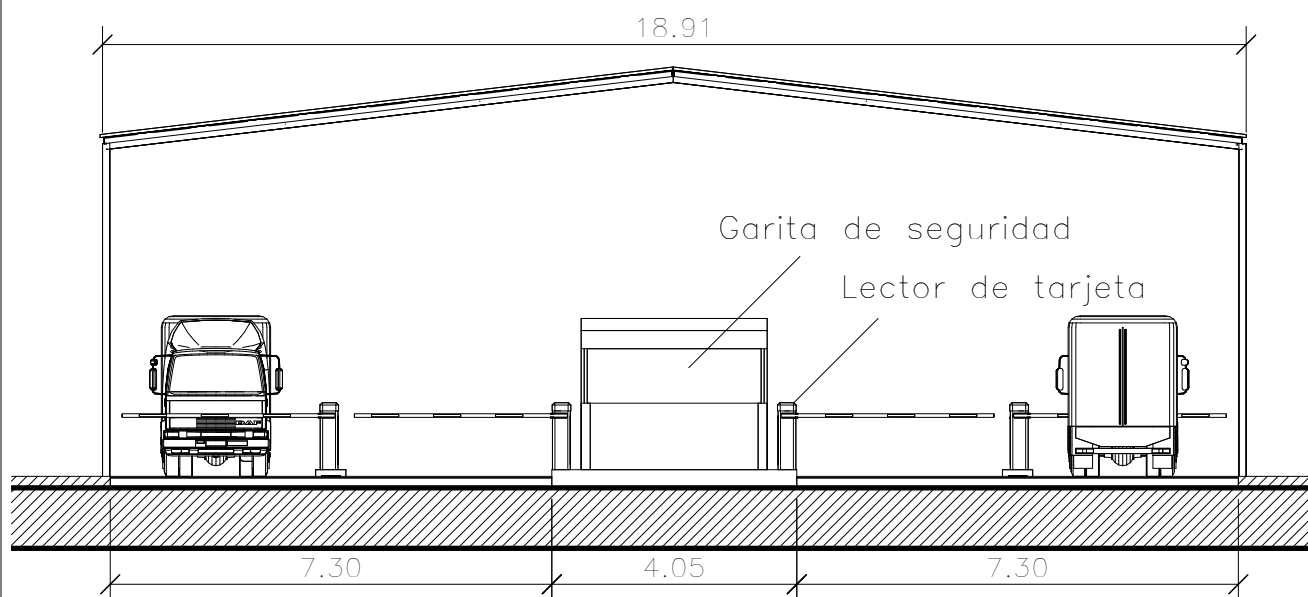
* LA ALTURA DEL CONDUCTO ES TAL QUE LA ALTURA DEL REMANSO AGUAS ARRIBA NO AHOGA LA ENTRADA.



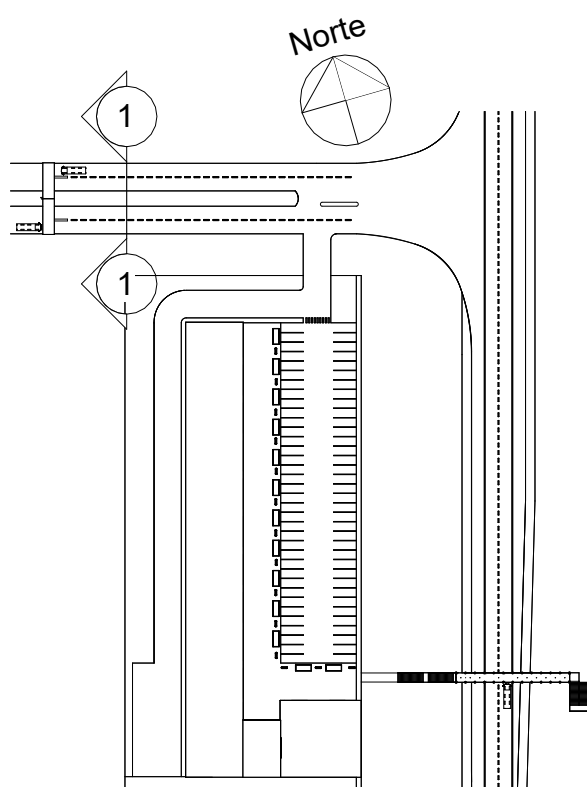
CUNETAS RN A012

CUNETA REPLANTEADA





CORTE 1-1
ESCALA 1:125



PLANIMETRÍA
ESCALA 1:2000

OBRA:
PARQUE INDUSTRIAL ROLDÁN

PLANO:
GARITA DE ACCESO

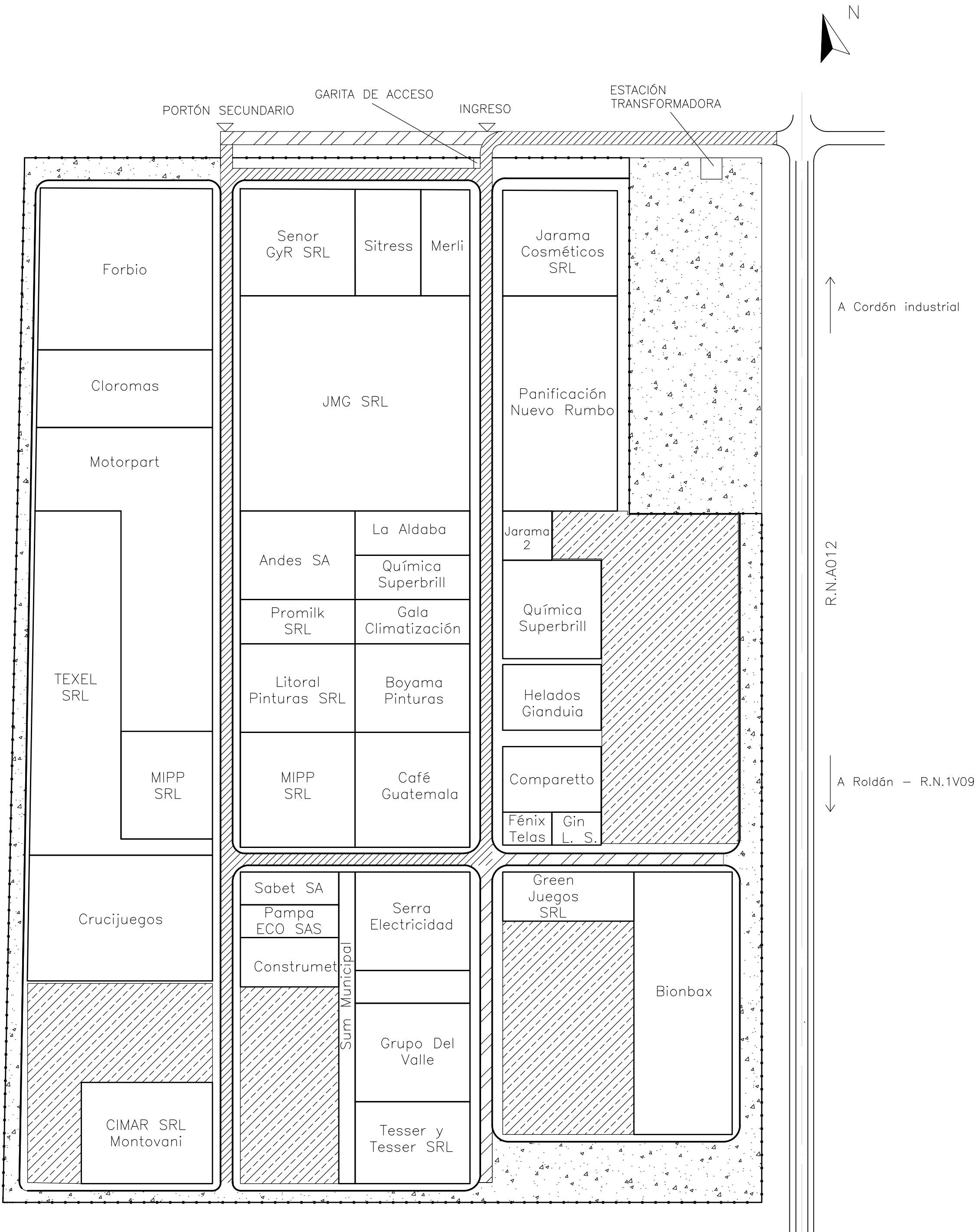
CÁTEDRA:
PROYECTO IV

PROYECTISTAS:
BOCHATAY, Alvaro – CASTAGNINO, Esteban –
TRIMARCO, Nicolás – VALENTI, LUCAS

ESCALA:
INDICADAS

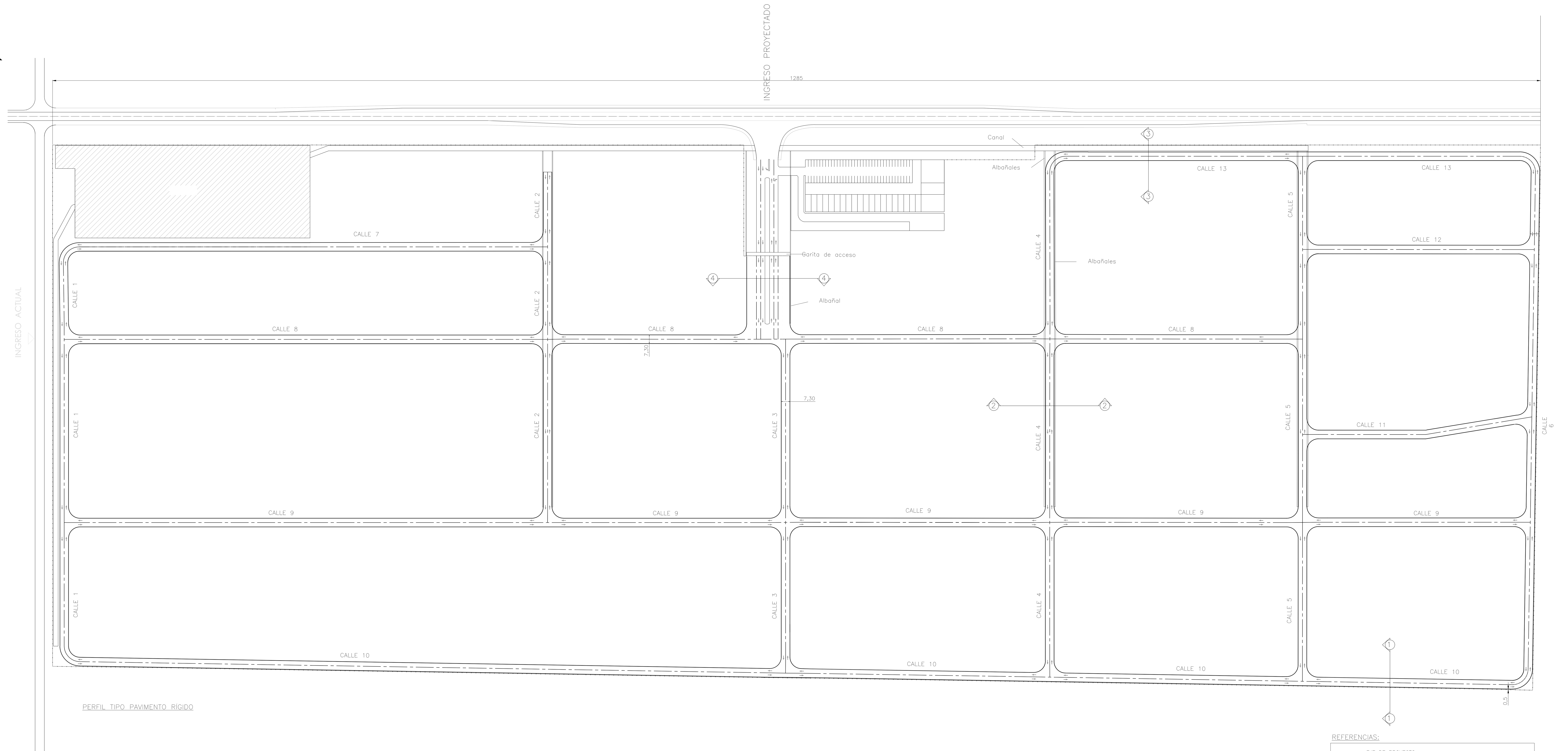
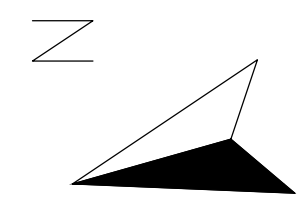
PLANO N°:
ING-02



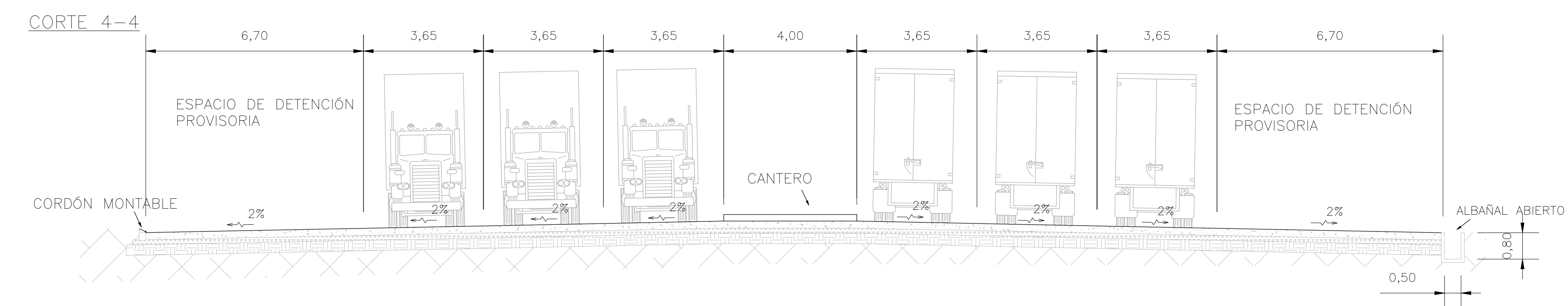
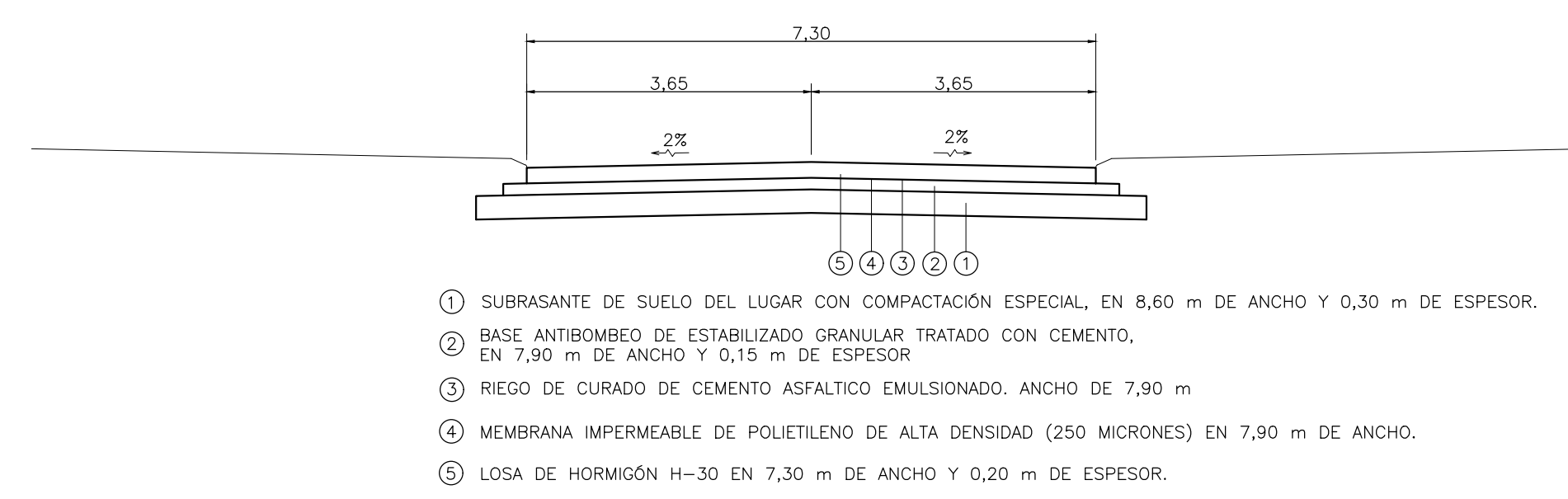


REFERENCIAS:

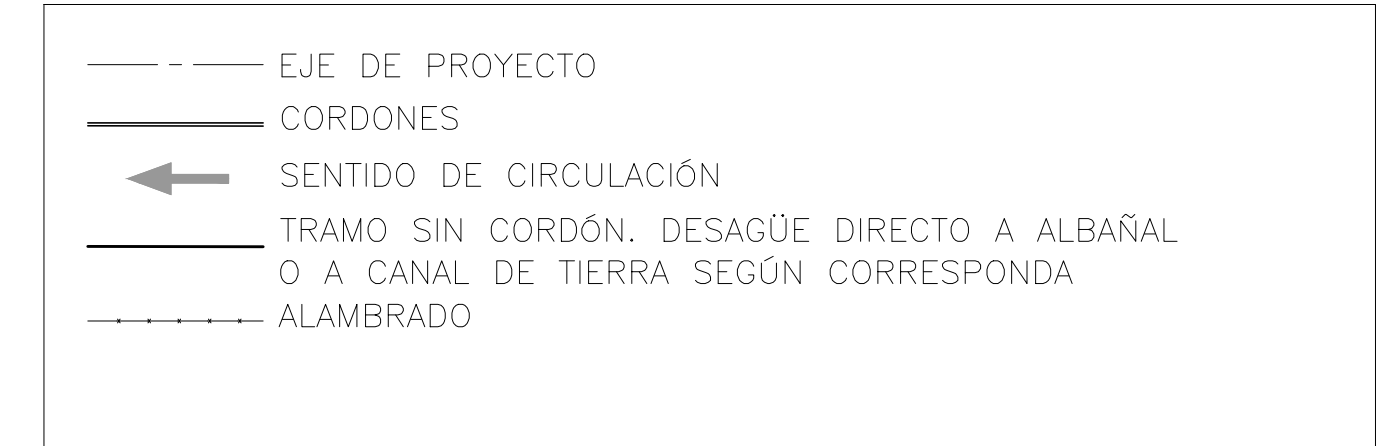
- Calles pavimentadas
- Calles con estabilizado granular
- Sector sin intervención (imposibilidad de circulación vehicular)
- Lotes vacantes
- Alambrado



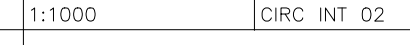
PERFIL TIPO PAVIMENTO RÍGIDO



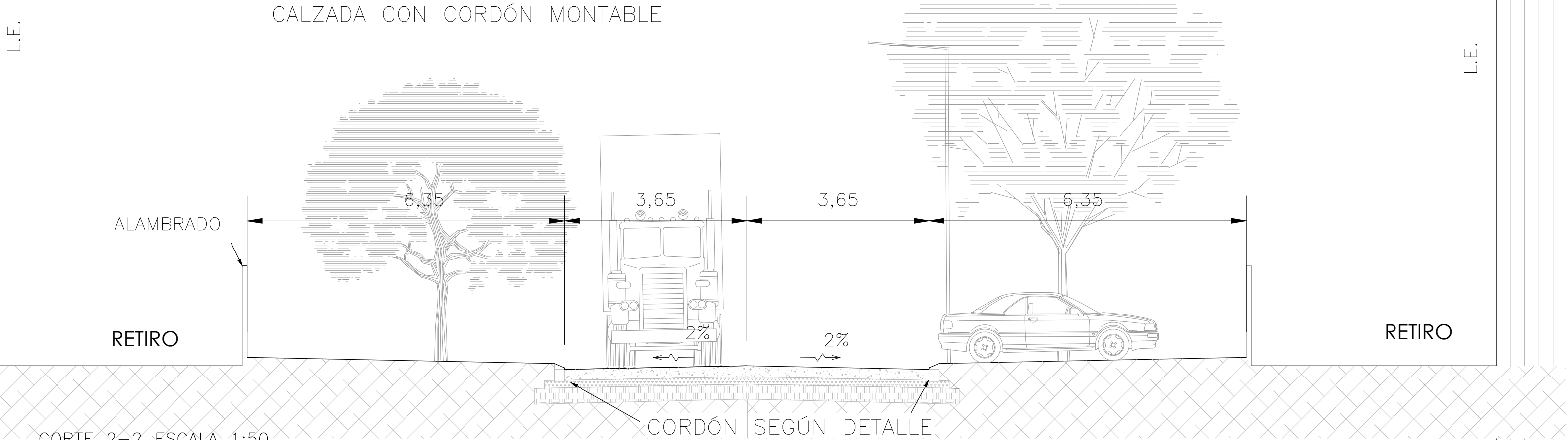
REFERENCIAS:



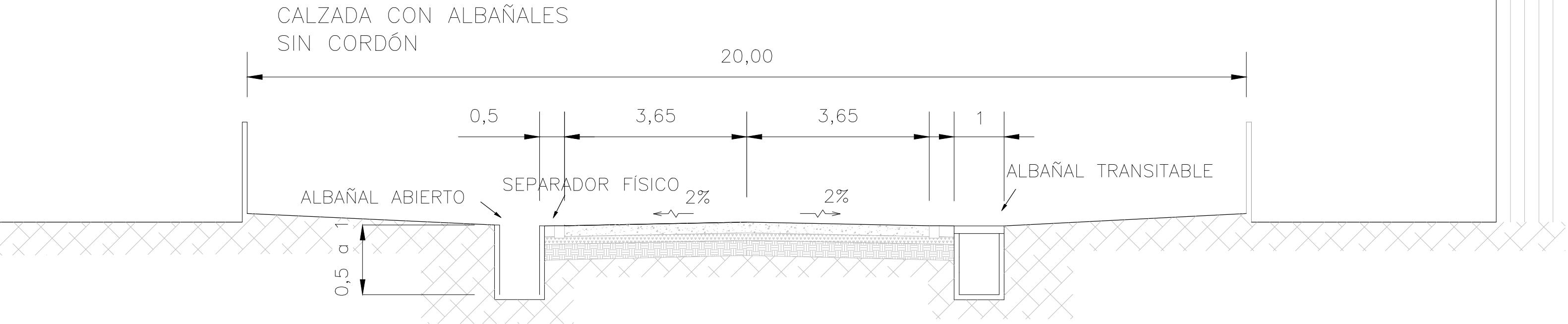
LUGAR: PARQUE INDUSTRIAL ROLDÁN PLANO: PLANIMETRÍA DE CIRCULACIÓN INTERNA CATEGORÍA: PROYECTO IV PROTECTORAS: BOCHATAY, Alvaro – CASTAGNINO, Esteban – TRIMARCO, Nicolás – VALENTI, Lucas	ESCALA: 1:1000	PLANO Nº: CITE INT 02
---	-------------------	--------------------------



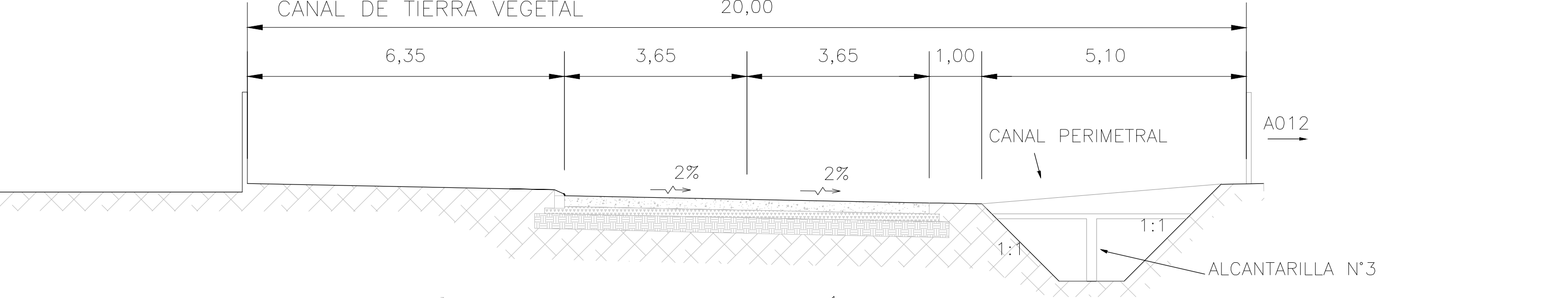
CORTE 1-1 ESCALA 1:50



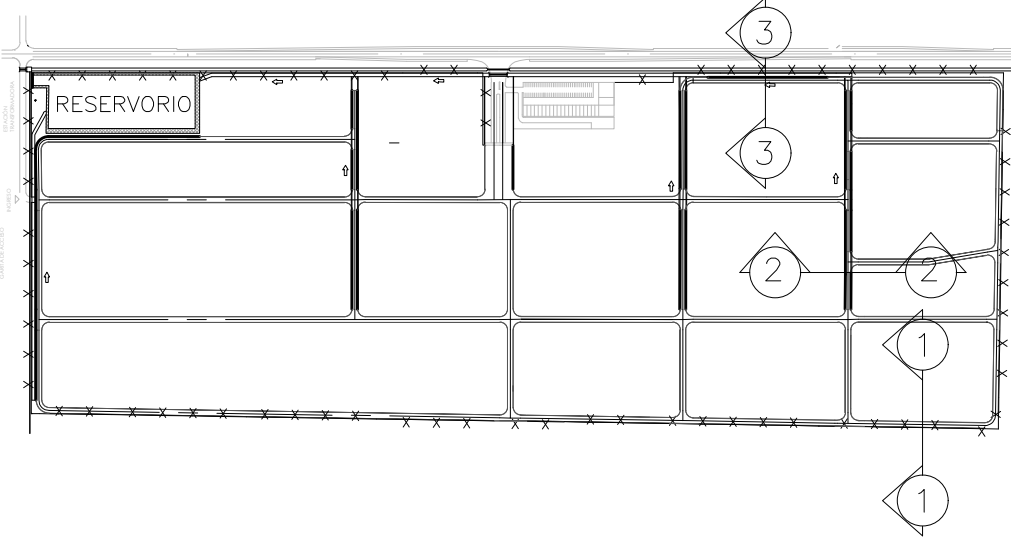
CORTE 2-2 ESCALA 1:50



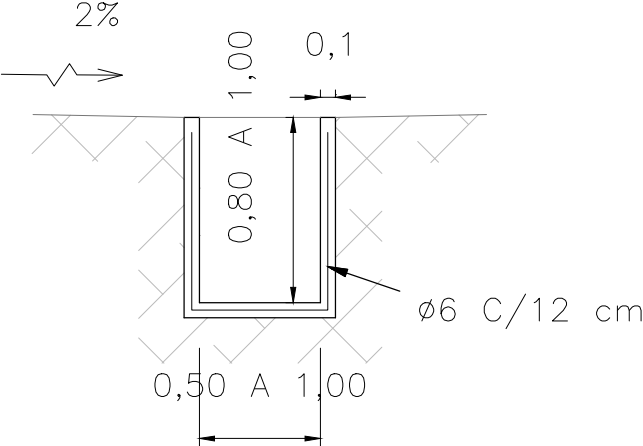
CORTE 3-3 ESCALA 1:50



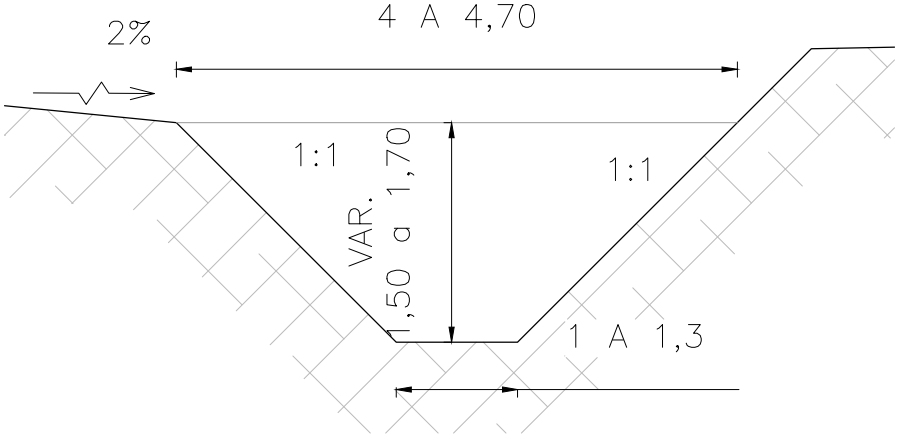
CROQUIS UBICACIÓN



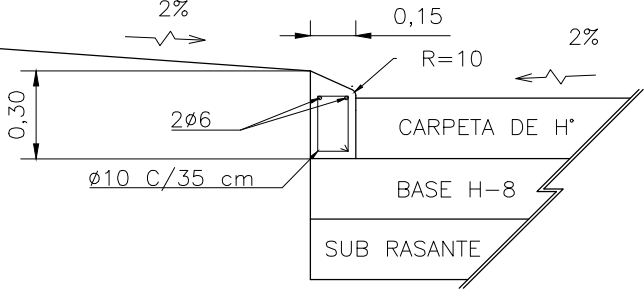
ALBAÑAL DE H"A°
ESCALA 1:50



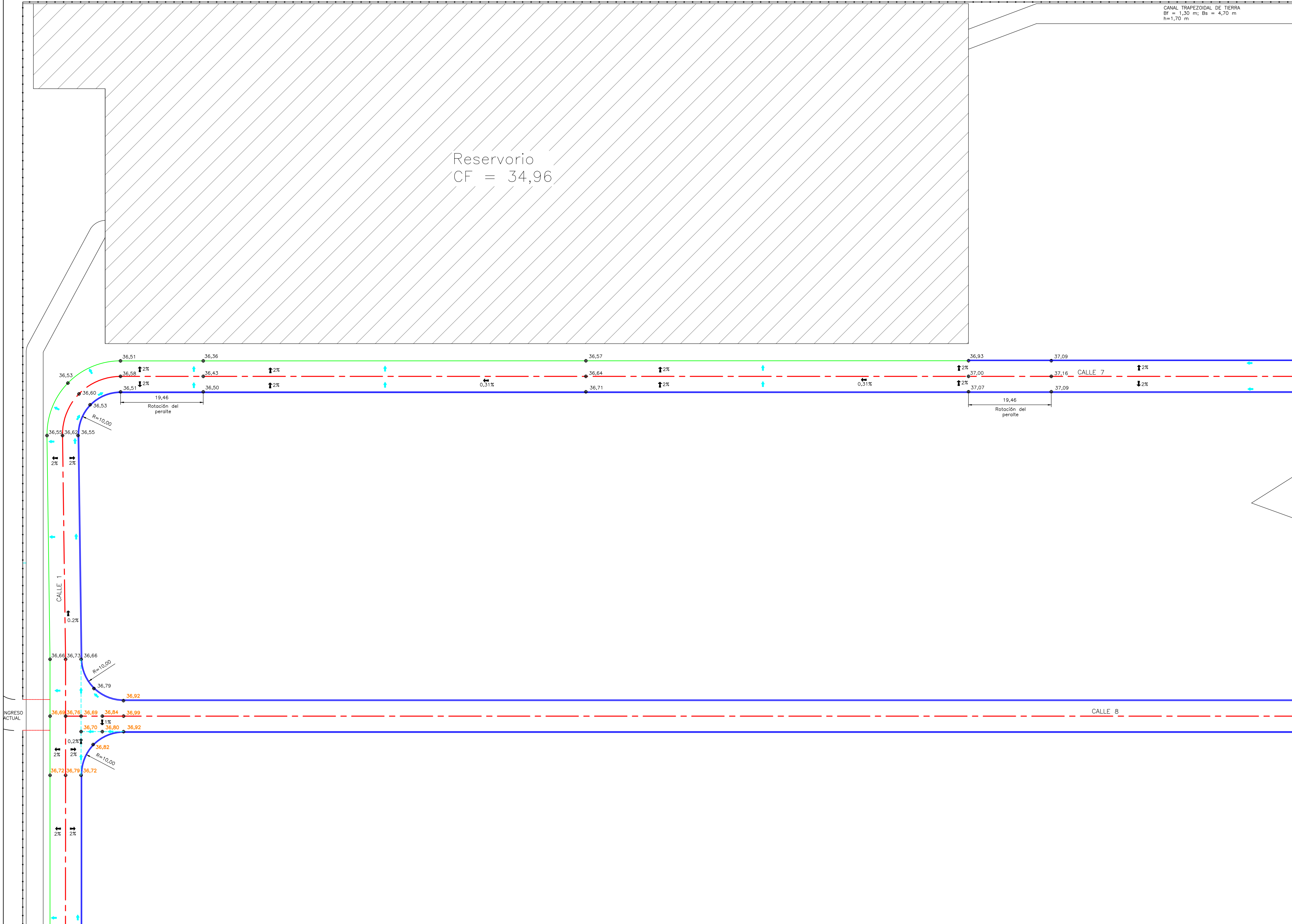
CANAL TRAPEZOIDAL DE
TIERRA VEGETAL CON TALUD
1:1
ESCALA 1:50



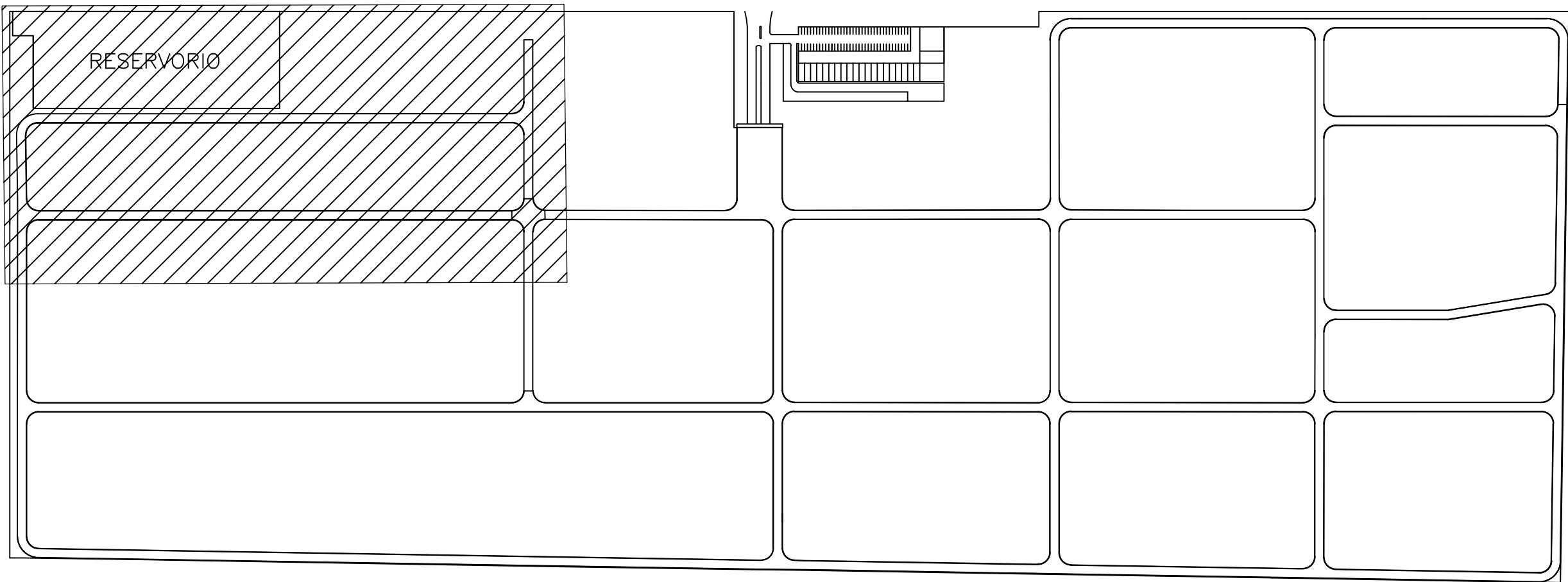
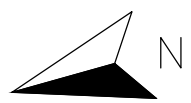
DETALLE CORDÓN DE
HORMIGÓN MONTABLE
ESCALA 1:25



*TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EN METROS SALVO QUE SE ACLARE LO CONTRARIO

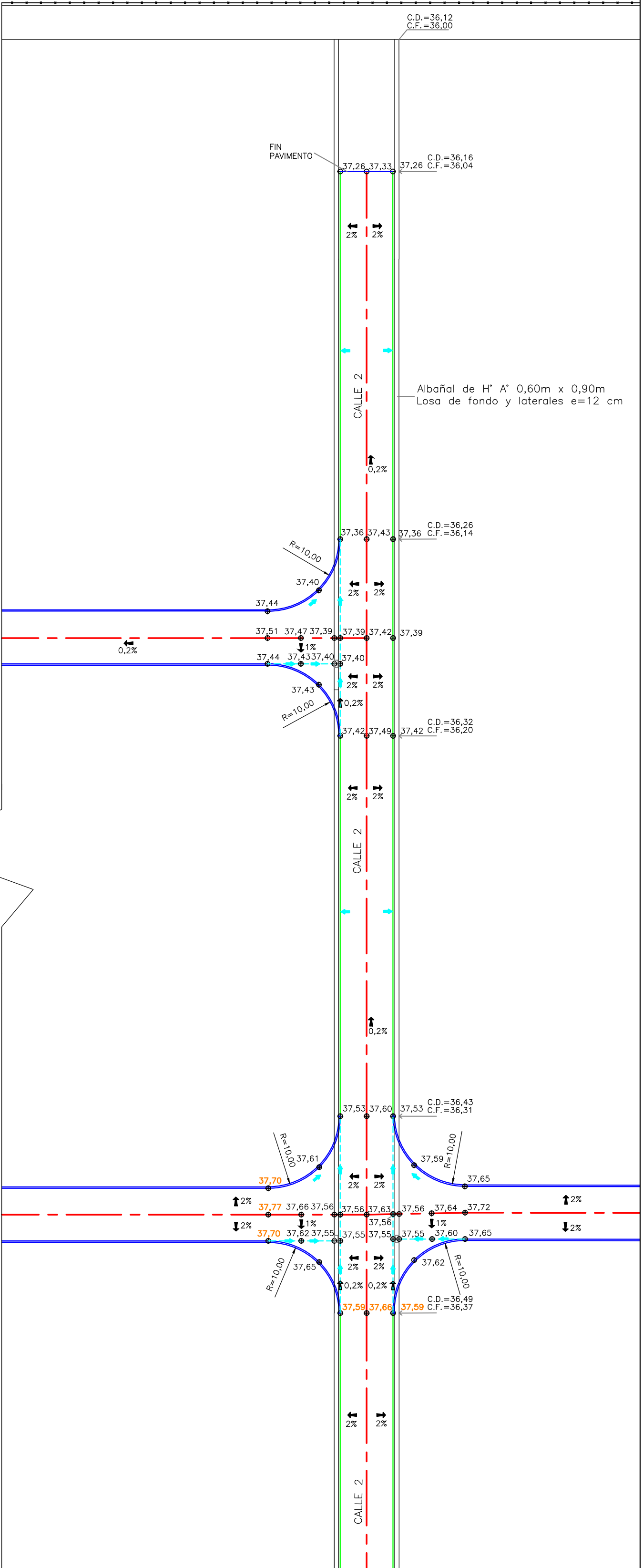


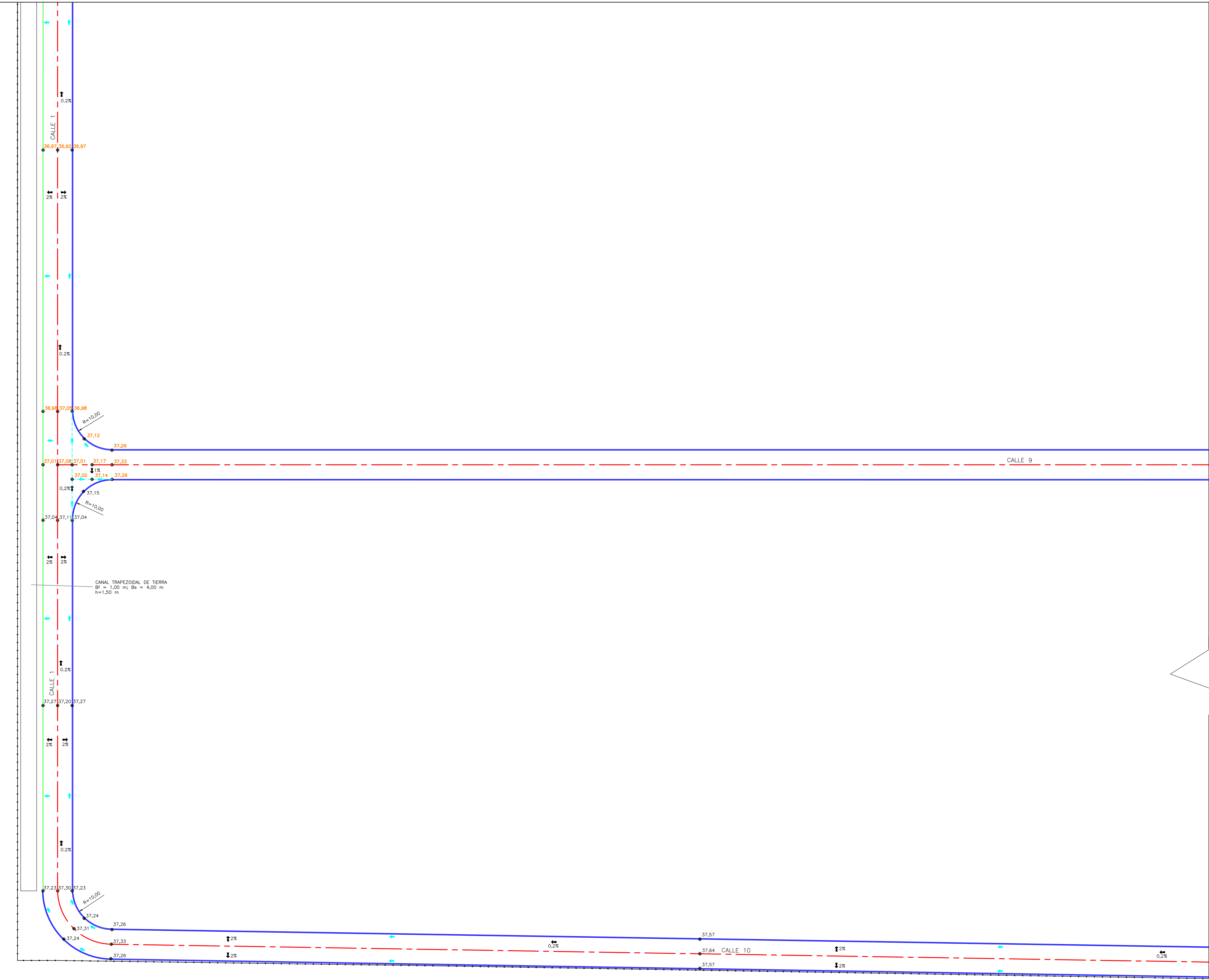
CROQUIS DE UBICACIÓN
ESCALA 1:4000



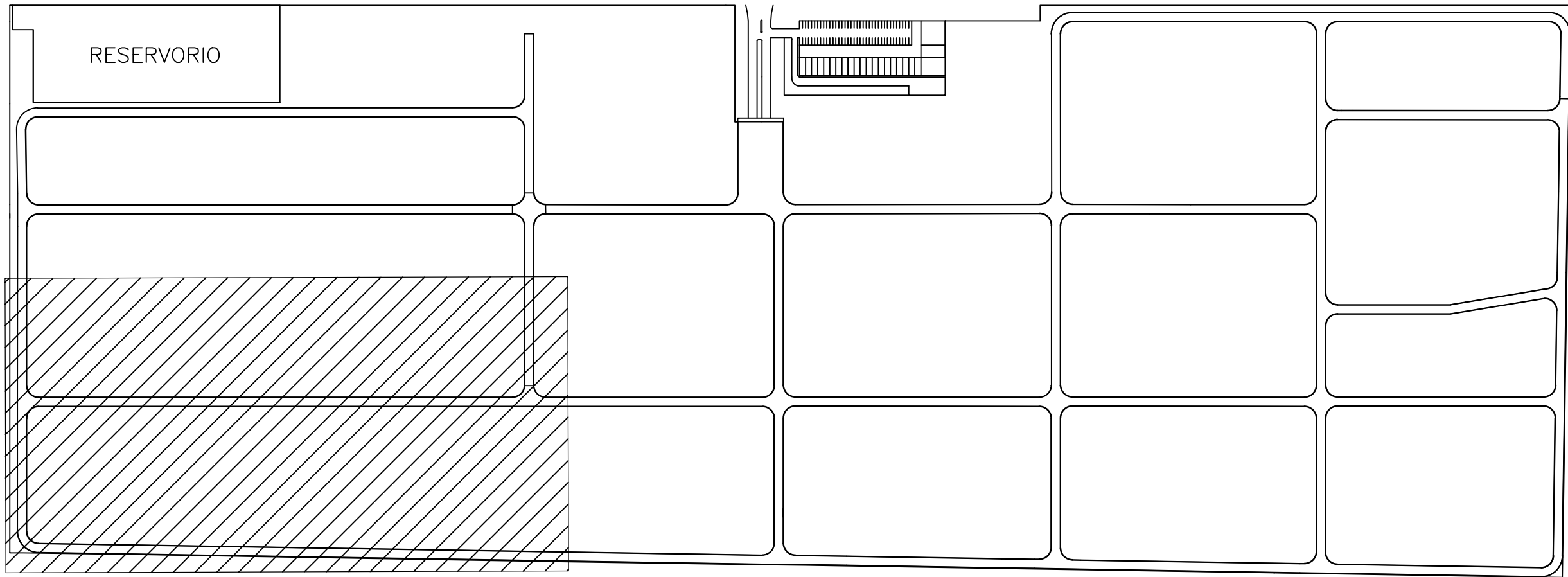
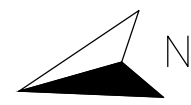
REFERENCIAS:

- EJE DE PROYECTO
- CORDONES
- ⊕39,00 COTA DE PROYECTO
- ➡ SENTIDO DE ESCURRIMIENTO
- LÍNEA DE ESCURRIMIENTO
- ↑ 2% PENDIENTE DE CALZADA
- TRAMO SIN CORDÓN. DESAGÜE DIRECTO A ALBAÑAL O A CANAL DE TIERRA SEGÚN CORRESPONDA
- ALAMBRADO
- REJILLA 25x50 cm UBICADA EN LA TAPA DEL ALBAÑAL. MARCA EDIGMA.



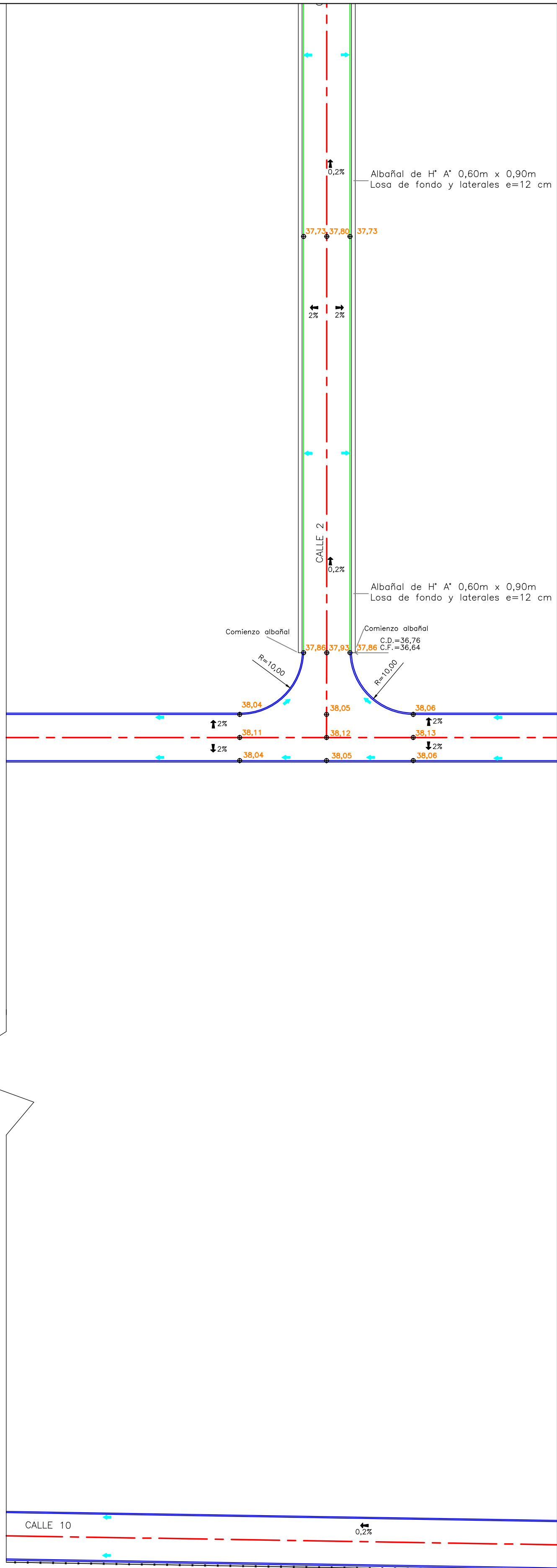


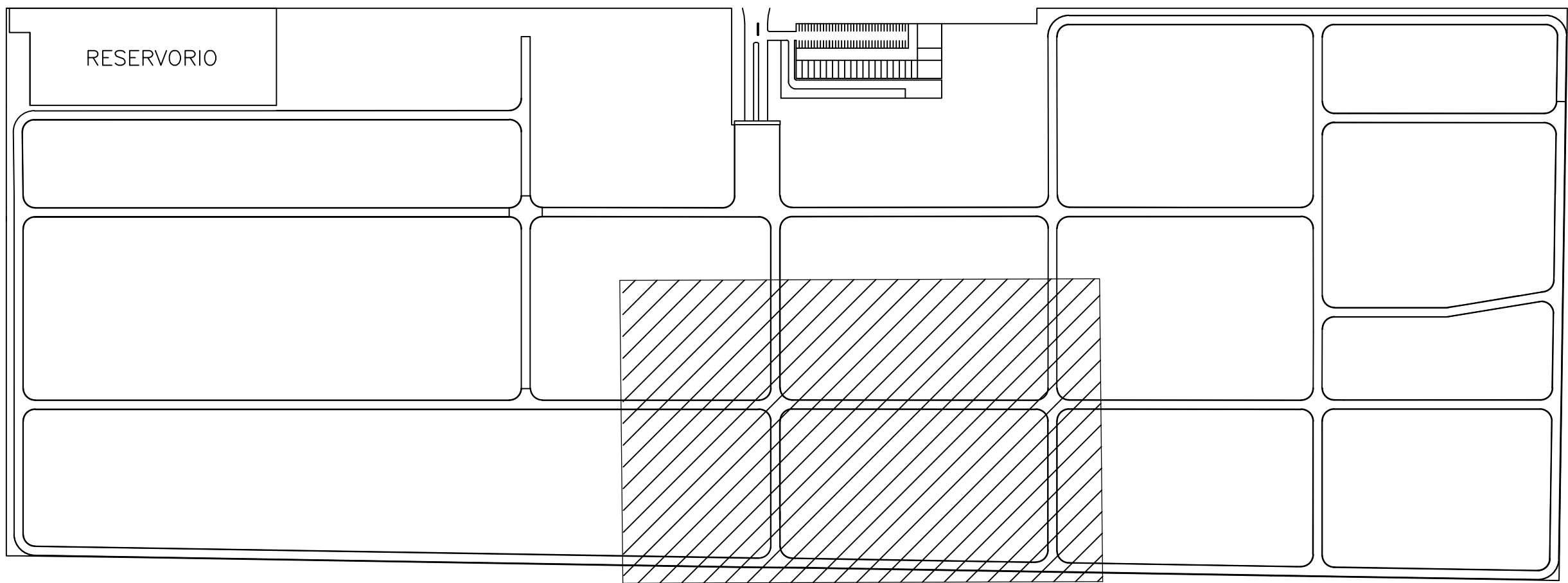
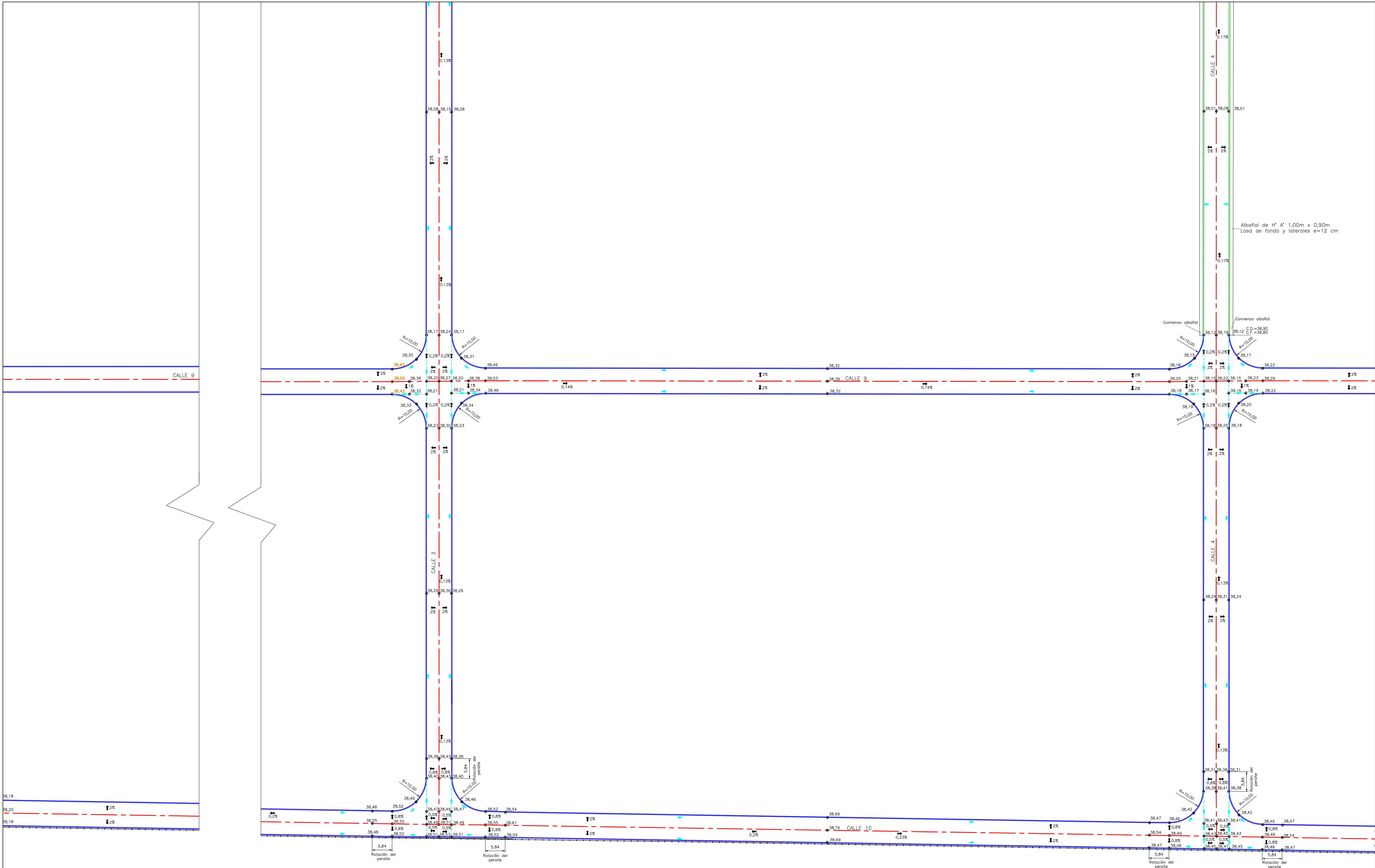
CROQUIS DE UBICACIÓN
ESCALA 1:4000



REFERENCIAS:

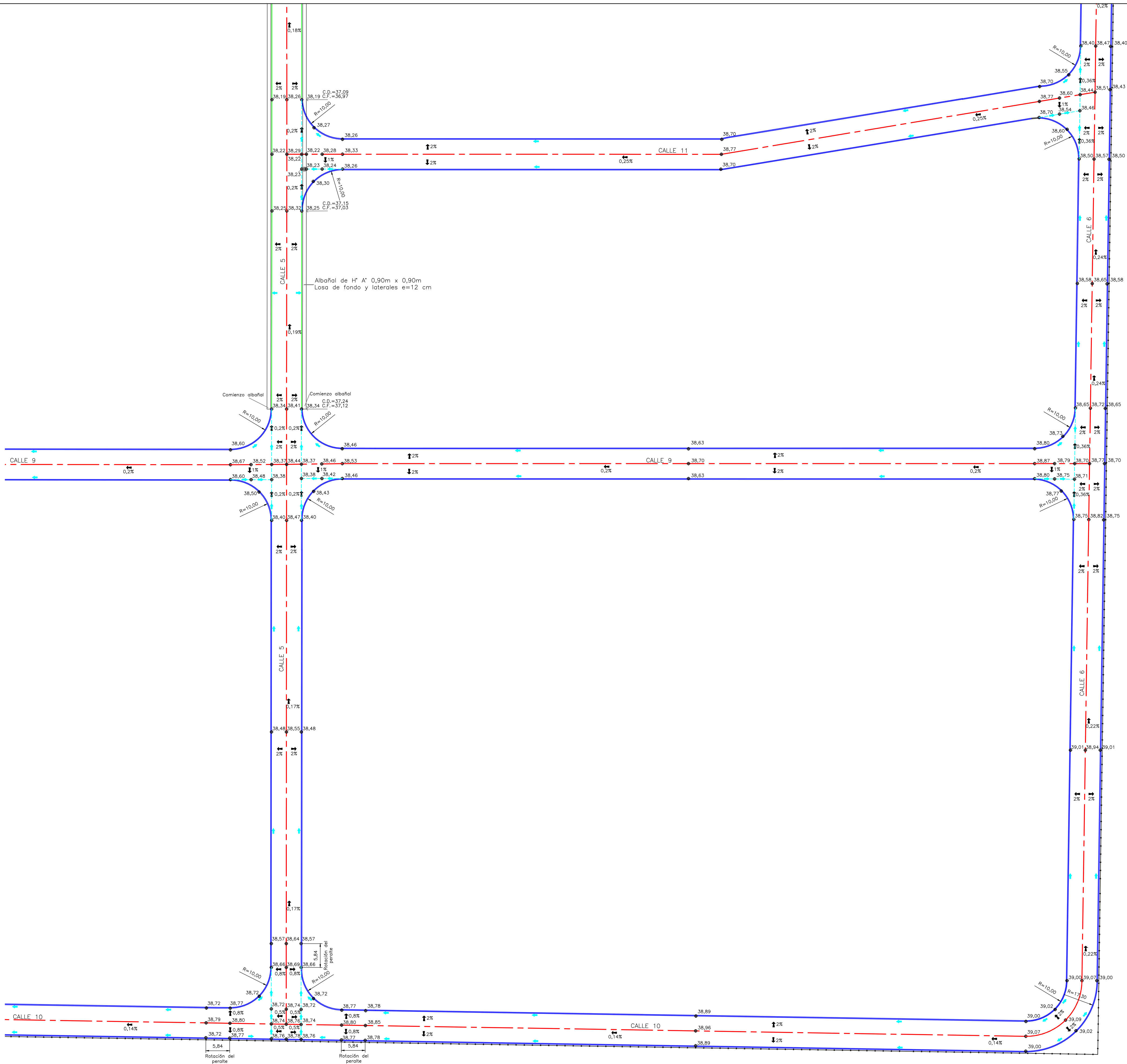
- EJE DE PROYECTO
- CORDONES
- Φ39,00 COTA DE PROYECTO
- SENTIDO DE ESCURRIMIENTO
- - - LÍNEA DE ESCURRIMIENTO
- ↑2% PENDIENTE DE CALZADA
- TRAMO SIN CORDÓN. DESAGÜE DIRECTO A ALBAÑAL O A CANAL DE TIERRA SEGÚN CORRESPONDA
- ALAMBRADO
- REJILLA 25x50 cm UBICADA EN LA TAPA DEL ALBAÑAL. MARCA EDIGMA.



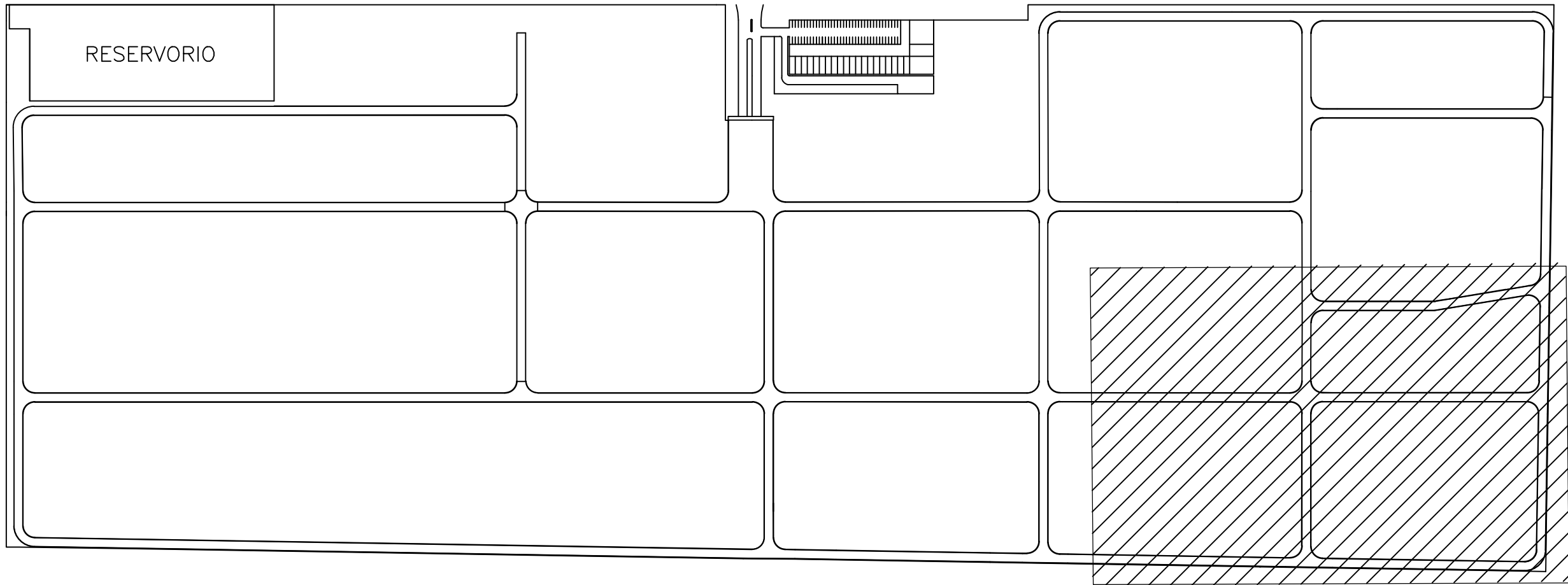
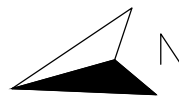


REFERENCIAS:

- EJE DE PROYECTO
- CORDONES
- Ø39,00 COTA DE PROYECTO
- SENTIDO DE ESCURRIMIENTO
- LINEA DE ESCURRIMIENTO
- PENDIENTE DE CALZADA
- TRAMO SIN CORDÓN. DESAGÜE DIRECTO A ALBAÑAL O A CANAL DE TIERRA SEGÚN CORRESPONDA
- ALAMBRADO
- REJILLA 25x50 cm UBICADA EN LA TAPA DEL ALBAÑAL. MARCA EDIGMA.

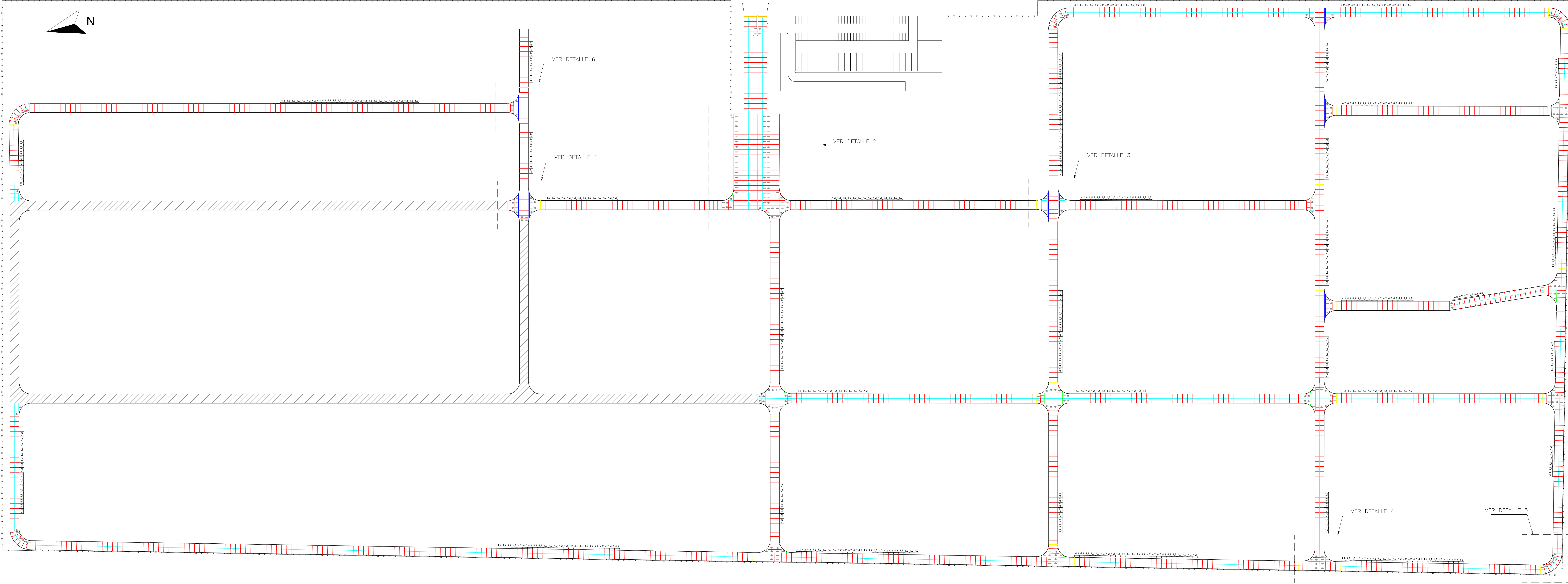


CROQUIS DE UBICACIÓN
ESCALA 1:4000



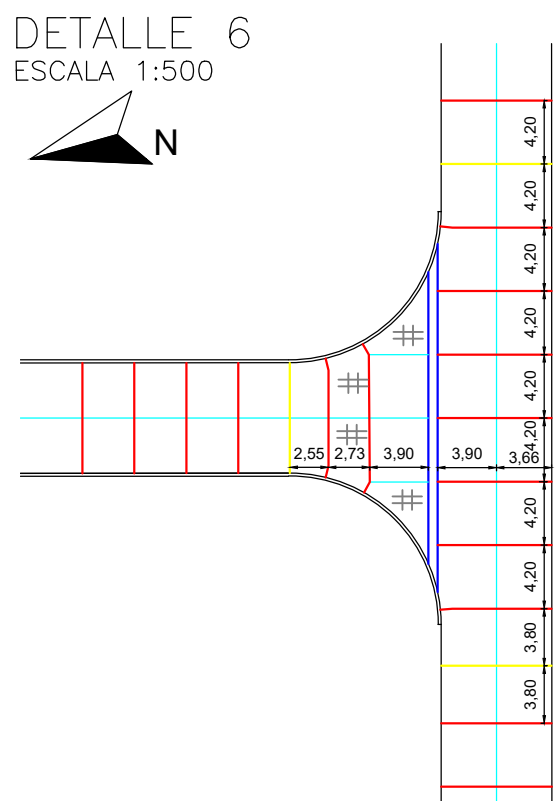
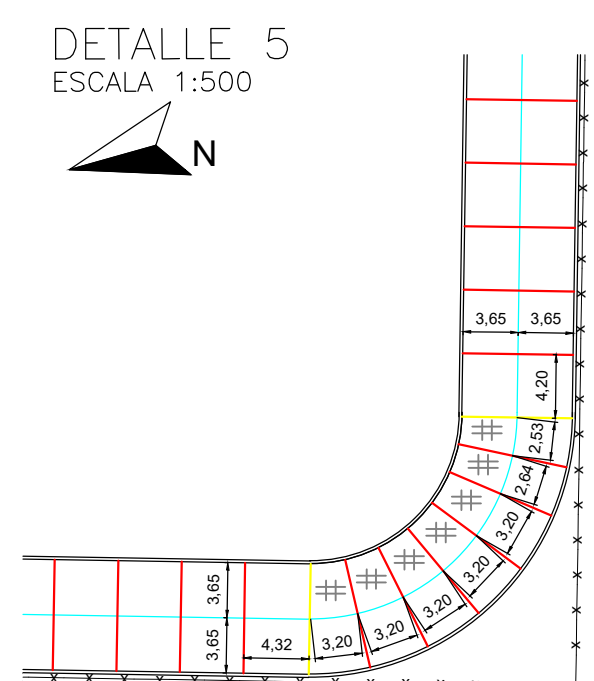
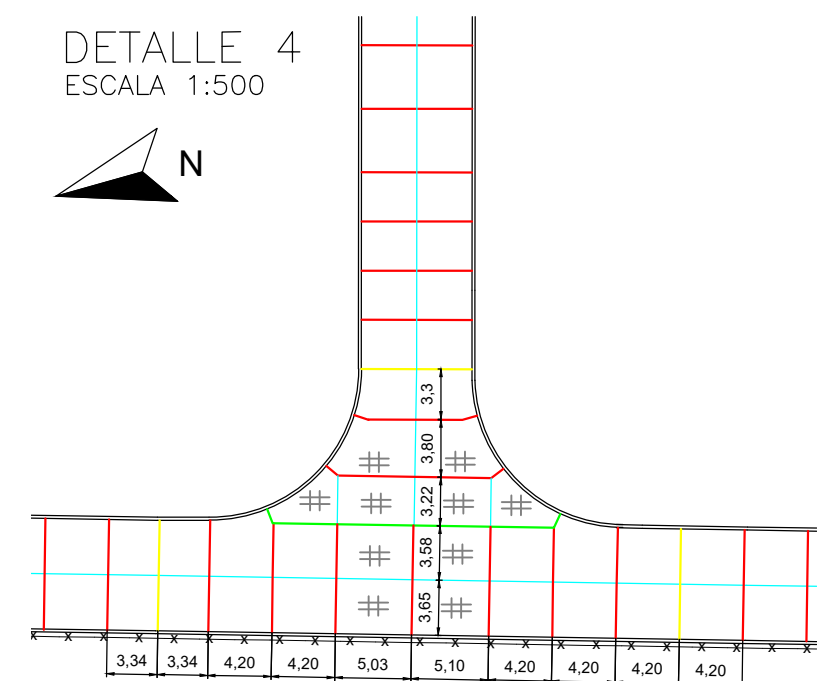
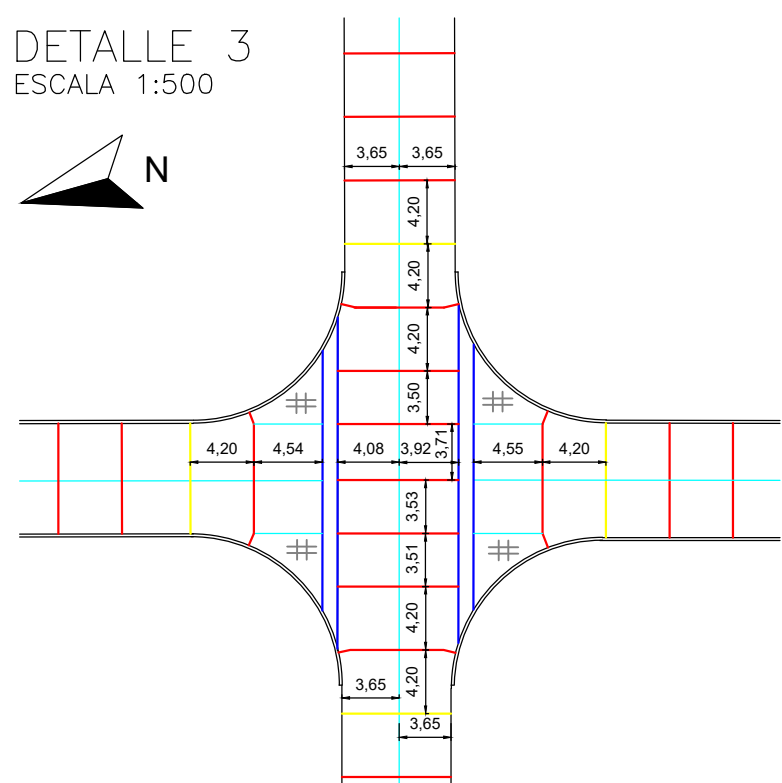
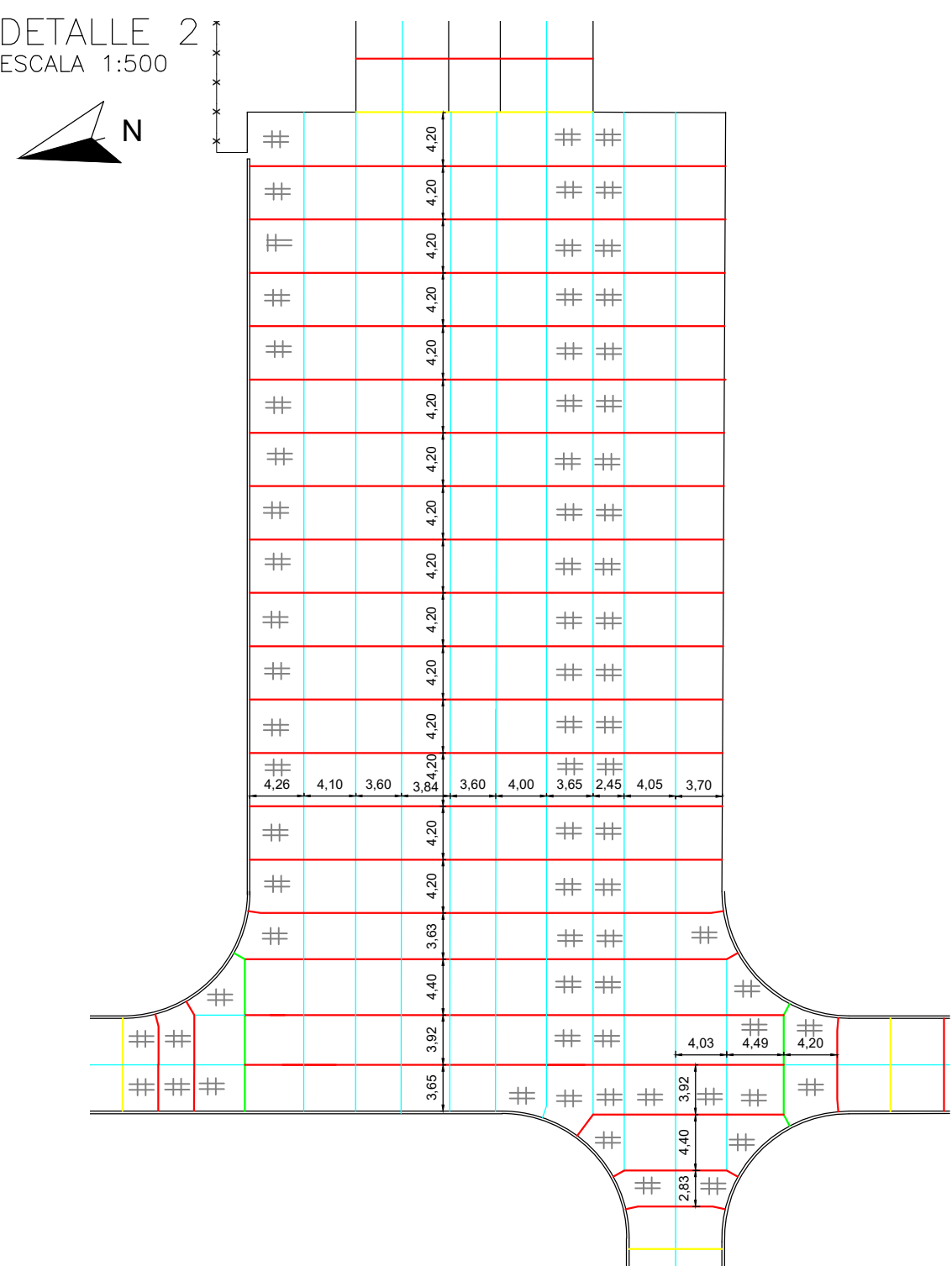
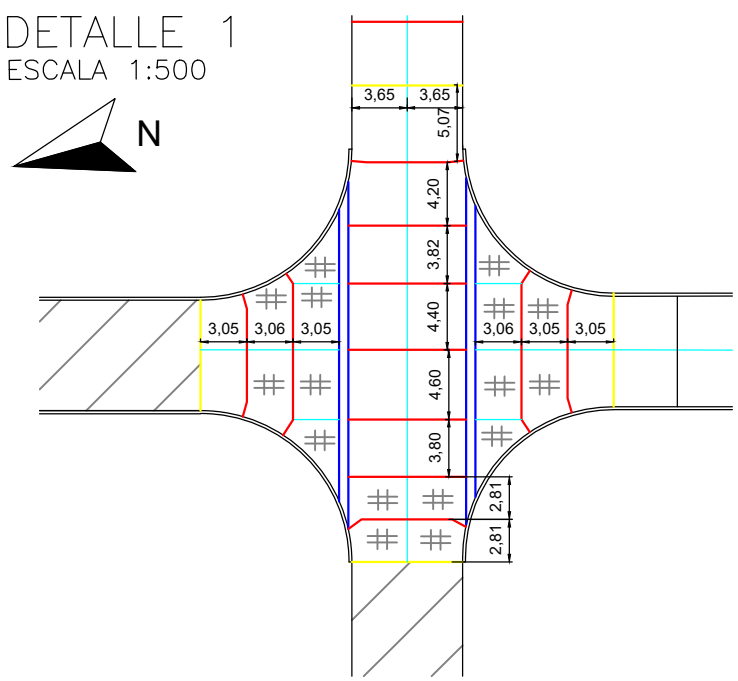
REFERENCIAS:

- EJE DE PROYECTO
- CORDONES
- ⊕39,00 COTA DE PROYECTO
- ➡ SENTIDO DE ESCURRIMIENTO
- - - LINEA DE ESCURRIMIENTO
- ↑ 2% PENDIENTE DE CALZADA
- TRAMO SIN CORDÓN. DESAGÜE DIRECTO A ALBAÑAL O A CANAL DE TIERRA SEGÚN CORRESPONDA
- ALAMBRADO
- REJILLA 25x50 cm UBICADA EN LA TAPA DEL ALBAÑAL. MARCA EDIGMA.



REFERENCIAS

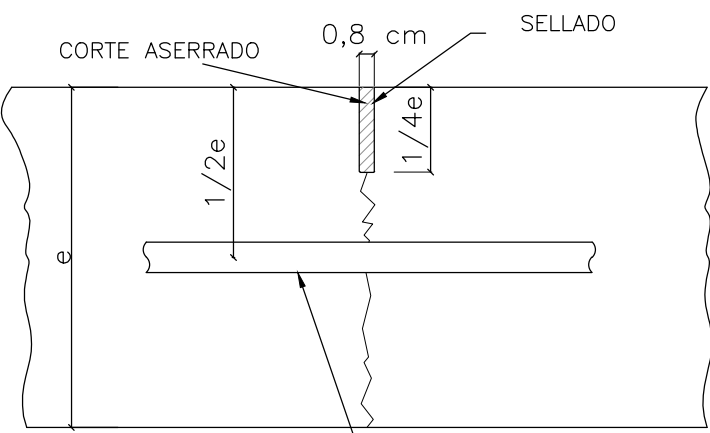
- Tipo A-1. Junta transversal de contracción con pasadores
- Tipo C-1. Junta longitudinal de contracción o articulación con barras de unión
- Tipo D-2. Junta ensamblada de bordes libres sin barras de unión
- Tipo E. Junta transversal de dilatación o expansión
- Losa tobiqie contra calzada de pavimento asfáltico o no pavimentada
- Junta de aislación con sobreespesor
- Losas armadas: malla Fe Ø 8mm. (15x15) en el plano medio de la junta
- Calzada existente. Pavimento de hormigón



REFERENCIAS

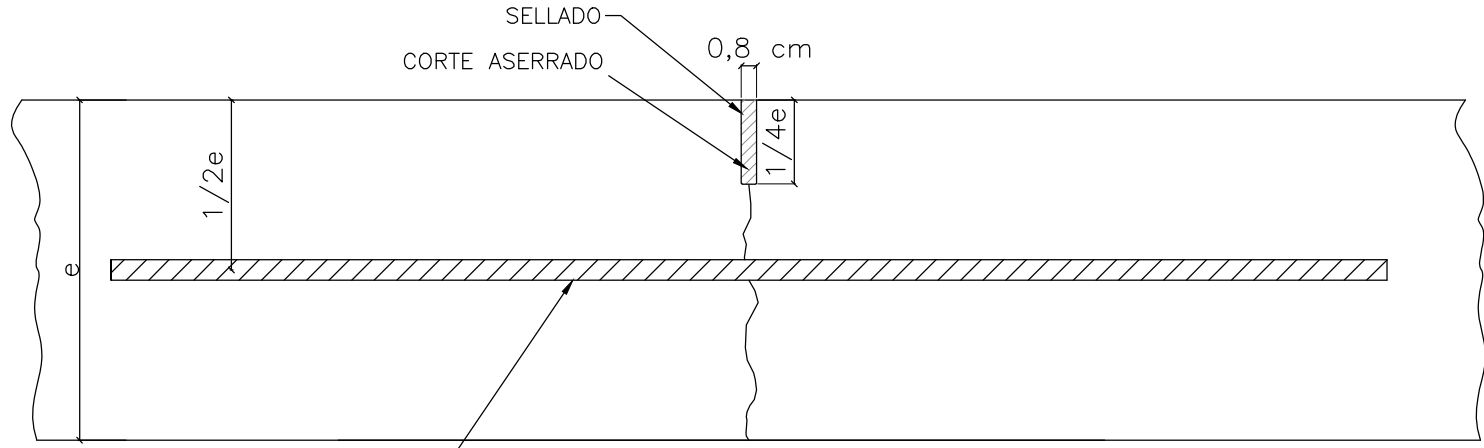
- Tipo A-1. Junta transversal de contracción con pasadores
- Tipo C-1. Junta longitudinal de contracción o articulación con barras de unión
- Tipo D-2. Junta ensamblada de bordes libres sin barras de unión
- Tipo E. Junta transversal de dilatación o expansión
- Losa tabique contra calzada de pavimento asfáltico o no pavimentada
- Junta de aislación con sobreespesor
- Losas armadas malla Fe $\varnothing$ 8mm. (15x15) en el plano medio de la junta
- Calzada existente. Pavimento de hormigón

JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN
CON PASADORES. Tipo A-1.



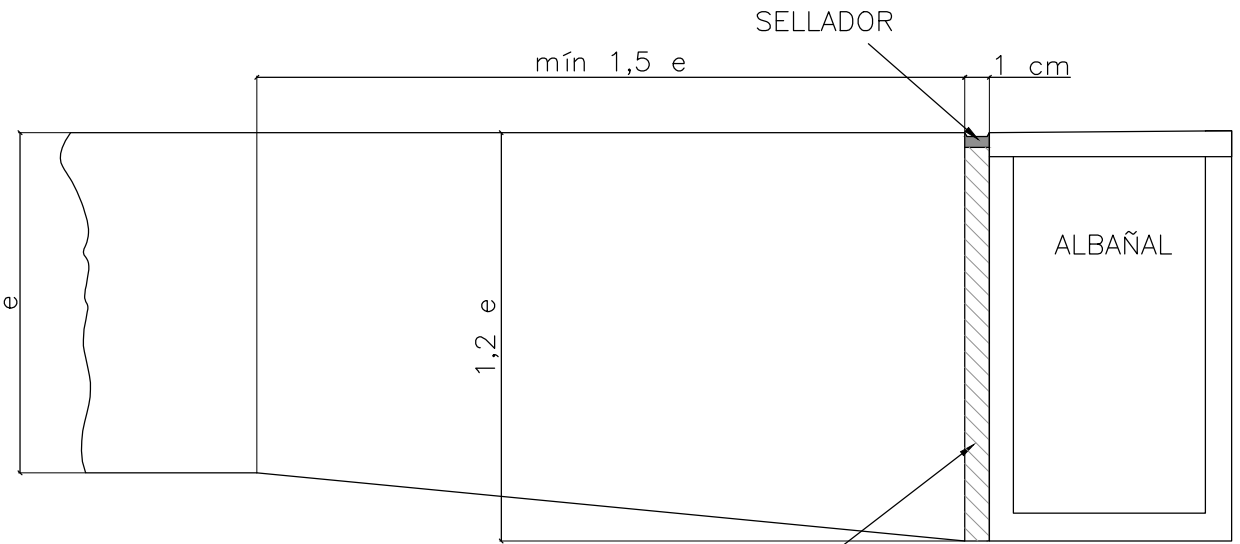
BARRA PASADOR ACERO LISO. DIMENSIONES S/ESPECIFICACIONES. EL PASADOR DEBERA SER PINTADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA EN TODA SU LONGITUD PARA PERMITIR SU DESLIZAMIENTO EN LA LOSA. EN ESTE PASADOR NO SE REQUIERE EL TUBO DE EXPANSION.

JUNTA LONGITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN
CON BARRAS DE UNIÓN. Tipo C-1.



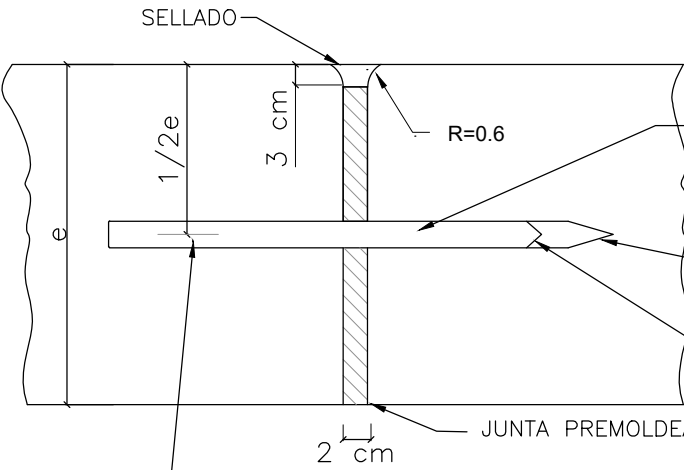
BARRA DE UNION ACERO ADN 420
DIMENSIONES S/ESPECIFICAC.

JUNTA DE AISLACIÓN CON SOBREESPESOR.



RELLENO DE JUNTA

JUNTA TRANSVERSAL DE EXPANSIÓN. Tipo E.



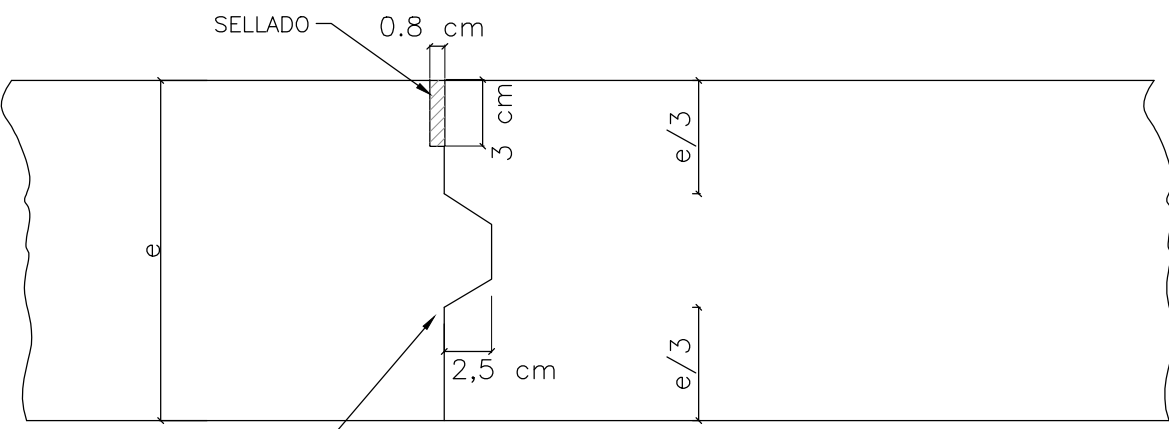
EL PASADOR DEBE SER PINTADO PARA PERMITIR SU DESLIZAMIENTO EN LA LOSA

TUBO CON TAPA DE EXPANSION LARGO 10 cm EXPANSION 3-4 cm LA CAMARA DE EXPANSION SE RELLENARÁ CON POLIESTIRENO EXPANDIDO DE BAJA DENSIDAD

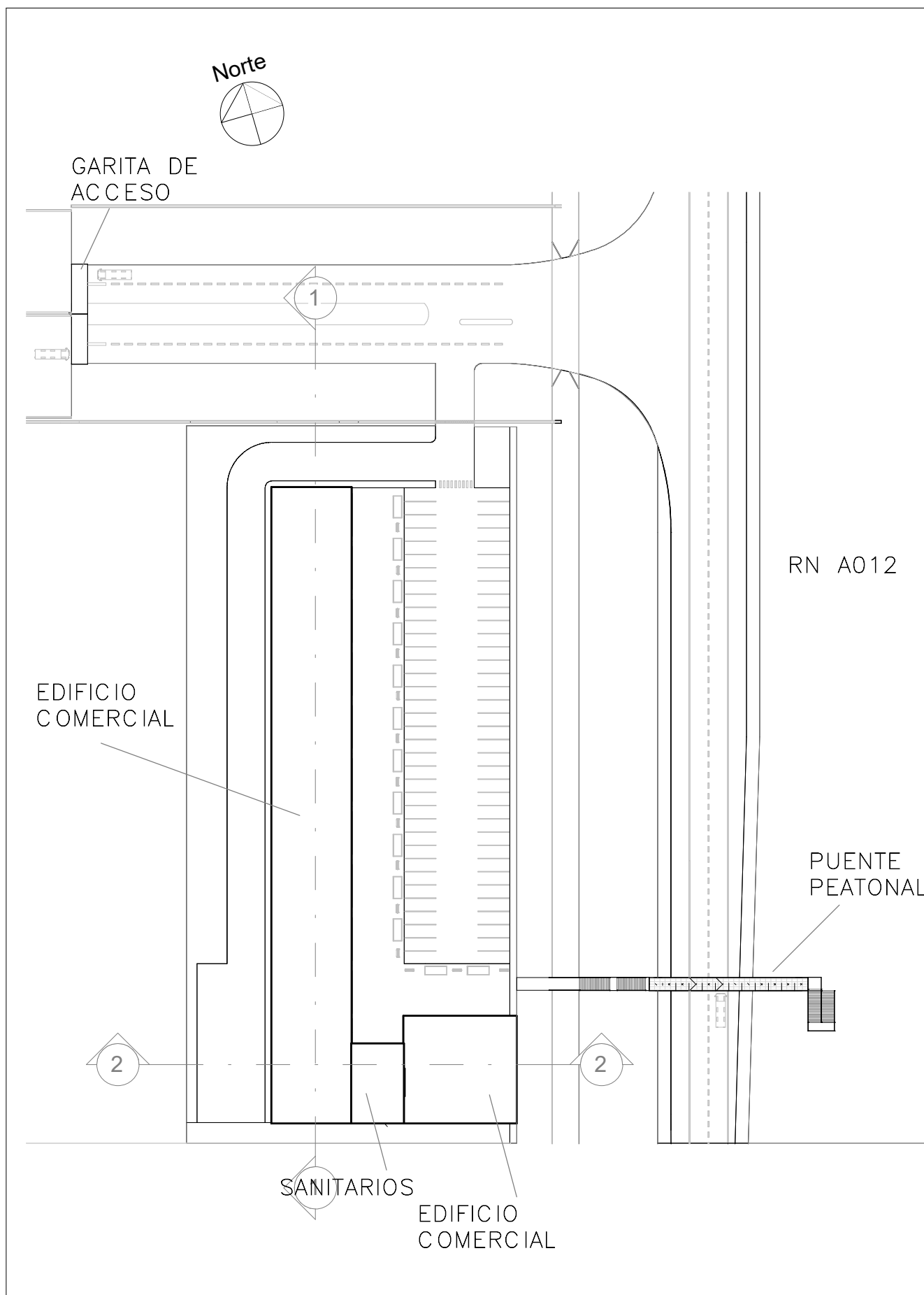
TOPE REBAJADO

NOTA: EN CASO DE JUNTA DE EXPANSIÓN CONTRA PAVIMENTO RÍGIDO EXISTENTE, SE DEBE PERFORAR LA LOSA DE DICHO PAVIMENTO.

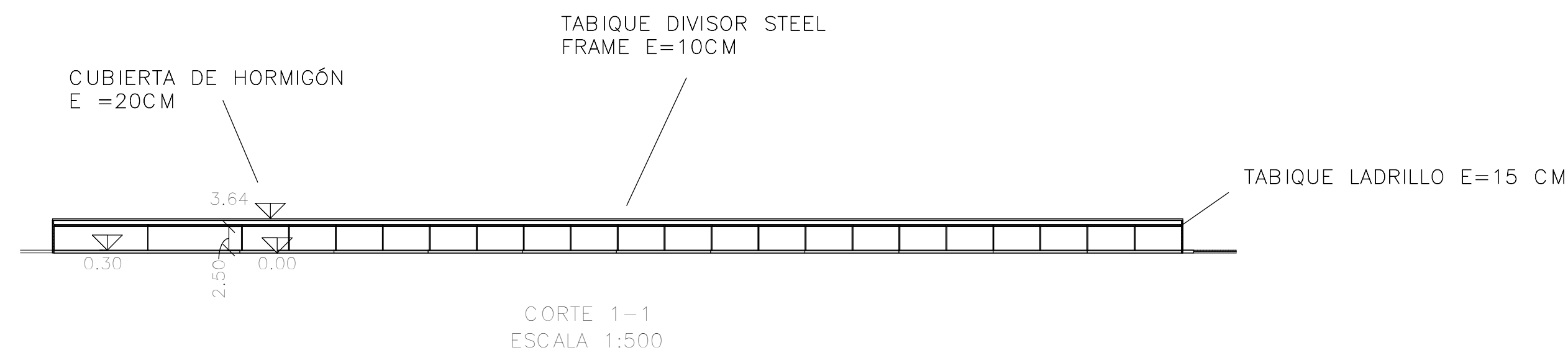
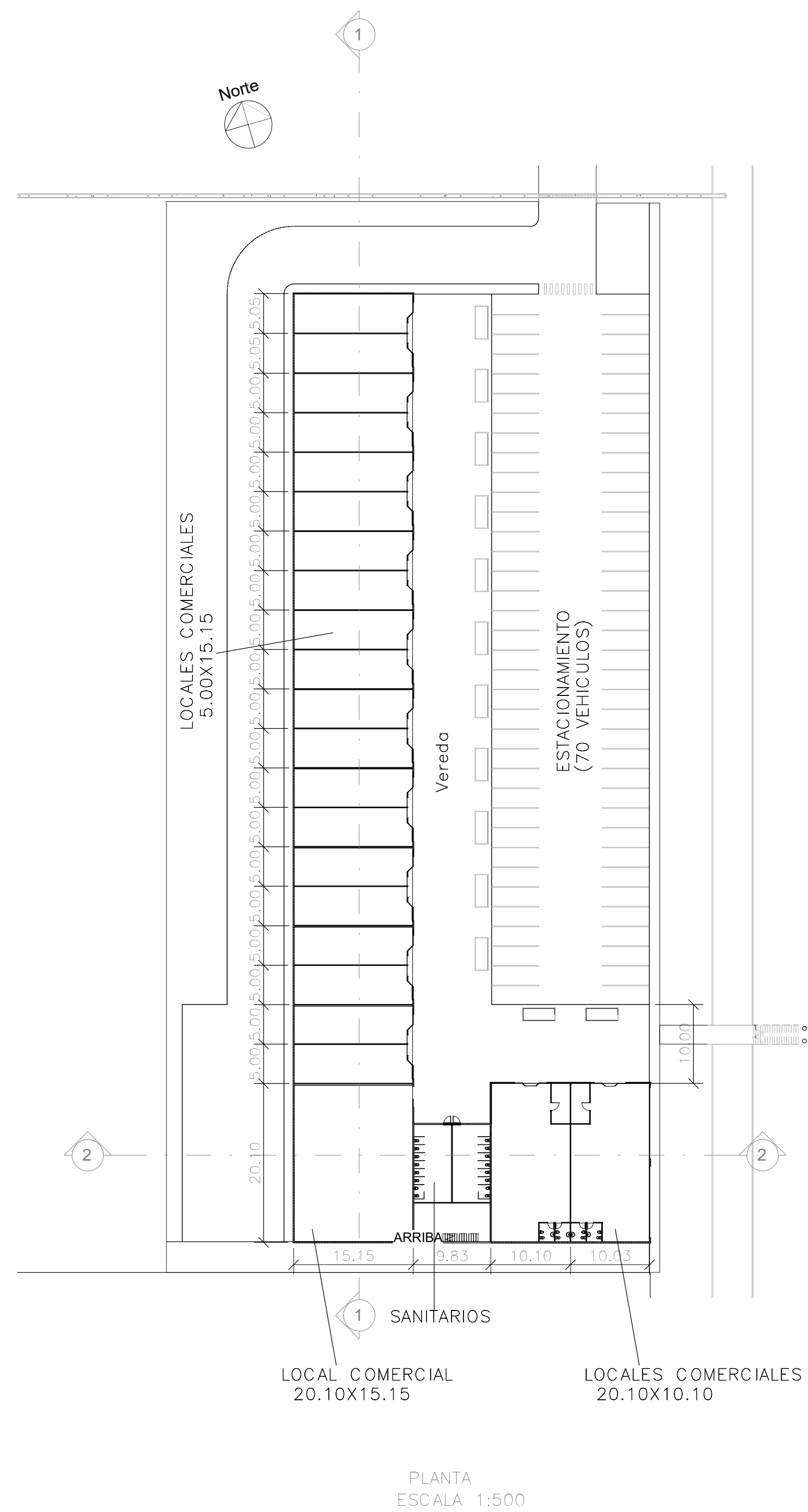
JUNTA ENSAMBLADA DE BORDES LIBRES
SIN BARRAS DE UNIÓN. Tipo D-2.



PINTURA ASFALTICA SOBRE UNA CARA



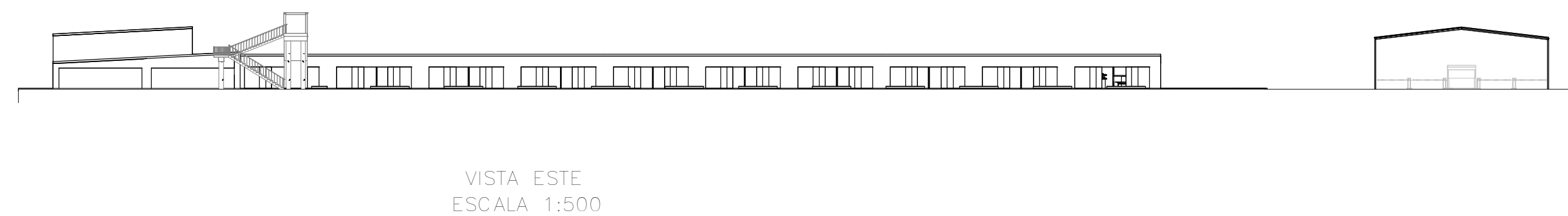
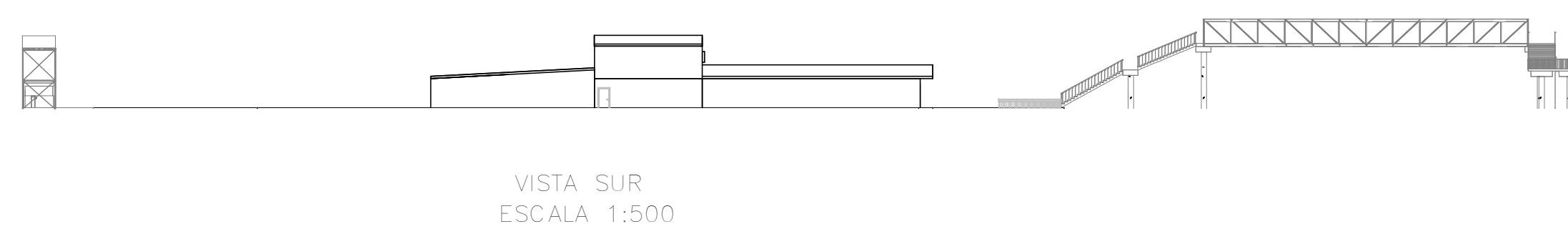
OBRA: PARQUE INDUSTRIAL ROLDÁN	ESCALA: 1:1000	PLANO N°: ARQ-01
PLANO: PLANTA DE TECHO DEL AREA DE SERVICIOS		
CÁTEDRA: PROYECTO IV PROYECTISTAS: BOCHATAY, Alvaro – CASTAGNINO, Esteban – TRIMARCO, Nicolás – VALENTI, LUCAS		

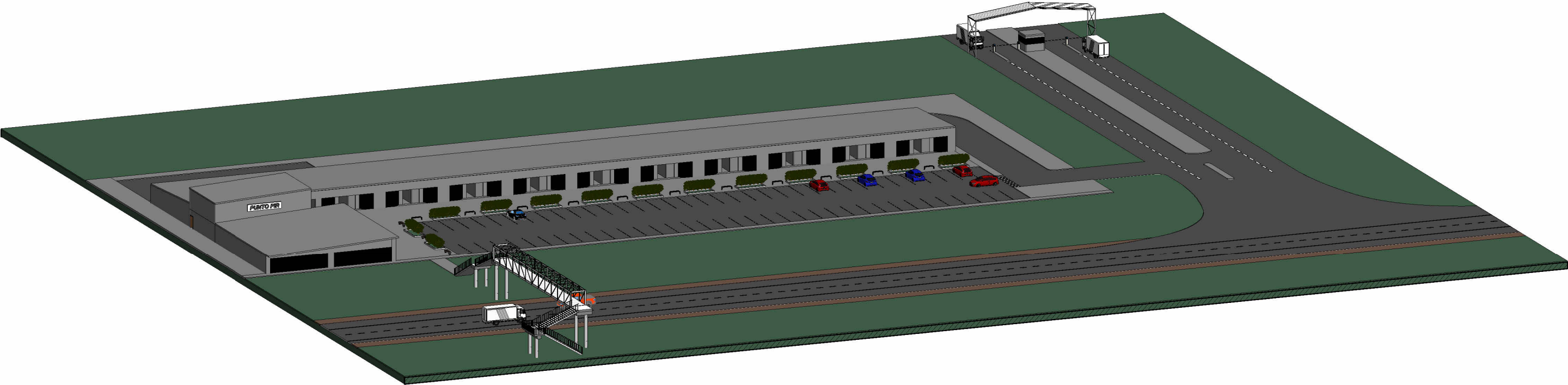


PANELES DIVISORIOS STEEL-FRAMING
DETALLE EN CORTE. ESCALA 1:10



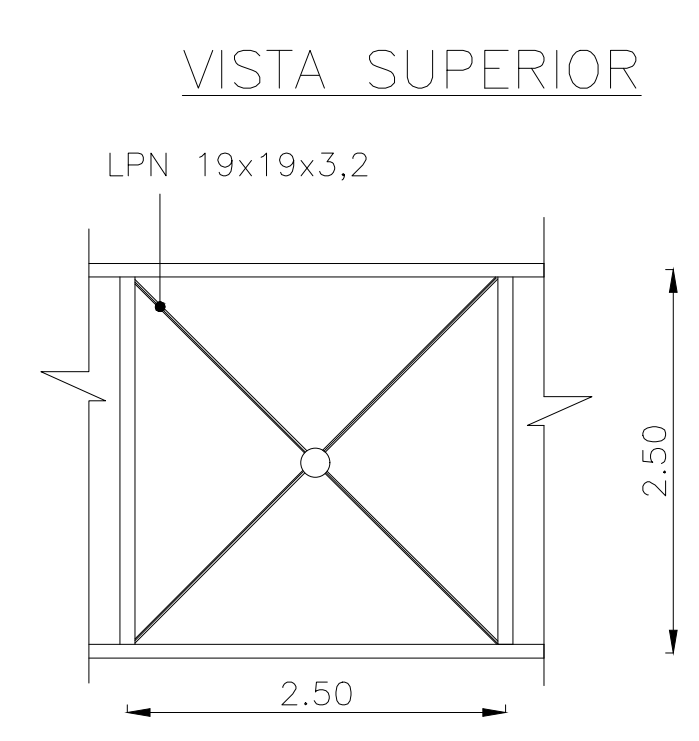
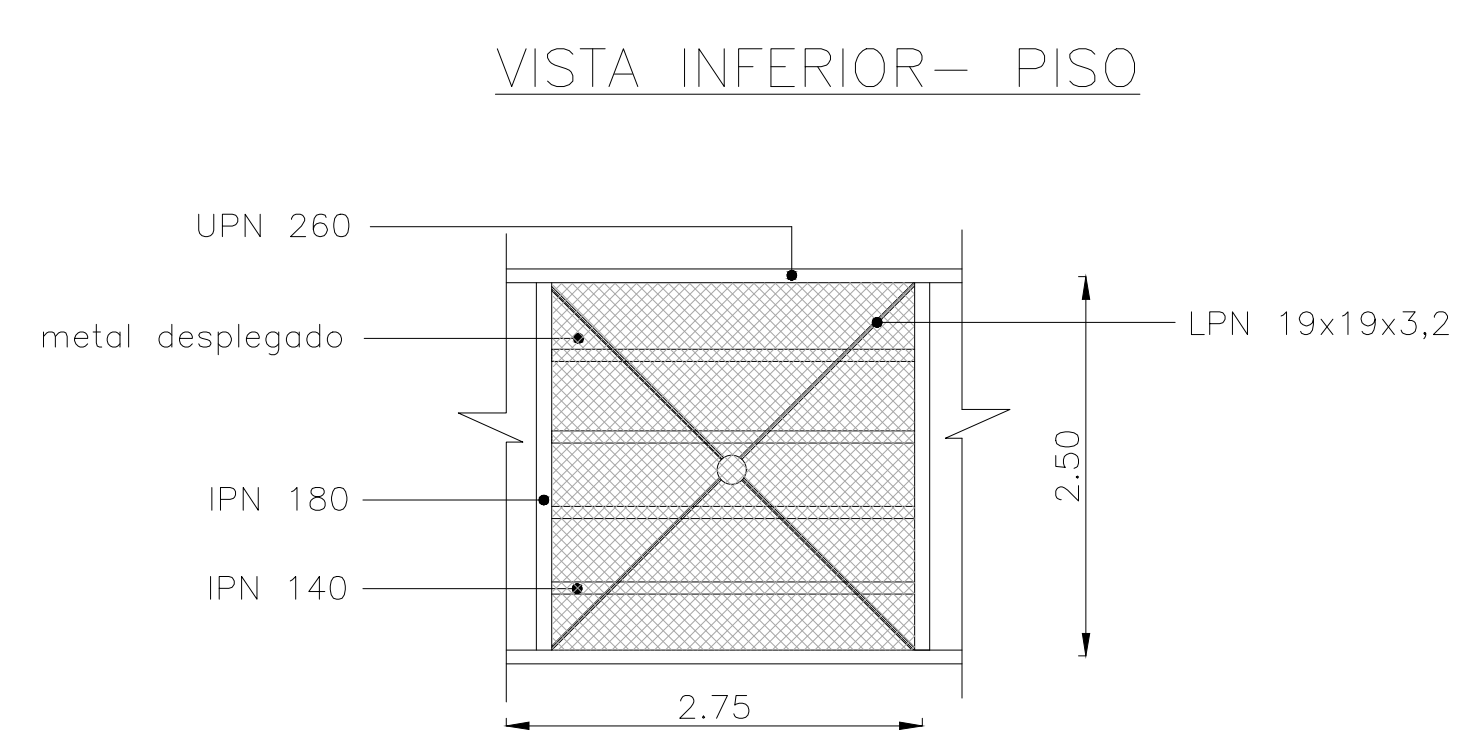
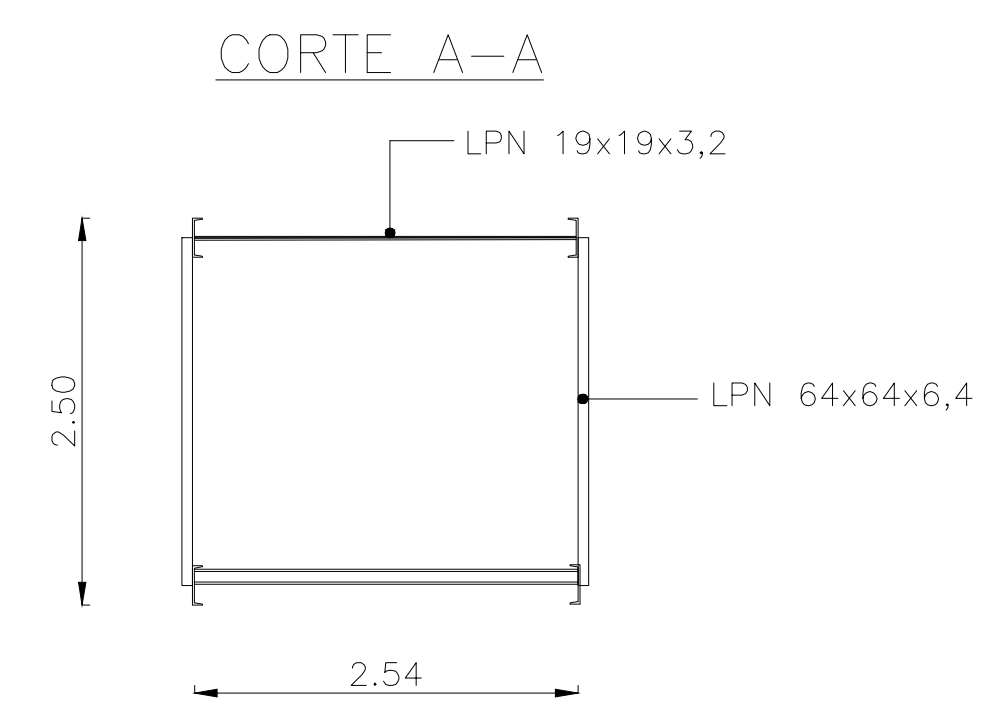
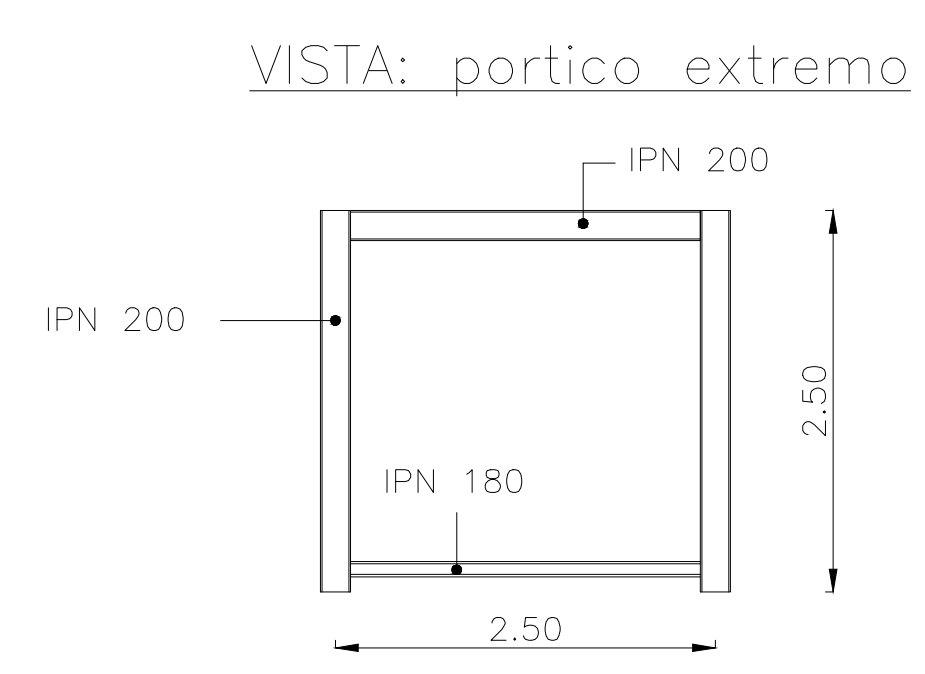
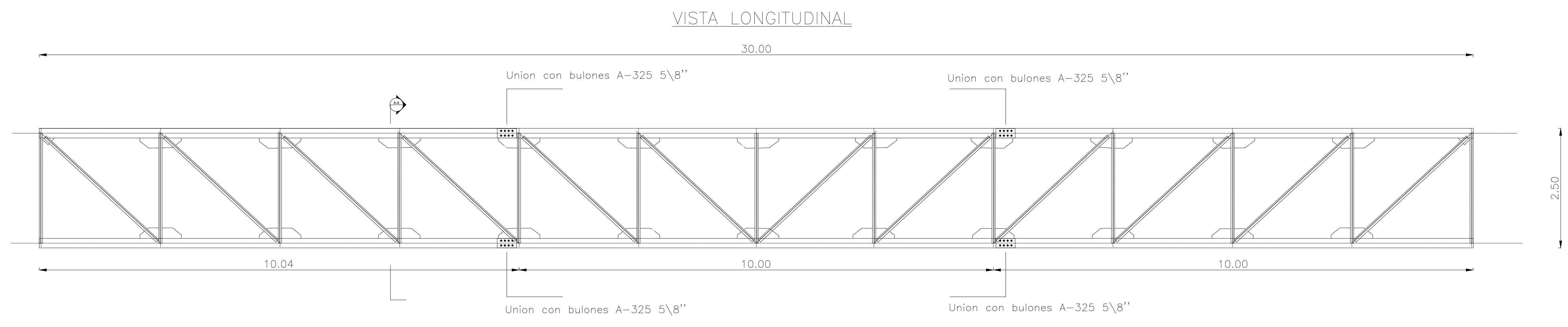
PANELES DIVISORIOS STEEL-FRAMING
DETALLE EN PLANTA. ESCALA 1:10

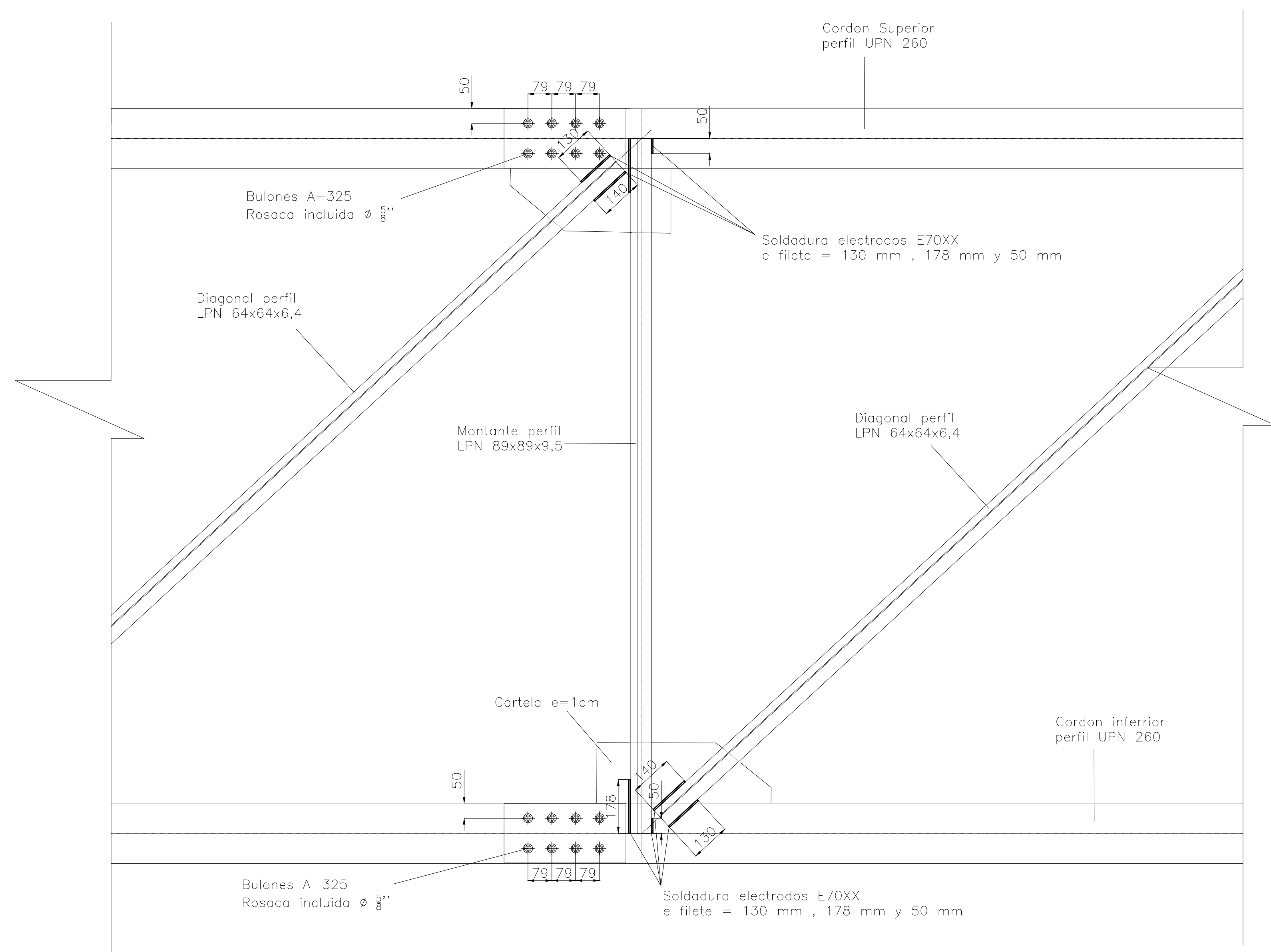




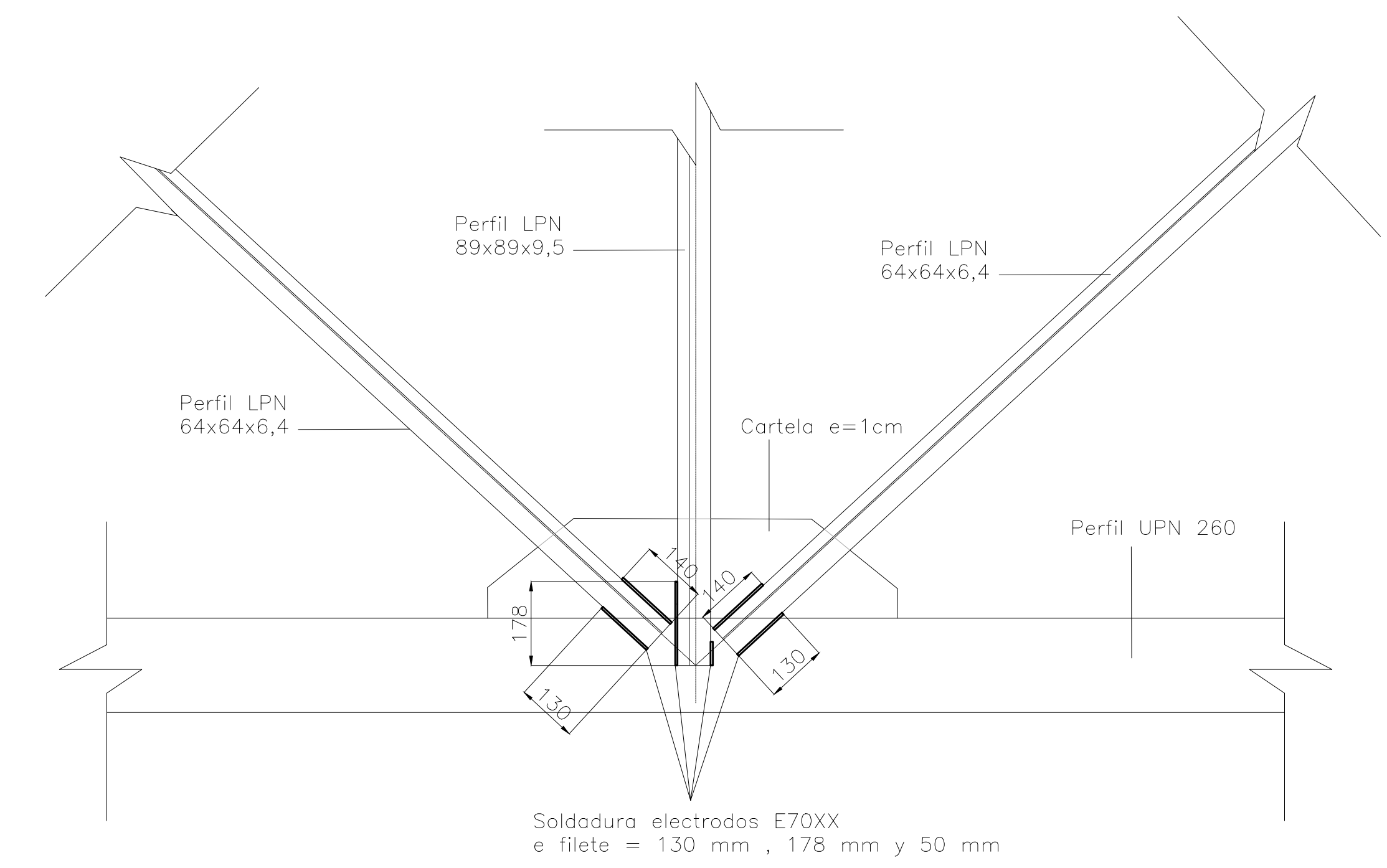
AXONOMETRÍA
ESCALA 1:600

OBRA: PARQUE INDRUSTRIAL ROLDÁN	ESCALA: 1:600	PLANO N°: ARQ-03
PLANO: AXONOMETRÍA AREA DE SERVICIOS	 	
CÁTEDRA: PROYECTO IV		
PROYECTISTAS: BOCHATAY, Alvaro – CASTAGNINO, Esteban – TRIMARCO, Nicolás – VALENTI, LUCAS		

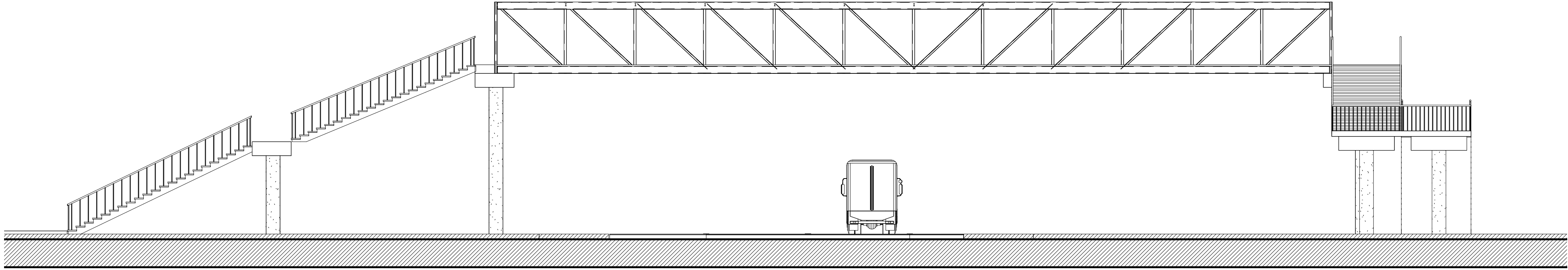




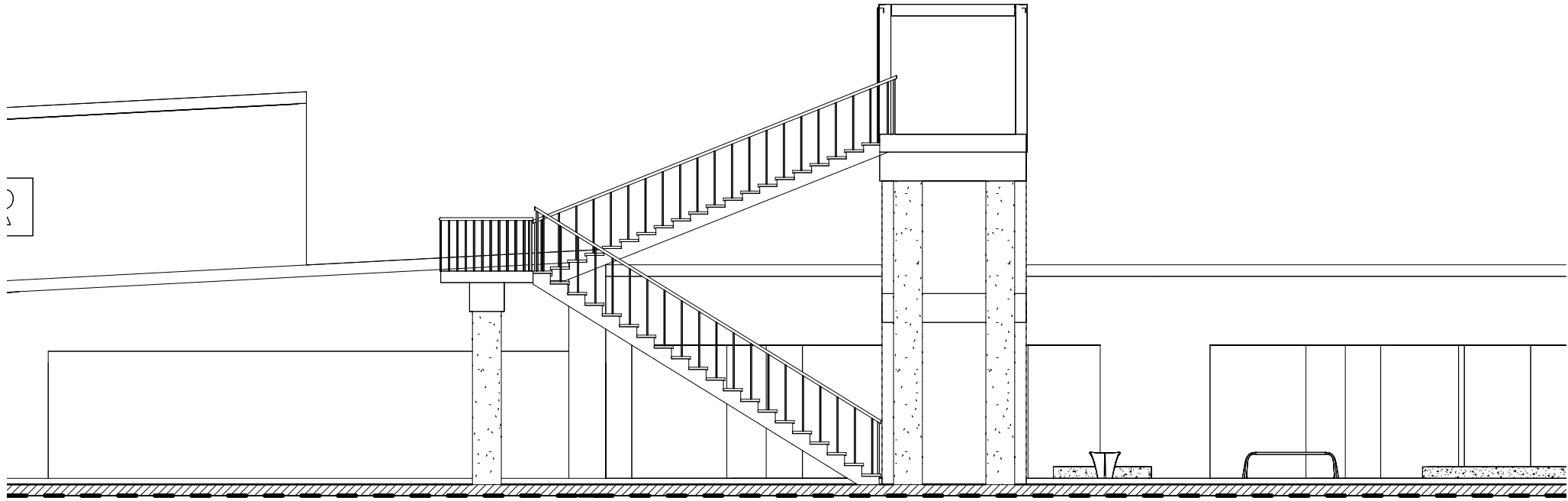
Detalle uniones abulonadas de cordones UPN 260– Encastre de almas.



Detalle de uniones soldadas de nudo tipo– montantes y diagonales.

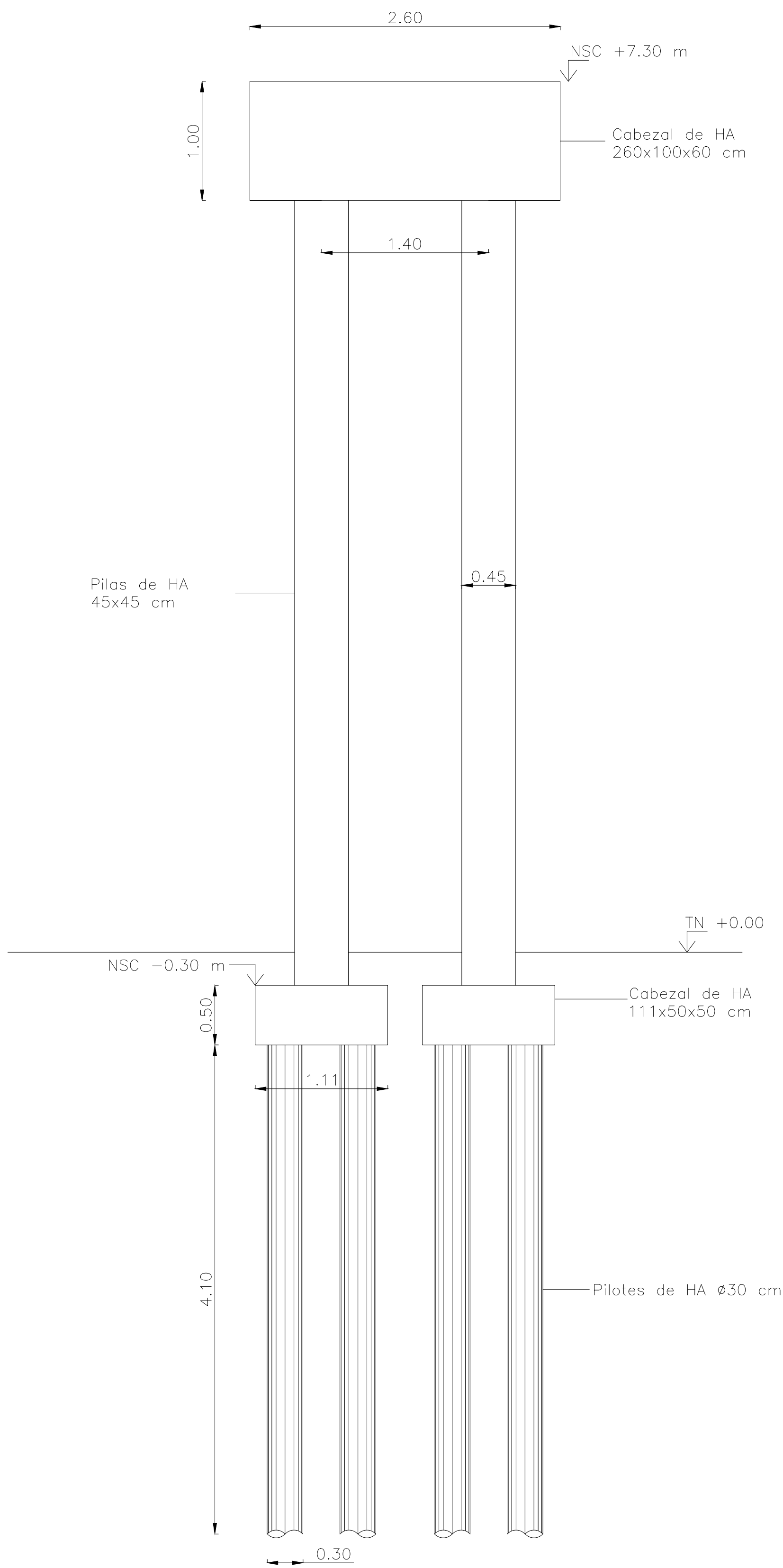


VISTA LONGITUDINAL

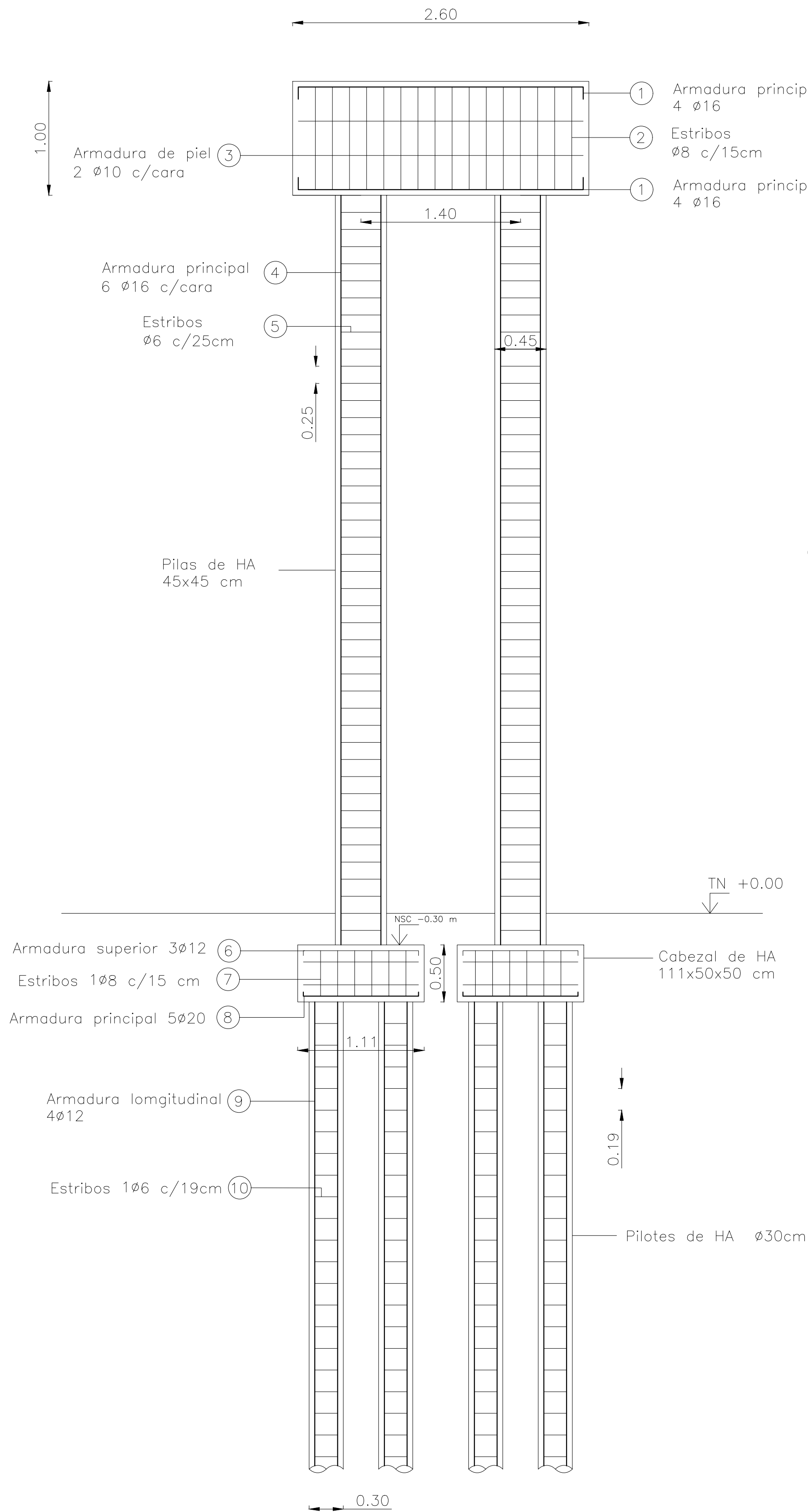


VISTA TRANSVERSAL

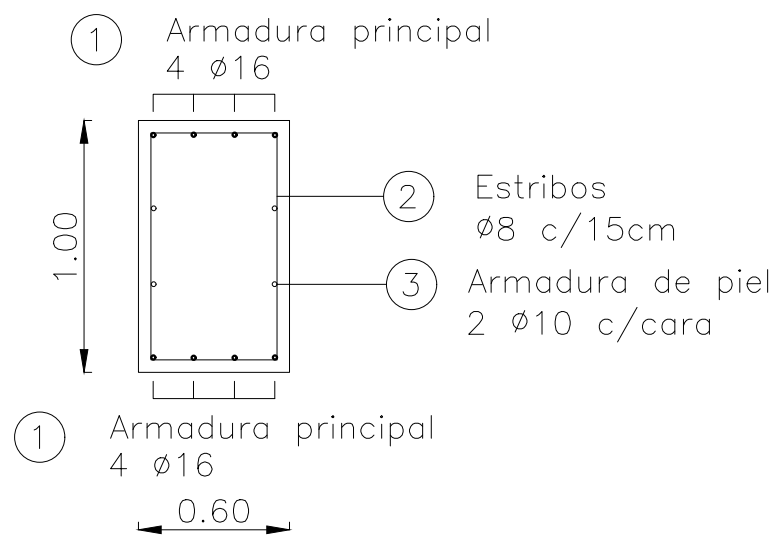
Vista de estructura de apoyo del puente



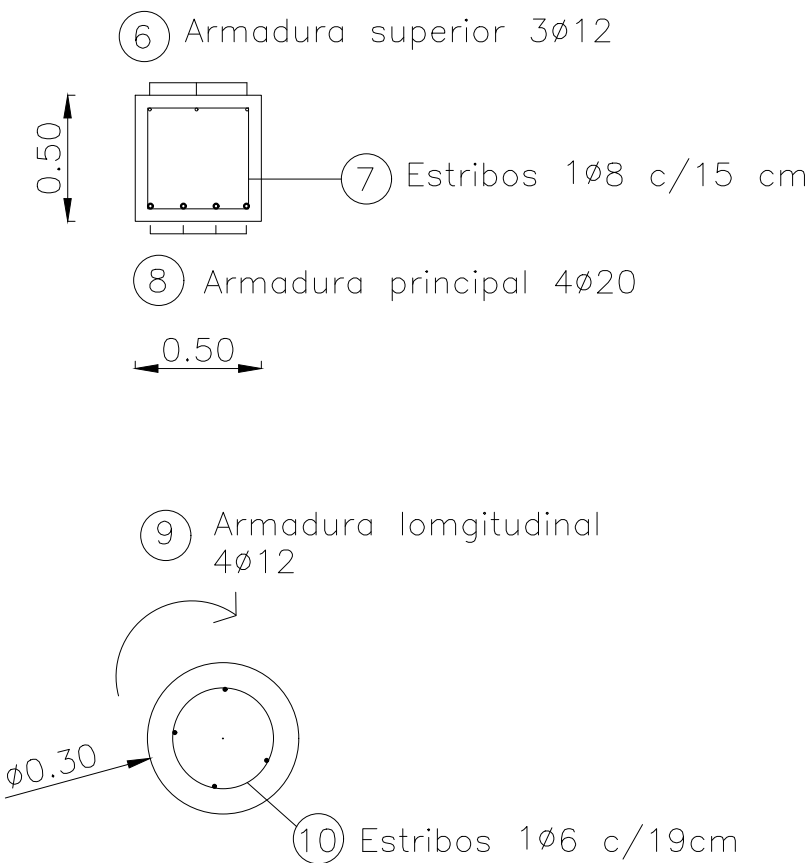
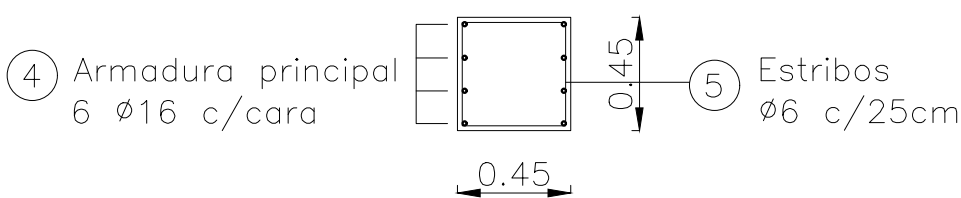
Detalle de armaduras



Vista transversal de cabezal de apoyo



Vista transversal de las pilas



15. ANEXOS

Anexo 1 - Estudio hidrológico

A - Verificación de capacidad de las calles.

Para verificar las calzadas, se utiliza inicialmente una velocidad de flujo de 0,6 m/s sobre el cordón montable. Posteriormente, esta velocidad se ajusta mediante iteraciones con las velocidades reales de flujo. Este proceso permite obtener un cálculo más preciso del caudal admisible, se observa en las **tabla 1.1** a **tabla 1.3**.

Tabla 1.1. Verificación capacidad de calzadas

Cuenca	Área [m2]	Área [has]	Dc [m]	Tc [min]	D [min]	I [mm/hs]	Qdis [m3/s]	Velocidad	Tc
1	24076,2	2,4	677,1	28,8	28,8	86,3	0,4	0,44	35,8
2	18965,6	1,9	323,1	19,0	19,0	105,5	0,3	0,42	22,8
3	15571,9	1,6	190,0	15,3	15,3	115,6	0,3	0,38	18,3
4	15551,5	1,6	185,2	15,1	15,1	116,0	0,3	0,38	18,1
5	15898,2	1,6	186,9	15,2	15,2	115,8	0,3	0,39	18,0
6	23350,0	2,3	322,0	18,9	18,9	105,6	0,4	0,52	20,3
7	25426,0	2,5	356,6	19,9	19,9	103,3	0,5	0,55	20,7
8	21296,4	2,1	218,5	16,1	16,1	113,3	0,4	0,51	17,2
9	12527,5	1,3	158,0	14,4	14,4	118,3	0,3	0,31	18,4
10	22200,8	2,2	205,0	15,7	15,7	114,3	0,4	0,54	16,4
11	13000,0	1,3	160,0	14,4	14,4	118,2	0,3	0,32	18,2
12	12074,6	1,2	0,0	10,0	10,0	134,4	0,3	0,34	10,0
13	22514,8	2,3	212,0	15,9	15,9	113,8	0,4	0,54	16,5
14	23460,1	2,3	200,2	15,6	15,6	114,7	0,5	0,57	15,9
15	12181,6	1,2	0,0	10,0	10,0	134,4	0,3	0,35	10,0
16	26680,0	2,7	397,0	21,0	21,0	100,7	0,5	0,57	21,7
17	17314,3	1,7	161,0	14,5	14,5	118,1	0,4	0,43	16,2
18	9424,0	0,9	180,0	15,0	15,0	116,4	0,2	0,23	23,0
19	17727,1	1,8	179,8	15,0	15,0	116,4	0,4	0,44	16,9
20	21087,8	2,1	183,5	15,1	15,1	116,1	0,4	0,52	15,9
21	12497,9	1,2	131,1	13,6	13,6	120,8	0,3	0,32	16,9
22	12537,2	1,3	131,3	13,6	13,6	120,7	0,3	0,32	16,9
23	35823,2	3,6	590,0	26,4	26,4	90,3	0,6	0,68	24,4
24	51219,0	5,1	427,0	21,9	21,9	98,9	0,9	1,07	16,7
25	42490,0	4,2	406,0	21,3	21,3	100,2	0,7	0,90	17,5
26	50900,0	5,1	0,0	10,0	10,0	134,4	1,2	1,44	10,0
27	4398,9	0,4	0,0	10,0	10,0	134,4	0,1	0,12	10,0
28	17756,1	1,8	0,0	10,0	10,0	134,4	0,4	0,50	10,0
29	17756,1	1,8	0,0	10,0	10,0	134,4	0,4	0,50	10,0

Tabla 1.2. Verificación capacidad de calzadas

1ra iteración				2da iteración			
I [mm/hs]	Qdis 1era iteracion [m3/s]	Velocidad	Tc	I [mm/hs]	Qdiseño 2da iteracion [m3/s]	Velocidad	Tc
76,7	0,3	0,39	39,0	73,1	0,3	0,37	40,4
97,1	0,3	0,39	23,9	94,9	0,3	0,38	24,2
107,1	0,3	0,35	19,0	105,5	0,3	0,35	19,1
107,7	0,3	0,35	18,7	106,1	0,3	0,35	18,9
107,9	0,3	0,36	18,6	106,4	0,3	0,36	18,7
102,3	0,4	0,50	20,6	101,6	0,4	0,50	20,7
101,4	0,5	0,54	20,9	101,0	0,4	0,54	21,0
110,2	0,4	0,49	17,4	109,7	0,4	0,49	17,4
106,9	0,2	0,28	19,3	104,7	0,2	0,28	19,5
112,4	0,4	0,53	16,5	112,0	0,4	0,52	16,5
107,4	0,2	0,29	19,1	105,3	0,2	0,29	19,2
134,4	0,3	0,34	10,0	134,4	0,3	0,34	10,0
111,9	0,4	0,53	16,6	111,6	0,4	0,53	16,7
113,8	0,5	0,56	15,9	113,7	0,5	0,56	15,9
134,4	0,3	0,35	10,0	134,4	0,3	0,35	10,0
99,3	0,5	0,56	21,8	99,0	0,5	0,56	21,9
112,8	0,3	0,41	16,5	112,0	0,3	0,41	16,6
96,7	0,2	0,19	25,6	91,6	0,2	0,18	26,5
111,0	0,3	0,41	17,2	110,0	0,3	0,41	17,3
113,7	0,4	0,51	16,0	113,3	0,4	0,50	16,1
111,0	0,2	0,29	17,5	109,4	0,2	0,29	17,6
111,0	0,2	0,29	17,5	109,4	0,2	0,29	17,6
93,8	0,6	0,71	23,9	94,9	0,6	0,72	23,7
111,6	1,0	1,21	15,9	113,7	1,0	1,23	15,8
109,2	0,8	0,98	16,9	110,9	0,8	0,99	16,8
134,4	1,2	1,44	10,0	134,4	1,2	1,44	10,0
134,4	0,1	0,12	10,0	134,4	0,1	0,12	10,0
134,4	0,4	0,50	10,0	134,4	0,4	0,50	10,0
134,4	0,4	0,50	10,0	134,4	0,4	0,50	10,0

Tabla 1.3 . Verificación capacidad de calzadas

B - Dimensionamiento de los albañales.

Para dimensionar los albañales el primer paso es ver que subcuencas son aquellas que aportan a cada tramo para calcular con el método racional el caudal que concurre a cada albañal, para eso se utiliza el Tc máximo de todas las subcuencas que aportan, ya que este nos dará el mayor caudal, esto se puede observar en la **tabla 1.4**.

Tabla 1.4. Qdiseño para dimensionamiento de albañales

Cálculo de Q de los tramos de conductos					
Tramo	Cuenca de aporte	Tc (Máx de todas las cuencas de aporte + tiempo de traslado en cañería)	I [mm/h]	Área [ha]	Q [m3/s]
N.1	2,3,4,5,6	28,81	86,266	8,934	1,3
N.2	7,8,9,10,11,13,14	24,83	93,048	14,043	2,3
N.3	16,17	25,23	92,307	4,399	0,7
N.4	19,20,21,22	22,28	98,048	6,385	1,1

Una vez obtenidos los caudales de diseño se procede a calcular las pendientes de los albañales teniendo en cuenta una tapada mínima de 15 cm (debido al espesor de la tapa) y las cotas de pavimento, como se observa en la **tabla 1.5**. y **tabla 1.6**.

Tabla 1.5. Cálculo pendiente (S) y cotas

Tramo	Cota inicial de cuneta [m]	Cota final de cuneta [m]	Tapada adoptada inicial [m]	Pendiente mínima Smin	L [m]	Cl f [m] (pend. mínima)	Tf [m] (pend. mínima)	Verifica la tapada mínima?
N.1	38,35	37,76	0,15	0,0020	305,0	37,59	0,170	Verifica
N.2	37,78	37,15	0,15	0,0020	306,0	37,02	0,132	No verifica
N.3	37,53	37,28	0,15	0,0020	153,0	37,07	0,206	Verifica
N.4	37,56	36,94	0,15	0,0020	300,0	36,81	0,130	No verifica

Tabla 1.6. Cálculo pendiente (S) y cotas

Tapada adoptada final [m]	Cota intradós inicial [m]	Cota intradós final [m]	S	Verificación $S \geq 0,2\%$
0,17	38,20	37,59	0,0020	Verifica
0,15	37,63	37,00	0,0021	Verifica
0,21	37,38	37,07	0,0020	Verifica
0,15	37,41	36,79	0,0021	Verifica

Por último, se dimensiona la sección transversal de los cuatro albañales, como se observa en la **tabla 1.7** y la **tabla 1.8**.

Tabla 1.7. Dimensionamiento de albañales

Q [m ³ /s]	Bf [m]	y [m]	A [m ²]	P [m]	Rh [m]	$nQ/I^{1/2}$	$AR^{2/3}$
0,673	0,6000	1,06	0,6360	2,7200	0,2338	0,2409	0,2414
1,141	1,0000	0,87	0,8700	2,7400	0,3175	0,4025	0,4049
0,355	0,5000	0,78	0,3900	2,0600	0,1893	0,1269	0,1286
0,547	0,6000	0,88	0,5280	2,3600	0,2237	0,1925	0,1946

Tabla 1.8. Dimensionamiento de albañales

Altura adop [m]	Aadop [m ²]	Padop [m]	Rhadop [m]	Qdisp [m ³ /s]	Qdis > Q	V [m/s]	S s/Ø adoptado	S adoptado
1,10	0,64	2,72	0,23	0,6747	Verifica	1,06	0,0020	0,0020
0,90	0,87	2,74	0,32	1,1483	Verifica	1,32	0,0020	0,0021
0,80	0,39	2,06	0,19	0,3594	Verifica	0,92	0,0019	0,0020
0,90	0,53	2,36	0,22	0,5529	Verifica	1,05	0,0020	0,0021

C - Dimensionamiento de canales

El proceso de dimensionamiento de los canales es el mismo que para los albañales, a diferencia, que estos se dimensionan con una sección transversal trapezoidal de tierra, el cálculo se observa en la **tabla 1.9** y **tabla 1.10**.

Tabla 1.9. Dimensionamiento de canales a cielo abierto

Cuecas de aporte		Tc max	Area [has]	I [mm/h]	Qdis [m3/s]	Bf	Yu	z (tabla 4)	Area [m2]	P [m]	Rh [m]	Bs [m]	AR ² /3	(n*Q)/I ^{1/2}
Canal N°1	1 A 22	42,54	39,471	69,447	5,99	1,3	1,65	1	4,87	5,97	0,82	4,60	4,25	4,24
Canal N°2	23a29	25,44	22,143	91,940	4,45	1	1,5	1	3,75	5,24	0,72	4,00	3,00	3,15

Tabla 1.10. Dimensionamiento de canales a cielo abierto

hadop [m]	Bs adop [m]	Area [m2]	P [m]	Rh [m]	Qdisp [m3/s]	Qdisp > Qdis	V [m/s]	Vmax [m/s]	V < Vmax
1,70	4,70	4,87	5,97	0,82	6,01	verifica	1,23	1,82	Verifica
1,50	4,00	3,75	5,24	0,72	4,24	no verifica	1,13	1,82	Verifica

Anexo 2 - Cálculo y diseño de pavimentos

A - Pavimento flexible para carriles de aceleración y deceleración.

A.1 - Introducción

El pavimento a ejecutar para los carriles de aceleración y deceleración que permiten el ingreso y egreso tanto del parque industrial como de la zona industrial será del tipo flexible. Para su diseño y dimensionamiento se aplica el método AASHTO '93.

A.2 - Estudio de suelos de subrasante

En primer lugar, corresponde realizar la caracterización del suelo de la subrasante. Para ello, a partir del estudio de suelos obtenido de la zona se observan los siguientes resultados:

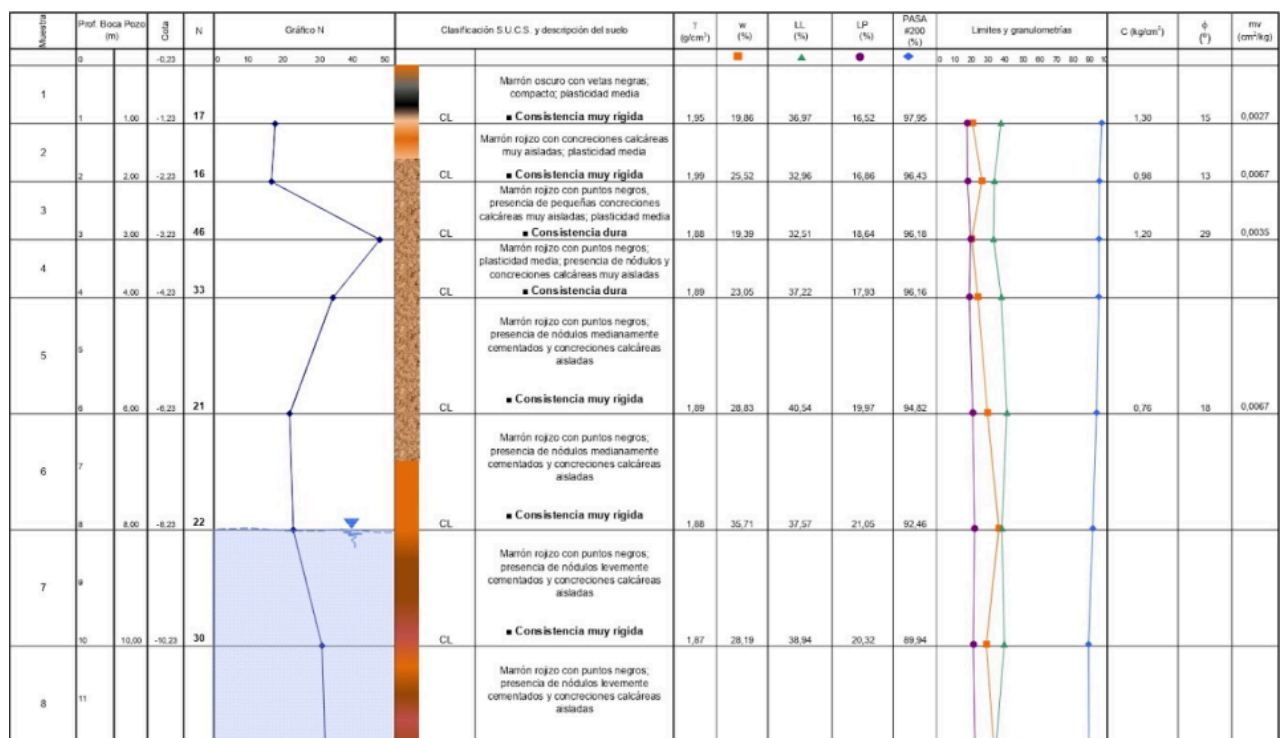


Imagen 2.1. Estratificación del suelo.

En la **imagen 2.1** se observa que el suelo que constituirá la subrasante será del tipo CL - marrón oscuro, con vetas negras; compacto y de plasticidad media, consistencia rígida a muy rígida, con un número de golpes según el ensayo SPT de 10, 17 y 17.

En el método AASHTO '93 el parámetro que se utiliza para caracterizar la subrasante es el Módulo Resiliente. Dado que no se dispone del mismo, se realizan

correlaciones con otras propiedades de los materiales para obtener una estimación, utilizando, por ejemplo, el Valor Soporte Relativo (CBR). El método sugiere la siguiente correlación:

$$M_R[psi] = 1500 \cdot CBR$$

Debido a que tampoco se tiene información sobre el CBR, el mismo es estimado aplicando una correlación, a partir de la granulometría del suelo y de sus características plásticas. Observando los resultados de la **imagen 2.1**, se obtiene:

$$IP = LL - LP = 36,97 - 16,52 = 20,45$$

Considerando un pasa #200 de 97,95, se utiliza la siguiente expresión para la estimación del CBR (indicada en el método AASHTO), la cual es válida para un wPI superior o igual a 8:

$$CBR = \frac{75}{1 + 0,728 \cdot (wPI)}$$

$$wPI = Pasa \#200 \cdot IP$$

Siendo el valor de wPI = 20,03, resulta CBR=4,81. Finalmente, utilizando la correlación expresada con anterioridad, se obtiene Mr=7215 psi.

A.3 - Solicitaciones

A continuación, en la **tabla 2.1** se adjuntan los datos del tránsito vehicular correspondientes a la Ruta Nacional A012, en el tramo comprendido entre la intersección con la Ruta Nacional 1V09 y la intersección con la Ruta Nacional 34.

Tabla 2.1. Datos del tránsito vehicular.

Datos	
TMDA (2024) (INT.R.N.1V09 - INT.R.N.34)	7200
Factor de direccionalidad "Fd"	0,6
Factor de carril "Fc"	1
Factor de valor diario "Fa"	365
Factor de acumulación de tránsito "Fp"	19,16
Tasa de crecimiento del tránsito "r"	0,03
Período de diseño	15
Inicio de período de diseño	2027

En la **tabla 2.2** se indican los datos correspondientes a la composición vehicular para el año 2024, para el tramo mencionado en el párrafo anterior.

Tabla 2.2. Composición vehicular año 2024.

Composición vehicular [%] año 2024	
LIV	42,60%
BU1	0,70%
BU2	0,50%
SA1	3,80%
SA2	0,70%
CA1	1,30%
CA2	26,00%
CA3	11,30%
SE1	0,80%
SE2	5,70%
SE3	5,40%
SE4	1,40%

Luego se determina el factor combinado Ct realizando la sumatoria de los productos entre el porcentaje de participación de cada tipo de vehículo y su coeficiente de equivalencia en efecto destructivo de acuerdo a los valores dados por DNV. Esto se puede apreciar en la **tabla 2.3**.

Tabla 2.3. Obtención de factor combinado Ct según DNV.

Tipo de vehículo	% por tipo de vehículo	Configuración de ejes	DNV (90's)	% Veh . Ce
LIV	42,60%	S1-S1	0,044	0,019
BU1	0,70%	S1-S1	0,308	0,002
BU2	0,50%	S1-D2	0,462	0,002
SA1	3,80%	S1-D1	2,640	0,100
SA2	0,70%	S1-D2	2,508	0,018
CA1	1,30%	S1-D1-D1-D1	5,280	0,069
CA2	26,00%	S1-D1-D1-D2	4,290	1,115
CA3	11,30%	S1-D2-D1-D2	4,224	0,477
SE1	0,80%	S1-D1-D1	3,564	0,029

SE2	5,70%	S1-D1-D2	3,960	0,226
SE3	5,40%	S1-D1-D3	4,510	0,244
SE4	1,40%	S1-D2-D3	5,280	0,074
	100%		Ct	2,374

Finalmente se puede obtener la cantidad N de reiteraciones del eje estándar (8,16 t) equivalentes en efecto destructivo al espectro real de cargas, en un carril, y a lo largo del período de diseño. Dado que nuestro análisis corresponde a carriles de aceleración y deceleración que permitirán el ingreso y la salida de vehículos al parque industrial (lado oeste) y a la zona industrial (lado este), el número N debe ser disminuido a fines de lograr un dimensionamiento adecuado, ya que dichos carriles no serán utilizados por la totalidad de los vehículos que circulan por la RN A012. Es por ello que se adopta un 20% del número N obtenido para el dimensionamiento y diseño del pavimento de los carriles. En la **tabla 2.4** se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 2.4. Obtención de N (8,16t).

Cálculo de N(8,16 t)	
N (DNV) RN A012	7,61E+07
N (DNV) RN A012 Carriles (20%)	1,52E+07

A.4 - Dimensionamiento del pavimento empleando el método AASHTO '93.

Se calcula el SN (número estructural) requerido mediante el software AASHTO, ingresando con los parámetros de diseño que se indican en la **tabla 2.5**.

Tabla 2.5. Parámetros de diseño.

Parámetros de diseño	
R[%]	90
Zr	1,282
S ₀	0,47
P ₀	4,2
P _t	2,5
ΔPSI	1,7

Mr [psi]	7215
N	1,52E+07

En la **imagen 2.2** se aprecian los resultados arrojados por el software.

Imagen 2.2. Determinación del SN requerido a partir del software AASHTO (W18).

Se debe verificar que el SN requerido sea menor que el SN de diseño. Este último viene dado por la siguiente expresión:

$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot m_2 \cdot D_2 + \dots + a_i \cdot m_i \cdot D_i$$

Donde:

a_1 : Coeficientes de capa [cm^{-1}]

D_1 : Espesores de capa [cm]

m_1 : Coeficientes de drenaje

Se comienza con la propuesta de seis capas, las cuales se indican en la **tabla 2.6**, donde también se pueden apreciar los valores de CBR propuestos.

Tabla 2.6. Propuesta de capas para pavimento.

Capas		Posición	Material	CBR
Ligadas	Carpeta de rodamiento	-	CAC D12 R CA30	-
	Base asfáltica	Superior	CAC D19 B CA30	-
		Inferior	CAC D19 B CA30	-
No ligadas	Base	-	Estabilizado granular	80
	Subbase	Superior	Suelo seleccionado	20
		Inferior	Suelo cal	20

En la **tabla 2.7** se observan los espesores propuestos para cada capa, y el SN de diseño obtenido, dando como resultado un valor de 5,43. Vale destacar que los coeficientes de capa fueron obtenidos con los gráficos y nomogramas que brinda el método AASHTO.

Tabla 2.7. Obtención de SN de diseño para carriles de aceleración y deceleración.

Capas			Posición	Material	CBR	Espesor [cm]	ai [1/cm]	mi	SNi
Ligadas	Carpeta de rodamiento		-	CAC D19 R CA30	-	5	0,17	-	0,85
	Base asfáltica		Superior	CAC D19 B CA30	-	6	0,17	-	1,02
			Inferior	CAC D19 B CA30	-	6	0,17	-	1,02
No ligadas	Base		-	Estabilizado granular	80	20	0,053	1	1,06
	Subbase		Superior	Suelo seleccionado	20	20	0,037	1	0,74
			Inferior	Suelo cal	20	20	0,037	1	0,74
								SNdis	5,43

Se observa que el SN de diseño (5,43) es mayor que el SN requerido (5,38). De esta forma se concluye que los espesores y las capas propuestas resultan una elección adecuada para realizar el pavimento flexible para los carriles de aceleración y deceleración.

A.5 - Dimensionamiento de la banquina pavimentada empleando el método AASHTO '93.

Para llevar a cabo el dimensionamiento de las banquetas pavimentadas se adopta un N (8,16t) requerido para posteriormente obtener un SN requerido a partir del uso del software AASHTO '93.

El N requerido es asumido como el 2% del N calculado para los carriles de aceleración y deceleración, es decir:

$$N(8,16t)_{\text{requerido banquina}} = 0,02 \cdot N(8,16t)_{\text{carriles ac y dec}} = 0,02 \times 1,52 \cdot 10^7 = 304000 \text{ ejes de } 8,16 \text{ t}$$

Utilizando las mismas hipótesis de diseño que para los carriles de aceleración y deceleración (ver **tabla 2.5**), se ingresa al software AASHTO '93 obteniendo los resultados que se muestran en la **imagen 2.3**.

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. The title bar reads 'Ecuación AASHTO 93'. The main window has a title 'CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)' and a subtitle 'Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.'.

The interface is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu for '90 % Zr=-1.282' and a text box for 'So' with the value '0.47'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2.5).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' with the value '7215 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. The 'W18' text box shows the value '304000'.
- Número Estructural:** A text box for 'SN' showing the result '2.93'.
- Observaciones:** A large empty text box.
- Buttons:** 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Imagen 2.3. Obtención del SN requerido para la banquina.

Se puede apreciar que el número estructural SN requerido para la banquina es igual a 2,93. Para el diseño de la misma se adoptan dos criterios: por un lado, proponer una estructura de pavimento en función de la estructura de los carriles, por facilidad de ejecución. Por otro lado, se busca producir un ahorro de mezcla asfáltica, utilizándose

solamente para la carpeta de rodamiento. En la **tabla 2.8** se presenta la estructura adoptada para la banquina, con el SN de diseño obtenido.

Tabla 2.8. Capas de pavimento y obtención de SN de diseño para la banquina.

Capas		Posición	Material	CBR	Espesor [cm]	ai [1/cm]	mi	SNi
Ligadas	Carpeta de rodamiento	-	CAC D19 R CA30	-	5	0,17	-	0,85
No ligadas	Base	-	Estabilizado granular	80	17	0,053	1	0,90
	Subbase	Superior	Suelo seleccionado	20	17	0,037	1	0,63
		Inferior	Suelo cal	20	17	0,037	1	0,63
							SNdis	3,01

Se observa que el SN de diseño (3,01) es mayor que el SN requerido (2,93).

B - Diseño de pavimento rígido para calles internas.

B.1 - Introducción

El pavimento previsto para el interior del PIR será del tipo rígido, seleccionado por las prestaciones que ofrece frente a las exigencias operativas del predio. Este material asegura un desempeño confiable ante las solicitudes generadas por el tránsito de vehículos pesados propios de las actividades logísticas e industriales, así como frente a las condiciones meteorológicas de la región. Entre sus principales ventajas se destacan:

- Alta resistencia a cargas pesadas: aspecto crucial dada la naturaleza industrial del parque, donde la infraestructura debe soportar esfuerzos significativos de manera continua.
- Durabilidad y bajo requerimiento de mantenimiento: presenta una vida útil sostenida con mínimas intervenciones, superando en este aspecto a los pavimentos flexibles y reduciendo costos operativos y posibles interrupciones en el funcionamiento del predio.

- Baja deformación: su capacidad para conservar la geometría aun en sectores de circulación lenta o detención frecuente resulta ser una de las razones principales de su elección.
- Ahorro a largo plazo: aunque la inversión inicial es mayor que en otras alternativas, la combinación de su vida útil prolongada, elevada resistencia y menores necesidades de mantenimiento lo convierte en la opción más eficiente a nivel económico en el ciclo de vida del proyecto.

B.2 - Materiales.

Teniendo en cuenta lo explicado en el apartado A-2 del presente anexo, se obtiene para la subrasante del lugar un CBR de 4,81.

Para verificar el valor obtenido se plantea la estimación según la metodología de la CPA, por lo que se deberá clasificar el suelo según AASHTO como se indica en la **imagen 2.4**.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)			
Clasificación de grupo	A-1		A-3 ^A	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamizado, % que pasa											
No. 10 (2.00mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia											
Límite líquido	...		...	B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		N.P.	B				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín. ^B
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo			

^A La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.

^B El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30.

Imagen 2.4. Clasificación según AASHTO.

De esta forma se cuenta con un suelo tipo A-6. A su vez, utilizando el cuadro de cotas y tensiones que se encuentra en el ítem C del anexo 4 (ver en 15 - Anexos), se obtiene que el valor de coeficiente de balasto horizontal K30 estimado está comprendido entre 3,15 y 2,80 kg/cm³. Por ende, ingresando al gráfico de la **imagen 2.5** se obtiene un CBR del orden del 3,5%.

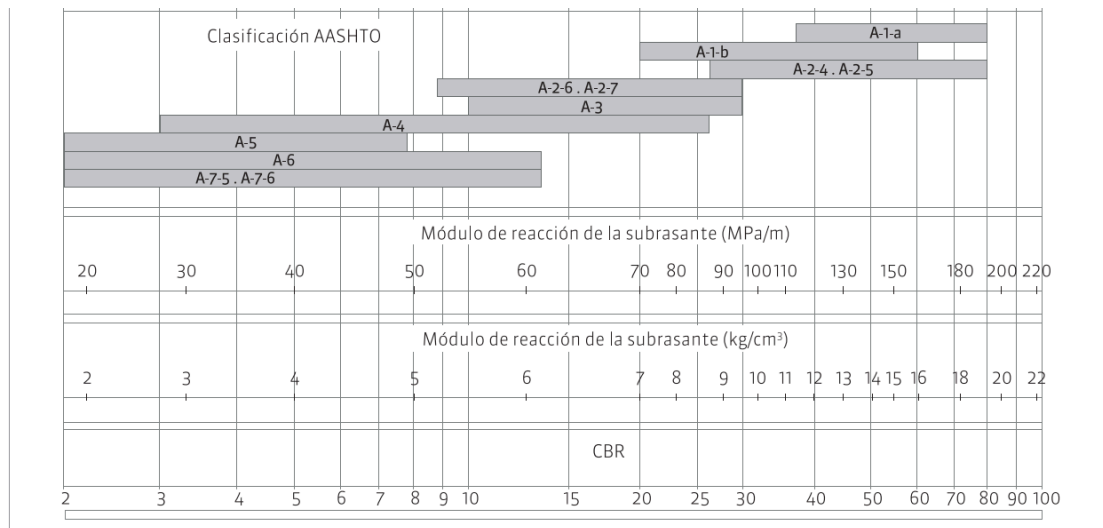


Imagen 2.5. Estimación CBR según tipo de suelo y módulo de reacción subrasante según CPA.

De estos dos procedimientos y considerando que el suelo será sometido a una mejora con cal se adopta un CBR del 4%.

B.3 - Solicitaciones

La estimación de las solicitaciones derivadas del tránsito pesado dentro del parque industrial requiere anticipar el tipo de industrias que se radicarán en el predio, ya que serán ellas las que generarán la demanda de viajes. En este caso, el PIR se concibe como un Parque Tecnoagroalimentario, una tipología que no se caracteriza por elevados flujos de circulación como los observados en parques logísticos.

Con el fin de contar con una referencia empírica adecuada, se toma como antecedente el Parque Industrial de Alvear, en funcionamiento desde 1971 y con características comparables en cuanto a distribución interna y perfiles empresariales respecto del previsto en Roldán. A partir del análisis de dicho parque se obtiene una demanda estimada de 41 camiones diarios de ingreso, los cuales se consideran operando con su carga máxima legal.

Asimismo, se incorporará al análisis la tipología de los vehículos pesados y la configuración de sus ejes, ya que estos parámetros resultan determinantes para la evaluación estructural del pavimento y la definición del espesor requerido. En la **tabla 2.9** se puede observar el espectro de cargas cada mil camiones.

Tabla 2.9. Espectro de cargas de tránsito futuro dentro del PIR.

ESPECTRO DE CARGAS						
Tipo de Camión	Cantidad de Vehículos diarios	c/1000	ejes S1	ejes D1	ejes D2	ejes D3
S1-D1-D1-D2	6	146	146	292	146	0
S1-D1-D2	16	390	390	390	390	0
S1-D1-D3	19	463	463	463	0	463
TOTAL	41	1000	1000	1146	537	463

En la **tabla 2.10** se detallan las cargas máximas que puede soportar cada eje del vehículo según la Ley N° 24.449 y su anexo Decreto N° 32/2018.

Tabla 2.10. Peso máximo según tipo de eje.

Tipo de eje	Peso max (tn)
S1	6
D1	10,5
D2	18
D3	25,5

B.4 - Dimensionamiento del paquete estructural.

A partir de la aplicación del método de la PCA, se procede al cálculo del espesor de la losa de hormigón. Para ello se ingresa a la planilla dada por el ICPA (Instituto del Cemento Portland Argentino) con los datos adjuntados en la **Tabla 2.11**.

Tabla 2.11. Datos ingresados a la planilla dada por el ICPA.

DATOS	
Tipo de Pavimento	Rígido
Tasa de crecimiento del tránsito (2027-2062)	0,02
Periodo de diseño (años)	35
Todos los vehículos ingresan con su carga máxima permitida	
La tara se considera el 30% de su peso máximo permitido	
Hormigón	H-30
CBR subrasante	4,81

Espesor Base	15
Material Base	Tratada con cemento
Banquina vinculada o no	no
Pasadores si o no	si
Cantidad de camiones por día	41

El valor resultante que arroja la planilla es de 192 mm, por lo que se adopta como espesor final 20 cm, considerando un espesor mínimo constructivo. Los resultados completos obtenidos del software, así como los datos de entrada utilizados para el cálculo, se presentan al finalizar el presente anexo.

B.5 - Diseño de juntas.

Según el Manual de Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón (ICPA), se tienen las siguientes especificaciones para el diseño de juntas, extraídas del capítulo 3 de Juntas, Intersecciones y Transiciones del Manual de Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón.

- **Junta transversal de contracción** (Tipo A-1): Son los principales tipos de juntas para el control de fisuración por contracción por fragüe. Dentro de esta propuesta se decidió colocar pasadores en la totalidad de las juntas transversales debido a la magnitud de las cargas del tránsito pesado. Se recomienda colocar pasadores de diámetro 25mm ya que el espesor de la losa no supera los 20 cm. En cuanto a la separación de las juntas transversales, se toma la recomendación del Manual del ICPA que establece que deben conformarse losas lo más cuadradas posible manteniendo una relación Largo/Ancho $\leq 1,25$.
- **Junta longitudinal de articulación** (Tipo C-1): Controla la formación de fisuras, se emplean barras de unión. Estas son de acero conformado superficialmente con un diámetro de 10 mm. Se ubican a la mitad del espesor de la losa y se colocan perpendiculares a la dirección longitudinal del camino. Para el diámetro adoptado se corresponde a un largo de barra de unión de 60 cm.

- **Junta longitudinal de construcción o ensamblada a borde libre** (Tipo D-2): Dividen dos zonas pavimentadas en tiempos diferidos.
- **Junta de dilatación** (Tipo E): Se ejecuta para permitir movimientos diferenciales entre dos zonas pavimentadas o contra una estructura fija. Se emplean en los siguientes casos:
 - Intersecciones de pavimentos de hormigón.
 - Curvas de pequeño radio (en el principio y fin de curva).
 - Zonas con cambios abruptos en la pendiente vertical.
 - Contra estructuras fijas.
 - En transiciones con otros pavimentos.

En este tipo de juntas se emplean pasadores para permitir la transferencia de cargas, en donde uno de los extremos lleva un capuchón relleno con material compresible.

- **Transición entre pavimento rígido y pavimento flexible o zona no pavimentada:** En la zona donde termina el pavimento rígido y comienza una zona no pavimentada se debe colocar esta transición, la cual consta de una viga invertida de contención longitudinal.
- **Junta de aislación con sobreespesor:** En las intersecciones donde el pavimento es interrumpido por los albañales se debe garantizar que la dilatación tanto de la losa como del albañal no genere estados de carga que fisuren o dañen las estructuras. Para ello se realiza un sobreespesor, similar a un acartelamiento en una viga de un puente.

En los planos CIRC-INT 10 Y CIRC-INT 11 (ver en 15 - Legajo de Planos) se encuentra el diseño de juntas correspondiente al trazado del pavimento rígido de todo el PIR como algunos detalles de interés particular.

B.6 - Salida de software ICPA.

PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE ESPESORES

DATOS DEL PROYECTO

Obra: Parque Industrial Roldán - Proyecto 4**Categoría de vía:** Ruta**Circulación** Bidireccional**Carriles por sentido:** 1 carril**Periodo de diseño:** 35 años**Espesor estimado:** 200 mm**Comitente:** Municipalidad de Roldán**Ubicación:** Pr. 47+750**Longitud:****Descripción:**[Datos completos](#)

SIGUIENTE ->

PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE ESPESORES

Obra: Parque Industrial Roldán - Proyecto 4

Edad diseño: 35 años

Categoría: Ruta

DATOS DEL TRÁNSITO

Tránsito medio diario anual (TMDA) para el año de habilitación:	41 V/día	
Porcentaje de vehículos pesados:	100%	
Tránsito pesado medio diario anual (TPMDA):	41 VP/día	
Tasa de crecimiento de vehículos pesados:	2.0%	
Factor de proyección	1.43	
Coef. de distribución por sentido de circulación:	100%	Sentido de circulación Bidireccional: sugerido 50%
Coef. de distribución por carril:	100%	(Para 1 carril, valor recomendado: 100%)
Espectro de cargas:	Ingrese AQUÍ el espectro de cargas Datos OK	
Total de ejes equivalentes estimados:	5.34 millones	

Espectro de cargas a utilizar en los cálculos:

CONFIGURACION DE CARGAS POR EJE					
Ejes por cada 1000 Vehículos Pesados					
(excluyendo todos los vehículos de 2 ejes-4 cubiertas)					
Ejes simples		Ejes Dobles		Ejes Triples	
Cargas (tn)	Cantidad de Ejes	Cargas (tn)	Cantidad de Ejes	Cargas (tn)	Cantidad de Ejes
16	0.0	30	0.0	45	0.0
15	0.0	28	0.0	42	0.0
14	0.0	26	0.0	39	0.0
13	0.0	24	0.0	36	0.0
12	0.0	22	0.0	33	0.0
11	0.0	20	0.0	30	0.0
11	1146.0	18	537.0	26	463.0
9	0.0	16	0.0	24	0.0
8	0.0	14	0.0	21	0.0
7	0.0	12	0.0	18	0.0
6	1000.0	10	0.0	15	0.0

5	0.0	8	0.0	12	0.0
4	0.0	6	0.0	9	0.0
3	0.0	4	0.0	6	0.0
Total simples:	2146	Total dobles:	537.0	Total triples:	463

<- ANTERIOR	Datos completos	SIGUIENTE ->
-------------	-----------------	--------------

PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE ESPESORES

Obra: Parque Industrial Roldán - Proyecto 4

Categoría: Ruta

Edad diseño: 35 años

TPMDA: 41 VP/día

ESTRUCTURA Y MATERIALES

Hormigón de calzada

Resistencia media a flexión 28 días Estimado por clase de horm.

Clase del hormigón: H - 30

Tipo de agregado: Agregado triturado

-----> MR: 4.7 MPa
z (90%) = 1.282 / CV = 0.1

Subrasante y base

Módulo de reacción subrasante o
combinación subrasante/base: Determinado por capas

Determinado por capas

Subrasante

Mód. de reacción de la subrasante: Valor estimado por CBR

CBR de la subrasante: 4.81%

k de la subrasante: 36.6 MPa/m

Base

Módulo de reacción de la base: Determinado por capas

Cantidad de capas: 1 capa

Calzada de hormigón

Capa	Material:
superior	Base tratada con cemento
	Espesor: 15 cm

k combinado subrasante/base: 80.2 MPa/m

Transferencia de carga

Juntas transversales con pasadores SI

Banquina de hormigón vinculada NO

PROYECTO	TRÁNSITO	ESTRUCTURA	VERIFICACIÓN	INFORME
----------	----------	------------	--------------	---------

PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE ESPESORES

Obra:

Parque Industrial Roldán - Proyecto 4

Categoría:

Ruta

Edad diseño:

35 años

TPMDA:

41 VP/día

VERIFICACIÓN

Datos del diseño

k combinado subrasante-base:

80.2 MPa/m

Resist. a flexión del hormigón:

4.69 MPa

Juntas transversales con pasadores:

SI

Banquina de hormigón vinculada:

NO

Total de ejes equivalentes estimados:

5.34 millones

Modelo de Fatiga:

PCA '84

-----> Factor de seguridad de cargas

1.1

Para bajo volumen de tránsito (< 100 VP/día) se recomienda FSC = 1

Control de datos cargados:

Datos completos

Espesor de calzada:

192 mm

<-- Ingrese espesor a verificar en mm

Msg:

Se ha encontrado espesor mínimo.

Consumo por Fatiga:

95.4%

VERIFICA

Consumo por Erosión:

86.1%

VERIFICA

<- ANTERIOR

INFORME ->

PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE ESPESORES

Hoja 1/3

Datos de Proyecto

Obra: Parque Industrial Roldán - Proyecto 4

Categoría: Ruta

Comitente: Municipalidad de Roldán

Ubicación: Pr. 47+750

Longitud:

Periodo de diseño: 35 años

Descripción:

Datos de Diseño

Tránsito

Tránsito pesado medio diario anual: 41 VP/día

Tasa de crecimiento: 2%

Coef. Distr. por sentido de circulación: 100%

Coef. Distr. por carril: 100%

Total vehiculos pesados en carril de diseño: 748 167 VP

Total ejes equivalentes 8,2tn (AASHTO): 5 384 120 (Con espesor de 19.2 cm)

Estructura

k combinado subrasante-base: 80 MPa/m

Resist. a flexión del hormigón: 4.7 MPa

Factor de seguridad de cargas: 1.1

Juntas transversales con pasadores: SI

Banquina de hormigón vinculada: NO

Verificación

Modelo de fatiga: PCA '84

Espesor de diseño:

19.2 cm

Consumo por Fatiga: 95%

Consumo por Erosión: 86%

PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE ESPESORES

Hoja 2/3

Espectro de cargas utilizado en los cálculos

CONFIGURACION DE CARGAS POR EJE							
Ejes por cada 1000 Vehículos Pesados							
(excluyendo todos los vehículos de 2 ejes-4 cubiertas)							
Ejes simples			Ejes Dobles			Ejes Triples	
Cargas (tn)	Cantidad de Ejes		Cargas (tn)	Cantidad de Ejes		Cargas (tn)	Cantidad de Ejes
16	0.0		30	0.0		45	0.0
15	0.0		28	0.0		42	0.0
14	0.0		26	0.0		39	0.0
13	0.0		24	0.0		36	0.0
12	0.0		22	0.0		33	0.0
11	0.0		20	0.0		30	0.0
11	1146.0		18	537.0		26	463.0
9	0.0		16	0.0		24	0.0
8	0.0		14	0.0		21	0.0
7	0.0		12	0.0		18	0.0
6	1000.0		10	0.0		15	0.0
5	0.0		8	0.0		12	0.0
4	0.0		6	0.0		9	0.0
3	0.0		4	0.0		6	0.0
Total simples:	2146		Total dobles:	537.0		Total triples:	463

PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE ESPESORES

Detalle consumos de Fatiga y Erosión por eje

Hoja 3/3

	Carga [tn]	Carga mayorada [tn]	Repeticiones esperadas	Fatiga		Erosión	
				Repeticiones admisibles	Consumo	Repeticiones admisibles	Consumo
Ejes simples	16.0	17.6	0	668	0.0%	159982	0.00%
	15.0	16.5	0	2235	0.0%	229961	0.00%
	14.0	15.4	0	7517	0.0%	339389	0.00%
	13.0	14.3	0	25411	0.0%	517050	0.00%
	12.0	13.2	0	86384	0.0%	819189	0.00%
	11.0	12.1	0	340399	0.0%	1364343	0.00%
	10.5	11.6	857400	898752	95.4%	1802709	47.56%
	9.0	9.9	0	Ilimitado	0.0%	4749950	0.00%
	8.0	8.8	0	Ilimitado	0.0%	10761408	0.00%
	7.0	7.7	0	Ilimitado	0.0%	31955213	0.00%
	6.0	6.6	748167	Ilimitado	0.0%	195775481	0.38%
	5.0	5.5	0	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.00%
	4.0	4.4	0	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.00%
	3.0	3.3	0	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.00%
	Total ES				95.4%	Total ES	47.94%

	Carga [tn]	Carga mayorada [tn]	Repeticiones esperadas	Fatiga		Erosión	
				Repeticiones admisibles	Consumo	Repeticiones admisibles	Consumo
Ejes dobles	30.0	33.0	0	61503	0.0%	123866	0.00%
	28.0	30.8	0	170700	0.0%	182499	0.00%
	26.0	28.6	0	663925	0.0%	276963	0.00%
	24.0	26.4	0	7195312	0.0%	435700	0.00%
	22.0	24.2	0	Ilimitado	0.0%	716853	0.00%
	20.0	22.0	0	Ilimitado	0.0%	1249921	0.00%
	18.0	19.8	401766	Ilimitado	0.0%	2358611	17.03%
	16.0	17.6	0	Ilimitado	0.0%	4997546	0.00%
	14.0	15.4	0	Ilimitado	0.0%	12823923	0.00%
	12.0	13.2	0	Ilimitado	0.0%	48942319	0.00%
	10.0	11.0	0	Ilimitado	0.0%	975591413	0.00%
	8.0	8.8	0	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.00%
	6.0	6.6	0	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.00%
	4.0	4.4	0	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.00%
	Total ED				0.0%	Total ED	17.03%

	Carga [tn]	Carga mayorada [tn]	Repeticiones esperadas	Fatiga		Erosión	
				Repeticiones admisibles	Consumo	Repeticiones admisibles	Consumo
Ejes triples	45.0	49.5	0	354603	0.0%	64118	0.00%
	42.0	46.2	0	1701748	0.0%	94536	0.00%
	39.0	42.9	0	39717422	0.0%	143347	0.00%
	36.0	39.6	0	Ilimitado	0.0%	224788	0.00%
	33.0	36.3	0	Ilimitado	0.0%	367331	0.00%
	30.0	33.0	0	Ilimitado	0.0%	632406	0.00%
	25.5	28.1	346401	Ilimitado	0.0%	1638288	21.14%
	24.0	26.4	0	Ilimitado	0.0%	2368682	0.00%
	21.0	23.1	0	Ilimitado	0.0%	5576848	0.00%
	18.0	19.8	0	Ilimitado	0.0%	17118988	0.00%
	15.0	16.5	0	Ilimitado	0.0%	102931517	0.00%
	12.0	13.2	0	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.00%
	9.0	9.9	0	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.00%
	6.0	6.6	0	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.00%
	Total ET				0.0%	Total ET	21.14%

TOTALES	FATIGA:	95.4%	EROSIÓN:	86.1%
---------	---------	-------	----------	-------

Anexo 3 - Cálculo y diseño del puente peatonal

A - Análisis de cargas y sobrecargas.

Dentro de estas solicitaciones se encuentran las cargas permanentes (tipo D), las mismas son compuestas principalmente por el peso propio de los perfiles metálicos, las cuales serán consideradas por el software de cálculo utilizado. La estructura de piso está conformada por un metal desplegado de 11 kg/m², esta misma constituye una carga permanente de tipo D.

Luego tendremos en cuenta las sobrecargas de uso, que serán definidas según la reglamentación considerada. En la siguiente **tabla 3.1** se encuentran las cargas a considerar.

Tabla 3.1. Cargas en consideración. Fuente: elaboración propia.

Carga sobre piso del puente			
Sobrecarga s/ AASHTO			
L	4,3	Kn/m2	400 kg/m2
D (acero desplegado)	0,108	Kn/m2	11kg/m2
Ancho de influencia de cada perfil		0,5	m
Carga repartida sobre la viga de piso (L)		2,15	Kn/m
Carga repartida sobre la viga de piso(D)		0,054	Kn/m
Reacciones de cada viga			
R (L) total	5,375	kn	C/ apoyo
R (L) c/ apoyo	2,6875	kn	
R (D) total	0,135	kn	
R (d) c/ apoyo	0,0675	kn	
Peso propio lo calcula el software "Robot estructural"			

Cargas de viento:

Tabla 3.2. Datos de partida. Fuente: elaboración propia.

CARGAS DE VIENTO S/CIRSOC 102			
DATOS DE PARTIDA			
Ubicación	Rosario-Santa Fe		
Características	Reticulado		
	Categoría III		

	Exposición C		
Parámetros	Kzt =1		
	Ke=1		
	Kd= 0,85		
	G=0,85		
	Cf = 1,8		
	Kz	0,88	
	qz	1,57	Kn/m2

Tabla 3.3. Datos geométricos. Fuente: elaboración propia.

datos geométricos			
z	5,5	m	
alfa	9,8	tabla 1.9-1	
zg	750	m	tabla 1.9-1
V	58,3	m/s	

Tabla 3.4. Área efectiva. Fuente: elaboración propia.

Áreas reticulado		
Área de huecos	57,84	m2
Area bruta	75	m2
Área efectiva (Af)	17,16	m2
ϵ	0,23	m2
Cf	1,8	4.5-2 circosoc 102

Tabla 3.5. Fuerza equivalente en dirección del viento. Fuente: elaboración propia.

F	41,10	Kn
F por metro lineal	1,37	Kn/m
F / cada cordón	0,68	Kn/m

B - Verificaciones de secciones propuestas.

Cordones: UPN 260

Tabla 3.6. Datos de los cordones. Fuente: elaboración propia

Parámetros geométricos de un UPN individual		
Perfil	UPN 260	
Ag	48,3	cm ²
h w alma	200	mm
tw alma	10	mm
I _x	4820	cm ⁴
I _y	317	cm ⁴
r _x	9,99	cm
r _y	2,65	cm
e _y	2,36	cm
e _c	4,66	cm
Long barra	250	cm
bf	90	mm

Tabla 3.7. verificación de cordones. Fuente: elaboración propia

Cordon superior			
Carga	kN	Estado de carga	N° barra
Máxima Compresion (Pu)	387,77	1,25D+1,75L	277
Máxima Traccion (Tu)	45,90	1,5W	277
Perfil adoptado	UPN 260		

Pandeo Local- Alma		
hw/tw	20,00	
λ_r	43,47	
Q _s = Q	1,00	verifica

Pandeo Local- Ala		
bf/tf	6,43	

λ_r	16,34	
$Q_s = Q$	1,00	verifica

Pandeo Local- Alma		
hw/tw	20,00	
λ_r	43,47	
$Q_s = Q$	1,00	verifica
Pandeo Global - Eje x		
kx	1,00	
Lx	250,00	cm
λ_x	25,03	
Pandeo Global - Eje y		
ky	1,00	
Ly	250,00	cm
λ_y	94,34	

E.3 Resistencia de diseño a Compresión		
λ_{det}	94,34	<200
λ_c	1,03	
$\sqrt{Q} \cdot \lambda_c$	1,03	
Fcr	15,08	kN/cm ²
ϕ_c	0,85	
Pn	728,47	kN
Pd	619,20	kN
Pu	387,77	kN
Pu/Pd	0,63	verifica

Resistencia de diseño a Tracción		
Fluencia en la sección bruta		
ϕ_t	0,90	
Tn	1135,05	kN
Td	1021,55	kN
Rotura en la sección neta		
ϕ_t	0,75	

Tn	1787,10	kN
Td	1340,33	kN
Td determinante	1021,55	kN
Tu	45,90	kN
Tu/Td	0,04	verifica

Cordon Inferior			
Carga	kN	Estado de carga	N° barra
Máxima Compresion (Pu)	30,16	1,5 W	289
Máxima Traccion (Tu)	363,38	1,25D+1,75L	289
Perfil adoptado	UPN 260		

Resistencia de diseño a Tracción		
Fluencia en la sección bruta		
ϕ_t	0,90	
Tn	1135,05	kN
Td	1021,55	kN
Rotura en la sección neta		
ϕ_t	0,75	
Tn	1787,10	kN
Td	1340,33	kN
Td determinante	1021,55	kN
Tu	363,38	kN
Tu/Td	0,36	verifica

Diagonales: LPN 64x64x6,4

Tabla 3.8. Datos de diagonales. Fuente: elaboración propia

Parámetros geométricos de un LPN individual		
Perfil	L 64x64x6,4	
Ag	7,87	cm2
b	63,5	mm

t	6,4	mm
Iv	11,49	cm ⁴
rv	1,21	cm
Ix = Iy	3,193	cm ⁴
rx = ry	1,93	cm
ex = ey	1,8	cm
Longitud barra	250	cm

Tabla 3.9. Verificación de diagonales. Fuente: elaboración propia

Diagonales- SIEMPRE TRACCIONADOS			
Carga	kN	Estado de carga	N° barra
Máxima Compresion (Pu)	-	-	-
Máxima Traccion (Tu)	166,00	1,25D + 1,75 L	106
Perfil adoptado	L 64x64x6,4		

Resistencia de diseño a Tracción		
Fluencia en la sección bruta		
ϕt	0,90	
Tn	184,95	kN
Td	166,45	kN
Rotura en la sección neta		
ϕt	0,75	
Tn	291,19	kN
Td	218,39	kN
Td determinante	166,45	kN
Tu	166,00	kN
Tu/Td	1,00	verifica

Montantes: LPN 89x89x9,5

Tabla 3.10. Datos de montantes. Fuente: elaboración propia

Parámetros geométricos de un LPN individual		
Perfil	L 89x89x9,5	
Ag	16,14	cm ²
b	88,9	mm
t	9,5	mm
I _y	46,37	cm ⁴
r _y	1,7	cm
I _x = I _y	117,2	cm ⁴
r _x = r _y	2,69	cm
e _x = e _y	2,53	cm
Longitud barra	250	cm

Tabla 3.11. Verificación de montantes. Fuente: elaboración propia

Montantes- SIEMPRE COMPRIMIDOS			
Carga	kN	Estado de carga	N° barra
Máxima Compresion (P _u)	98,80	1,25D + 1,75 L	123
Máxima Traccion (T _u)	0,69	1,5 W	123
Perfil adoptado	L 89x89x9,5		

Pandeo Local		
b/t	9,36	
λ _r	13,13	
Q _s = Q	1,00	
Pandeo Global - Eje x		
k _x	1,00	
L _x	250,00	cm
λ _x	92,94	
Pandeo Global - Eje y		
k _y	1,00	

L_y	250,00	cm
λ_y	92,94	
Pandeo Global - Eje v		
k_v	1,00	
L_v	250,00	cm
λ_v	147,06	
Resistencia de diseño a Compresion		
λ_{det}	147,06	<200
λ_c	1,60	
$\sqrt{Q} \cdot \lambda_c$	1,60	
F_{cr}	8,00	kN/cm ²
ϕ_c	0,85	
P_n	129,20	kN
P_d	109,82	kN
P_u	98,80	kN
P_u/P_d	0,90	verifica

Tensores de arriostramiento lateral : LPN 19x19x3,2

Tabla 3.12. *Datos de tensores. Fuente: elaboración propia*

Parámetros geométricos de un L individual		
Perfil	L 19x 19x 3,2	
A_g	1,13	cm ²
b	19	mm
t	3,2	mm
I_v	0,14	cm ⁴
r_v	0,36	cm
$I_x = I_y$	0,35	cm ⁴
$r_x = r_y$	0,55	cm
$e_x = e_y$	0,58	cm
Longitud barra	250	cm

Tabla 3.13. Verificación de los tensores. Fuente: elaboración propia

Resistencia de diseño a Tracción		
Fluencia en la sección bruta		
ϕ_t	0,90	
Tn	26,56	kN
Td	23,90	kN
Rotura en la sección neta		
ϕ_t	0,75	
Tn	41,81	kN
Td	31,36	kN
Td determinante	23,90	kN
Tu	20,83	kN
Tu/Td	0,87	verifica

Vigas de apoyo de piso : IPN 180

Tabla 3.14. Datos de vigas de piso. Fuente: elaboración propia

Perfil adoptado		
IPN 180		
d	180	mm
bf	82	mm
tf	10,4	mm
hw	142	mm
bf/2tf	3,94	
Ix	1450	cm ⁴
Sx	161	cm ³
rx	7,2	cm
Zx	187	cm ³
Iy	81,3	cm ⁴
Sy	19,8	cm ³
ry	1,71	cm
Zy	33	cm ³
1,5 Sy	29,7	cm ³
Cw	5924	cm ⁶
Lp	79	cm
Lr	335	cm

Tabla 3.15. Verificación de perfiles. Fuente: elaboración propia

Momento Plástico			
My	37,84	kNm	
Mp	43,945	kNm	
1,5 My	56,7525	kNm	
Mn plast	43,945	kNm	
Pandeo lateral torsional - carga aplicada en ala sup.			
Lp	79,00	cm	
X1	25437,43	Mpa	
Lb	50	cm	
Lr	335,00	cm	
Lb < Lp	Zona elastica		
Mp = Fy * Zx	43,945	kNm	
Mp < 1,5 My	si		
M d	39,5505	Kn m	
Mu	13,61	Kn m	
verifica?	Si		
Mu/ Md	0,34		
VERIFICACION A CORTE			
Vu [Kn]	18,60		VERIFICA
Aw = h x tw [cm2]	9,798		
hw/tw	20,58		
hw/tw < 260			
Límite 1 = $2,45 \cdot (E/Fy)^{0,5}$	58,99		

Límite $1 > h_w/t_w$		
Vn [kN]	202,8	
ϕ	0,9	
Vd [kN]	182,5	
Vu/Vd	0,1019	

Portico extremo: IPN 200

Tabla 3.16. Datos de perfiles del pórtico. Fuente: elaboración propia

Perfil adoptado		
IPN 200		
d	200	mm
bf	90	mm
tf	11,3	mm
hw	159	mm
bf/2tf	3,98	
Ix	2140	cm ⁴
Sx	214	cm ³
rx	8	cm
Zx	250	cm ³
Iy	117	cm ⁴
Sy	26	cm ³
ry	1,87	cm
Zy	43,16	cm ³
1,5 Sy	39	cm ³
Cw	10520	cm ⁶
Lp	86	cm
Lr	335	cm
J	11,2	cm ⁴
Ag	33,4	cm ²
E [MPa]	200000	
G [MPa]	77200	
t w	7,5	mm
FL	1,66	Kn/cm ²

Tabla 3.17. Verificación de perfil. Fuente: elaboración propia

Pandeo Local- Alma				Pandeo Local- Ala		
$h w / t_w$	21,20			b_f/t_f	7,96	
λ_r	43,47			λ_r	16,34	
$Q_s = Q$	1,00			$Q_s = Q$	1,00	verifica

Pandeo Global - Eje x		
k_x	0,70	art- emp
L_x	250,00	cm
λ_x	21,88	
Pandeo Global - Eje y		
k_y	0,70	
L_y	250,00	cm
λ_y	93,58	
Resistencia de diseño a Compresion		
λ_{det}	93,58	<200
λ_c	1,02	
$\sqrt{Q} \cdot \lambda_c$	4,70	
F_{cr}	19,77	kN/cm ²
ϕ_c	0,85	
P_n	660,21	kN
P_d	561,18	kN
P_u	16,70	kN
P_u/P_d	0,03	verifica

Momento Plástico		
M_y	50,29	kNm
M_p	58,75	kNm
1,5 M_y	75,44	kNm
$M_n \text{ plast}$	58,75	kNm

Pandeo lateral torsional - carga aplicada en ala sup.		
Lp	86,00	cm
X1	24947,50	Mpa
Lb	250	cm
Lr	335,00	cm
Lp < Lb < Lr	Zona inelástica	
Mp = Fy * Zx	58,75	kNm
Mp < 1,5 My	si	
Cb	1	se permite adoptar en todos los casos Cb =1
Mr = FL * Sx	3,55	Knm
Mn	22,39	Knm
Mn < Mp	SI	
Verificacion de accion combinada Pu + Mu		
Pu / φc Pn	0,025	< 0,2
Verificacion < o = 1	1,0	verifica ?
Verificacion de accion combinada Tu + Mu		
Tu / φt Tn	0,024	< 0,2
Verificacion < o = 1	1,00	verifica

Resistencia de diseño a Tracción		
Fluencia en la sección bruta		
φt	0,90	
Tn	784,90	kN
Td	706,41	kN
Rotura en la sección neta		
φt	0,75	
Tn	1235,80	kN
Td	926,85	kN
Td determinante	706,41	kN
Tu	16,70	kN

Tu/Td	0,02	verifica
-------	------	----------

Puntales de reticulado horizontal: IPN 140

Tabla 3.18. Datos de puntales horizontales. Fuente: elaboración propia

Perfil adoptado		
IPN 140		
d	140	mm
bf	66	mm
tf	8,6	mm
hw	109	mm
bf/2tf	3,84	
Ix	573	cm ⁴
Sx	81,9	cm ³
rx	5,61	cm
Zx	95,4	cm ³
Iy	35,2	cm ⁴
Sy	10,7	cm ³
ry	1,4	cm
Zy	17,7	cm ³
1,5 Sy	16,5	cm ³
Cw	1540	cm ⁶
Lp	72	cm
Lr	339	cm
J	3,56	cm ⁴
Ag	18,2	cm ²
E [MPa]	200000	
G [MPa]	77200	
t w	5,7	mm

Tabla 3.19. Verificación de perfil. Fuente: elaboración propia

Pandeo Local- Alma			Pandeo Local- Ala		
h w / tw	19,12		bf/tf	7,67	
λ_r	43,47		λ_r	16,34	
Qs = Q	1,00	verifica	Qs = Q	1,00	verifica

Pandeo Global - Eje x		
kx	1,00	art- art
Lx	250,00	cm
λ_x	44,56	
Pandeo Global - Eje y		
ky	1,00	
Ly	250,00	cm
λ_y	178,57	

Resistencia de diseño a Compresión		
λ_{det}	178,57	<200
λ_c	1,95	
$\sqrt{Q} \cdot \lambda_c$	8,52	
Fcr	5,43	kN/cm ²
ϕ_c	0,85	
Pn	98,80	kN
Pd	83,98	kN
Pu	14,73	kN
Pu/Pd	0,18	verifica

Uniones metálicas :

BULONES:

Tabla 3.20 Unión de cordones por encastre de almas. Fuente: elaboración propia

Cordones - Unión abulonada c/ 10 metros					
Bulones			Perfil		
Tipo	A-325 rosca incluida		Tipo	UPN 260	
Ømin	5/8	"	t w alma	1,00	cm
Fv	33,00	kN/cm ²	h w alma	20,00	cm
Øadoptado	5/8	"	ey	2,36	cm
Øadoptado	1,59	cm	Ag	48,30	cm ²
Øagujero	1,79	cm	An	42,34	cm ²

Øcálculo	1,99	cm	Fy	23,50	kN/cm2
paso e/ bulones	7,95	cm	Fu	37,00	kN/cm2
Gramil					
Cantidad	8,00	en el alma			
Aplastamiento del alma del perfil			Cartela		
Lc1 (paso)	5,96	cm	e	1,00	cm
Lc2 (dist. al filo)	2,98	cm	Fy	23,50	kN/cm2
Lc	2,98	cm	Fu	37,00	kN/cm2
t	1,00	cm	Solicitud máxima		
d	1,59	cm	Pu	387,77	Kn
Rn	132,37	kN	Pu c/ bulon	48,471	Kn
Ø	0,75				
Rd	99,28	kN			
Ru/Rd	0,49				
verifica					
Corte en los bulones (alma-alma)					
Planos de corte	1				
Ab	1,98	cm2			
Rn	65,32	kN			
Ø	0,75				
Rdb	48,99	kN			
Ru/Rdb	0,99	kN			
verifica					
Bloque de corte perfil UPN					
Agv	30,81	cm2			
Agt	5,00	cm2			
Anv	27,83	cm2			
Ant	4,01	cm2			
Rn	582,60	kN			
Ø	0,75				
Rd	436,95	kN			
Ru1L/Rd	0,44				
verifica					
Perfil a tracción					
U	1,00				

Ae	42,34	cm ²			
Fluencia seccion bruta					
Rn	1.135,05	kN			
Ø	0,90				
Rd	1.021,55	kN			
Ru1L/Rd	0,19	kN			
verifica					
Rotura sección neta					
Rn	1.566,49	kN			
Ø	0,75				
Rd	1.174,87	kN			
Ru1L/Rd	0,17	kN			
verifica					

SOLDADURA:

Tabla 3.21. Unión de diagonales soldadas. Fuente: elaboración propia

Diagonales reticulado (soldadura)		
Electrodo		
E70XX		
Fexx	49,00	kN/cm ²
Solicitaciones		
P	166,00	kN
Perfil	L 64x64x6,4	
b	6,35	cm
t	0,64	cm
ex	1,80	cm
Long. mínima=2W	12,70	cm
Lado mínimo de filete		
J.2.4 → t min = 5 mm		
Datos de la Soldadura		
w1	0,50	cm
w2	0,50	cm
a1	0,35	cm

a2	0,35	cm
L1	14,00	cm
L2	13,00	cm
Asup	4,95	cm2
Ainf	4,60	cm2
CGsoldadura	3,29	cm
Atot (sold. un perfil)	9,55	cm2
Tu (en sold. ind.)	17,39	kN/cm2
Verificación Electrodo		
ϕ	0,6	
Rn	29,40	kN/cm2
Rd	17,64	kN/cm2
Tu/Rd	0,99	
VERIFICA		

Tabla 3.22. Unión de montantes. Fuente: elaboración propia

Montantes reticulado (soldadura)		
Electrodo		
E70XX		
Fexx	49,00	kN/cm ²
Solicitaciones		
P	98,80	kN
Perfil		
b	8,89	cm
t	0,95	cm
ex	2,53	cm
Long. mínima=2W	17,78	cm
Lado mínimo de filete		
J.2.4 → t min = 5 mm		

Datos de la Soldadura		
w1	0,50	cm
w2	0,50	cm
a1	0,35	cm
a2	0,35	cm
L1	5,00	cm
L2	17,80	cm
Asup	1,77	cm2
Ainf	6,29	cm2
CGsoldadura	1,95	cm
Atot (sold. un perfil)	8,06	cm2
Tu (en sold. ind.)	12,26	kN/cm2
Verificación Electrodo		
ϕ	0,6	
Rn	29,40	kN/cm2
Rd	17,64	kN/cm2
Tu/Rd	0,69	
VERIFICA		

Anexo 4 - Estudio de suelos

III. – DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

A.- TAREAS DE CAMPO:

Los sondeos se realizaron los días 13, 14 y 15 de Diciembre del 2022. Los mismos consistieron en tres perforaciones de 12,00m de profundidad con obtención de muestras cada 1,0 a 2,0 m aproximadamente con sacamuestras de zapatas intercambiables. Estas operaciones se ejecutaron según norma IRAM 10517 determinando el número de golpes necesario para hincar 30 cm el tomamuestras golpeándolo con una maza de 63,5 kg desde una altura de 76 cm. Este número, denominado N es un indicador del grado de consistencia del suelo, el que luego es vertido a los gráficos y perfiles de cada sondeo.

Durante la realización de los sondeos fue realizada una clasificación preliminar de los mismos.

Así mismo se verificó el nivel de napa freática, el que se encuentra indicado en los perfiles de cada sondeo.

B.- TAREAS DE LABORATORIO:

Con las muestras obtenidas se realizaron ensayos de laboratorio para obtención de humedad natural, densidad natural, determinación de límite líquido y plástico e índice de plasticidad, clasificación SUCS, ensayos granulométricos y triaxiales, siempre teniendo en cuenta las normas de referencia indicadas precedentemente.

C.- TAREAS DE GABINETE:

En base a los resultados de campaña y laboratorio se realizó un modelo del perfil estratigráfico del suelo con el fin de evaluar las tensiones admisibles, coeficientes de balasto y cálculo de la capacidad portante de pilotes, a los efectos de evaluar las distintas alternativas de fundación.

IV. – RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS.

A.- REFERENCIAS, ABREVIATURAS Y SIMBOLOS:

En este informe se ha utilizado el siguiente listado de abreviaturas y símbolos:

N:	Número de golpes del Ensayo de Penetración estándar (SPT).
γ_{sat} :	Densidad del suelo saturado.
Qu:	Resistencia a compresión simple a partir del S.P.T.
SUCS:	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
LL, LP y IP:	Límite líquido, límite plástico e índice de Plasticidad.
NP:	No Plástico.
γ :	Densidad del suelo húmedo.
ω :	Humedad natural del suelo.
Pasa#200:	Porcentaje de partículas que pasan el tamiz 200.
C:	Cohesión.
ϕ :	Ángulo de fricción Interna.
mv:	Módulo de compresibilidad volumétrica.
qu:	Capacidad portante última.
Nc, Nq, Nf:	Factores de capacidad de carga de Terzaghi.
σ_{adm} , σ_c y σ_t :	Tensión admisible, tensión de confinamiento y tensión de trabajo.
ΔH :	Asentamiento de bases directas.
K:	Coeficiente de variación de tensión.

K_A : Coeficiente de empuje activo.

B.- EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DE LOS SUELO:

Se realizó la determinación del valor de consistencia en base al número N determinado durante la extracción de muestras según las siguientes tablas:

Consistencia	N	Identificación Manual	γ_{sat} g/cm ³	Qu (kg/cm ²)
Dura	>30	Se marca difícilmente	>2	>4,0
Muy rígida	15 30	Se marca con la uña pulgar.	2,08 2,24	2,0-4,0
Rígida	8 15	Se marca con el Pulgar.	1,92 2,08	1,0-2,0
Media	4 8	Moldeable bajo presiones fuertes.	1,76 1,92	0,5-1,0
Blanda	2 4	Moldeable bajo presiones débiles.	1,6 1,76	0,25-0,50
Muy Blanda	<2	Se deshace entre los dedos.	1,44 1,6	0-0,25

Para suelos Arcillosos (Hunt, 1984 en IGME 1987)

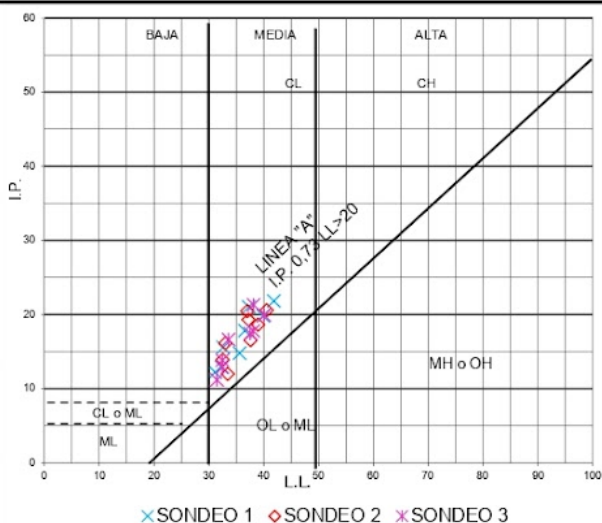
N_{SPT}	Compacidad
0-4	Muy Floja
5 - 10	Floja
11 - 30	Media
31-50	Densa
>50	Muy densa

Para suelos arenosos podemos determinar el grado de compacidad con la tabla precedente.

C.- CLASIFICACIÓN SUCS.

En base a los ensayos granulométricos y a los límites de Atterberg se ha realizado la clasificación de los suelos según el "Sistema Unificado de Clasificación de Suelos" cuyos criterios se presentan a continuación. Luego incluimos la "Carta de Plasticidad de Casgrande" indicando en la misma la ubicación en la se encuentran los suelos detectados.

DIVISION MAYOR				simbolo	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO			
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS	MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA PASA POR LA MALLA Nº 200	Las partículas de 0,074 mm de diámetro (malla no. 200) son, aprox., las más pequeñas visibles a simple vista	ARENAS MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA PASA POR LA MALLA Nº 4	GRAVAS MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA ES RETENIDA POR LA MALLA Nº 4	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos.	Coeficiente de uniformidad C_u : Mayor a 4 Coeficiente de curvatura C_c : entre 1 y 3 $C_u = (D_{60})/(D_{10})$ $C_c = (D_{30})^2/(D_{10} \cdot D_{60})$		
					GP	Gravas mal graduadas, mezcla de grava y arena con poco o nada de finos.			
					GM	d	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y fino.	Límites de Atterberg debajo de la "línea A" o I.P. mayor que 4	Arriba de la línea "A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.
					u	Gravas arcillosas mezclas de grava, arena y arcilla.			
					GC	Gravas arcillosas mezclas de grava, arena y arcilla.			
					SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poco o nada de finos	$C_u = D_{60}/D_{10}$ mayor a 6 $C_c = (D_{30})^2/D_{10} \cdot D_{60}$ entre 1 y 3		
					SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poco o nada de finos.			
					SM	d	Arenas limosas, mezcla de arenas y limo.	Límites de Atterberg debajo de la "línea A" con I.P. menor que 4	Arriba de la línea "A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.
			u	Arenas arcillosas, mezcla de arenas y arcilla					
			SC	Arenas arcillosas, mezcla de arenas y arcilla					
			Determínese los porcentajes de grava y arena de la curva granulométrica, dependiendo del porcentaje de finos (fracción que pasa por la malla nº 200) los suelos gruesos se clasifican como siguen: menos del 5%: GW, GP, SW, SP. Más de 12%: GM, GC, SM, SC. De 5% a 12%, casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.						
			No satisfacen todos los requisitos de graduación para GW						
No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW									
EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS G = GRAVAS, M = LIMOS, S = ARENAS, C = ARCILLAS, O = SUELOS ORGÁNICOS, W = BIEN GRADUADOS, P = MAL GRADUADOS, PT = TURBA, L = BAJA COMPRESIBILIDAD, H = ALTA COMPRESIBILIDAD.									
SUELOS DE PARTICULAS FINAS MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA POR LA MALLA Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50%	Las partículas de 0,074 mm de diámetro (malla no. 200) son, aprox., las más pequeñas visibles a simple vista							
							ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillas ligeramente plásticos.	
							CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	
							OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	
							MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, limos elásticos.	
							CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.	
							OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.	
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	PT	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.							



D.- PLANILLAS DE RESULTADOS – ESTRATIGRAFÍA.

En base a los ensayos de campaña y laboratorio se han realizado los siguientes cuadros donde se sintetizan los resultados tanto del ensayos SPT realizado en campaña, como de los ensayos de humedad, densidad, límites y triaxiales, con los que se ha podido determinar el perfil estratigráfico. Dichos perfiles para cada pozo se muestran a continuación.

Obs.: las cotas de boca de pozo están obtenidas respecto al nivel superior de vereda perimetral de galpon reparaciones; siendo entonces este punto el cero correspondiente al plano de referencia.



Pozo N°: 1

Lugar: Ruta Nacional A 012 - Km 52

Cota Boca Pozo: -0,17 m (referidas al nivel superior de vereda galpón reparaciones)

Nivel Freático: -8,00 m

Obra: NAVE INDUSTRIAL

(2134) Roldán - Santa Fe - República Argentina

Fecha: 27/10/2022

Muestra	Prof. Boca Pozo (m)	Cota	N	Gráfico N	Clasificación S.U.C.S. y descripción del suelo	γ (g/cm ³)	w (%)	LL (%)	LP (%)	PASA #200 (%)	Limites y granulometrías	C (kg/cm ²)	ϕ (°)	mv (cm ² /kg)
	0	-0,17		0 10 20 30 40 50										
1	1	-1,17	10		Marrón rojizo oscuro con vetas negras; homogéneo; plasticidad media ■ Consistencia rígida	1,87	17,49	37,25	16,25	98,64		1,00	8	0,0067
2	2	-2,17	14		Marrón rojizo con puntos negros; plasticidad media ■ Consistencia rígida	1,88	22,83	32,58	17,01	98				
3	3	-3,17	27		Marrón rojizo con puntos negros, presencia de pequeñas concreciones calcáreas muy aisladas; plasticidad media ■ Consistencia muy rígida	1,91	27,18	31,15	18,93	96,58		0,98	29	0,0029
4	4	-4,17	22		Marrón rojizo con puntos negros; plasticidad media; presencia de nódulos y concreciones calcáreas muy aisladas ■ Consistencia muy rígida	1,85	29,48	36,54	18,75	96,04		1,28	24	0,0041
5	5				Marrón rojizo con puntos negros y vetas; presencia de nódulos medianamente cementados ■ Consistencia muy rígida									
6	6	-6,17	20			1,87	26,95	39,86	20,04	94,97				
7	7				Marrón rojizo con puntos negros; presencia de nódulos levemente cementados y concreciones calcáreas muy aisladas ■ Consistencia rígida									
8	8	-8,17	14			1,84	36,42	35,59	20,81	92,15		0,60	6	0,0133
9	9				Marrón rojizo con puntos negros; presencia de nódulos levemente cementados y concreciones calcáreas muy aisladas ■ Consistencia rígida									
10	10	-10,17	13			1,86	30,60	41,82	20,00	91,37		0,35	5	0,0148
11	11				Marrón rojizo con puntos negros; presencia de nódulos medianamente cementados y concreciones calcáreas muy aisladas ■ Consistencia muy rígida									
12	12	-12,17	21			1,90	34,87	32,28	19,38	91,53		0,40	5	

Pozo N°: 2

Lugar: Ruta Nacional A 012 - Km 52

Cota Boca Pozo: -0,23 m (referidas al nivel superior de vereda galpón reparaciones)

Nivel Freático: -8,00 m

Obra: NAVE INDUSTRIAL

(2134) Roldán - Santa Fe - República Argentina

Fecha: 27/10/2022

Muestra	Prof. Boca Pozo (m)	Cota (m)	N	Gráfico N	Clasificación S.U.C.S. y descripción del suelo	γ (g/cm ³)	w (%)	LL (%)	LP (%)	PASA #200 (%)	Limites y granulometrías	C (kg/cm ²)	ϕ (°)	mv (cm ² /kg)
1	1	-1,23	17		Marrón oscuro con vetas negras; compacto; plasticidad media ■ Consistencia muy rígida	1,95	19,86	36,97	16,52	97,95		1,30	15	0,0027
2	2	-2,23	16		Marrón rojizo con concreciones calcáreas muy aisladas; plasticidad media ■ Consistencia muy rígida	1,99	25,52	32,96	16,86	96,43		0,98	13	0,0067
3	3	-3,23	46		Marrón rojizo con puntos negros; presencia de pequeñas concreciones calcáreas muy aisladas; plasticidad media ■ Consistencia dura	1,88	19,39	32,51	18,64	96,18		1,20	29	0,0035
4	4	-4,23	33		Marrón rojizo con puntos negros; plasticidad media; presencia de nódulos y concreciones calcáreas muy aisladas ■ Consistencia dura	1,89	23,05	37,22	17,93	96,16				
5	5	-5,23			Marrón rojizo con puntos negros; presencia de nódulos medianamente cementados y concreciones calcáreas aisladas ■ Consistencia muy rígida	1,89	28,83	40,54	19,97	94,82		0,76	18	0,0067
6	6	-6,23	21		Marrón rojizo con puntos negros; presencia de nódulos medianamente cementados y concreciones calcáreas aisladas ■ Consistencia muy rígida	1,88	35,71	37,57	21,05	92,46				
7	7	-7,23	22		Marrón rojizo con puntos negros; presencia de nódulos levemente cementados y concreciones calcáreas aisladas ■ Consistencia muy rígida	1,87	28,19	38,94	20,32	89,94				
8	8	-8,23	30		Marrón rojizo con puntos negros; presencia de nódulos levemente cementados y concreciones calcáreas aisladas ■ Consistencia dura	1,90	33,29	33,41	21,43	90,17				

Pozo N°: 3

Lugar: Ruta Nacional A 012 - Km 52

Cota Boca Pozo: -0,08 m (referidas al nivel superior de vereda galpón reparaciones)

Nivel Freático: -8,00 m

Obra: NAVE INDUSTRIAL

(2134) Roldán - Santa Fe - República Argentina

Fecha: 27/10/2022

Muestra	Prof. Boca Pozo (m)	Cota	N	Gráfico N	Clasificación S.U.C.S. y descripción del suelo	γ (g/cm ³)	w (%)	LL (%)	LP (%)	PASA #200 (%)	Limites y granulometrías	C (kg/cm ²)	ϕ (°)	mv (cm ² /kg)
	0	-0,08		0 10 20 30 40 50							0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100			
1	1	-1,08	17		Marrón rojizo con vetas negras; compacto; plasticidad media ■ Consistencia muy rígida	1,89	20,83	38,15	16,88	98		1,50	8	0,0044
2	2	-2,08	16		Marrón rojizo con concreciones calcáreas muy aisladas; plasticidad media ■ Consistencia muy rígida	1,90	25,71	33,59	16,98	97,24				
3	3	-3,08	34		Marrón rojizo con puntos negros; presencia de pequeñas concreciones calcáreas aisladas; plasticidad media ■ Consistencia dura	1,86	21,54	32,45	18,66	97,04				
4	4	-4,08	28		Marrón rojizo con puntos negros; presencia de pequeñas concreciones calcáreas muy aisladas; plasticidad media ■ Consistencia muy rígida	1,95	23,85	37,56	20,15	94,92		0,88	24	0,0052
5	6	-6,08	23		Marrón rojizo con puntos negros; presencia de nódulos levemente cementados y concreciones calcáreas muy aisladas ■ Consistencia muy rígida	1,88	21,61	40,11	20,21	95,83				
6	8	-8,08	23		Marrón rojizo con puntos negros; presencia de nódulos levemente cementados y concreciones calcáreas muy aisladas ■ Consistencia muy rígida	1,90	32,33	38,10	20,33	92,49				
7	10	-10,08	16		Marrón rojizo con puntos negros; presencia de nódulos levemente cementados y concreciones calcáreas muy aisladas ■ Consistencia muy rígida	1,90	37,34	31,47	20,31	91,54		0,52	5	0,0148
8	12	-12,08	15		Marrón rojizo con puntos negros; presencia de nódulos levemente cementados y concreciones calcáreas muy aisladas ■ Consistencia rígida	1,88	29,62	32,46	19,57	90,07				

Utilizando tanto la información obtenida en campaña como en laboratorio, se ha realizado, en gabinete, el análisis de los resultados a los efectos de determinar el comportamiento mecánico de los diferentes sustratos de suelos en función de los requerimientos de esta obra en particular.

De acuerdo a los ensayos realizados se han podido determinar los parámetros mecánicos para el cálculo de la capacidad portante para fundaciones directas utilizando la teoría de Terzaghi, como se muestra a continuación:

$$qu = c'.N_c + q.N_q + \frac{1}{2}.\gamma.B.N_\gamma$$

Diagrama de um pilar de concreto armado com uma laje de concreto. O pilar tem uma seção transversal retangular com largura B e altura d . A laje tem uma espessura D_f e uma altura total D_1 e D_2 . A distância entre o eixo do pilar e o eixo da laje é d . A laje é mostrada em duas seções: CASO I e CASO II.

gulll= 4,54 Kg/cm²

$$qu = 1.30.c'.N_c + q.N_q + 0.4.\gamma.B.N_\gamma$$

qulll= 8,49 Kg/cm²

$$\Delta H = H. [\sigma_t - \sigma_c]. K. m_v$$

Df	γ	σ_{ic}	$(\sigma_t - \sigma_c)$	ΔDF	k	mv	Δh
[cm]	[kg/cm ²]	[Kg/cm ²]	[kg/cm ²]	[cm]		[cm ² /kg]	[cm]
-100	0,00186	0,186	2,634	20	1,0	0,0067	0,35
-120	0,00186	0,223	2,597	20	0,8	0,0067	0,28
-140	0,00186	0,260	2,5596	20	0,4	0,0067	0,14
-160	0,00186	0,298	2,5224	20	0,2	0,0067	0,07
-180	0,00186	0,335	2,4852	20	0,1	0,0067	0,03
					Deformación total:		0,87

C.- CUADRO DE COTAS Y TENSIONES:

De acuerdo a las formulas planteadas y con los datos de campaña y laboratorio se ha podido determinar el siguiente cuadro resumen de cotas y tensiones para fundaciones directas o superficiales:

Profundidad Respecto Boca de Pozo [m]	σ_{adm} Para bases aisladas [kg/cm ²]	σ_{adm} Para bases corridas [kg/cm ²]	σ_{adm} Para Plateas [kg/cm ²]	Coefficiente de Balasto Vertical Estimado (placa 30x30) [kg/cm ³]	Coefficiente de Balasto Horizontal Estimado [kg/cm ³]	Tensión horizontal admisible $\sigma_{hadm.}$ [kg/cm ²]
- 0,70 A	---	1,52 A	1,80	4,50 A	3,15 A	---
- 1,00 A	1,98 A	1,56 A	---	4,00 A	2,80 A	1,02 A
- 2,00 A	2,82 A	2,00 A	---	4,00 A	3,20 A	1,35 A
- 3,00 A	3,70 A	3,00 A	---	6,00 A	4,92 A	2,00 A
- 4,00 A	3,50 A	2,80 A	---	5,10 A	4,18 A	1,81 A
- 6,00 A	3,20 A	2,70 A	---	4,00 A	3,28 A	1,72 A

D.- EXCAVACIONES Y EMPUJES:

Para excavaciones temporales si no cambian las condiciones de humedad, para suelos cohesivos, como los detectados en el primer estrato, la altura sin empuje activo puede calcularse según la siguiente expresión:

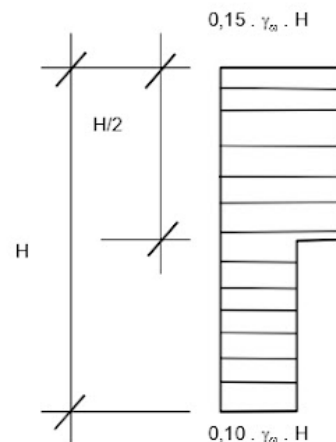
$$Z = \frac{2C \cdot \sqrt{Ka}}{\gamma \cdot Ka}$$

Para el caso en estudio se obtiene una altura estable de 7,00m a la cual se le podrá aplicar algún coeficiente de seguridad en función de las condiciones imperantes. Para excavaciones a mayor profundidad o cuando permanezcan por un tiempo prolongado, se debe calcular la entibación con un empuje según el siguiente diagrama:

Diagrama Envolvente de Empuje Aparente

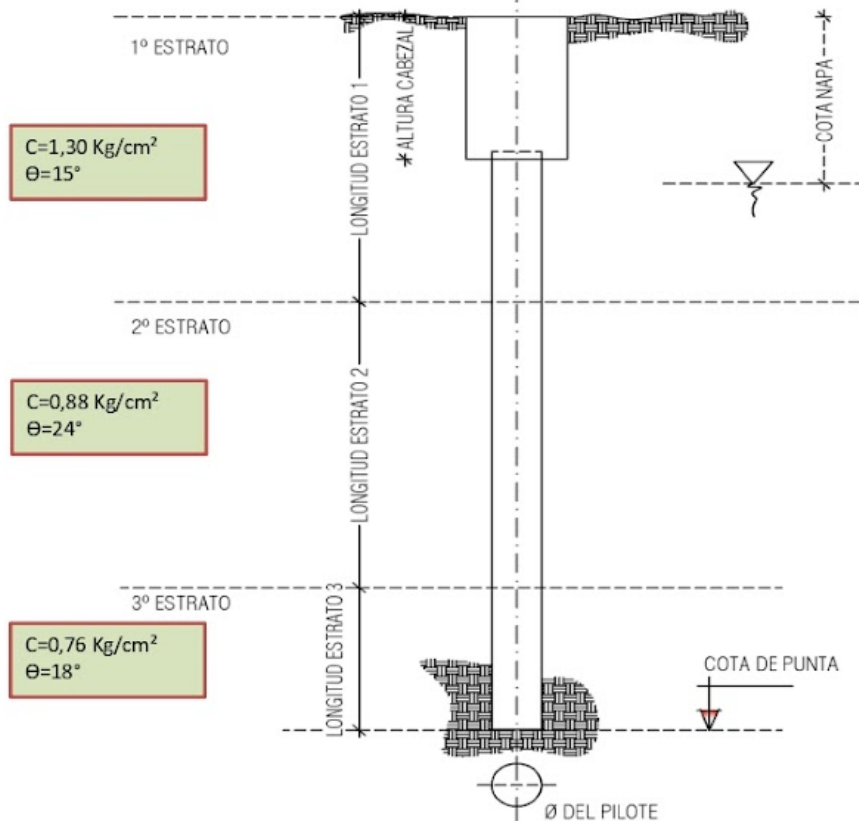
Arcillas y limos de origen eólico (Loes Pampeano) compactas fuertemente preconsolidadas por desecación.

Con $\gamma_{so} = 1T/m^3$



E.- CAPACIDAD PORTANTE PARA CIMENTACIONES INDIRECTAS:

Con los ensayos triaxiales y la estratigrafía de los suelos del lugar se ha realizado un modelo matemático de tres estratos para el cálculo de la capacidad portante de fundaciones indirectas, a continuación se muestra el ejemplo de un pilote tipo, seguido de un cuadro de resumen para diferentes alternativas de diámetro y cota de punta.



PILOTE PROPUESTO		Diámetro	Cota Punta	Altura Cabezal
Pilote tipo	[m]	0,50	-5,50	0,80

ANÁLISIS CAPACIDAD DE CARGA PILOTE			
CAPACIDAD DE CARGA VERTICAL (carga de punta y fricción)			
Capacidad de carga por punta (Q_p)			
Superficie de punta de cada pilote	[m ²]	S_p	0,196
Peso propio del pilote	[t]	P_p	2,214
Relación D/Ø	[°]	ζ	11
Relación Ø/L	[°]	ψ	0,106
Factor de forma	[°]	sc	1,021
Factor de profundidad	[°]	dc	1,5406
Factor combinado de forma y profundidad	[°]	sc.dc	1,57
Factor de capacidad de carga	[°]	Nc	13,20
Factor de capacidad de carga	[°]	Nq	5,10
Esfuerzo vertical efectivo	[t/m ²]	q	10,23
Coefficiente de seguridad	[°]	V_F	3
Cohesión	[Kg/cm ²]	C'_3	0,38
Resistencia admisible de punta $q_p = (c' \cdot N_c + q \cdot N_q)_{sc} \cdot dc / v =$	[t/m ²]	qp	53,67
Capacidad portante de punta $Q_p = q_p \cdot S_p =$	[t]	Qp	10,53

Se adopta cota napa -8 m

Si bien el nivel freático no fue detectado durante el transcurso de los sondeos adoptamos el mismo a -8,00m en función de otros trabajos realizados en la zona y teniendo en cuenta la época de sequía que está transcurriendo.

Capacidad de carga por fricción (Q _F)			Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
Longitud del estrato atravesado por el pilote	[m]	E	1,20	2,00	1,50
Área de acción fricción	[m ²]	An	1,88	3,14	2,36
Angulo de fricción interna	[°]	Ø	15	24	18
Factor de adherencia	[°]	S32	0,36	1,00	0,52
Factor de adherencia	[°]	S5	2,06	3,41	2,41
Cohesión	[Kg/cm ²]	C _n	0,65	0,44	0,38
Coefficiente de seguridad	[°]	V _F	2,00	2,00	2,00
Profundidad del estrato	[m]	Df	2,00	4,00	5,50
Resistencia admisible por fricción lateral $q_f = (1/2 \cdot \gamma'_s \cdot Df \cdot S_{32} + c' \cdot S_5) / v =$	[t/m ²]	qf	7,030	9,362	5,909
Capacidad portante por fricción $Q_F = An \cdot q_f =$	[t]	Q _F	13,24	29,40	13,92
Capacidad de carga de cada pilote (Q _p +Q _F)	[t]	Q	64,88		

F. - CUADRO RESUMEN DE CAPACIDAD PORTANTE PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS DE PILOTES

Para el cálculo simplificado de la capacidad portante para pilotes con otras alternativas de diámetro y cota de punta se presenta el siguiente cuadro:

Profundidad Respecto boca de pozo [m]	Ø40/60		Coeficiente de Balasto Horizontal [kg/cm ³]	Parámetros del suelo adoptados	
	q _f	q _p		Cohesión	Angulo de fricción
	Por fricción lateral	Por punta		[Kg/cm ²]	[°]
	[t/m ²]	[t/m ²]			
-1,00	—	—	120/B*	1,30	15
A	—	—	A		
-2,00	7,00		100/B*		
-2,00	8,52	67,87	100/B*	0,88	24
A	A	A	A		
-4,00	9,36	86,75	130/B*		
-4,00	5,59	47,20	130/B*	0,76	18
A	A	A	A		
-6,00	6,03	56,60	100/B*		
-6,00	2,00	17,27	100/B*	0,52	5
A	A	A	A		
-11,50	1,96	22,39	60/B*		

Capacidad de carga por fricción y punta para distintas alternativas

*B: Ø Pilote [cm]

Obs.:

A- Se recomienda una penetración de 2 a 3 Ø en el estrato resistente para la adopción de la tensión por punta

B- Relaciones longitud / diámetro recomendadas

	Ø 40	Ø 50	Ø 60
Max.	23	28	33
Min.	8	8	7

C- Separación entre pilotes 2.5 . Ø

VI. – CONCLUSIONES.

A.- DESCRIPCIÓN DEL PERFIL

Reuniendo toda la información obtenida, tanto de campaña, como de laboratorio se ha podido determinar el perfil de los suelos de la siguiente forma:

Luego de los primeros 0,40m del material del terraplén compactado se encontró un suelo arcilloso homogéneo, compacto, de color marrón rojizo oscuro con vetas negras; con valores de plasticidad media; y con un contenido de humedad promedio del 22%. La consistencia de estos suelos varía de rígida a muy rígida y se extiende hasta una profundidad de -2,30m aproximadamente respecto de nivel de comienzo de los sondeos.

A partir de allí y hasta los -4,20m se encuentra una capa formada por suelos arcillosos de plasticidad media y coloración marrón rojizo con puntos negros; con presencia de nódulos y concreciones calcáreas muy aisladas en su masa; de consistencia muy rígida a dura.

Luego hasta los -6,30m encontramos un manto formado por suelos arcillosos con una plasticidad levemente mayor respecto a las demás capas sondeadas, color marrón rojizo claro con puntos negros; con presencia de nódulos medianamente cementados y pequeñas concreciones calcáreas (tosquillas) dispersas; de consistencia muy rígida.

Por último se detectó un estrato formado por suelos arcillosos de coloración marrón rojizo, de consistencia rígida a dura, con menor plasticidad que en las capas superiores y con presencia aleatoria de concreciones calcáreas; este estrato se extiende hasta la cota máxima alcanzada por los sondeos.

En el mes de Diciembre, durante la ejecución del trabajo de campo no se detectó el nivel freático. En función de otros trabajos realizados en la zona y teniendo en cuenta la época de sequía que está transcurriendo se adoptó el nivel freático para el cálculo de la capacidad portante de pilotes a -8,00m, siendo este valor variable a lo largo del año.

B.- CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE FUNDACIONES.

En función de los trabajos de gabinete, apoyados en los ensayos de campaña y laboratorio, se realizó el análisis de las distintas alternativas de fundación en función de los requerimientos de esta obra en particular.

De acuerdo a los mismos se planteó la fundación de muros o tabiques mediante cimentaciones superficiales corridas a una profundidad de -0,70m respecto de nivel de terreno natural resultando una tensión admisible de $1,52\text{kg/cm}^2$. Se recomienda que de optar por este tipo de fundación se controle la superficie de contacto de la cimentación verificando sectores que pudieran contener excesos de humedad.

Para la fundación de cargas concentradas, como las que se presentan en una estructura independiente, si se recurre a una cimentación mediante bases directas aisladas, puede fundarse a una profundidad de -2,00m, respecto del nivel de terreno natural, con una tensión admisible, de $2,82\text{kg/cm}^2$. Para esta cota y tensión, se planteó una base cuadrada de 1.00m de lado obteniéndose un asentamiento estimado menor de 1,00cm. En el punto V-C se presentan los valores de tensión admisibles para otras cotas de fundación. Con los datos del cuadro del punto citado anteriormente podemos resolver la fundación con macizos tipo Sulzberger o monobloque rígido.

También es posible recurrir a un sistema mediante cimentaciones indirectas o profundas tipo pilotes. Para este caso se ha planteado un modelo matemático en función de considerar tres estratos, un pilote de $\varnothing 0,50\text{m}$, un cabezal de 0,80m de altura, y una cota de punta -5,50m, el cuál arroja una capacidad portante de 64,88tn.

Así mismo, en el punto V-F se presentan los valores admisibles de fricción y tensión de punta para el cálculo simplificado de pilotes con otras alternativas de diámetros y cotas de punta.

Para la realización de excavaciones temporales, durante la obra, en el punto V-D se ha realizado un cálculo de la altura máxima estable, siempre que permanezcan abiertas un tiempo reducido y que no se produzcan variaciones en la humedad del suelo. Dicha altura, para esta obra particular varía en torno a 7,00m y en función de las variables locales que se presenten se podrá adoptar algún coeficiente de seguridad. En el caso de tener que diseñar una entibación se presenta el diagrama de empujes en el punto V-D

Finalmente cabe mencionar que todas las recomendaciones del presente informe están basadas en datos obtenidos en lugares puntuales, razón por la cual si en la ejecución de las fundaciones se encuentra alguna situación que difiere de la información presentada se deberá consultar para definir los criterios a adoptar.

Rosario, 02 de Enero de 2023.