

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



Proyecto de Grado
Carrera de Ingeniería Civil

PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA

ESTUDIANTES

Artigas, Franco (A-4248/1)
Capdevila, Milagros (C-6536/6)
Pintor, Josefina (P-5009/1)
Serafini, Matias (S-5297/3)

DIRECTORES:

Inga. Luque, Analía
Arq. Cervera, Cristina

ASESORES:

Ing. Fideleff, Horacio
Dra. Inga. Portapila, Margarita
Ing. Raúl Navarro
Dra. Ing. Marina Cauhape Casaux

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

Ingeniería Civil

Septiembre de 2026

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVOS.....	5
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
2.2 OBJETIVOS PARTICULARES.....	5
3. ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DE LA OBRA.....	5
3.1 UBICACIÓN.....	5
3.2 USO DE SUELO ACTUAL.....	7
3.3 INFORMACIÓN RECOPIADA.....	8
3.4 MARCO NORMATIVO.....	12
4. PROPUESTA LAYOUT.....	14
5. ANÁLISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DE LA ZONA DE IMPLANTACIÓN.....	16
5.1 RESUMEN DE LAS OBRAS HIDRÁULICAS.....	16
5.2 CÁLCULOS HIDROLÓGICOS.....	16
5.2.1 Determinación de la Cuenca de Aporte externa.....	16
5.2.2 Precipitación de diseño.....	18
5.2.3 Situación Preintervención.....	19
5.2.4 Situación Postintervención.....	22
5.3 DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS.....	22
5.3.1 Diseño de Albañales y Canales Perimetrales.....	24
5.3.3 Diseño del Reservorio.....	29
5.3.4 Descarga del Reservorio.....	33
5.3.4.1 Diseño de Orificios de Fondo.....	36
5.3.4.2 Diseño del Vertedero.....	37
5.3.5 Obras básicas del proyecto - Alcantarillas.....	38
6. DISEÑO DEL ACCESO PRINCIPAL Y EDIFICIO ADMINISTRATIVO.....	40
6.1 UBICACIÓN DEL INGRESO.....	42
6.2 DISEÑO GEOMÉTRICO DEL INGRESO PRINCIPAL.....	43
6.2.1 Diseño de los carriles de aceleración y deceleración.....	44
6.2.2 Diseño del camino de acceso.....	48
6.3 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA INTERSECCIÓN DE ACCESO (EMBOCADURA - CARRILES DE VELOCIDAD) Y DEL CAMINO RURAL.....	49
6.4 EDIFICIO ADMINISTRATIVO.....	52
6.5 GARITA DE ACCESO.....	53
6.6 PÓRTICO PRINCIPAL.....	54
6.7. REGLAMENTACIÓN UTILIZADA.....	54
6.7.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO E HIPÓTESIS DE CÁLCULO.....	55
6.7.1.1. Tipología y Modulación Estructural.....	55
6.7.1.2. Especificaciones de Materiales.....	55
6.7.1.3. Hipótesis de Cálculo y Estabilización.....	56

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

6.7.2. DETERMINACIÓN DE ACCIONES.....	56
6.7.2.1. Cargas Permanentes (D).....	56
6.7.2.2. Sobrecargas de Uso y Mantenimiento (Lr).....	57
6.7.2.3. Acción del Viento (W) - Parámetros CIRSOC 102.....	57
6.7.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	57
6.7.3.1. Nave Principal (Pórticos 1 y 2 - IPN 400).....	58
6.7.3.2. Edificio de Administración: Pórtico 3 (IPN 180).....	58
6.7.3.3. Edificio de Administración: Pórtico 4 (IPN 240).....	58
6.7.4. RESUMEN DE RESULTADOS.....	58
6.7.5. FUNDACIONES.....	59
6.7.5.1. Tipología de Cimentación y Cabezales.....	59
6.7.5.2. Capacidad Geotécnica por Estrato.....	60
6.7.5.3. Verificación de Cabezales de Pilotes.....	60
6.7.5.4. Consideraciones Ejecutivas de Fundaciones.....	61
7. DISEÑO DE LA CIRCULACIÓN INTERNA DEL PARQUE INDUSTRIAL.....	61
7.1 TRAZADO DE CALLES INTERNAS.....	61
7.2 VERIFICACIÓN DE GIROS.....	66
7.3 DISEÑO ESTRUCTURAL DE CALLES INTERNAS.....	67
7.4 DISEÑO DE JUNTAS.....	71
8. INCORPORACIÓN DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL.....	75
8.1 IMPACTOS DURANTE EL PROCESO DE INTERVENCIÓN.....	76
8.1.1 Contaminación del Suelo.....	76
8.1.2 Ruido.....	76
8.1.3 Impacto Visual.....	76
8.1.4 Residuos.....	76
8.2 IMPACTOS POST INTERVENCIÓN - FASE DE OPERACIÓN DEL PARQUE.....	77
8.3 MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	77
8.3.1 Etapa de Construcción.....	77
8.3.2 Etapa Post Construcción - Fase de Operación del Parque.....	78
8.4 OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE.....	78
8.4.1 Objetivo 9: Industria, Innovación e Infraestructuras.....	78
8.4.2 Objetivo 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles.....	79
8.4.3 Objetivo 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico.....	79
8.4.4 Objetivo 12: Producción y Consumo Responsable.....	79
9. BIBLIOGRAFÍA.....	80
10. PLANOS.....	81
Generales.....	81
Hidráulicos.....	81
Viales.....	81
Estructurales.....	82
Arquitectura.....	82

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

11. ANEXOS.....	82
Hidráulicos.....	82
Viales.....	82
Estructurales.....	82

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 el diseño del parque industrial en la localidad de Arteaga, provincia de Santa Fe.

El crecimiento de las comunidades rurales y suburbanas en la región pampeana argentina ha enfrentado históricamente desafíos estructurales debido a la falta de una planificación técnica integral. En la localidad de Arteaga, situada en el departamento Caseros de la provincia de Santa Fe, la estructura urbana se caracteriza por una trama compacta atravesada por las Rutas Provinciales N° 92 y N° 15, donde la actividad agrícola-ganadera convive directamente con el desarrollo civil y residencial.

En la Figura 1 y en el [Plano G01 - Ubicación de proyecto](#), se observa la ubicación respecto de la provincia y de la ciudad a partir del documento importado.



Figura 1. Ubicación de Arteaga a partir del documento importado. **Fuente:** Elaboración propia.

Históricamente, el desarrollo industrial de la localidad ha carecido de una zona delimitada, lo que ha derivado en la dispersión de industrias y acopios de cereales dentro del entramado urbano consolidado. Esta coexistencia genera externalidades negativas, tales como

molestias ambientales para los vecinos y conflictos logísticos relacionados con el tránsito pesado. Ante este escenario, surge la necesidad de diseñar infraestructuras que separen las actividades productivas de las residenciales bajo criterios de sostenibilidad y eficiencia técnica.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un Parque Industrial en la localidad de Arteaga, Provincia de Santa Fe, que permita el reordenamiento territorial trasladando los establecimientos industriales y de acopio desde el sector urbano o en crecimiento, hacia un sector periférico estratégico.

2.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Consolidar un área industrial específica sobre la Ruta Provincial N°92 garantizando el cumplimiento normativo vigente.
- Diseñar un acceso vial y una red que permita la circulación interna en el parque industrial.
- Diseñar infraestructura hidráulica e hidrológica del parque industrial y de su área de influencia.
- Alinear el desarrollo del parque industrial con los objetivos de desarrollo sostenible de Naciones Unidas y las metas del Plan Local de Acción Climática 2030 de Arteaga.

3. ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DE LA OBRA

3.1 UBICACIÓN

Arteaga es una localidad ubicada en el Departamento Caseros, Provincia de Santa Fe, República Argentina. Se encuentra a 110 km de Rosario, a 255 km de la ciudad de Santa Fe (capital provincial) y a 62 km de Casilda (cabecera departamental). Asimismo, se localiza a 10 km del límite con la provincia de Córdoba. La localidad cuenta con una población de 3.414 habitantes.

La localidad posee conectividad con las principales ciudades de las provincias de Santa Fe y Córdoba a través de la Ruta Provincial N° 92 y la Ruta Provincial N° 15.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

La elección del predio se encuentra alineada con los lineamientos establecidos en el [Plan de Ordenamiento Territorial \(POT\) \[1\]](#) de la localidad de Arteaga. Dicho instrumento identifica expresamente un área de potencial desarrollo para Parque Industrial sobre ambos márgenes de la Ruta Provincial N.º 92, considerando la disponibilidad de terrenos aptos para este uso y su adecuada vinculación con la red vial regional.

En la Figura 2 se observa la zonificación definida por el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Arteaga. La imagen permite verificar que el área seleccionada para el emplazamiento del parque industrial se encuentra dentro del sector destinado al desarrollo y consolidación de actividades industriales, conforme a la planificación territorial vigente.

Desde el punto de vista territorial y ambiental, el emplazamiento presenta ventajas significativas, ya que se encuentra alejado de las áreas residenciales consolidadas, minimizando posibles conflictos de uso del suelo y reduciendo los impactos sobre la población. Asimismo, el POT destaca que esta localización favorece la concentración y ordenamiento de las actividades productivas, contribuyendo al desarrollo económico local y a la relocalización de establecimientos industriales fuera del tejido urbano.

Por otra parte, la ubicación sobre la Ruta Provincial N.º 92 garantiza una adecuada accesibilidad para el transporte de cargas y la conexión con los principales corredores productivos de la región, constituyendo una condición estratégica para el funcionamiento y crecimiento futuro del parque industrial.

El terreno donde se emplaza el proyecto, se encuentra sobre la Ruta Provincial N° 92 a la altura del km 63. Cuenta con una superficie aproximada de 15 hectáreas. Además, el predio limita con un camino rural existente, lo que facilita la conectividad con los establecimientos agropecuarios y los sectores aledaños. En la Figura 2 se presenta la ubicación del parque industrial.



Figura 2. Zonificación del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) / Ubicación del Parque Industrial en Arteaga a partir del documento importado. **Fuente:** Elaboración propia.

3.2 USO DE SUELO ACTUAL

La ubicación destinada al futuro Parque Industrial de Arteaga se clasifica actualmente como suelo rural de alta productividad (Clase I y II), dedicado principalmente a la producción

agrícola extensiva de soja, maíz y trigo. Esta zona cuenta con una ventaja técnica estratégica, ya que el trazado del gasoducto coincide con dicha ruta y el predio posee una altitud de +28 metros respecto al Río Carcarañá, garantizando factibilidad energética y seguridad ante riesgos hídricos sin necesidad de obras hidráulicas complejas.

3.3 INFORMACIÓN RECOPIlada

Al arribar al predio destinado a la implantación del Parque Industrial, se identificó que el terreno posee frente sobre la Ruta Provincial N.º 92, actualmente pavimentada con carpeta de pavimento flexible. Además, cuenta con vinculación a un camino rural de tierra que complementa el acceso al sector. Esta condición favorece la futura circulación y operación logística del proyecto.

A partir de imágenes satelitales y reconocimiento del sitio se observa que el predio donde se proyecta el parque industrial se utiliza actualmente para actividades agrícolas, principalmente cultivos de maíz y soja, según la rotación de cada temporada. Asimismo, presenta un bajo grado de impermeabilización y una importante cobertura vegetal. Esta condición favorece la infiltración y evapotranspiración. A continuación en la Figura 3, se muestran las imágenes de los sectores relevados superpuestas sobre una imagen aérea para facilitar su ubicación.



Figura 3. Localización de los puntos de registro fotográfico. **Fuente:** Elaboración Propia.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

Durante el relevamiento del canal se observó un estado general de abandono y escaso mantenimiento. Los taludes se encontraban completamente cubiertos por vegetación, quedando visible únicamente una pequeña franja del suelo en el fondo del canal. Además, en ambos márgenes, inmediatamente después de los taludes comenzaban áreas cultivadas con maíz y soja. Estas condiciones pueden observarse en la Figura 4.a, donde se aprecia la abundante cobertura vegetal sobre los taludes y la proximidad de los cultivos al canal.



Figura 4. Estado actual del terreno. **Fuente:** Elaboración Propia.

Dentro del terreno se identificó una vivienda que actualmente no se encuentra habitada y que es utilizada principalmente para el almacenamiento de herramientas, en el mismo lugar existe un pequeño galpón destinado al guardado de maquinarias rurales. Como se muestra en la Figura 5, correspondiente a una imagen satelital del parque industrial.



Figura 5. Vivienda y galpón existentes dentro del predio (imagen satelital). **Fuente:** Google Earth (Elaboración propia).

Respecto al acceso al predio, se verificó que el camino no cuenta con alcantarillas transversales, situación que dificulta el escurrimiento del agua de lluvia de un lado al otro del camino. Debido a esto, en períodos de precipitaciones se producen acumulaciones de agua. El acceso presenta una mejora superficial mediante granza y material pétreo compactado.

En las Figuras 4.b, 4.c y 4.d se observa que el canal se encontraba sin presencia de agua debido a la formación de un tapón generado por los restos de un puente colapsado que nunca fue removido. Los escombros permanecían dentro del mismo, obstaculizando el escurrimiento normal del agua.

Dado que no se cuenta con un estudio de suelos realizado específicamente dentro de los límites del Parque Industrial Arteaga, se utilizaron los datos provenientes de un estudio efectuado en un lote cercano, ubicado sobre la RP N.º 92, considerándose sus resultados como representativos debido al carácter académico del presente proyecto.

En la Figura 6 se presenta la ubicación del lote donde se desarrolló el estudio geotécnico con respecto al predio del Parque Industrial Arteaga.



Figura 6. Zona de estudio geotécnico. **Fuente:** Elaboración propia.

La Figura 7 muestra un detalle ampliado del lote de estudio, indicando la ubicación de los sondeos utilizados como base para la caracterización geotécnica del terreno.



Figura 7. Zona de estudio geotécnico. **Fuente:** [Estudio de suelo \[5\]](#).

El estudio de suelos en cuestión se puede analizar [\[5\]](#).

3.4 MARCO NORMATIVO

El sitio seleccionado para el desarrollo del parque industrial se localiza al norte de la localidad de Arteaga, próximo al río Carcarañá, tal como se muestra en la Figura 8. Asimismo, de acuerdo con la cartografía oficial de áreas de riesgo hídrico de la provincia de Santa Fe, el predio se encuentra cercano a sectores regulados por la Ley Provincial de Bienes de Zonas Inundables N.º 11.730, como se aprecia en la Figura 9. Si bien el predio no se encuentra mayoritariamente comprendido dentro de las áreas de mayor restricción hídrica, su proximidad a zonas con condicionantes de inundabilidad implicó considerar criterios específicos de diseño vinculados al manejo del escurrimiento superficial y la preservación de la dinámica natural del terreno.



Figura 8. Ubicación del predio respecto del río Carcarañá. **Fuente:** Elaboración propia.

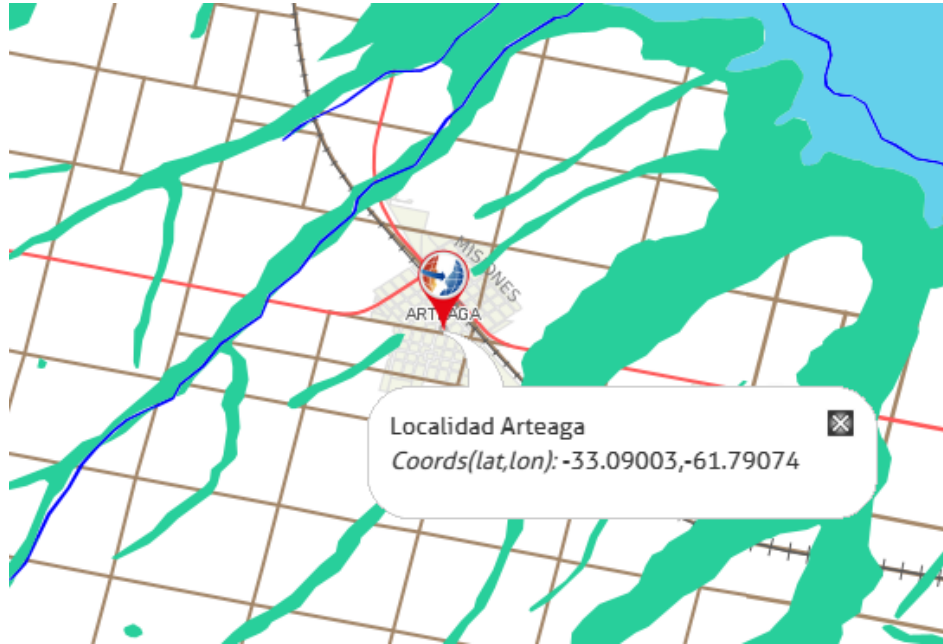


Figura 9. Áreas de riesgo hídrico. **Fuente:** [Infraestructura de Datos Espaciales de Santa Fe \[2\]](#).

En este contexto, resulta relevante mencionar que el río Carcarañá forma parte de la Reserva Hídrica Natural “Río Carcarañá”, creada mediante el Decreto Provincial N.º 1579/12. Esta área protegida abarca aproximadamente 10.020 hectáreas a lo largo de 167 km del curso fluvial, incluyendo el cauce del río y una franja de 300 m a cada margen, desde su ingreso a la provincia de Santa Fe hasta su desembocadura en el río Coronda. La reserva tiene como finalidad preservar los recursos hídricos, los ecosistemas asociados y las funciones ambientales que desarrolla este corredor natural dentro del territorio provincial.

La Ley Provincial N.º 11.730 establece limitaciones para intervenir en áreas inundables, especialmente en lo relacionado con obras que puedan alterar el escurrimiento natural del agua o aumentar el riesgo hídrico tanto aguas arriba como aguas abajo. Por este motivo, se aplicó la ley 11.730 , durante el diseño del parque se buscó mantener el funcionamiento natural del terreno y evitar modificaciones que generen inconvenientes en el entorno.

Además, se tuvo en cuenta la Resolución N.º 736/2016, que regula los cambios de uso del suelo y exige contemplar medidas de mitigación frente al aumento de caudales generados por aumento de superficies impermeables. En función de esto, se incorporó un reservorio de retención en el sector más bajo del predio para almacenar temporalmente los excedentes pluviales y controlar el caudal evacuado.

También se definieron áreas libres de construcciones permanentes para conservar superficies permeables y favorecer el almacenamiento temporal del agua durante eventos de lluvia intensa de acuerdo a la mencionada ley. De esta manera, el proyecto busca adaptarse a las condiciones naturales del sitio y cumplir con los criterios hidráulicos establecidos por la normativa vigente.

4. PROPUESTA LAYOUT

El Layout propuesto para el parque industrial está basado en la optimización de uso de suelo, la funcionalidad de las futuras industrias y la facilidad para el tránsito y operatividad.

El diseño geométrico del Parque Industrial se desarrolla sobre una superficie aproximada de 15 hectáreas, priorizando la eficiencia operativa, la optimización del uso del suelo y la preservación de las condiciones naturales del entorno. Se plantea una vía principal de ingreso con un ancho aproximado de 14 m, complementada por calles internas y perimetrales que garantizan una circulación fluida, adecuada maniobrabilidad vehicular y accesibilidad a cada lote. La propuesta contempla una subdivisión total de 58 lotes industriales, destinando la mayor proporción del suelo a parcelas productivas con superficies que oscilan entre 1.500 m² y 2.000 m², adaptándose a diferentes escalas de implantación industrial y a las necesidades de una amplia diversidad de actividades productivas.

Asimismo, se proyecta un reservorio, destinado a regular y atenuar el escurrimiento superficial generado dentro del parque, de manera tal que el caudal evacuado hacia el canal receptor mantenga valores similares a los existentes previos a la intervención. Complementariamente, se prevé un valle de inundación asociado al canal lindero, calculado según normativa para dejar libre escurrimiento al cauce para un evento de recurrencia de 100 años.

La conectividad interna fue planteada para permitir una circulación eficiente de vehículos pesados y un adecuado acceso a cada lote del parque industrial. En el acceso principal se localiza el sector administrativo, diseñado como núcleo de gestión y control del complejo.

Por último, también se tuvo en cuenta la relación del proyecto con el entorno rural de la zona, donde se destina una porción significativa del predio a espacios verdes y se proyecta una barrera forestal perimetral, destinada a actuar como área de amortiguación visual, acústica y ambiental frente a las actividades industriales.

En la Figura 10, y en el [Plano G02 -Implantación del Proyecto](#), se observa la distribución de los espacios a intervenir.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

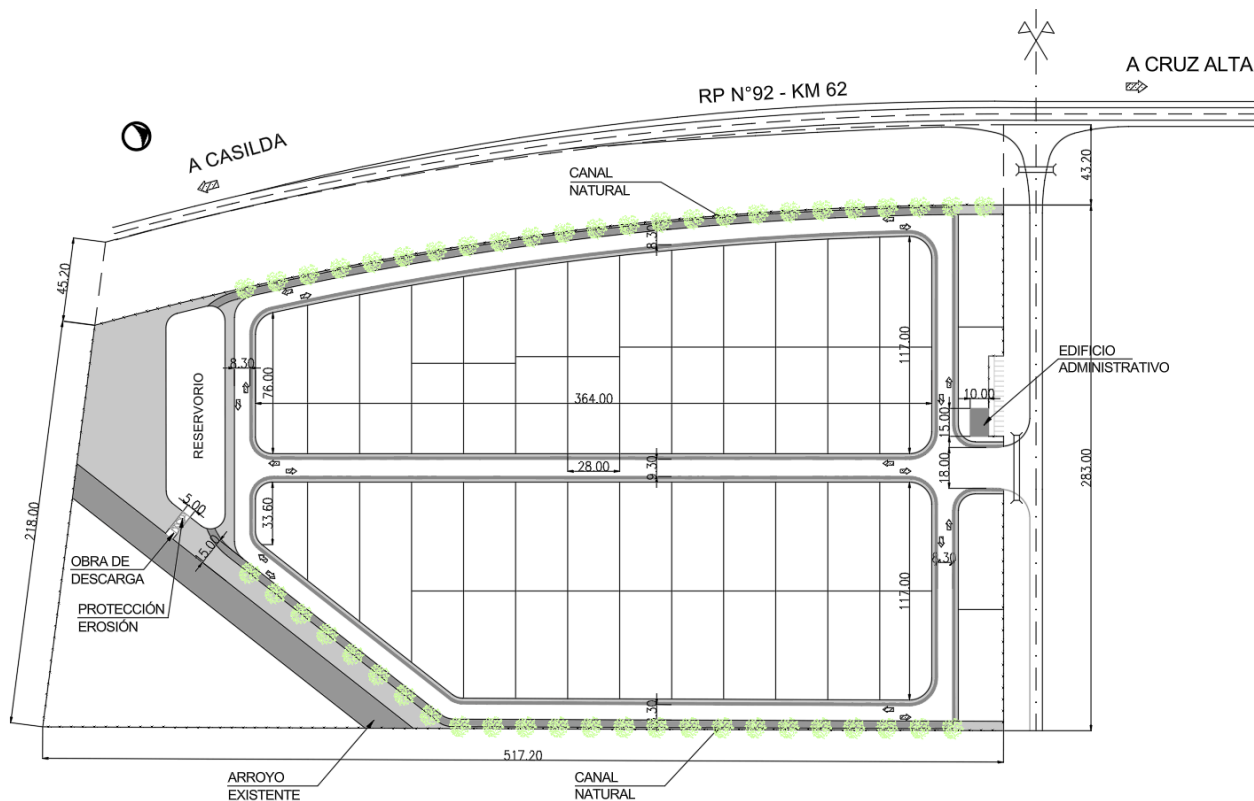


Figura 10. Planimetría del Proyecto. **Fuente:** Elaboración Propia.

El desarrollo planteado para el predio incorpora los siguientes componentes principales, detallados en el plano.

- Diseño del acceso principal y vinculación con la ruta provincial.
- Pavimento y circulaciones
- Loteo general
- Reservorio
- Barrera forestal perimetral
- Diseño del área administrativa y recepción

5. ANÁLISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DE LA ZONA DE IMPLANTACIÓN

5.1 RESUMEN DE LAS OBRAS HIDRÁULICAS

El diseño del parque industrial de Arteaga 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. 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.
- Reservorio diseñado para una recurrencia de 100 años.
- Canal a cielo abierto que recolecta el agua de los albañales y también la proveniente de la calzada. Estos canales se diseñan para una recurrencia igual a $R = 5$ años.

5.2 CÁLCULOS HIDROLÓGICOS

5.2.1 Determinación de la Cuenca de Aporte externa

Con el objetivo de estudiar la problemática zonal, se procede a utilizar las curvas de nivel generadas por el Instituto Geográfico Nacional y digitalizadas por la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Santa Fe quien las llevó a un archivo que puede verse en Google Earth Pro, el cual permite analizar altimetrías de curvas trazadas e importar curvas de nivel.

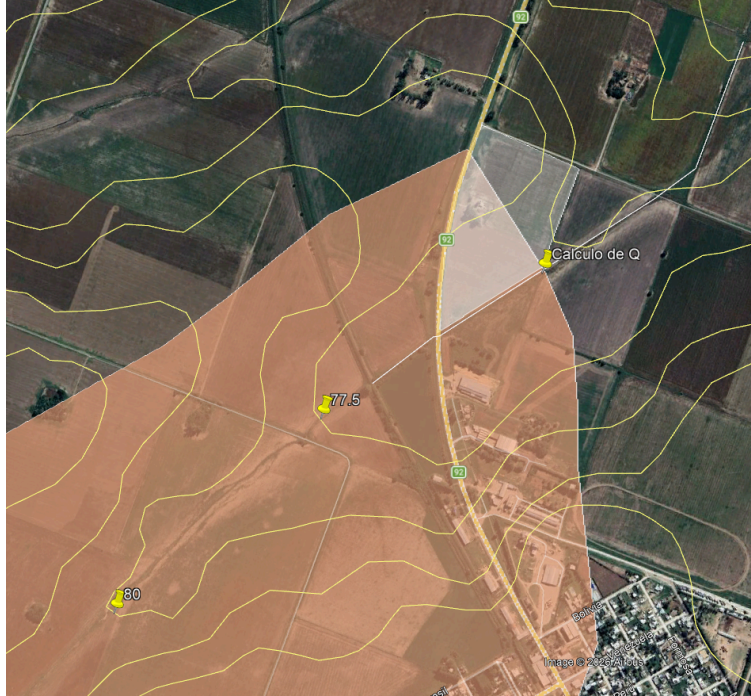


Figura 11. Curvas de Nivel. **Fuente:** Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Santa Fe.

Para poder estudiar los excedentes hídricos que ingresan al predio desde las zonas linderas, se procede a la delimitación de la cuenca de aporte natural externa. El trazado de la línea divisoria se ejecuta identificando las cotas máximas del relieve las cuales definen el límite físico a partir del cual la escorrentía superficial cambia de sentido de escurrimiento. Luego, el perímetro de la cuenca se traza uniando de forma continua estos puntos altos asegurando que la línea divisoria corte de manera perpendicular a cada una de las curvas de nivel. Finalmente, la cuenca se cierra en el punto donde va a descargar, ubicado en el arroyo siendo este un punto bajo.

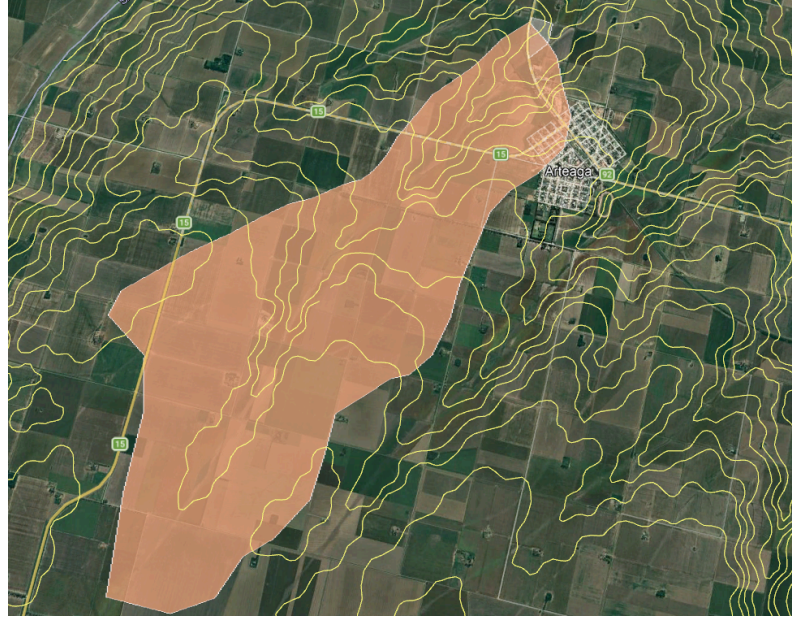


Figura 12. Cuenca de aporte externo. **Fuente:** Elaboración propia.

A partir de esta delimitación topográfica, se obtiene la superficie total de aporte externo de $21,30 \text{ km}^2$ con una pendiente del 1,80 por mil.

5.2.2 Precipitación de diseño

Con el propósito de determinar caudales de diseño, partiendo de precipitaciones se utilizan las curvas IDR de Marcos Juárez generadas por la Dirección Nacional de Vialidad, a partir de las cuales se obtiene la intensidad media de lluvia y la lámina de lluvia total asociada a una determinada recurrencia. Estas se emplean para tres recurrencias:

- R=5 años preintervención: para conocer el tirante del arroyo, dimensionar el conducto reservorio-canal.
- R=5 años postintervención: calcular el caudal que transportaran las calles internas del parque con el objeto de dimensionarlas.
- R=25 años preintervención: determinación del valle de inundación del cauce natural.
- R=100 años postintervención: cálculo de caudal para el dimensionamiento del reservorio.

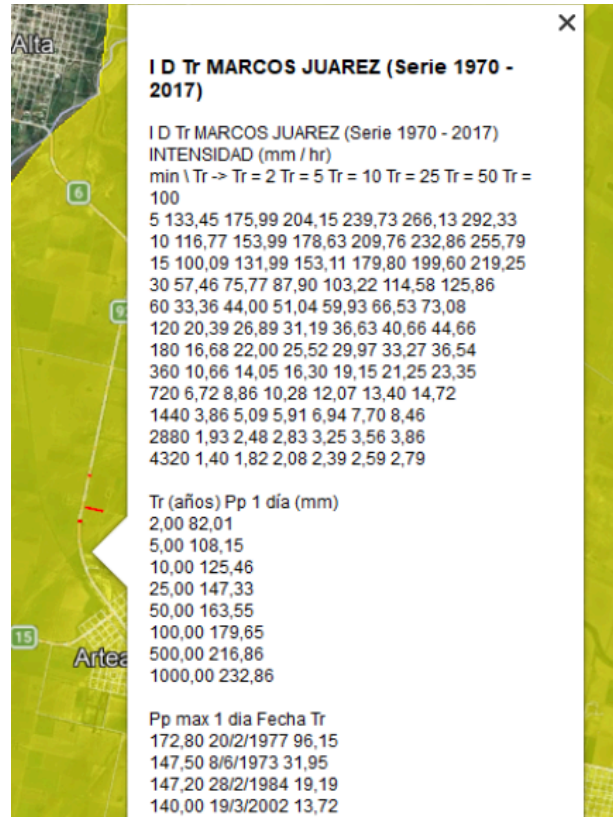


Figura 13. Curva Intensidad-Recurrencia-Duración de Marcos Juárez. **Fuente:** Dirección Provincial de Vialidad.

5.2.3 Situación Preintervención

Para el desarrollo del sistema de regulación pluvial, resulta determinante conocer el comportamiento hidrológico actual de la zona de emplazamiento del Parque Industrial. Para esto se determina el caudal máximo para conocer el tránsito de crecidas en el almacenamiento, dimensionar los orificios de salida de la estructura de descarga y calcular el volumen de retención necesario, garantizando así que el predio no genere un aporte hídrico superior al régimen natural preexistente de la cuenca.

Con este propósito, se proyectó un reservorio de retención pluvial diseñado para el almacenamiento temporal de los excedentes hídricos originados dentro del predio. La función principal de este dispositivo es regular y diferir los picos de crecida para liberar el agua de manera controlada hacia el cuerpo receptor, mitigando el impacto del desarrollo urbano sobre el arroyo existente.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

Debido a que no se dispone de registros históricos de caudales, para obtener los caudales de diseño se usa el método del Hidrograma Unitario Sintético Adimensional del SCS. Este modelo sintético resulta óptimo para el proyecto en estudio debido a que integra de manera directa los parámetros físicos, geométricos y morfológicos de la cuenca con las características del complejo suelo-vegetación.

Éste se basa en el procesamiento de un gran número de hidrogramas unitarios, deducidos para diferentes cuencas. El Servicio de Conservación de Suelos de EE. UU. Mockus (1972) desarrolló un HUS adimensional $Q^* = f(t^*)$. El caudal Q fue adimensionalizado utilizando el caudal pico Q_p , es decir, $Q^* = Q/Q_p$ y el tiempo t fue adimensionalizado utilizando el tiempo de ocurrencia al pico T_p , o sea, $t^* = t/T_p$.

El HUS requerido para una cuenca no aforada puede calcularse utilizando el HUS adimensional, una vez que hayan sido determinados el T_p [hs] y el Q_p [m³/s.mm] para un cierto tiempo de lluvia neta t_n [min].

Del HUS triangular, se observa que:

$$T_p[hs] = 0.5 * t_n + t_p$$

donde t_p puede ser estimado como el 60% del T_c .

Este último, se calcula a partir de la fórmula de Pasini:

$$T_c[min] = \alpha * (A[km^2] * L[km])^{1/3} * S^{-1/2}$$

Respecto al t_n , responde a la siguiente ecuación:

$$t_n[min] = (1/7.5) * T_c$$

El caudal pico se obtiene como:

$$Q_p [m^3/s. mm] = \frac{0.208 * A}{T_p}$$

Con los valores de Q_p y T_p , el HUS requerido para una determinada duración de lluvia neta, en una cuenca no aforada, puede calcularse directamente multiplicando las ordenadas Q^* del HUS adimensional por Q_p y las abscisas t^* por T_p .

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

Finalmente, Q se multiplica por Pn y así se obtiene el Qdis para el arroyo para las diferentes recurrencias que se analizan.

Para obtener la lámina de lluvia neta, se utiliza la lámina de lluvia total de las curvas IDR de la localidad previamente enunciada, asemejando el Tc a 12 horas. Su cálculo responde a:

$$Pn = \frac{(P-0.2*S)^2}{P+0.8*S}$$

donde;

- P es la lámina de lluvia total.
- S se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

siendo CN el número de curva. Este parámetro adimensional se utiliza para cuantificar el potencial de escurrimiento superficial de la cuenca, es decir, muestra qué porcentaje de la lluvia se va a infiltrar en la tierra y qué porcentaje va a correr por la superficie.

Para corroborar si el arroyo posee la capacidad hidráulica suficiente para recibir todo el escurrimiento sin desbordarse ni inundar el parque industrial, se calculan los tirantes de agua para recurrencias de 5 y 25 años mediante la metodología de Chezy-Manning debido a su empleo confiable de cauces a cielo abierto bajo régimen permanente y uniforme. La fórmula se indica a continuación:

$$Q = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2} A \quad [m^3/s]$$

A = área mojada de la sección $[m^2]$

n = rugosidad de manning, según materialidad

R_h = radio hidráulico, A/P , donde P = perímetro mojado $[m]$

S = pendiente longitudinal $[m/m]$

Para definir la sección transversal del arroyo se realizó un relevamiento del canal, como fue mencionado en el apartado [3.3 INFORMACIÓN RECOPIADA](#), y a partir de este, para simplificación, se utiliza una sección promedio del mismo como se observa en la Figura 14.

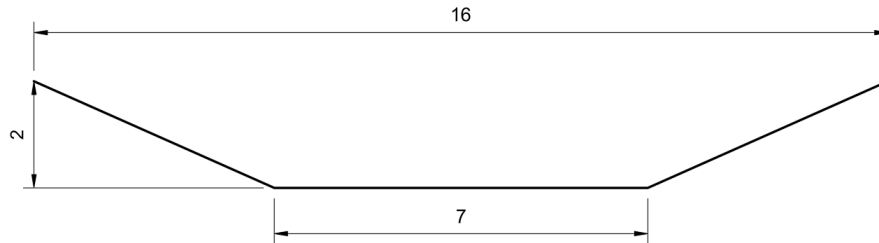


Figura 14. Sección transversal del arroyo. **Fuente:** Elaboración propia.

5.2.4 Situación Postintervención

En este escenario propuesto se adoptó un factor de impermeabilización del suelo de 60% de cada lote propuesto del Parque Industrial, quedando el 40% restante tipificado como superficie permeable. A partir de la ponderación de estas áreas y basándose en los parámetros analizados en los apartados precedentes, se determinaron los coeficientes de escorrentía compuestos para los diferentes escenarios de diseño.

Para el dimensionamiento de los albañales y de los canales perimetrales se optó por el Método Racional Modificado. El procedimiento operativo comenzó con el trazado de las diversas subcuencas de aporte contenidas dentro de la delimitación original, identificando los puntos bajos del relieve topográfico donde resulta obligatoria la captación de los excedentes hídricos, tal como se ilustra en el [Plano H02 - Planimetría y Desagües](#) del correspondiente Legajo de Planos. Posteriormente, se definió un esquema tentativo para el desarrollo de los albañales con el fin de localizar las secciones de cierre o control de cada una de las subcuencas intentando dejar un canal perimetral, procediendo luego a la determinación de sus respectivos caudales de aporte.

5.3 DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS

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 figura 15 se observa la dinámica hídrica planteada.

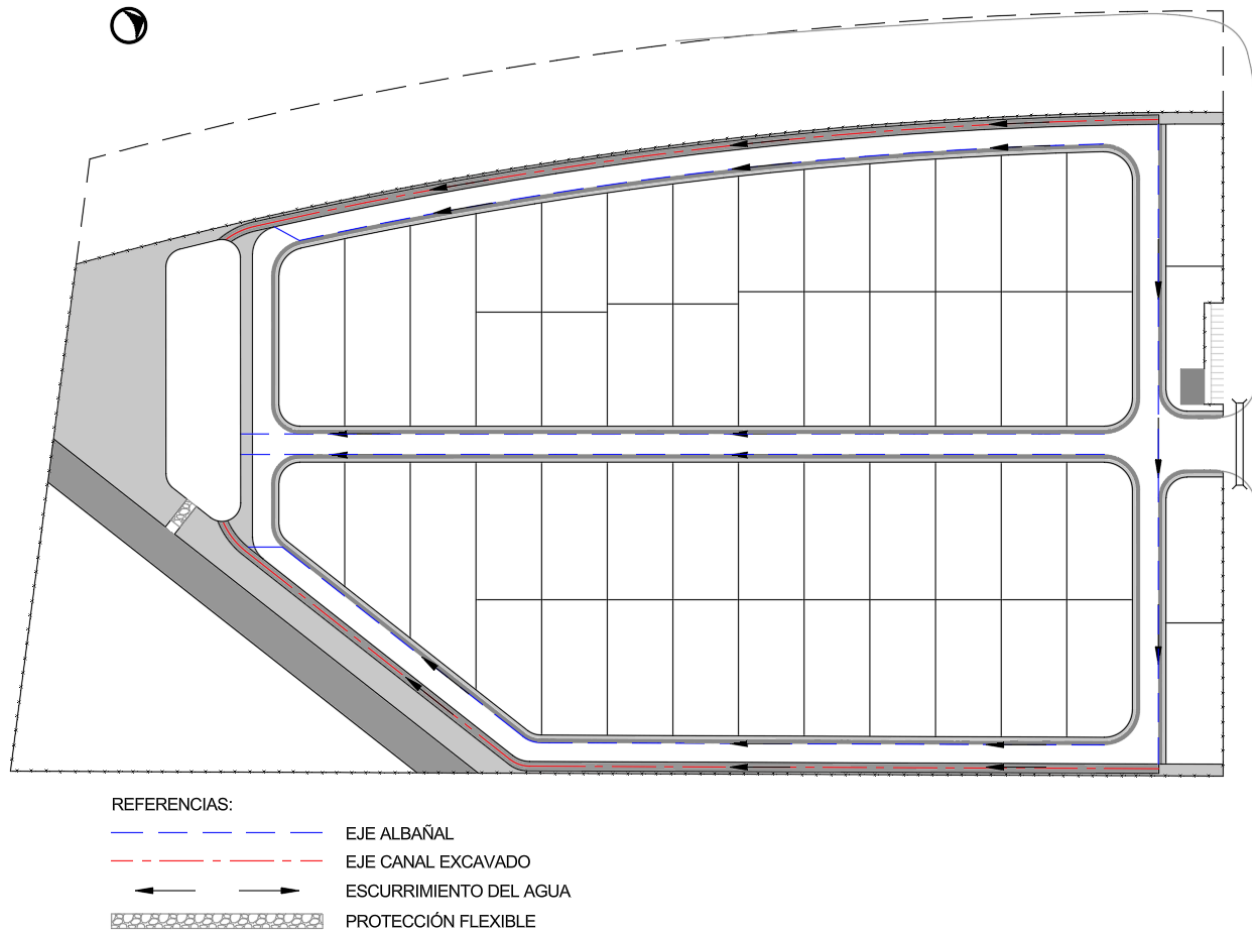


Figura 15. Escurrimiento del agua superficial. **Fuente:** Elaboración propia.

En la Figura 15A se observa el corte transversal del ingreso al parque industrial, donde se adoptan dimensiones mínimas para los albañales que descargan en la alcantarilla de acceso al parque.

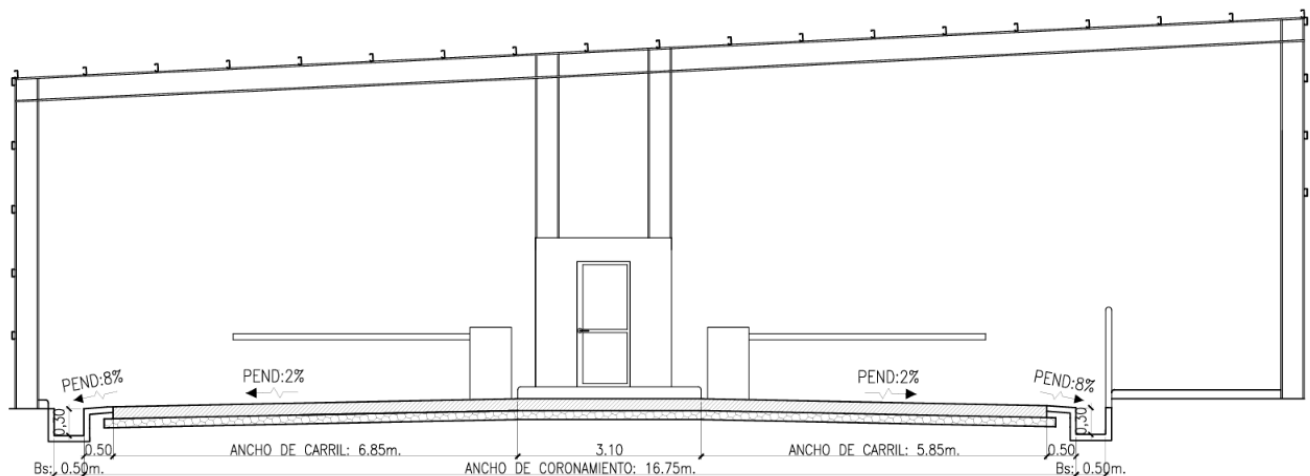


Figura 15A. Detalle del ingreso al Parque Industrial. **Fuente:** Elaboración propia.

5.3.1 Diseño de Albañales y Canales Perimetrales

El sistema de drenaje interno del predio se basa en una red de albañales de hormigón de sección rectangular. Estos dispositivos captan la escorrentía de la calzada y/o de los lotes según la calle que se analice. El agua la derivan, en el caso de las calles 2, 3 y 5, a los canales perimetrales. Por otro lado, el albañal de la calle 4, culmina en el reservorio.

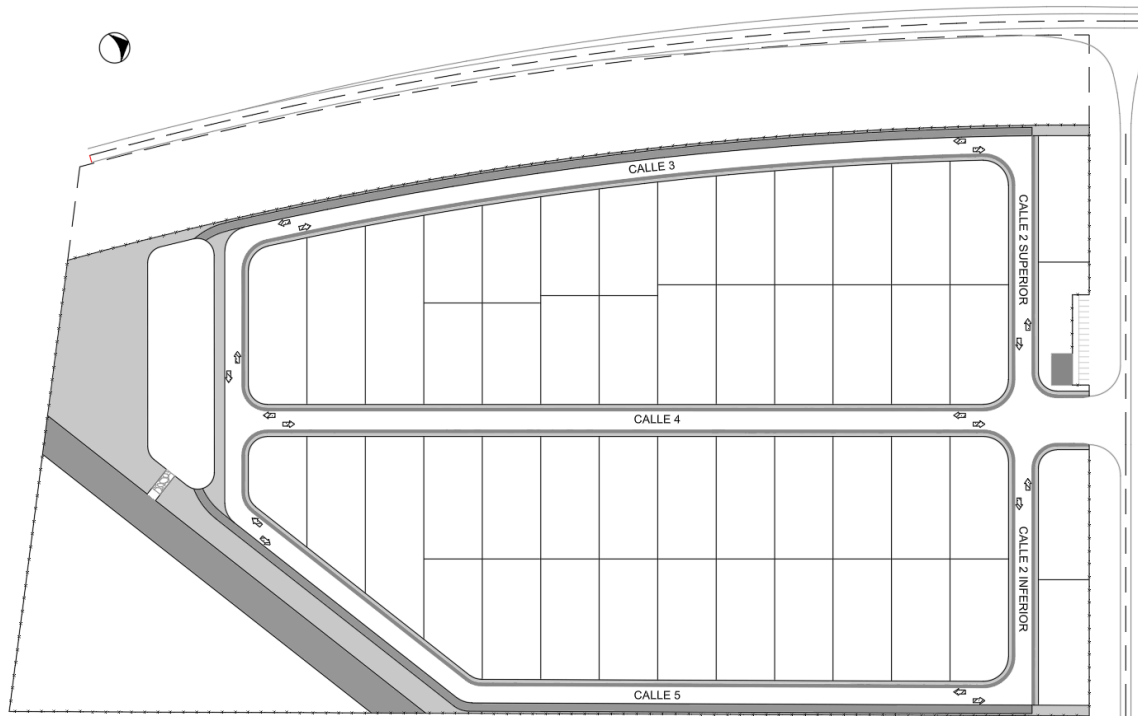


Figura 16. Calles con albañales. **Fuente:** Elaboración propia.

El dimensionamiento hidráulico de los albañales se proyectó para un período de recurrencia de 5 años, valor que surge del equilibrio técnico y económico recomendado para áreas urbanas, lo cual se encuentra respaldado por la bibliografía *“Hidrología, Procesos y Métodos - H.E. Orsolini - E.D. Zimmermann - P.A. Basile”*, donde se sugiere un rango de recurrencia de 2 a 10 años para este tipo de obras en Argentina.

Respecto a la hidráulica de conducción, las pendientes longitudinales se definieron priorizando la topografía local, el escurrimiento por gravedad y velocidades que garantizan la autolimpieza. Los límites de velocidad fueron verificados según la Tabla 1.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

Tabla 1. Velocidades máximas.

Tipo de Revestimiento	velocidad mínima (m/s)	velocidad máxima (m/s)
Canales naturales sin revestimiento		
Suelos erosivos (arenas, limos no coloidales, ect.)	0.6	0.9
Suelos menos erosivos (arcillas, gravas, pizarras, ect.)	0.6	1.5
Canales revestidos		
Vegetación no reforzada	0.6	1.7
Geomembrana de HDPE	0.6	1.5
Mampostería de piedra y concreto	0.6	2.0 - 4.5
Suelo cemento	0.6	4.5
Gaviones rellenos con enrocado	0.6	4.5
Concreto	0.6	3.0 - 6.0

Como las subcuencas poseen áreas entre $1 - 2 \text{ km}^2$, se hace uso del Método Racional para calcular el caudal que aporta cada una a los albañales ya que es una de las metodologías más tradicionales y simples utilizadas para calcular el caudal pico de escurrimiento superficial generado por una tormenta de diseño en cuencas de tamaño reducido :

$$Q = \frac{C i (D,R) A}{3,60}$$

$C =$ *coeficiente de escurrimiento*

$i(D, R) =$ *intensidad de lluvia (mm/h)*

$A =$ *área de la cuenca o subcuenca (km²)*

$3,60 =$ *coeficiente de compatibilización de unidades*

Luego se realiza un predimensionamiento, se calcula la sección necesaria con Chezy-Manning, fórmula mencionada en el apartado 5.2.3, y se ajusta el diseño hasta el optimizado.

Como se mencionó, las secciones se dimensionan para una recurrencia de 5 años, pero se realizan verificaciones de inundaciones de calles para recurrencia de 100 años, donde no se debe superar la cota de umbral, y procurar $\frac{1}{3}$ del carril libre. Luego se volvió a realizar un ajuste de las dimensiones de los albañales en el caso de que no se verifique la lluvia extrema.

Las secciones finales optimizadas de los albañales se presentan en la Tabla 2. El dimensionamiento detallado se encuentra en el [Anexo H01- Análisis Hidráulico](#) y las secciones se pueden observar en el [Plano V01A Y V02B Perfiles tipo de obra básica y pavimento](#) del correspondiente Legajo de Planos.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

Tabla 2. Dimensiones de los albañales.

Calle	Base de fondo [m]	Altura [m]
2 SUPERIOR	0,50	0,40
2 INFERIOR	0,50	Variable 0,40-0,52
CALLE 4	0,50	Variable 0,65-0,95

Cabe mencionar que los albañales serán diseñados con una rejilla superior, en los cruces por calzada y entradas a los predios facilitando el tránsito.

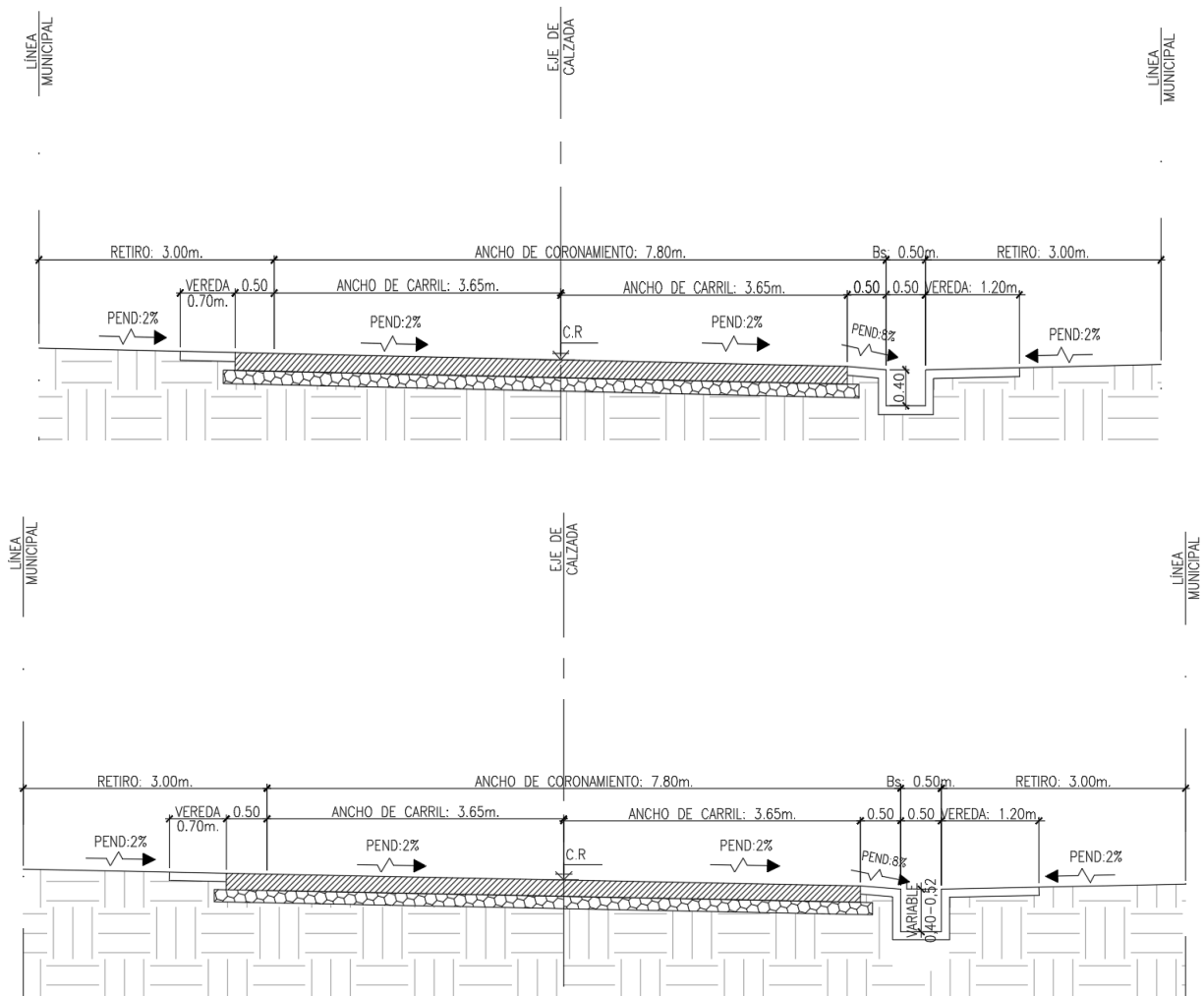


Figura 17. Perfiles transversales de calles c/albañales (calle 2 superior y calle 2 inferior respectivamente). **Fuente:** Elaboración propia.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

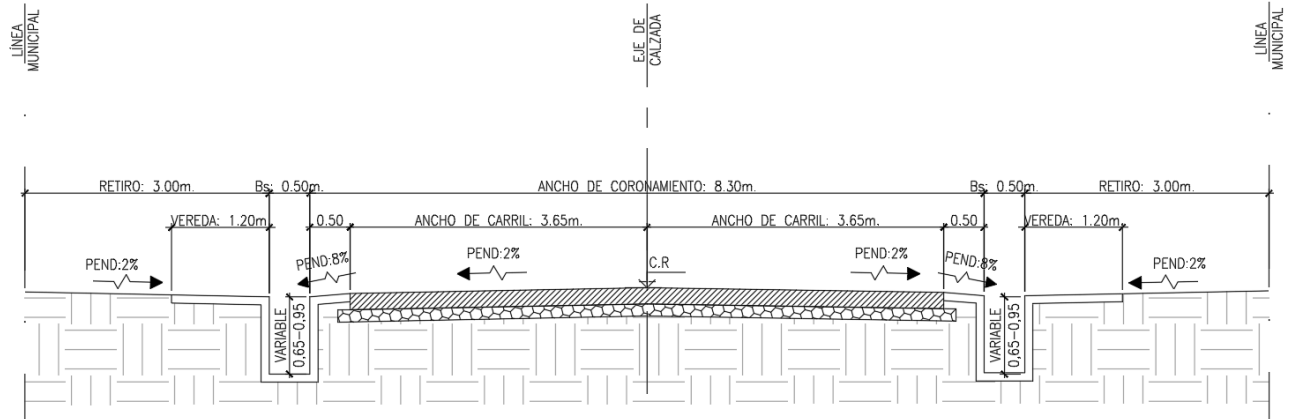


Figura 18. Perfiles transversales de calles c/albañales (calle 4). **Fuente:** Elaboración propia.

El canal perimetral E tiene la función de recolectar el caudal que aporta el albañal provenientes de la calle 2 y también aquel que llega por la propia calzada, con el objetivo de llevar todo este caudal hacia el reservorio. El canal perimetral C recolecta sólo las aguas provenientes de la calzada propia.

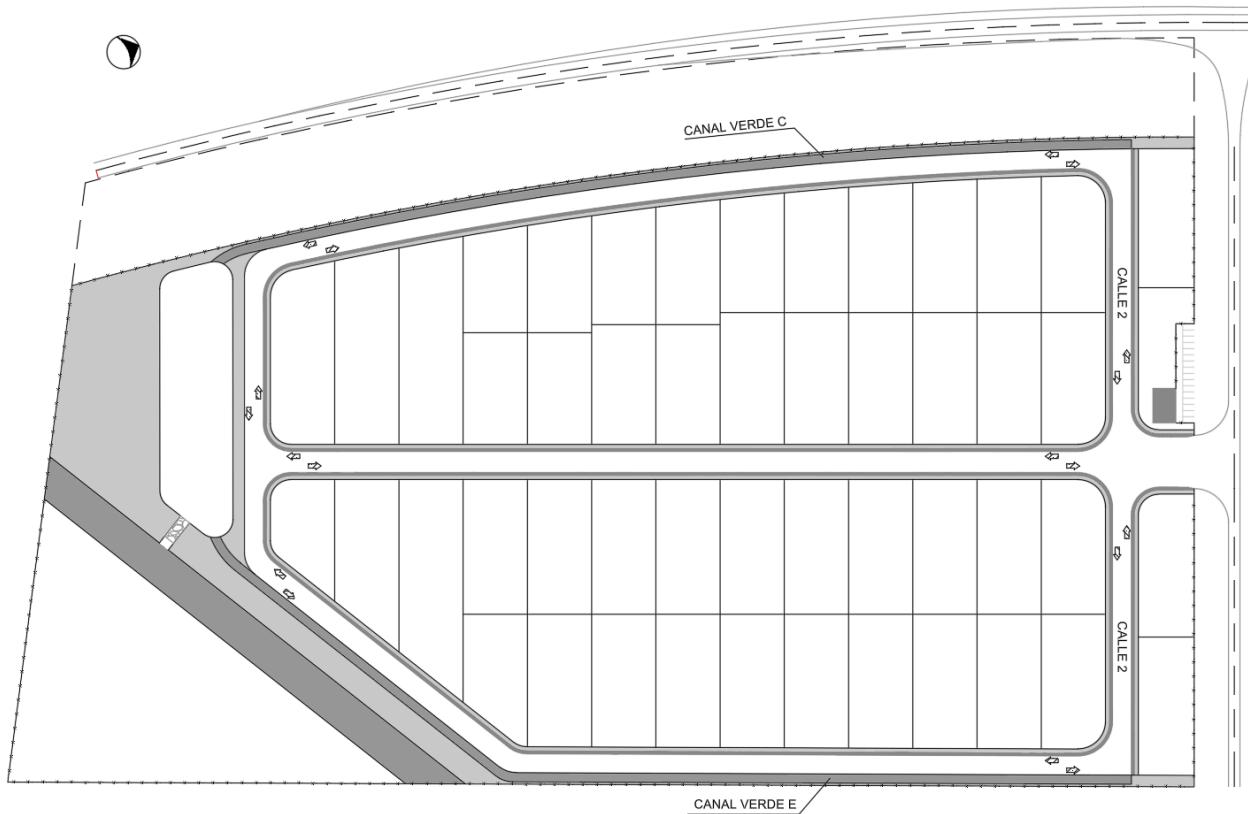


Figura 19. Canales verdes perimetrales. **Fuente:** Elaboración propia.

GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

El procedimiento del diseño es el mismo que para los albañales mencionados con anterioridad. Diseñados para una recurrencia de 5 años, predimensionado y luego verificado y optimizado de ser necesario para una recurrencia de 100 años. La sección de ambos canales es de forma ovalada con el objetivo de no realizar mayores modificaciones al terreno de 0,55 m de altura desde su fondo.

En la Figura 20 se pueden observar los perfiles resultantes. El dimensionamiento detallado se encuentra en el [Anexo H01- Análisis Hidráulico](#) y las secciones con referencias se pueden observar en el [Plano V01A Y V02B Perfiles tipo de obra básica y pavimento](#) del correspondiente Legajo de Planos.

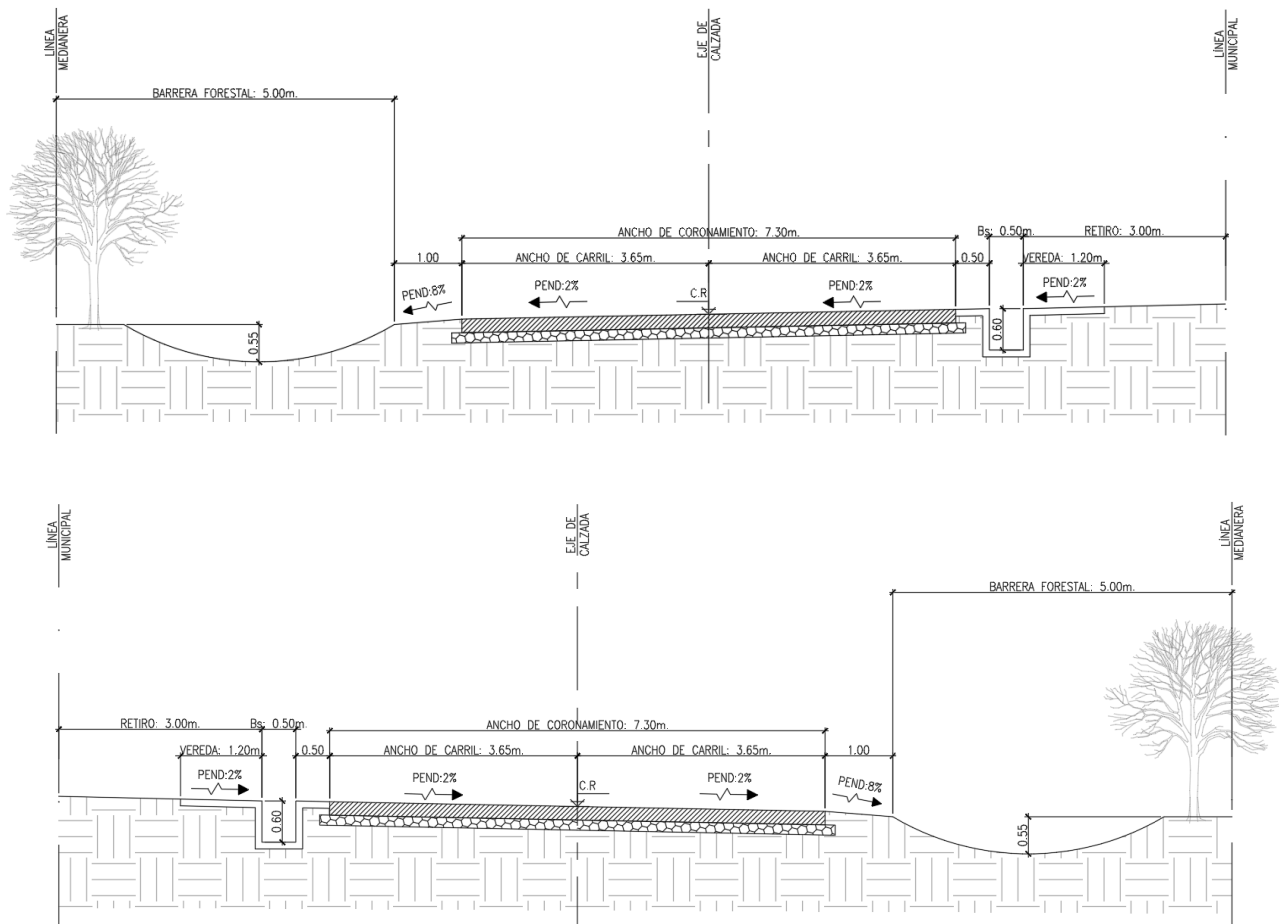


Figura 20. Perfiles transversales de las calles con los canales perimetrales C y E respectivamente. **Fuente:** Elaboración propia.

5.3.3 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 al cauce natural de forma tal que aguas abajo no se detecten variaciones en los caudales generados.

El dimensionamiento detallado se encuentra en el Anexo H01- Análisis Hidráulico.

Es importante saber que la profundidad de esta obra no puede exceder los 2 metros debido a que se excedería al arroyo, y por ende no sería posible acometer al mismo sin hacer uso de un equipo de bombeo, que resulta inconveniente. Como el predio es lindero al canal natural y desagota en el mismo, se contempla lo dispuesto en el Anexo II, punto 7 de la Resolución N° 736.

Cabe destacar que el predio objeto de este estudio no se encuentra emplazado dentro de la Cuenca del Arroyo Ludueña, por tal motivo el Decreto 13.246 no resulta de aplicación para el presente proyecto.

Situación pre - propuesta

Actualmente, el 100% de la superficie del parque es permeable. Se aplica el Método Racional Modificado, que se desarrolla en el apartado 5.3.1.

Como se dijo con anterioridad, al reservorio se lo diseña para una $R = 100$ años, resultando en un coeficiente de escorrentía $C = 0,41$. Para obtener el T_c , se analiza el trayecto de la gota hidráulicamente más alejada, es decir, se define su longitud L hasta el punto de cierre y posteriormente se determina el T_c mantiforme (por ser terreno natural). Con éste, se calcula la intensidad i , mediante las curvas IDR, y finalmente se calcula el caudal Q con el MRM; resultando $Q = 1\text{m}^3/\text{s}$.

Para la determinación de las intensidades de lluvia de diseño, se adoptan las curvas IDR correspondientes a la estación de Rosario. Si bien existen estaciones geográficamente más próximas en la provincia de Córdoba (Marco Juárez), la elección responde a que sus parámetros estadísticos se encuentran oficialmente convalidados por los organismos de control de la Provincia de Santa Fe, garantizando la homogeneidad de criterio normativo para la tramitación del proyecto.

Situación post - propuesta

Para esta situación, con los porcentajes mencionados anteriormente de impermeabilización se obtiene un coeficiente de escurrimiento ponderado $C = 0,75$.

Tabla 3. Coeficientes de escurrimiento.

	5 anos	100 anos	
C impermeable	0,80	0,97	Hormigon, pavimentos, techos
C permeable	0,28	0,41	Condicion media, pendiente llana

$$C_{ponderado} = \text{Área Imp} \times C_{imp} + \text{Área Perm} \times C_{perm}$$

$$C_{ponderado} = 0,60 \times 0,97 + 0,40 \times 0,41 = 0,75$$

Cabe aclarar, que para ésta se analizan 4 subcuencas, A, B, C y D, que se detallan en el [Plano H01 - Distribución de Cuencas](#) del correspondiente Legajo de Planos.

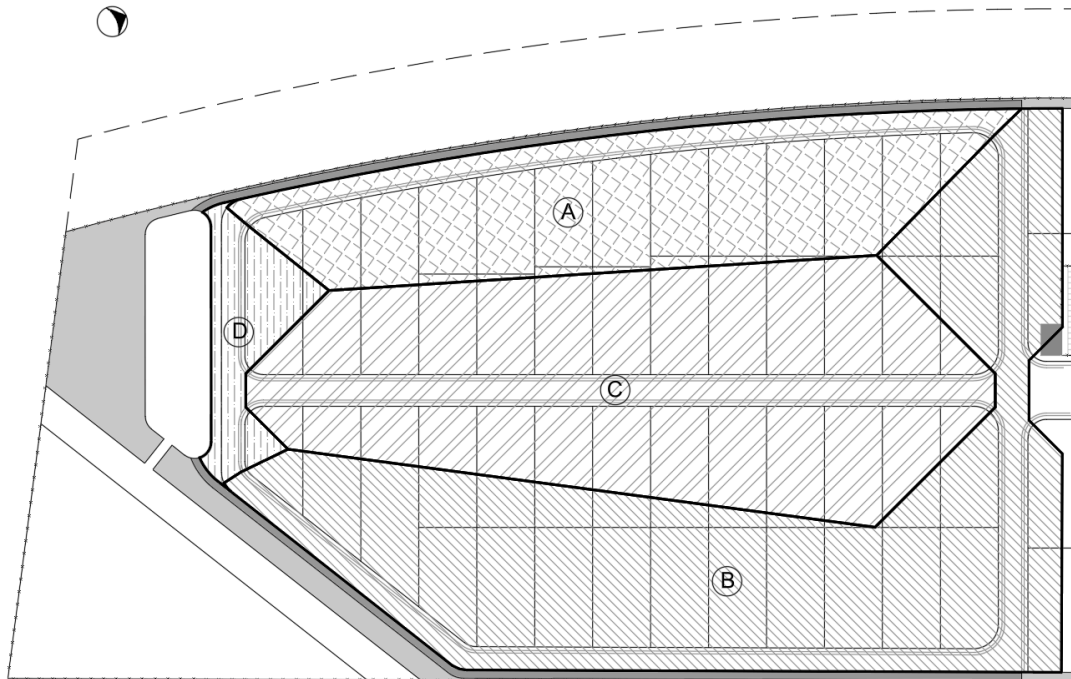


Figura 21. Distribución de cuencas. **Fuente:** Elaboración propia

Para el trazado de las subcuencas se analiza el escurrimiento del agua a partir de la definición previa de la ubicación de los albañales y canales a cielo abierto, así como el trazado de las cuencas propias de cada manzana.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

Para obtener el volumen a embalsar del reservorio se adopta el mayor T_c de las cuatro subcuencas.

Tabla 4. Datos para calcular el volumen a embalsar del reservorio.

$R = 100$ años								
Cuenca	Área [km ²]	T_c pre parque industrial [min]	i [mm/hs]	C_{ahora}	C_{futuro}	Q_{corte} [m ³ /s]	Q_{max} [m ³ /s]	T_c futuro [min]
A	0,021	92	63,83	0,41	0,75	0,15	0,81	11,56
B	0,040	92	63,83	0,41	0,75	0,29	1,49	13,27
C	0,034	92	63,83	0,41	0,75	0,25	1,25	14,01
D	0,004	92	63,83	0,41	0,75	0,03	0,19	5,28
Total	0,099	92	63,83	0,41	0,75	0,72		

El procedimiento consiste en adoptar inicialmente una duración $D = T_c = 14,01$ minutos y para ella calcular el Q_{max} mediante la fórmula que indica el MRM utilizando el $C = 0,75$ y la i asociada a la duración. El caudal de corte $Q_{corte} = 0,72 \text{ m}^3/\text{s}$, que es de la situación pre - propuesta, nos permite determinar el volumen a embalsar. Posteriormente, para obtener el valor del volumen máximo según la propuesta de Ven Te Chow, se van adicionando consecutivamente 5 minutos a la duración D y se determinan los parámetros previamente indicados. El proceso culmina cuando el volumen a embalsar, que surge como diferencia entre el volumen del caudal asociado a la duración D y el volumen del caudal de corte, alcanza su máximo como puede observarse en la figura 22.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

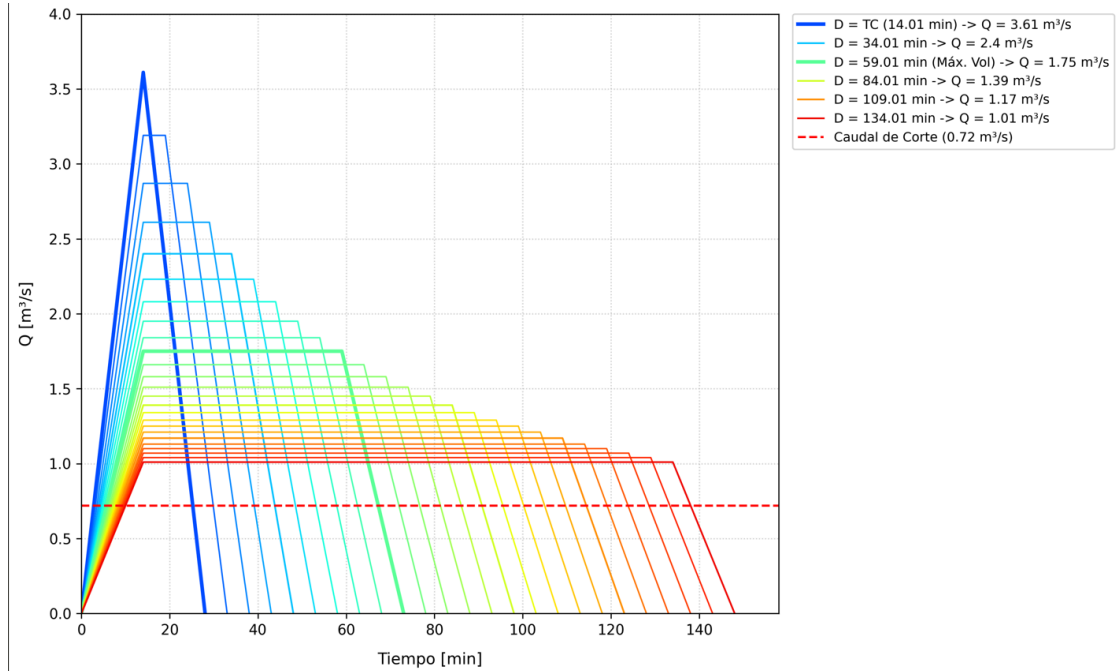


Figura 22. Hidrogramas de entrada y salida para D mayor a Tc. **Fuente:** Elaboración propia.

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

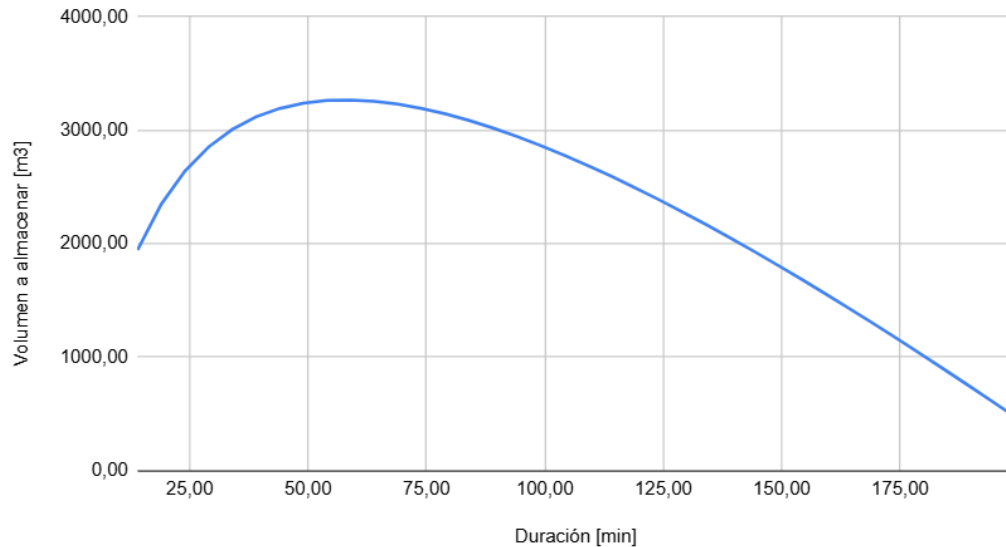


Figura 23. Curva de máximo volumen almacenado. **Fuente:** Elaboración propia.

El volumen a embalsar resulta igual a 3267 m3.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

Tabla 5. Dimensiones del reservorio.

PROPUESTA RESERVORIO		
H	0,85	m
Area talud (planta)	1065	m
Área talud	1,125	m2
Vol. talud	1198,13	m3
Area fondo (planta)	2485	m
Vol. RECTANG.	2112,25	m
Vol. reservorio	3310	m3
Vol a embalsar	3267	m3
y	0,84	m

En la Figura 24 se observa la ubicación del reservorio en planta.



Figura 24. Ubicación en planta del reservorio. **Fuente:** Elaboración propia.

5.3.4 Descarga del Reservorio

El sistema de descarga del reservorio se encuentra condicionado de manera simultánea por el caudal máximo de salida permitido y la capacidad del arroyo. Esta última variable resulta determinante para fijar la cota de fondo del mismo, asegurando la evacuación eficiente de los excedentes acumulados. A tal efecto, en el [Plano H02 - Planimetría y Desagües](#), perteneciente al Legajo de Planos, se detallan las cotas de llegada al reservorio de los canales y los albañales.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

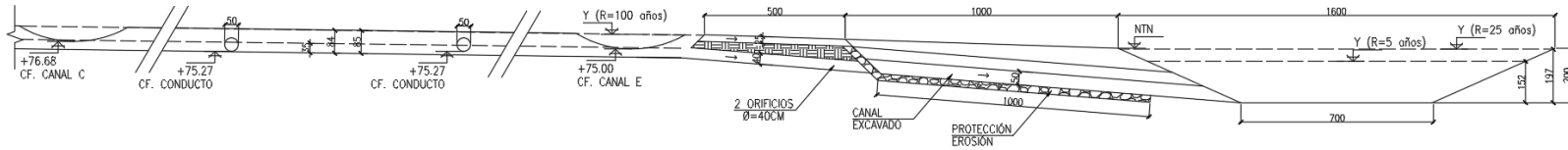


Figura 25. Corte transversal del reservorio, obra de descarga y el arroyo existente . **Fuente:** Elaboración propia.

Por otra parte, el esquema de vaciado del reservorio se resuelve mediante un sistema de descarga compuesto y diferenciado según el período de retorno de diseño. En primer lugar, se aclara que a partir del límite del reservorio, se cuenta con 5m. de terreno natural y luego un talud a 45°. Para eventos asociados a recurrencias bajas, correspondientes a un período de retorno de 5 años, la evacuación de los caudales se efectúa exclusivamente a través de orificios de fondo que vinculan el fondo del reservorio con la finalización del talud. Luego, se da lugar a una sección compuesta en la que se forma un canal de tierra con protección frente a la erosión. Ante la ocurrencia de tormentas extraordinarias asociadas a una recurrencia de 100 años, el incremento de los niveles de agua activa de forma complementaria un vertedero. Este vertedero opera en paralelo con los orificios de fondo previamente mencionados, conformando una obra de descarga mixta capaz de evacuar los volúmenes excedentes de manera controlada sin comprometer la estabilidad estructural del reservorio ni generar afectaciones aguas abajo. Dicho vertedero presenta una sección rectangular de 5 metros de ancho y su cota superior se encuentra 0,25 metros por debajo de la cota superior del reservorio; transcurrida la distancia hasta el inicio del talud, dicha sección da lugar a la sección compuesta previamente enunciada.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

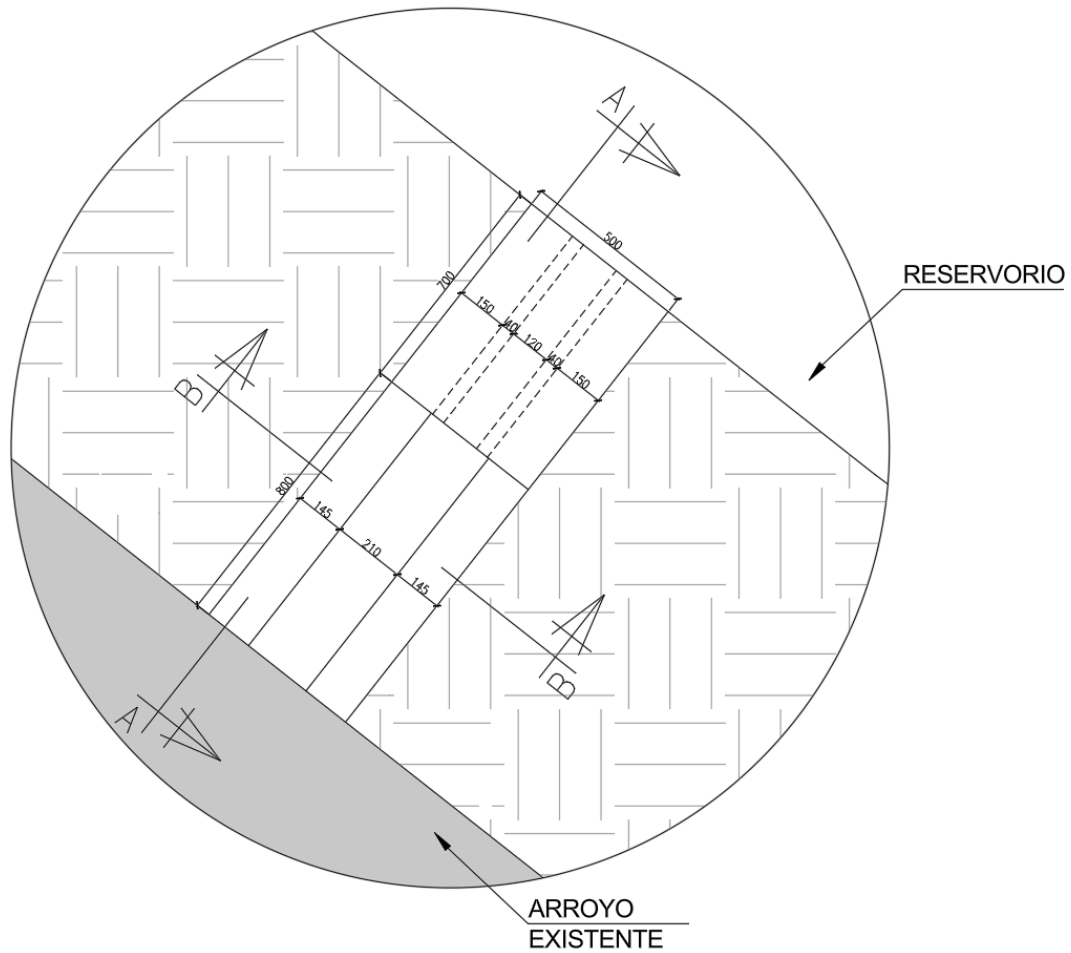


Figura 26. Planta de obra de descarga. **Fuente:** Elaboración propia.

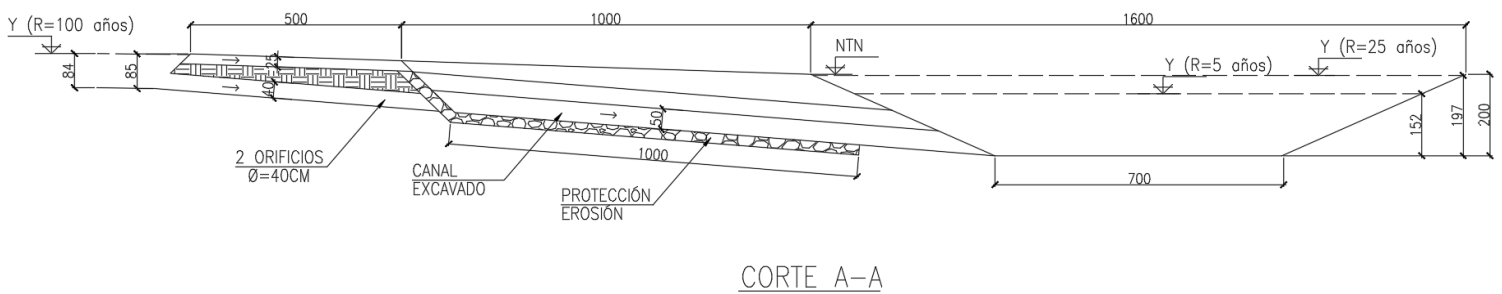
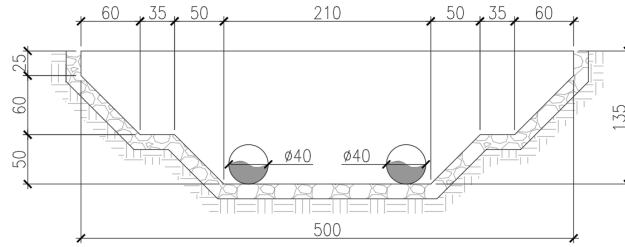


Figura 26A. Obra de descarga - Corte A-A. **Fuente:** Elaboración propia.



CORTE B-B

Figura 26B. Obra de descarga - Corte B-B. **Fuente:** Elaboración propia.

5.3.4.1 Diseño de Orificios de Fondo

Debido a que el tirante hidráulico aguas abajo de los orificios se encuentra por encima de la cota de intradós de los mismos aguas arriba, se determinó que los orificios de fondo operarán bajo una condición de descarga ahogada. Para modelar este comportamiento e identificar la capacidad de evacuación de la obra de descarga, se aplicó la ecuación general de descarga de orificios sumergidos, expresada analíticamente como:

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot Z} \quad [m^3/s]$$

μ = *coeficiente de gasto debido a las propiedades geométricas del orificio,*

el cual reduce la velocidad de escurrimiento

g = *aceleración de la gravedad* $[m^2/s]$

A = *sección transversal del orificio* $[m^2]$

Z = *carga total disponible, es decir, diferencia de nivel entre los pelos de agua* $[m]$

El procedimiento de dimensionamiento se desarrolló de manera iterativa adoptando inicialmente un diámetro comercial tentativo para el orificio con un mínimo de 40cm por cuestiones de limpieza, lo que permitió evaluar el caudal unitario máximo capaz de evacuar una estructura individual bajo la carga de diseño. Posteriormente, contrastando este valor con el caudal máximo restrictivo preestablecido en el balance hidrológico del predio, se deduce analíticamente la cantidad necesaria de conductos en paralelo requeridos para regular de manera eficiente los excedentes, cuyos resultados numéricos tabulados se exponen detalladamente en las Tablas 6, 7 y 8.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

Tabla 6. Datos necesarios.

Datos	Recurrencia		Unidades
	5 años	100 años	
Cota fondo de arroyo	73		m
Cota superior de arroyo	74,52	74,97	m
Cota fondo reservorio	74,7		m
Cota superior reservorio	75,05	75,54	m
Altura reservorio	0,85		m
Qsalida	0,22	0,72	m ³ /s

Tabla 7. Diseño de orificios.

D	0,4	m
R	0,2	m
ξ	0,05	
Z0	0,49	m
L	17	m
S	0,10	
Separacion entre orificios	0,5	m
L/D	42,5	
μ	0,64	
A	0,13	m ²
n	0,016	

Tabla 8. Número de orificios.

Q0 un orificio	0,25	m ³ /s
Qdis/Q0	0,88	
N orificios adoptado	2	
Qtotal	0,50	m ³ /s
Diferencia	56	%

Como se observa, se diseñaron 2 orificios de 40 cm de diámetro aunque quedaron sobredimensionados, por si sucede algo con uno solo.

5.3.4.2 Diseño del Vertedero

Para un evento extremo, de recurrencia de 100 años, el esquema de descarga del reservorio se complementa acoplando un vertedero de superficie al sistema de orificios de fondo. Bajo esta condición crítica, la estructura excedente se dimensiona con el objetivo de evacuar de forma segura el caudal máximo remanente, equivalente a la diferencia entre el caudal de aporte de r=100 años total y el caudal máximo erogado de manera simultánea por el conjunto de orificios r=5 años en su condición de ahogamiento. La determinación analítica del caudal descargado a través del vertedero se rige por la ecuación fundamental de estructuras de alivio de pared gruesa o perfil controlado, expresada como:

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

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 9.

Tabla 9. Diseño del vertedero.

Vertedero	
Le [m]	5,00
altura sobre la cresta [Hd]	0,24
Altura vertedero [h]	0,60
h/Hd	2,50
h/Hd > 1,33	Si
Vertedero hidraulicamente alto	
He [m]	0,240
Cd	4,03
Q [m ³ /s]	1,31
Caudal de salida total	
Qorif [m ³ /s]	
Qvert [m ³ /s]	1,31
Qtot [m ³ /s]	1,31
Verifica	

5.3.5 Obras básicas del proyecto - Alcantarillas

El presente apartado tiene por objeto el dimensionamiento de las obras de arte menores (alcantarillas) requeridas para el proyecto, ubicando éstas sobre la RP N°92 y en el acceso al predio como se observa en la figura 27.

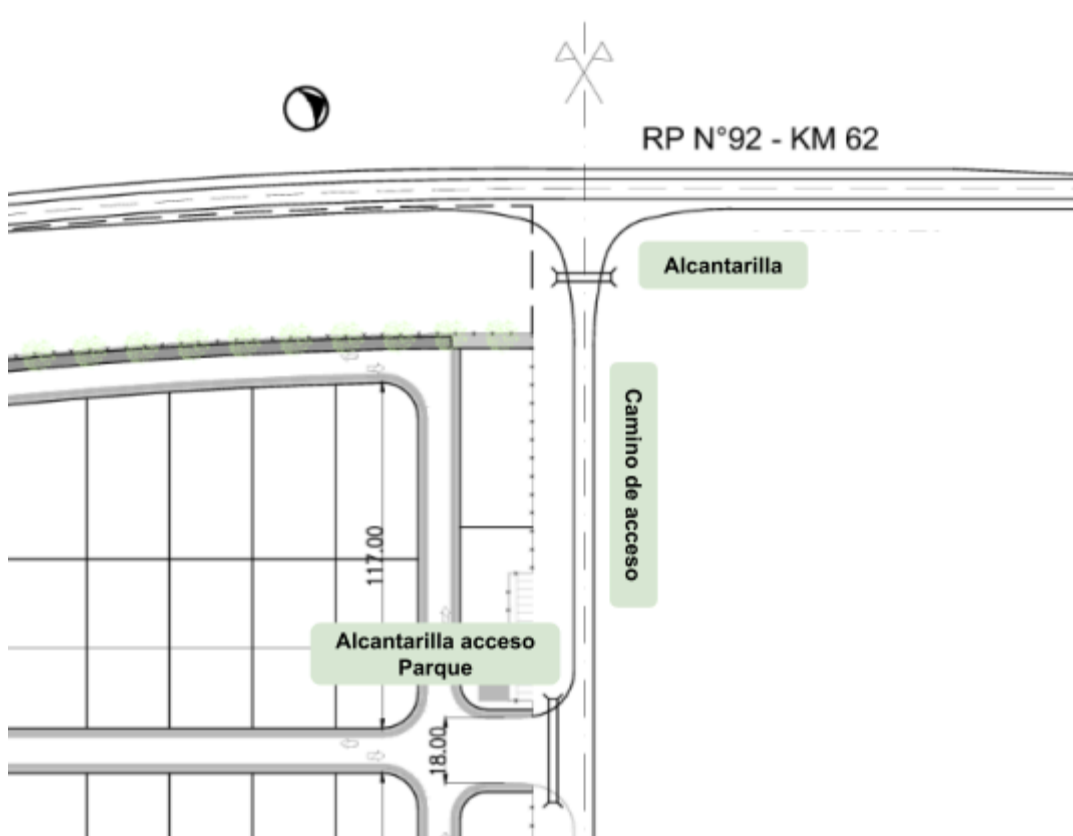


Figura 27. Ubicación de las alcantarillas. **Fuente:** Elaboración propia.

El diseño de ambas busca garantizar la correcta continuidad del escurrimiento pluvial superficial de las cunetas existentes, protegiendo la estructura del paquete pavimentado y garantizando la transitabilidad y seguridad.

Para el dimensionamiento de las mismas se utiliza un recurrencia $R=25$ años según lo establecido por las normas de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV). Para poder diseñar la alcantarilla, es necesario el caudal a transportar y como no se cuenta con el mismo debido a no tener datos sobre la cuenca de aporte, vamos a considerar una alcantarilla mínima para limpieza y mantenimiento.

Debido a las cargas elevadas del tránsito que van a tener las alcantarillas, se adoptan secciones rectangulares de hormigón según plano tipo O-41211-I Modificado de la Dirección Nacional de Vialidad. En las Tablas 10 y 11 se presentan los resultados finales.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

Tabla 10. Diseño de Alcantarilla sobre RP N°92.

Sección Rectangular	
Tipo O-41211-I Modificado	
Tipo carga	C
L adoptado [m]	1,00
H adoptado [m]	1,00
Tapada min. [m]	0,40
Tapada max. [m]	6,00
i % mínima	0,5
e [m]	0,19

Tabla 11. Diseño de Alcantarilla de acceso al parque.

Sección Rectangular	
Tipo O-41211-I Modificado	
Tipo carga	C
L adoptado [m]	1,00
H adoptado [m]	1,00
Tapada min. [m]	0,40
Tapada max. [m]	6,00
i % mínima	0,5
e [m]	0,19

6. DISEÑO DEL ACCESO PRINCIPAL Y EDIFICIO ADMINISTRATIVO

El acceso principal estará acompañado por un edificio destinado a administración y recepción como puede observarse en la Figura 28, el cual además funcionará como elemento de identidad visual, imagen y reconocimiento del parque industrial. Dicho edificio contará con espacios básicos orientados a cubrir las necesidades operativas y administrativas del predio, incluyendo áreas de recepción, administración, servicios y sala de reuniones.

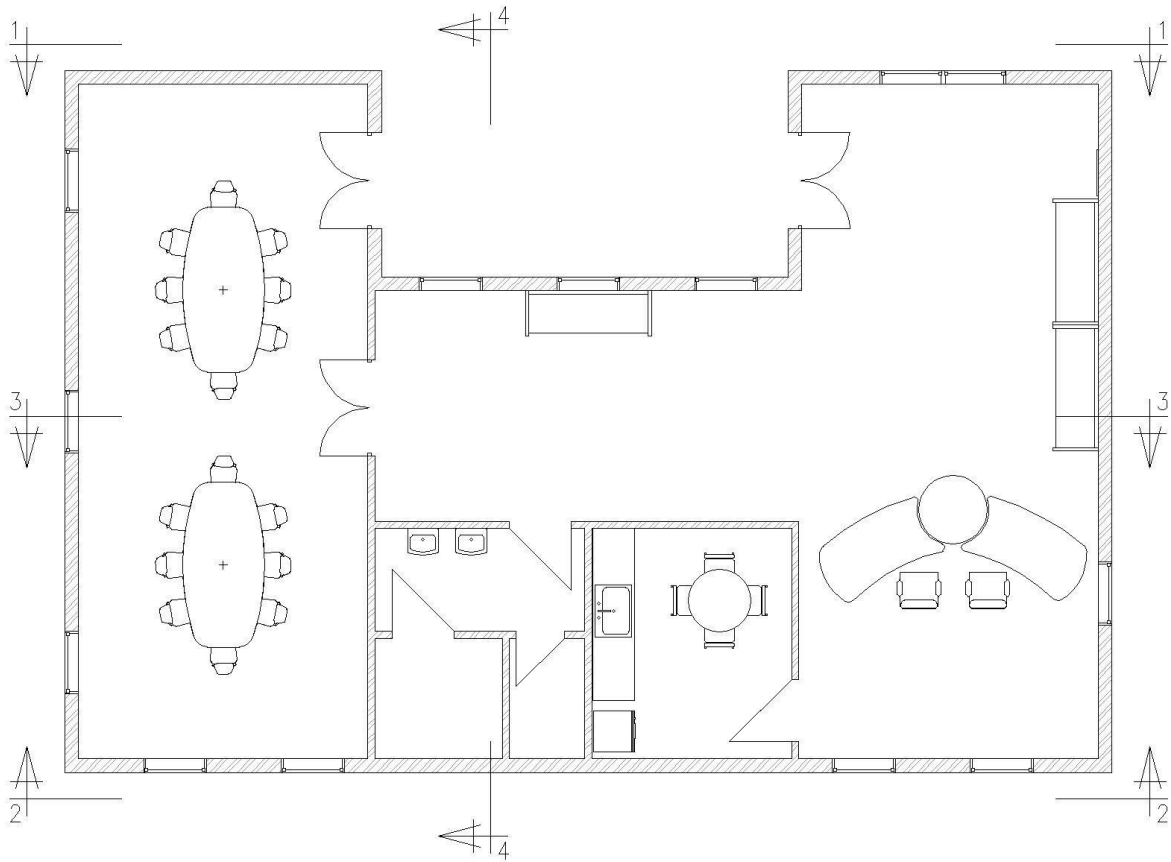


Figura 28. Planta arquitectónica de la administración . **Fuente:** Elaboración propia

La planta arquitectónica de la administración presenta un esquema funcional con espacios básicos orientados a cubrir las necesidades operativas y administrativas del predio. El ingreso principal se encuentra con orientación Norte jerarquizando mediante un retranqueo geométrico central una distribución de los flujos a través de dos aberturas. Con la entrada hacia el Este se arriba a una sala de reuniones con capacidad para 16 personas, mientras que con la ubicada al Oeste se ingresa al sector administrativo del parque industrial. Ambos bloques se conectan mediante un sector central con cocina y sanitarios. Esta distribución está pensada para obtener independencia y privacidad de cada sector.

Complementariamente, el ingreso se resolverá mediante una intervención vial compuesta por carriles de aceleración y desaceleración vinculados a la ruta existente, junto con la adecuación y pavimentación del camino rural de acceso, con el objetivo de garantizar condiciones adecuadas de seguridad vial, maniobrabilidad y conectividad hacia el parque industrial desde la RP N°92.

En cuanto al diseño del pórtico de acceso, se proyecta una estructura metálica conformada por dos pórticos laterales, cada uno con una luz libre aproximada de entre 9 y 11 m, separados por una garita central de control de 2 m de ancho. El diseño y cálculo de la misma se desarrollará en el apartado [6.4 Edificio Administrativo](#)

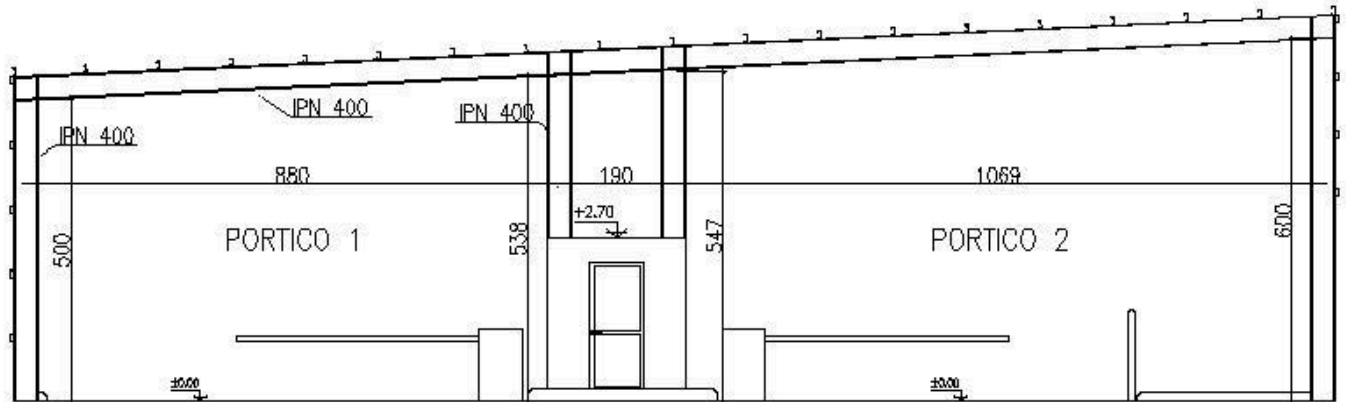


Figura 29. Pórtico de acceso y Garita. **Fuente:** Elaboración propia.

6.1 UBICACIÓN DEL INGRESO

El parque industrial presenta una configuración irregular, con su mayor extensión en sentido norte - sur, alcanzando aproximadamente los 600 metros, y su vinculación directa con la RP N°92.

Con el objetivo de no interrumpir la circulación de la ruta, se proyectó el ingreso sobre el camino rural ubicado al norte del predio, aprovechando una vía existente que permite una conexión directa y ordenada con el parque industrial. Esta localización responde a criterios funcionales y de accesibilidad, ya que facilita el ingreso y egreso vehicular sin interferir directamente con la circulación de mayor velocidad de la RP N°92.

No obstante, dado que actualmente el camino presenta una superficie de tierra, la propuesta contempla su pavimentación y adecuación vial para garantizar condiciones óptimas de transitabilidad y seguridad, especialmente considerando el flujo previsto de vehículos pesados, de servicio y administrativos.

De esta manera, la intervención no solo incorpora un nuevo acceso estratégico, sino que además mejora la infraestructura existente.



Figura 30. Ubicación del ingreso al Parque. **Fuente:** Google Earth.

6.2 DISEÑO GEOMÉTRICO DEL 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. El diseño comprende el empalme entre la Ruta Provincial N.º 92 y el camino de acceso al Parque Industrial, junto con los carriles de cambio de velocidad necesarios para las maniobras de ingreso y egreso.

Para el diseño de la misma se realizó un análisis basado en criterios de seguridad y economía. De acuerdo con las recomendaciones de la Dirección Nacional de Vialidad, en vías con velocidades de operación superiores a 60 km/h resulta conveniente disponer de carriles de cambio de velocidad, de manera que las maniobras se desarrollen fuera de la corriente principal de tránsito, mejorando las condiciones de seguridad y operación. En función de ello, se proyectó una intersección a nivel con giro a 90°, incorporando carriles de aceleración y deceleración.

El dimensionamiento de estos carriles se realizó considerando los criterios establecidos para los carriles de cambio de velocidad, los cuales definen su ancho y longitud en función de las velocidades de operación y las condiciones de circulación de la vía principal.

A partir de estos lineamientos, se proyecta una solución diferenciada para el acceso según cada tramo de vinculación. En la conexión entre la Ruta Provincial N.º 92 y el camino

rural, las recomendaciones de diseño vial establecen que, cuando el volumen de tránsito de un acceso supera los 200 vehículos por día, resulta conveniente implementar una intersección canalizada ya que este tipo de solución mejora las condiciones de seguridad y operación al ordenar y separar los distintos movimientos vehiculares

Considerando las condiciones de tránsito previstas para la etapa inicial de funcionamiento, se adoptó un empalme, compuesta por carriles de cambio de velocidad, (carriles de aceleración y desaceleración) y un acceso diseñado mediante una curva compuesta de tres centros, apta para la circulación de vehículos pesados. Esta configuración satisface las condiciones de tránsito previstas para el inicio de la operación, garantizando un funcionamiento adecuado del acceso.

No obstante, se contempla que, en caso de que el tránsito futuro supere los 200 vehículos por día, la intersección deberá ser reevaluada con el fin de incorporar una canalización que permita mantener niveles adecuados de seguridad vial y eficiencia operativa. En la figura 31 se observa cada uno de los ingresos proyectados.

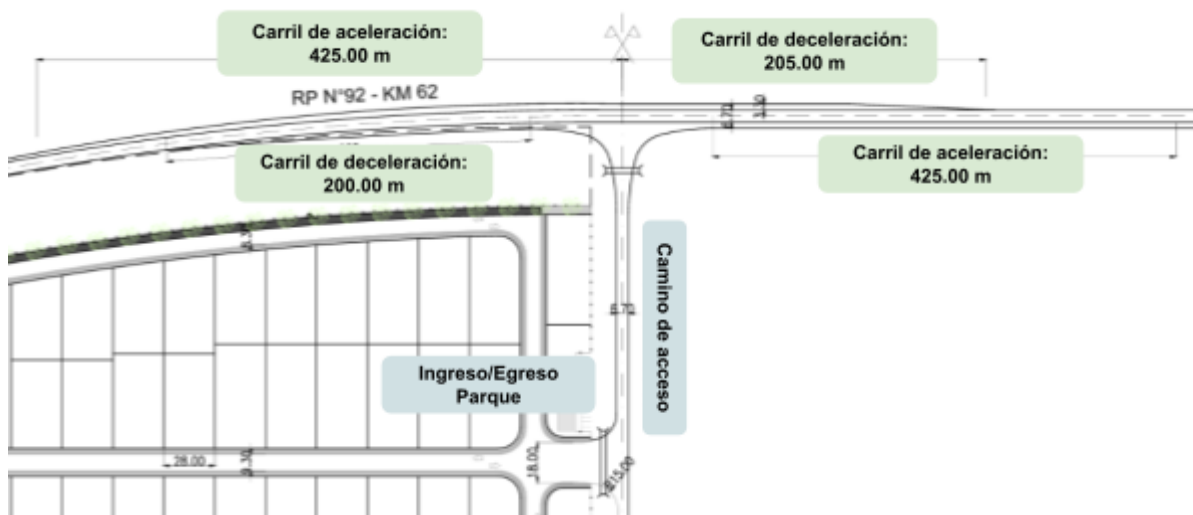


Figura 31. Diseño de la intersección (carriles de aceleración y deceleración). **Fuente:** Elaboración propia. Sin escala

6.2.1 Diseño de los carriles de aceleración y deceleración

Al analizar la velocidad desarrollada por los vehículos que circulan por la ruta al pasar por la intersección, se identifica en dicha zona la presencia de señalamiento vertical que establece una velocidad máxima de 110 km/h, en función de dicha señalización, se adoptó una

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

velocidad de diseño de 110 km/h para el desarrollo del proyecto. Además, se considera una velocidad media de marcha en el giro de 20 km/h.

Los carriles de aceleración y desaceleración se proyectaron con un ancho de 3,30 m, a diferencia de los carriles de circulación existentes que su ancho es de 3,35 m. Además, siguiendo las recomendaciones de Vialidad Nacional se adopta una transición de ancho en forma de cuña triangular, cuya longitud será 80 m para la deceleración (tasa de abocinamiento de 1:22), y en 110 m para la aceleración (tasa de abocinamiento de 1:30).

Carril de deceleración:

Los carriles de deceleración deben contar con una longitud suficiente para que los vehículos reduzcan su velocidad de forma segura antes de efectuar el giro. En las intersecciones a nivel, como ocurre en el presente proyecto, estos carriles también funcionan como dársenas de espera para los vehículos que realizan giros a la izquierda.

El carril de deceleración resulta con una longitud final de 200 metros, como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Longitud de carriles de aceleración. **Fuente:** DNV - Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial.

Tabla 9 Longitudes de carriles de deceleración

V	VMM	Velocidad rama								Cuña
		0	20	30	40	50	60	70	80	
60	55	105	100	90	80					80
70	63	125	115	105	95	80				80
80	70	140	135	125	110	95	80			80
90	77	160	155	145	130	120	95	80		80
100	85	190	180	170	155	140	120	95		80
110	91	205	200	190	175	160	140	115	85	80

Para el caso del ingreso con giro a izquierda se utiliza un carril de deceleración que a su vez cumple la función de dársena de espera, por lo que se considera que el vehículo en algunos casos deberá detenerse por completo antes de realizar el giro, es decir, reducir su velocidad a 0 km/h. Así, se obtiene una longitud de 205 metros para dicho carril (considerando los 80 metros de cuña)

Carril de aceleración:

Al igual que en el carril de deceleración, la longitud se determina en función de la velocidad de diseño, sin embargo, en este caso resulta considerablemente mayor, debido a que

el vehículo requiere una mayor trayectoria para alcanzar la VMM propuesta. Aplicando el mismo criterio de diseño utilizado para el carril de deceleración, se obtuvo una longitud de 425 m, incluyendo una cuña de transición de 110 m, como se observa en la Tabla 13.

Tabla 13. Longitud de carriles de aceleración. **Fuente:** DNV - Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial.

Tabla 10 Longitudes de carriles de aceleración

V	VMM	Velocidad rama								Cuña
		0	20	30	40	50	60	70	80	
60	47	185	165	140	110					110
70	55	230	210	180	145	110				110
80	62	275	255	225	190	140				110
90	69	330	305	280	240	195	130			110
100	77	390	370	345	305	260	200	125		110
110	83	445	425	400	360	310	250	180	110	110

En la Tabla 14 se observan las hipótesis adoptadas para cada carril, con su longitud total y su longitud de cuña respectivamente.

Tabla 14. Longitud carriles de aceleración y deceleración.

Denominación del Carril	Velocidad de Diseño [km/h]	Hipótesis velocidad de rama [km/h]	Long. Carril	Long. Cuña
A1	110	20	425	110
A2	110	20	425	110
D2 (descendente)	110	0	205	80
D1 (ascendente)	110	20	200	80

A medida que los vehículos crecen en tamaño y giran con ángulos mayores, como es el caso de nuestro vehículo de diseño, las curvas simples circulares no son convenientes, y es así que se adopta para el desarrollo de los giros a derecha el diseño de una curva simétrica compuesta de tres centros para la velocidad de maniobra (15km/h).

Para el proyecto del borde de calzada de la embocadura, las hipótesis son:

- Los radios de las tres circunferencias (R1, R2 y R3) que se enlazan entre sí.
- Los desplazamientos o retranqueos que se dan a la circunferencia de radio menor (central) con respecto de cada uno de los bordes de las calzadas que se cortan.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

Según la Tabla 15 obtenida de la DNV, se recomienda para nuestro vehículo de diseño una curva de Radios 120 - 20 - 120 con un retranqueo de 3 metros.

Tabla 15. Trazados mínimos de bordes de calzada en intersecciones sin canalizar. **Fuente:** DNV - Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial

Vehículo tipo	Ángulo de giro (°)	Curva compuesta de tres centros (simétrica)		Curva compuesta de tres centros (asimétrica)	
		Radio m	Retranqueo m	Radio m	Retranqueo m
P	30	-	-	-	-
SU		-	-	-	-
WB-12		-	-	-	-
WB-15		-	-	-	-
WB-19		140 - 50 - 140	1,2	90 - 50 - 165	0,6 - 1,4
P	45	-	-	-	-
SU		-	-	-	-
WB-12		-	-	-	-
WB-15		60 - 30 - 60	1	-	-
WB-19		140 - 70 - 140	0,6	35 - 45 - 165	1 - 2,6
P	60	-	-	-	-
SU		-	-	-	-
WB-12		-	-	-	-
WB-15		60 - 25 - 60	1,7	60 - 25 - 85	0,6 - 2
WB-19		120 - 30 - 120	4,5	35 - 40 - 65	3 - 3,7
P	75	30 - 8 - 30	0,6	-	-
SU		35 - 15 - 35	0,6	-	-
WB-12		35 - 15 - 35	1,5	35 - 15 - 60	0,6 - 2
WB-15		45 - 15 - 45	2	45 - 15 - 70	0,6 - 3
WB-19		135 - 25 - 135	4,5	45 - 30 - 165	1,5 - 3,6
P	90	30 - 6 - 30	0,8	-	-
SU		36 - 15 - 36	0,6	-	-
WB-12		36 - 15 - 36	1,5	35 - 12 - 60	0,6 - 2
WB-15		55 - 18 - 55	2	35 - 12 - 60	0,6 - 3
WB-19		120 - 20 - 120	3	50 - 20 - 110	1,5 - 3,6

En la figura 32 se observa un croquizado de la propuesta y en el [Plano V02 - Diseño de Acceso.](#)

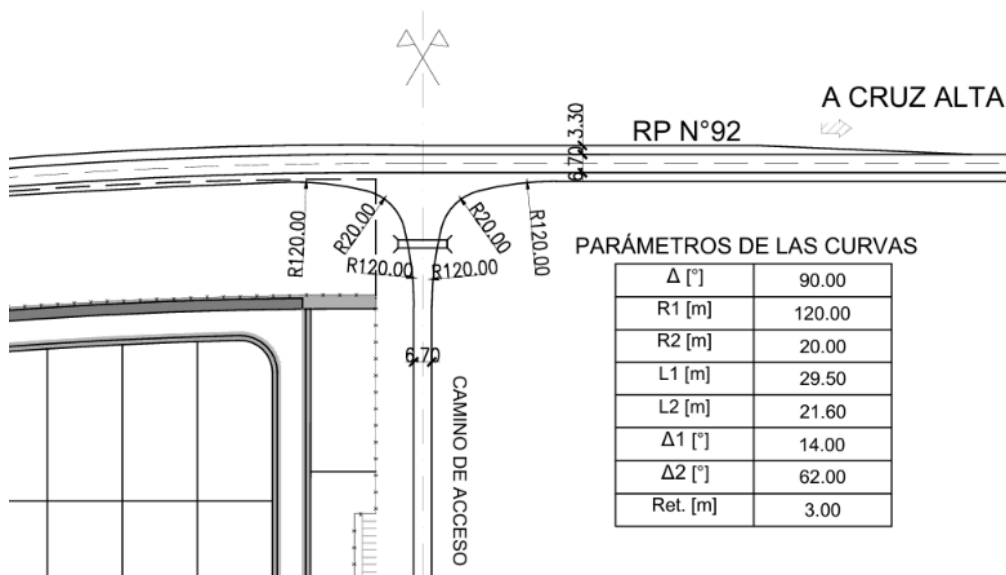


Figura 32. Parámetros de la curva compuesta de tres centros. **Fuente:** Elaboración propia.

6.2.2 Diseño del camino de acceso

En el tramo comprendido entre el camino rural y el ingreso al parque industrial, se propone la adecuación y pavimentación del camino existente, incorporando el ensanche de la calzada, hasta alcanzar un ancho de 3,35 m por carril. Asimismo, la embocadura de la entrada se proyectó con un radio de 15 m, tomando como referencia el vehículo de diseño, cuyo radio de giro es de 14 m.

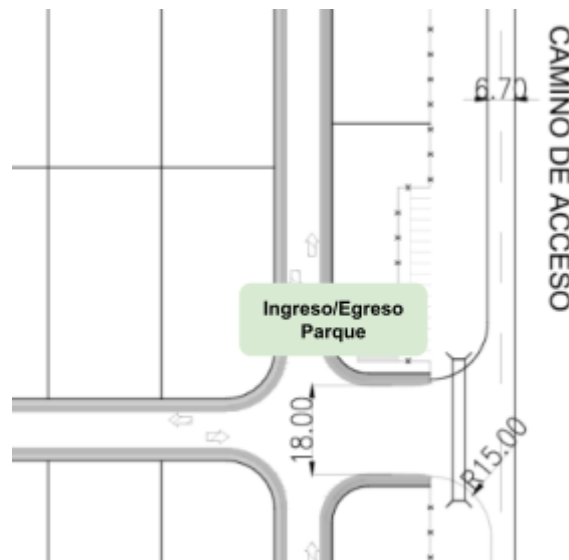


Figura 33. Diseño del Ingreso/Egreso del Parque Industrial. **Fuente:** Elaboración propia.

También se proyectó la señalización correspondiente. La señalización vertical incluye carteles preventivos de intersección y acceso, señalización informativa del Parque Industrial, carteles de preseñalización y la correspondiente señalización reglamentaria de velocidad sobre la Ruta Provincial N.º 92. El proyecto también contempla el acondicionamiento geométrico necesario para garantizar una adecuada maniobrabilidad y transitabilidad de vehículos livianos, pesados y de servicio, así como la ejecución de alcantarillas mínimas, cuyo dimensionamiento se desarrolla en el apartado [5.3.5 Obras básicas del proyecto - Alcantarillas](#), destinadas a asegurar la continuidad del drenaje longitudinal, las características geométricas y constructivas adoptadas se basan en el [Plano Tipo O-41211. de la Dirección Nacional de Vialidad. incorporado en el Anexo H01 – Planos Tipo DNV.](#)

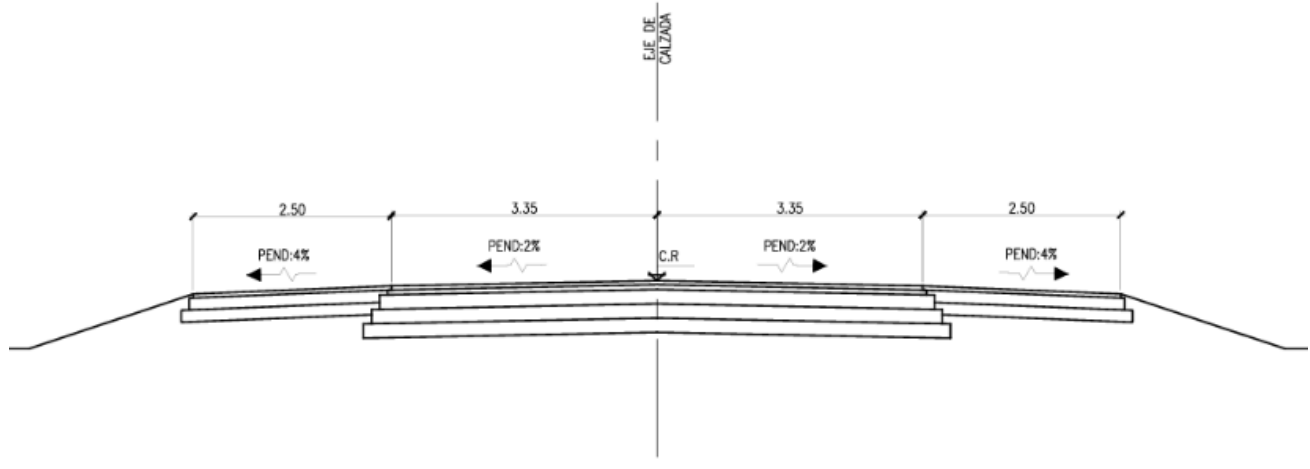


Figura 34. Perfil tipo camino de acceso. **Fuente:** Elaboración propia.

6.3 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA INTERSECCIÓN DE ACCESO (EMBOCADURA - CARRILES DE VELOCIDAD) Y DEL CAMINO RURAL

El pavimento considerado para los carriles de aceleración y deceleración será del tipo flexible debido a que el pavimento existente de la Ruta Provincial N°92 es de esa materialidad. A su vez, se decidió hacer el camino rural de la misma materialidad y estructura.

Previo al dimensionamiento se realiza una caracterización de la subrasante a partir de la información obtenida en el estudio geotécnico efectuado en el predio. Los resultados completos se obtienen del [estudio geotécnico realizado por Clariá \(2017\) \[5\]](#). A continuación, se resumen los parámetros más relevantes utilizados para el diseño:

Tabla 16. Datos relevantes del estudio de suelos.

SONDEOS	
LL	23,5
LP	21,1
IP	2,4
S.U.C.S.	ML
Pasa tamiz 200	98,8
N° de golpes	7

En la Tabla 16 se observa que el suelo que constituirá la subrasante será del tipo ML (limo areno arcilloso), con un número de golpes según el ensayo DPSH de 7.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

A partir del estudio de suelos se identificó que la subrasante corresponde a un suelo de tipo ML. Sin embargo, a partir de los parámetros provistos en el estudio no es posible estimar el CBR o el Módulo Resiliente en base a las ecuaciones de correlación. En consecuencia, para el diseño se adoptó un valor característico de CBR representativo para este tipo de suelo, el cual fue posteriormente utilizado para estimar el Módulo Resiliente requerido por el método AASHTO 1993.

$$CBR = 3\%$$

Finalmente, con el CBR mencionado, se obtiene un $Mr = 1500 * CBR = 4500 \text{ psi}$.

Definidas las características de la subrasante, resulta necesario establecer las solicitaciones de tránsito que actuarán sobre el pavimento durante su vida útil de diseño. Debido a que no se dispone de la información censal correspondiente a la RP N°92, se adoptaron datos de flujo y composición vehicular correspondientes al tramo de la Ruta Provincial N.º 93 en su intersección con la Ruta Provincial N.º 6S, correspondientes al año 2022 y proyectados al año 2024. Esta decisión se fundamenta en que el tramo pasa por el entorno productivo en estudio, transportando insumos y cargas por ende, similar a los fines de cálculo sólo se consideran los vehículos pesados.

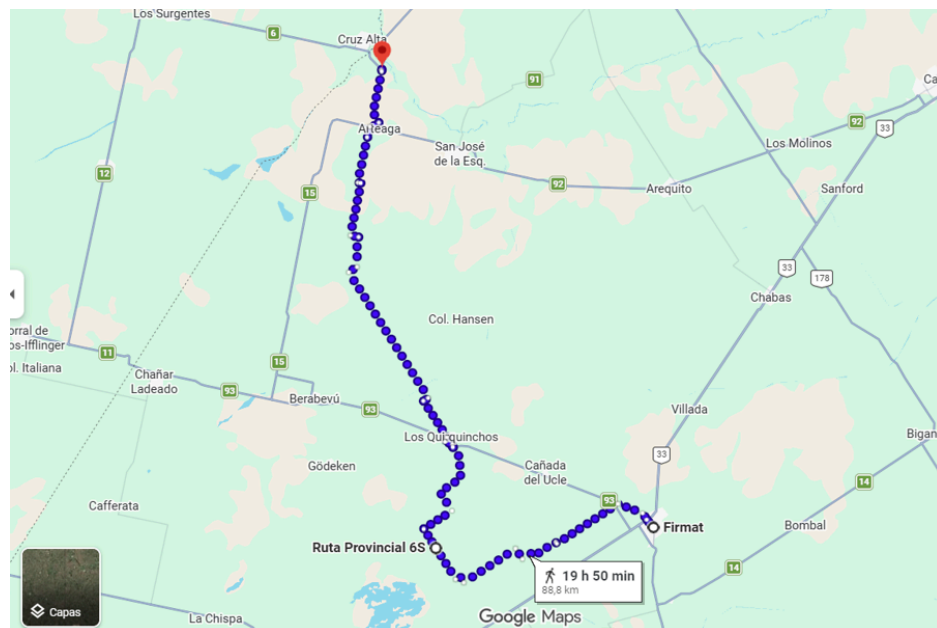


Figura 35. Ruta Provincial N°93-Ruta Provincial 6S.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

R.P. N°93 PROYECCIÓN A AÑO 2024 (AÑO TENTATIVO DE HABILITACIÓN OBRA)													
Código de Tramos	Tramo	SENTIDO		Autos y Ctas		Ómnibus		Cam. Mediano		Cam. Pesado		T.M.D.A	Año
		Desde	Hasta	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%		
93-05	Ascendente	Firmat	R.P. N°6-S	624	73.58%	8	0.94%	59	6.96%	157	18.51%	848	2024
	Descendente	R.P. N°6-S	Firmat	616	71.79%	5	0.58%	58	6.76%	179	20.86%	858	2024
	Completo	Ambos		1240	72.68%	13	0.76%	117	6.86%	336	19.70%	1706	2024
93-06	Ascendente	R.P. N°6-S	R.P. N°15	766	76.07%	7	0.70%	69	6.85%	165	16.39%	1007	2024
	Descendente	R.P. N°15	R.P. N°6-S	765	77.35%	13	1.31%	71	7.18%	140	14.16%	989	2024
	Completo	Ambos		1531	76.70%	20	1.00%	140	7.01%	305	15.28%	1996	2024

Figura 36. Censo.

A partir de dicho relevamiento, se determinó un Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) de 223 vehículos. Dicho valor surge de considerar el 50 % de la suma correspondiente a la categoría de camiones pesados (305 vehículos) y a la categoría complementaria registrada (140 vehículos - camiones medianos), de acuerdo con los datos consignados en el censo de tránsito utilizado.

Considerando que el censo de referencia corresponde al año 2024 y que el inicio del período de diseño se estableció para el año 2027, se efectuó la actualización del tránsito hasta dicho año, obteniéndose un tránsito inicial de diseño de 237 camiones por día, dónde 73 son camiones medianos y 164 camiones pesados.

Los materiales previstos para la conformación de la estructura vial son: suelo seleccionado, suelo-cal, estabilizado granular, y mezcla asfáltica en caliente tipo CAC-D19 elaborada con asfalto convencional tipo CA30 y hormigón H-30. La utilización de cada material se definirá de acuerdo con las exigencias estructurales de cada sector del proyecto, garantizando condiciones adecuadas de capacidad portante, durabilidad y desempeño de la infraestructura vial.

Para el diseño de la estructura de pavimento flexible se aplica el método AASHTO 1993. Los parámetros de ingreso requeridos se detallan a continuación:

- Módulo resiliente de la subrasante (Mr): 4.500 psi.
- Confiabilidad (R): 80 %.
- Desviación estándar (So): 0,49.
- Serviciabilidad inicial (PSI₀): 4,2.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

- Serviciabilidad final (PSIf): 2,5.
- Tránsito de diseño N (W18): $1,28 \times 10^6$.

En la Tabla 17 se presenta la estructura adoptada y el [Anexo V01 - Cálculo y Diseño de Pavimentos](#), se detallan los cálculos e hipótesis consideradas.

Tabla 17. Paquete estructural para carriles de aceleración y deceleración y camino de acceso.

Paquete estructural			
Capas		Espesor [cm]	Material
	Carpeta de rodamiento	5	CAC D19 CA30
	Base asfáltica	6	CAC D19 CA30
	Base Estabilizada	20	Estabilizado granular
	Sub base superior	15	Suelo Cal
	Sub base inferior	15	Suelo seleccionado

Para el dimensionamiento de las banquetas pavimentadas se adoptó un tránsito de diseño equivalente al 2 % del tránsito considerado para los carriles de aceleración y deceleración. En consecuencia, el número de ejes equivalentes de 8,16 t (N) requerido para las banquetas resulta:

$$N(8,16t)_{\text{requerido banquina}} = 0,02 \cdot N(8,16t)_{\text{carriles ac y dec}} = 0,02 \cdot 1,28 \times 10^6 = 2,57 \times 10^4 \text{ ejes de } 8,16t$$

Debido a que las solicitudes de la banquina resultan bajas, se propone proyectar una estructura que reduzca el consumo de materiales al mínimo posible. En la Tabla 18 se observan los espesores propuestos para cada capa. Esta solución garantiza un adecuado soporte lateral de la calzada y resulta suficiente para las cargas previstas.

Tabla 18. Paquete estructural pavimento flexible para banquetas.

Paquete estructural			
Capas		Espesor [cm]	Material
	Carpeta de rodamiento	5	CAC D19 CA30
	Base Estabilizada	15	Estabilizado granular
	Sub base inferior	15	Suelo cal

6.4 EDIFICIO ADMINISTRATIVO

El edificio de administración cuenta con distintos espacios destinados a cubrir las necesidades operativas, administrativas y de gestión del parque industrial.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

En su interior se proyecta un área de ingreso integrada con recepción y administración, con una superficie aproximada de 43 m², destinada a la atención al público. Complementariamente, se incorpora un vestuario previo al sector sanitario, destinado al uso del personal, seguido de un sanitario accesible para personas con movilidad reducida, con una superficie aproximada de 14 m², y una cocina de uso común de aproximadamente 15 m², destinada al personal administrativo y operativo.

Por último, se dispone una sala de reuniones de 55 m², diseñada para el desarrollo de reuniones de consorcio, encuentros administrativos y actividades de coordinación entre representantes de las distintas industrias y propietarios del parque. En la Figura 37 se observa la axonometría del edificio y en el [Plano E01 - Planta Estructural](#).



Figura 37. Axonometría del Edificio Administrativo. **Fuente:** Elaboración propia.

6.5 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. La garita de acceso tendrá unas dimensiones aproximadas de 2,00 m de lado y 2,50 m de altura. Constituye el punto de control principal del parque industrial, destinado 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.

6.6 PÓRTICO PRINCIPAL

En cuanto al diseño del pórtico, se planteó una estructura metálica con una perfilera principal tipo doble T. La altura del pórtico garantiza un mínimo de 5,00 m desde el nivel del pavimento y abarca un ancho de 22 m. En el centro de su luz se encontrará la Garita de Seguridad. En la Figura 38 se observa la planta estructural y en el [Plano E01 - Planta Estructural](#).

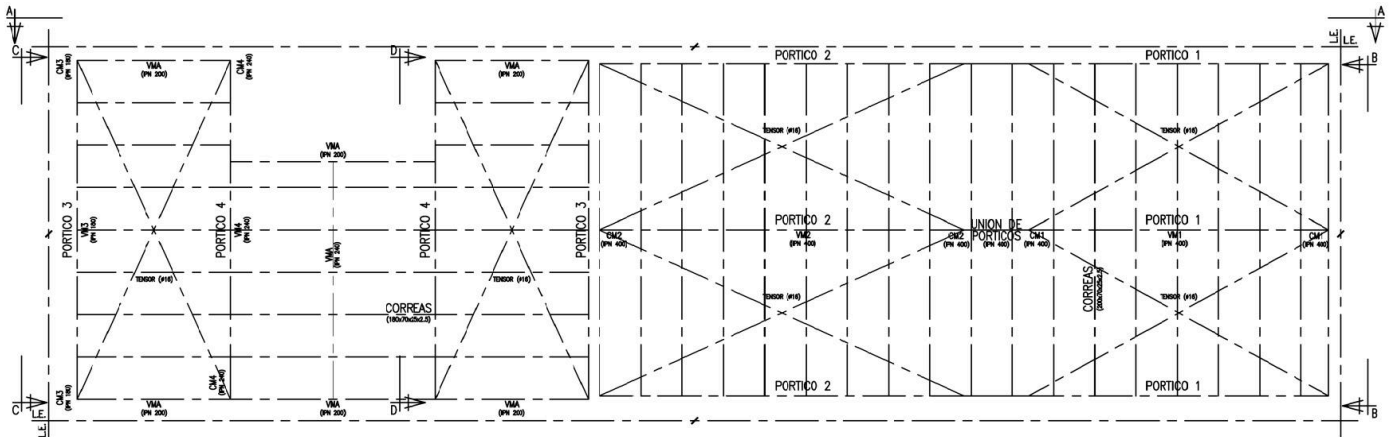


Figura 38. Planta Edificio Administrativo. **Fuente:** Elaboración propia.

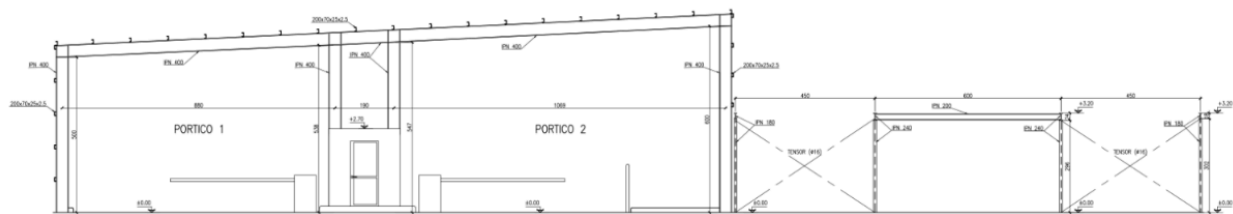


Figura 39. Vista A-A. **Fuente:** Elaboración propia.

6.7. REGLAMENTACIÓN UTILIZADA

El dimensionamiento, análisis de solicitaciones y verificación de los elementos estructurales del proyecto se rigen bajo los lineamientos de los Reglamentos Nacionales de Seguridad Estructural vigentes del INTI-CIRSOC:

- CIRSOC 101-2005: Cargas permanentes y sobrecargas de diseño.

- CIRSOC 102-2005: Acción del viento sobre las estructuras.
- CIRSOC 301-2018: Reglamento argentino de estructuras de acero para edificios (aplicado tanto para elementos laminados en caliente como para perfiles conformados en frío).
- CIRSOC 201-2005: Reglamento argentino de estructuras de hormigón (aplicado para el diseño de infraestructura de cimentación).

6.7.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO E HIPÓTESIS DE CÁLCULO

6.7.1.1. Tipología y Modulación Estructural

La estructura principal está conformada por pórticos transversales metálicos con techo a un agua. El conjunto estructural del predio se modula de la siguiente manera:

- Pórtico Principal (Pórticos 1 y 2): Pórticos principales dispuestos con una separación modular de 5.00 m entre ejes y correas de cubierta con una separación de 1.20 m.
- Edificio de Administración (Pórticos 3 y 4): Pórticos centrales interiores modulados cada 5.25 m, pórticos extremos de fachada y fondo con un ancho tributario de 2.25 m, y correas de cubierta con una separación de 1.20 m.

6.7.1.2. Especificaciones de Materiales

- Acero Laminado en Caliente (Columnas y Reglas principales): Calidad F-24, con tensión de fluencia $f_y = 235$ MPa, tensión de rotura $f_u = 370$ MPa, módulo de elasticidad longitudinal $E = 200000$ MPa y módulo de elasticidad transversal $G = 77200$ MPa.
- Acero Conformado en Frío (Correas de cubierta): Calidad A-36, adoptando $f_y = 250$ MPa y $f_u = 400$ MPa.
- Anclajes y Placas Base: Placas base de acero F-24 unidas mediante pernos provistos de arandela y doble tuerca de fijación.
- Infraestructura de Hormigón: Hormigón estructural calidad H-30 y armaduras pasivas de acero ADN 420.

6.7.1.3. Hipótesis de Cálculo y Estabilización

Amenaza Sísmica: El emplazamiento geográfico corresponde a la localidad de Arteaga, Provincia de Santa Fe. Al tratarse de una zona de amenaza sísmica nula o despreciable según la zonificación nacional, no se realiza cálculo a sismo, quedando el dimensionamiento gobernado exclusivamente por las combinaciones de cargas gravitatorias y solicitaciones eólicas.

- Arriostramientos: Para garantizar la estabilidad espacial y cortar el pandeo lateral en el plano de menor inercia de las reglas principales, se contempla la disposición de puntales rígidamente vinculados. El esquema se completa con cruces de San Andrés materializadas mediante tensores de barra redonda $\varnothing 16$ mm en los planos de cubierta y laterales.

6.7.2. DETERMINACIÓN DE ACCIONES

Aclaración previa de unidades: En las memorias analíticas conviven el Sistema Internacional en kN y m, y el Sistema Técnico en toneladas y metros. El uso de este último se debe a la metodología de carga de datos y configuración del programa de cálculo utilizado (CYPE 3D). Para homologar las lecturas del presente informe, se toma la equivalencia práctica de ingeniería $1 \text{ t} \approx 10 \text{ kN}$ y $1 \text{ t/cm}^2 \approx 100 \text{ MPa}$.

6.7.2.1. Cargas Permanentes (D)

- Pórtico Principal (Pórticos 1 y 2): Se adopta una carga lineal permanente sobre las reglas de cubierta de 1.25 kN/m las cuales se desglosan en el peso de las correas metálicas (0.50 kN/m), la chapa de cubierta (0.25 kN/m) y una reserva para instalaciones colgadas como luminarias o bandejas y sobre las columnas principales se adiciona una carga de 0.75 kN/m , que refiere a el peso de las correas de pared y fijaciones (0.50 kN/m) y la chapa de cerramiento lateral (0.25 kN/m), además se agrega el peso propio de cada elemento estructural según el software.
- Edificio de Administración (Pórticos 3 y 4): Se compone por una cubierta de chapa Cincalum calibre 25/27, aislación térmica de lana de vidrio de 80 mm y el peso propio estimado de las correas metálicas, arrojando una carga superficial $D = 0.016 \text{ t/m}^2$.

6.7.2.2. Sobrecargas de Uso y Mantenimiento (Lr)

- Pórtico Principal: Para el Pórtico 1 (área tributaria $A_t = 42.00 \text{ m}^2$) se determina una carga $L_r = 0.72 \text{ kN/m}^2$, equivalente a una carga lineal de 3.59 kN/m . Para el Pórtico 2 ($A_t = 55.50 \text{ m}^2$) resulta $L_r = 0.58 \text{ kN/m}^2$, arrojando 2.89 kN/m . Para zonas intermedias con áreas tributarias menores a 12.50 m^2 , la norma no permite reducción, aplicándose una carga lineal de 4.80 kN/m .
- Edificio de Administración: Se considera cubierta inaccesible según normativa, adoptando una sobrecarga de mantenimiento $L_r = 0.100 \text{ t/m}^2$ (1.00 kN/m^2).

6.7.2.3. Acción del Viento (W) - Parámetros CIRSOC 102

Para la localidad de Arteaga se establecen los siguientes parámetros eólicos basales:

- Velocidad básica del viento (V): 45 m/s (162 km/h).
- Exposición: Categoría C (terreno abierto, zona rural o de parques industriales). Factor topográfico $K_{zt} = 1.00$. Factor de direccionalidad $K_d = 0.85$. Factor de importancia $I = 1.00$ (Riesgo II).
- Presión dinámica básica (qh): 0.090 t/m^2 (0.90 kN/m^2 calculados para una altura media de 5.50 m).
- Coeficientes de Presión Interna (GC_{pi}): ± 0.18 (condición más desfavorable). Factor de ráfaga $G = 0.85$.
- Coeficientes Externos (C_p): Barlovento $+0.80$, Sotavento -0.50 .

Acciones lineales resultantes ingresadas: En el Edificio Administrativo genera una succión neta de cubierta $W = -0.090 \text{ t/m}^2$, con cargas en columnas de $+0.462 \text{ t/m}$ a barlovento y -0.320 t/m a sotavento. En el Pórtico Principal se traduce en presiones de $+2.25 \text{ kN/m}$ en columna a barlovento y -2.72 kN/m a sotavento.

6.7.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

El modelado estructural completo se llevó a cabo mediante CYPE 3D. Los pórticos transversales principales fueron idealizados como sistemas planos de barras con uniones

rígidamente conectadas en sus nodos y condiciones de apoyo inferiores estrictamente empotradas en la cimentación.

De la envolvente de combinaciones de carga procesadas para los pórticos, se extraen las solicitaciones internas críticas que rigen el diseño de las secciones transversales:

Aclaración: *El esquema estructural se encuentra en el Anexo E01 - Diseño y cálculo estructural*

6.7.3.1. Nave Principal (Pórticos 1 y 2 - IPN 400)

- Esfuerzo Normal máximo (N max): +0.572 t (tracción) / mínimo (N min): -7.205 t (compresión máxima).
- Esfuerzo de Corte máximo (Vz max): +3.770 t / mínimo (Vz min): -3.538
- Momento Flector máximo (My max): +4.737 tm / mínimo (My min): -5.040 tm.

6.7.3.2. Edificio de Administración: Pórtico 3 (IPN 180)

- Esfuerzo Normal máximo (N max): +0.120 t (tracción) / mínimo (N min): -2.540 t (compresión máxima).
- Esfuerzo de Corte máximo (Vz max): +2.140 t / mínimo (Vz min): -1.800 t.
- Momento Flector máximo (My max): +3.060 tm / mínimo (My min): -3.130 tm.

6.7.3.3. Edificio de Administración: Pórtico 4 (IPN 240)

- Esfuerzo Normal máximo (N max): +0.340 t (tracción) / mínimo (N min): -5.200 t (compresión máxima).
- Esfuerzo de Corte máximo (Vz max): +3.780 t / mínimo (Vz min): -3.120 t.
- Momento Flector máximo (My max): +5.480 tm / mínimo (My min): -5.800 tm.

6.7.4. RESUMEN DE RESULTADOS

A continuación, se sintetiza la verificación de las barras críticas para la totalidad del conjunto industrial. Todas las secciones verifican satisfactoriamente bajo estados límites de resistencia (B.C.), presentando coeficientes de aprovechamiento inferiores a la unidad:

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA

GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

- Portico Principal (Pórtico 1 y 2) - Columna: Sección IPN 400 (F-24). Solicitaciones Últimas Mux = 5.04 tm, Pu = 4.94 t. Capacidad de Diseño Mdx = 36.25 tm, Pd = 47.14 t. Verificación a Flexo-compresión = 0.192 $\leq$ 1 (Verifica).
- Portico Principal (Pórtico 1 y 2) - Regla: Sección IPN 400 (F-24). Solicitaciones Últimas Mux = 7.30 tm, Vuy = 4.18 t. Capacidad de Diseño Mdx = 36.25 tm, Vdy = 42.49 t. Verificación a Flexo-compresión = 0.241 $\leq$ 1 (Verifica).
- Cubierta Pórtico (Pórtico 1 y 2) - Correas: Sección C 200x70x25x3.2 (A-36). Solicitaciones Últimas Mux = 0.52 tm, Vux = 0.57 t. Capacidad de Diseño Mdx = 0.65 tm, Vdx = 8.54 t. Verificación a Flexo-compresión = 0.800 $\leq$ 1 (Verifica). Tensión admisible de corte = 150 MPa.
- Edificio Administración (Pórtico 3) - Columna: Sección IPN 180 (F-24). Solicitaciones Últimas Mux = 3.13 tm, Vuy = 1.80 t. Capacidad de Diseño Mdx = 3.95 tm, Vdy = 10.83 t. Verificación a Flexo-compresión = 0.827 $\leq$ 1 (Verifica).
- Edificio Administración (Pórtico 3) - Regla: Sección IPN 180 (F-24). Solicitaciones Últimas Mux = 3.06 tm, Vux = 2.14 t. Capacidad de Diseño Mdx = 3.95 tm, Vdx = 15.76 t. Verificación a Flexo-compresión = 0.814 $\leq$ 1 (Verifica).
- Edificio Administración (Pórtico 4) - Columna: Sección IPN 240 (F-24). Solicitaciones Últimas Mux = 5.80 tm, Pu = 5.20 t. Capacidad de Diseño Mdx = 8.71 tm, Pd = 70.53 t. Verificación a Flexo-compresión = 0.703 $\leq$ 1 (Verifica).
- Edificio Administración (Pórtico 4) - Regla: Sección IPN 240 (F-24). Solicitaciones Últimas Mux = 5.48 tm, Vux = 3.78 t. Capacidad de Diseño Mdx = 8.71 tm, Vdx = 26.50 t. Verificación a Flexo-compresión = 0.667 $\leq$ 1 (Verifica).
- Cubierta Administración (Pórtico 3 y 4) - Correas: Sección C 180x70x25x2.5 (A-36). Solicitaciones Últimas Mux = 0.43 tm, Vux = 0.54 t. Capacidad de Diseño Mdx = 0.53 tm, Vdx = 5.81 t. Verificación a Flexo-compresión = 0.811 $\leq$ 1 (Verifica). Tensión admisible de corte = 144 MPa.

6.7.5. FUNDACIONES

6.7.5.1. Tipología de Cimentación y Cabezales

Las bases de transferencia de carga se resuelven mediante cabezales rígidamente vinculados contruidos con hormigón de calidad H-30 y armaduras de refuerzo de acero ADN 420. Las columnas metálicas transmiten sus reacciones al hormigón mediante placas base de

calidad F-24 (dimensionadas para IPN 180, IPN 240 y IPN 400 según el pórtico) fijadas mediante pernos de anclaje de acero con arandela y doble tuerca.

Para la cimentación profunda del predio industrial se opta por pilotes excavados de hormigón armado de diámetro constante $\varnothing = 40$ cm (0.40 m), los cuales presentan un área geométrica nominal de 0.126 m² y un perímetro de contacto de 1.257 m.

6.7.5.2. Capacidad Geotécnica por Estrato

El estudio de suelos del predio en Arteaga determina las siguientes capacidades de carga admisibles a compresión pura para pilotes de $\varnothing 40$ cm en función de la cota de desplante de punta alcanzada:

- Cota de punta -5.00 m: Capacidad admisible de carga = 4.65 t (adoptada nominalmente en 5.00 t para predimensionamiento operativo).
- Cota de punta -6.50 m: Capacidad admisible de carga = 6.41 t (nominal 6.00 t).
- Cota de punta -7.00 m: Capacidad admisible de carga = 7.39 t (nominal 7.00 t).
- Cota de punta -8.00 m: Capacidad admisible de carga = 9.35 t (nominal 9.00 t).

6.7.5.3. Verificación de Cabezales de Pilotes

Tomando las bajadas de sollicitación axil críticas de proyecto (P col) obtenidas de la envolvente de tensiones, se verifica la seguridad de los grupos de pilotes diseñados según la distribución real en planta:

· Cabezal de Columna Tipo B1: Corresponde al apoyo aislado de columna simple. Se adopta un cabezal de 2 pilotes $\varnothing 40$ cm a -5.00 m de profundidad. Capacidad total admisible del grupo = 9.00 t (considerando eficiencia de grupo por espaciamiento). Relación de trabajo porcentual: 27% / 64% - Verifica bajo norma (B.C.).

· Cabezal Combinado Tipo B2: Corresponde a la base combinada encargada de soportar 2 columnas de la estructura. Se adopta un cabezal reforzado de 2 pilotes $\varnothing 40$ cm con cota de desplante de punta a -6.50 m. Capacidad total admisible del grupo = 9.00 t. Relación de trabajo porcentual: 78% - Verifica bajo norma (B.C.).

6.7.5.4. Consideraciones Ejecutivas de Fundaciones

Para la materialización en obra de los cabezales sobre grupos de pilotes rige el estricto cumplimiento de las siguientes notas de ejecución indicadas en planos de ingeniería de proyecto:

1. En cabezales de múltiples pilotes, queda terminantemente prohibido perforar el segundo pilote hasta no contar con el hormigonado del primero protegiendo la integridad del adyacente.
2. Se debe prever y garantizar el hormigonado de los fustes de pilotes eliminando de forma absoluta la presencia de agua de napa mediante métodos de agotamiento o encamisado, en caso de que esta existiera a la cota de excavación.

7. DISEÑO DE LA CIRCULACIÓN INTERNA DEL PARQUE INDUSTRIAL

7.1 TRAZADO DE CALLES INTERNAS

La distribución interna del Parque Industrial se ha proyectado a partir de un sistema de vías de doble mano, con un ancho de carril de 3,65 metros, lo que garantiza un flujo seguro y eficiente de vehículos de gran porte y maquinaria pesada (se consideró al vehículo de diseño como aquel más exigente que circulará por el predio, siendo el vehículo tipo un camión semi-remolque). Para la materialidad se optó por un pavimento rígido de hormigón. En el diseño del trazado, se prioriza la optimización de la red vial interna, minimizando la cantidad de vías para optimizar la superficie útil destinada a lotes industriales, asegurando así un aprovechamiento eficiente del suelo rural de alta productividad que será transformado.

En busca de dirigir el escurrimiento longitudinal hacia el reservorio, dependiendo la ubicación de las vías, se adoptaron seis perfiles tipo, los mismos se pueden observar en [Plano V01 - Planta General](#) y en la Figura 40 que se muestra a continuación.

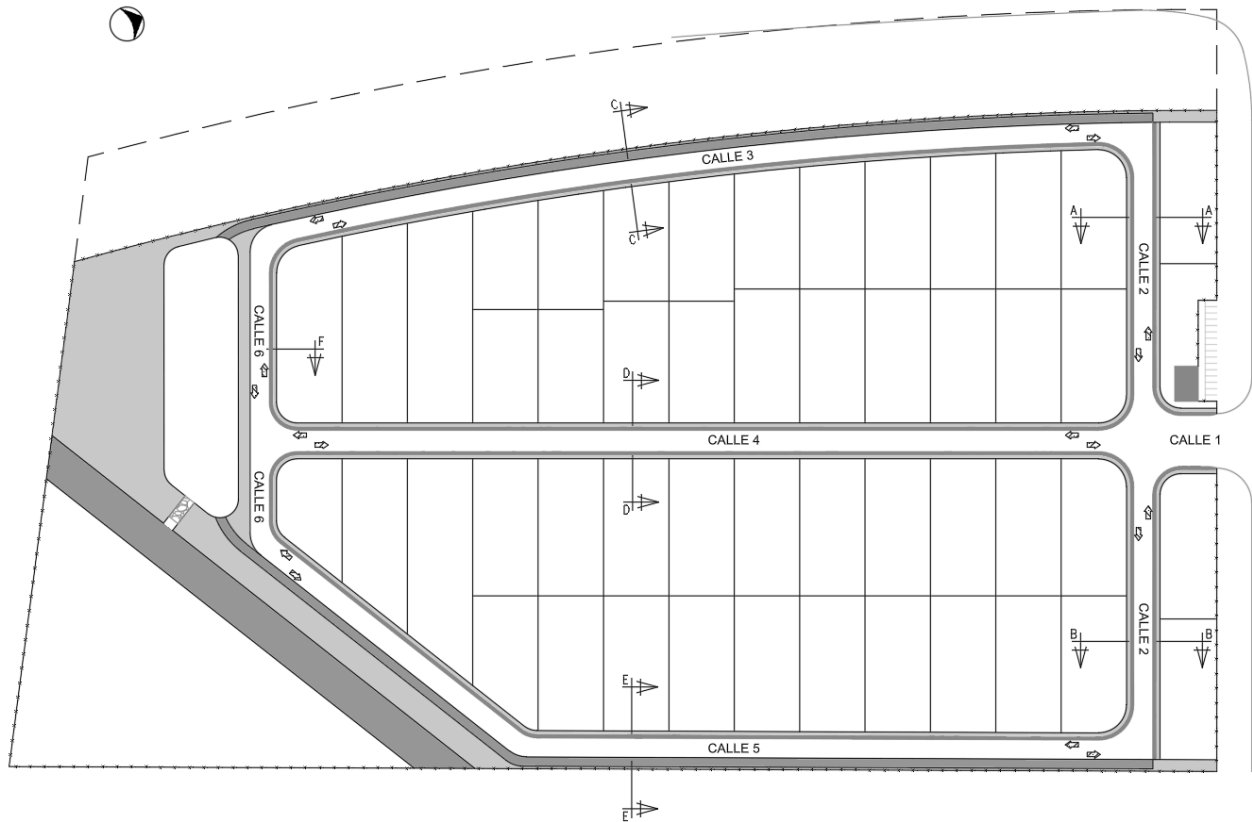


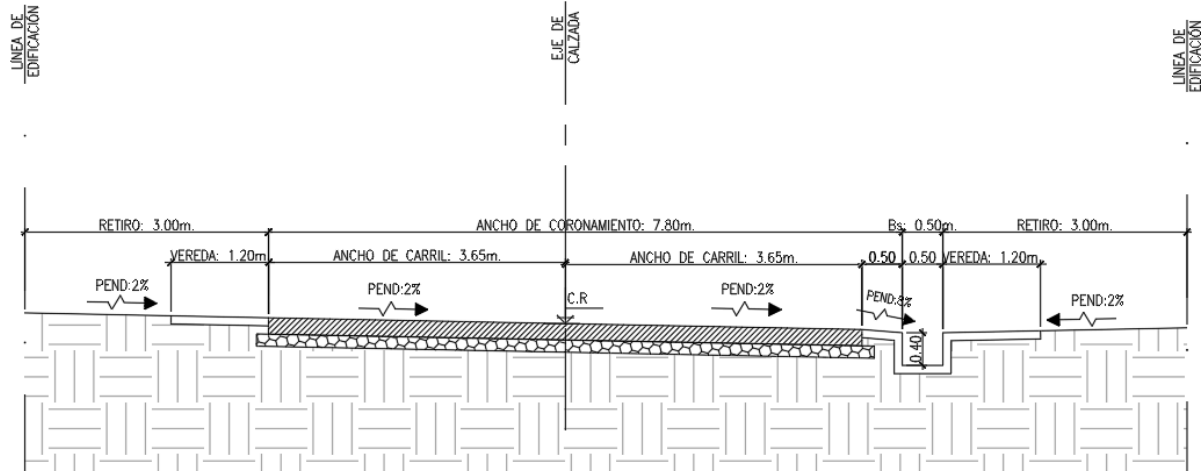
Figura 40. Numeración de calles internas. **Fuente:** Elaboración propia.

Para la calle 1 de la Figura 40, se optó por un perfil tipo en diedro con un sistema de drenaje de la calzada resuelto mediante desagües longitudinales en forma de albañal de hormigón que debe ser cubierto con rejillas para permitir el ingreso a los lotes.

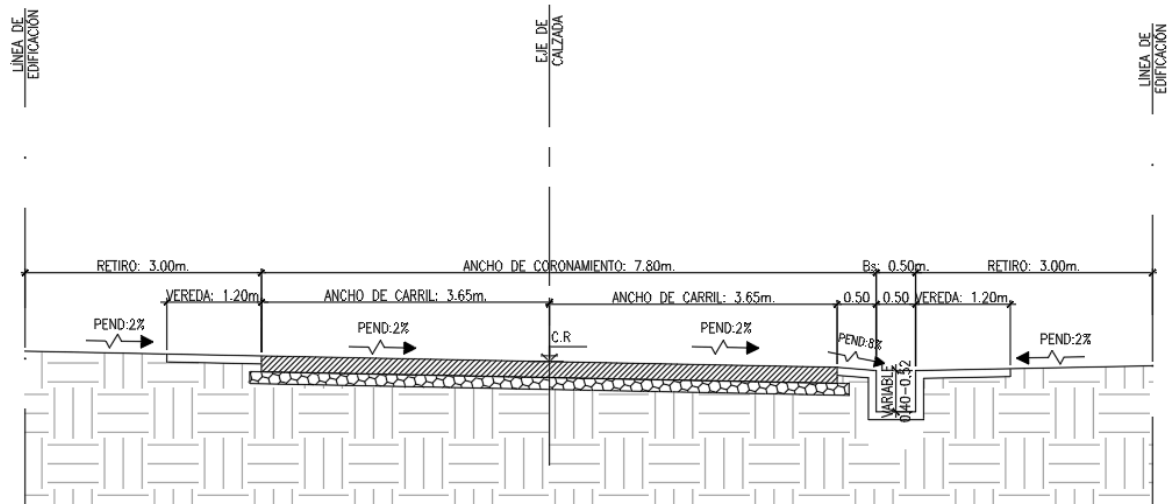
Para la calle número 2 se diseñó una sección transversal con una única pendiente que desagua longitudinalmente mediante un albañal de hormigón constante y luego variable como puede observarse en la Figura 41.

Cabe destacar que en todos los perfiles se proyectó un retiro de 3,00m compuesto por una vereda de 1,20m de hormigón para permitir el acceso peatonal a los lotes y el resto para la colocación de luminarias en un futuro.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI



CORTE A-A

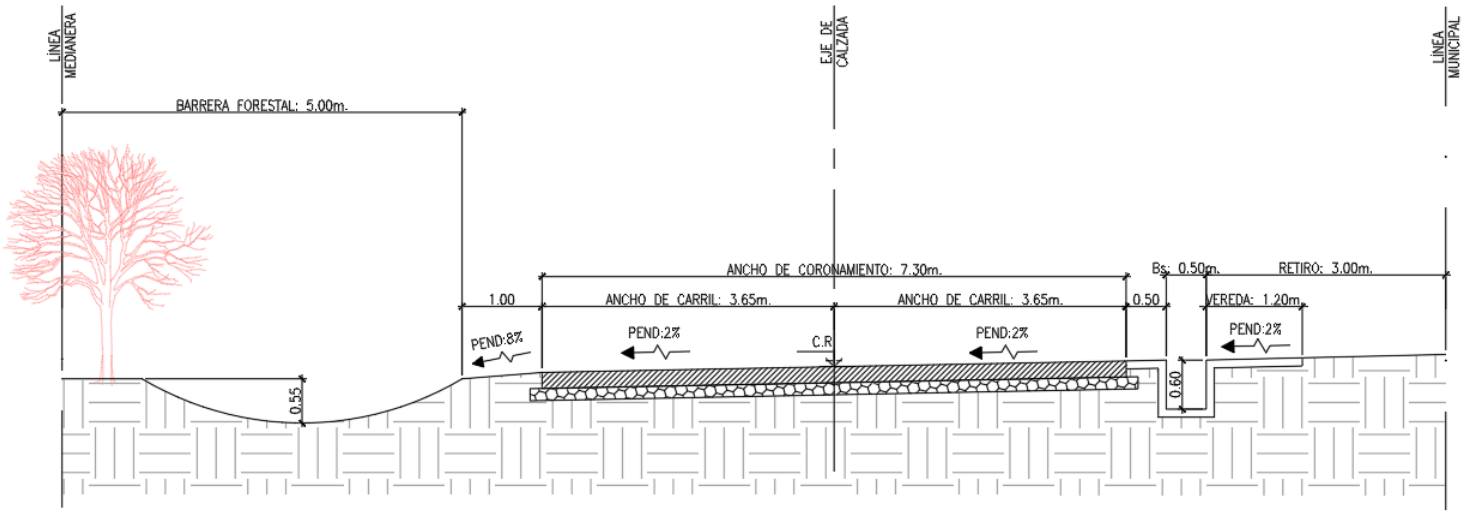


CORTE B-B

Figura 41. Perfil tipo calle interna N° 2. Corte A-A y Corte B-B. **Fuente:** Elaboración propia.

Para la calle número 3 se diseñó una sección transversal con una única pendiente hacia el límite del predio que desagua longitudinalmente hacia el reservorio mediante un canal verde.

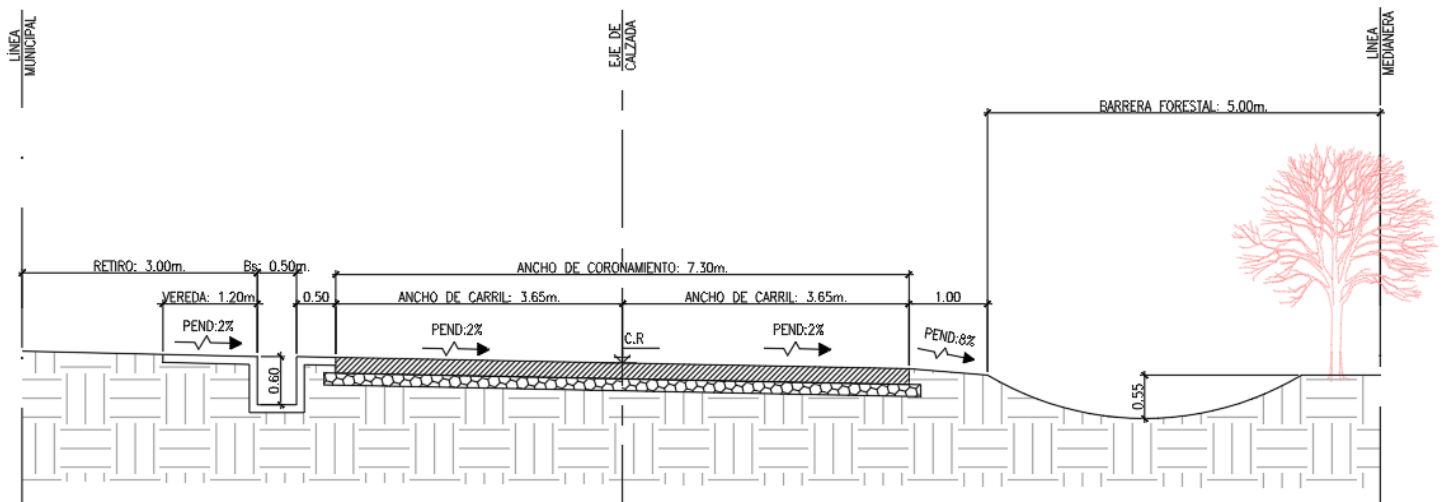
PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI



CORTE C-C

Figura 42. Perfil tipo calle interna N° 3. Corte C-C. **Fuente:** Elaboración propia.

Para la calle número 5 se diseñó una sección transversal similar a la calle 3, con una con una única pendiente hacia el límite del predio que desagua longitudinalmente hacia el reservorio mediante un canal verde, con la diferencia que recolecta las aguas provenientes de la calle 2.



CORTE E-E

Figura 43. Perfil tipo calle interna N° 5. Corte E-E. **Fuente:** Elaboración propia.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

Para la calle número 4 se diseñó una sección transversal en diedro que desagua longitudinalmente mediante un albañal de hormigón variable a cada lado de la calzada concluyendo en la calle 6, llegando al reservorio mediante dos canales entubados por debajo de la misma.

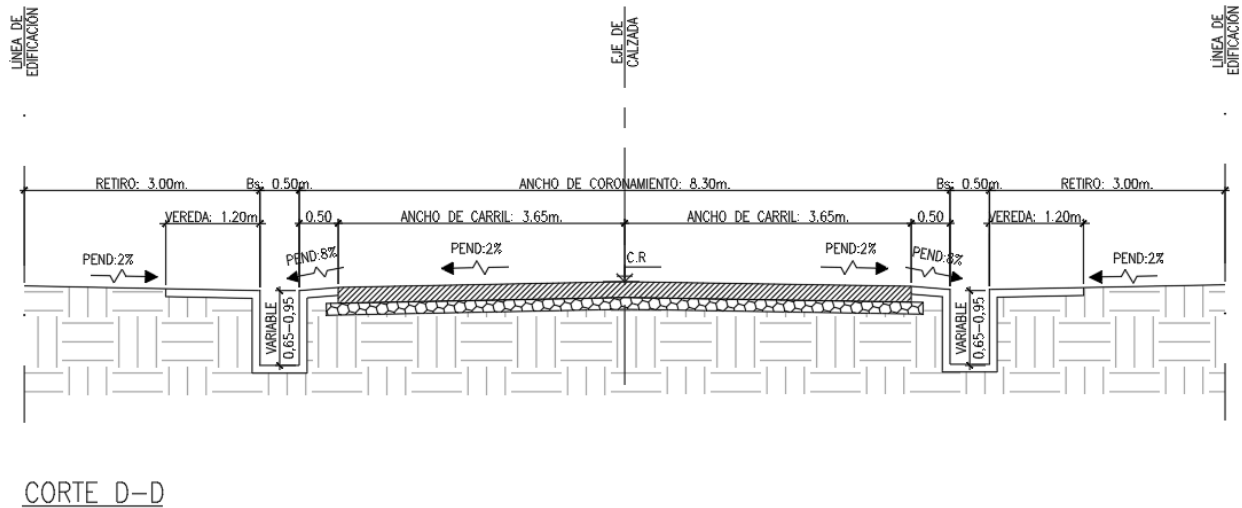


Figura 44. Perfil tipo calle interna N° 4. Corte D-D. **Fuente:** Elaboración propia.

Por último, para la calle número 6 se diseñó una sección transversal con una única pendiente hacia el reservorio.

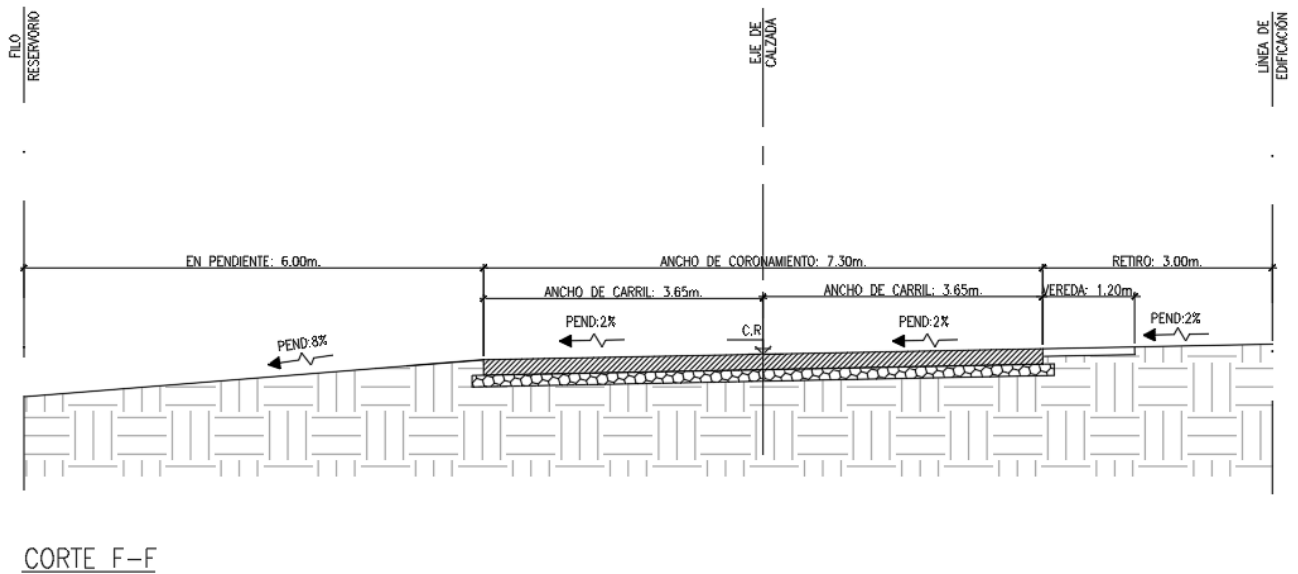


Figura 45. Perfil tipo calle interna N° 6. Corte F-F. **Fuente:** Elaboración propia.

7.2 VERIFICACIÓN DE GIROS

Se busca garantizar que los radios de giro de los vehículos pesados tengan un margen de seguridad evitando siniestros entre los mismos. El vehículo de diseño que se considera es el camión WB-19.

Las recomendaciones para los radios de giro de los vehículos pesados se obtienen de la Dirección Nacional de Vialidad “DNV – Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial”. La bibliografía indica los sobreanchos a tener en cuenta según la medida de los vehículos y el ángulo con el que giran los mismos.

Siguiendo estos lineamientos en base al vehículo de diseño, se adoptaron radios de giro mayores a 15 metros, teniendo así un margen de seguridad. La verificación de las maniobras se realizó mediante el análisis de la trayectoria del vehículo WB-19, establecido por la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) como vehículo de diseño para este tipo de accesos.

La Figura 46 muestra los radios de giro y la mínima trayectoria requerida para el vehículo de diseño WB-19.

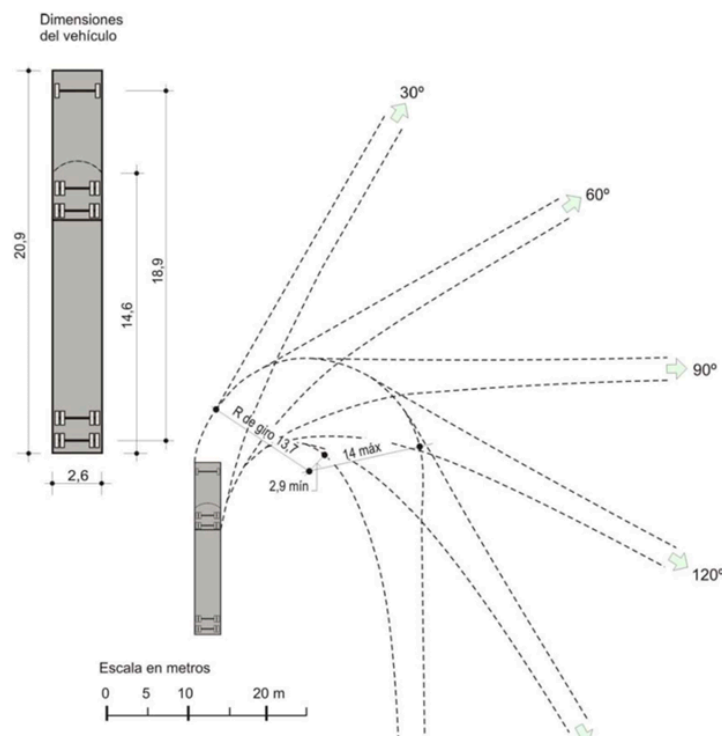


Figura 12g. Mínima trayectoria para vehículo de diseño WB-19

Figura 46. Dimensiones WB-19.

7.3 DISEÑO ESTRUCTURAL DE CALLES INTERNAS

En el interior del Parque Industrial se proyecta un pavimento rígido de hormigón, seleccionado por las prestaciones que ofrece frente a las exigencias operativas del predio. Este tipo de pavimento garantiza un adecuado desempeño ante las solicitudes generadas por el tránsito frecuente de vehículos pesados vinculados a las actividades logísticas e industriales, además de presentar una elevada durabilidad y un buen comportamiento frente a las condiciones climáticas características de la región.

Para el diseño estructural del pavimento rígido se aplica la metodología establecida por el Método de la Portland Cement Association (PCA) de 1984.

Tanto las solicitudes de tránsito como los materiales disponibles para emplear en la estructura son los mismos que se plantearon en el inciso [6.3 Paquete estructural de los carriles de aceleración, deceleración y pavimentación del camino rural de acceso](#).

En cuanto a características operativas y de ocupación, se tomó como referencia un parque industrial ubicado en las proximidades de la localidad de Arteaga, dada su similitud con el presente proyecto.

Asimismo, basado en el mismo criterio se contempló la distribución de los distintos tipos de vehículos pesados que se prevé utilizarán el parque industrial, con el fin de representar adecuadamente las cargas que actuarán sobre la estructura del pavimento durante su vida útil de diseño.

7		S1-S1-D3	13,20	2,60	4,30	37,50	4,25
9		S1-D1-D2	18,60	2,60	4,30	34,50	4,25

Figura 47 : Configuración tipo S1-D1-D3 y S1-D1-D2.

Fuente: Dirección Nacional de Planificación de Transporte de Cargas y Logística.

Para la aplicación práctica de esta metodología, se utilizó una planilla de cálculo desarrollado por el Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA), por el Ing. Diego Calo. Esta herramienta permitió procesar los datos de entrada y realizar las verificaciones necesarias frente a los mecanismos de falla por erosión y por fatiga, entregando como resultado el espesor mínimo de calzada requerido.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

A continuación se presentan los datos de ingreso:

- TMDA: 237V/día
- Periodo de diseño: 35 años
- Porcentaje de vehículos pesados : 100%
- Tasa de crecimiento de vehículos pesados : 3%
- Factor de Proyección del Tránsito: 1,73
- Espectro de cargas: Para camiones S1-S1-D3 y S1-D1-D2. como se ve en la Figura 47.
- Se considera subrasante CBR 3%
- La transferencia de cargas se realiza por medio de juntas transversales con pasadores

Con respecto al espectro de cargas, se utilizan los vehículos de diseño con su respectiva carga por eje máxima legal. En la Figura 48 se muestra la tabla resumen con discretización por ejes.

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
6	1308.0	18	692.0	26	308.0
11	692.0	0	0.0	0	0.0

Figura 48: Configuración de cargas por ejes.
Fuente: Verificación de pavimento rígido según PCA '84

Es importante mencionar que para el diseño del paquete estructural se utilizará un hormigón de calidad H-30, tal como se muestra en la Figura 49.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

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	

Figura 49: Ingreso del hormigón a utilizar en el pavimento rígido.

Fuente: Verificación de pavimento rígido según PCA '84

Para continuar con el proceso de diseño, se ingresa el valor del CBR correspondiente a la subrasante, según lo detallado en la Figura 50.

Subrasante	
Mód. de reacción de la subrasante:	Valor estimado por CBR
CBR de la subrasante:	3.00%
k de la subrasante:	27.2 MPa/m

Figura 50: Ingreso del CBR de la subrasante.

Fuente: Verificación de pavimento rígido según PCA '84

En cuanto al diseño de la base para el nuevo camino, se planteó utilizar materiales y espesores similares a los presentes en caminos existentes. De esta forma se obtuvo una sola base de suelo tratado con cemento de 15 cm de espesor como se indica en la Figura 51.

Base							
Módulo de reacción de la base:	Determinado por capas						
Cantidad de capas:	1 capa						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Calzada de hormigón</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Capa superior</td> <td>Material: Base tratada con cemento</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Espesor: 15 cm</td> </tr> </tbody> </table>		Calzada de hormigón		Capa superior	Material: Base tratada con cemento		Espesor: 15 cm
Calzada de hormigón							
Capa superior	Material: Base tratada con cemento						
	Espesor: 15 cm						

Figura 51: Ingreso del espesor de la base.

Fuente: Verificación de pavimento rígido según PCA '84

Con el objetivo de asegurar una adecuada transferencia de cargas entre losas y mejorar el comportamiento estructural del pavimento, se adoptaron juntas transversales con pasadores y banquetas de hormigón vinculadas.

Transferencia de carga	
Juntas transversales con pasadores	SI
Banquina de hormigón vinculada	SI

Figura 52: Transferencia de carga.
Fuente: Verificación de pavimento rígido según PCA '84

Tras aplicar un Factor de Seguridad de Cargas de 1,10, se obtuvieron los resultados definitivos del diseño. Estos resultados, que confirman el espesor requerido del pavimento bajo las condiciones de carga y los criterios de diseño establecidos, se presentan detalladamente en la Figura 53.

Espesor de calzada: 190 mm <-- Ingrese espesor a verificar en mm

Msg: Se ha encontrado espesor mínimo.

Consumo por Fatiga:	0.0%	VERIFICA
Consumo por Erosión:	93.4%	VERIFICA

Figura 53: Espesor de calzada mínimo y verificaciones.
Fuente: Verificación de pavimento rígido según PCA '84

Concluimos que el espesor seleccionado para la nueva calzada es de 19 cm. En la Tabla 19 se presenta la estructura adoptada y en el [Anexo V01 - Cálculo y Diseño de Pavimentos](#), se detallan los cálculos e hipótesis consideradas y se observa la planilla de resultados que arroja el programa utilizado.

Tabla 19. Capas de pavimento para calles internas.

Capas			Espesor [cm]	Material
Losa de hormigon		Losa de hormigon	19	H-30
Base		Base	15	Estabilizado granular tratado con cemento
Subrasante		Subrasante	-	Suelo del lugar

7.4 DISEÑO DE JUNTAS

Para el pavimento rígido es necesario desarrollar un diseño de juntas conforme a los lineamientos establecidos por el Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA), el cual proporciona manuales específicos para su correcta ejecución.

El propósito esencial del sistema de juntas es controlar el patrón de fisuración inherente que se produce en el pavimento rígido a lo largo de su vida útil. Este control se materializa mediante el diseño y la ejecución de juntas transversales y longitudinales, las cuales deben incorporar mecanismos de transferencia de carga que aseguren la continuidad y el desempeño estructural entre las losas.

Un diseño de juntas efectivo permite prevenir la aparición de fisuras aleatorias, resistir adecuadamente las cargas dinámicas a las que el pavimento estará sometido, e impedir la infiltración de agua bajo la losa. La prevención de la infiltración es vital, ya que mitiga el riesgo de deterioros prematuros en los estratos inferiores.

Dado que el pavimento experimenta alabeos higrotérmicos y la circulación de grandes cargas que provocan fisuraciones se divide al pavimento en losas delimitadas por *juntas longitudinales y transversales* que buscan generar un plano de discontinuidad para poder actuar sobre el mismo y controlarlo.

Para cumplir con estos objetivos, se disponen distintos tipos de juntas:

Las *juntas transversales* utilizan pasadores para transferir cargas de una losa a la contigua, las características de los pasadores se indican en la figura 55. Su espaciamiento no debe ser superior a las siguientes longitudes: 4,50 m o al valor obtenido mediante la expresión $ML = H * C$, donde ML es máxima longitud entre juntas, H es el espesor de la losa y C es un coeficiente que depende del tipo de subbase. Para este proyecto se adoptó C=21, por tratarse de una base estabilizada, obteniéndose una longitud máxima entre juntas de 400 cm. Vemos el detalle de la misma en la Figura 54.

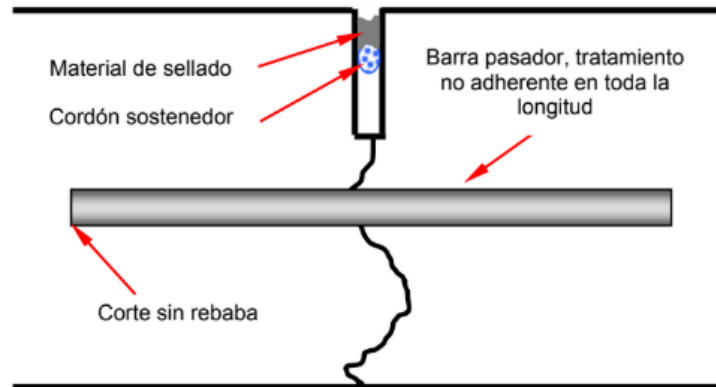


Figura 54 : Junta transversal de contracción.
Fuente: Manual de Diseño de Pavimento Rígido del ICPA

Tabla 3-1: Características de los pasadores.	
Tipo de hierro	Barra redonda lisa. Tipo I. AL-220.
Superficie	Lisa, libre de óxido y con tratamiento que impida la adherencia al hormigón en todo su largo.
Largo	45 cm.
Diámetro	25 mm para $e \leq 20$ cm. 32 mm para $20 \text{ cm} < e \leq 25$ cm. 38 mm para $e > 25$ cm.
Separación	30 cm de centro a centro, 15 cm de centro a borde.
Ubicación	Paralelo a la superficie del pavimento y al eje de calzada. Mitad del espesor de losa. Mitad a cada lado de la junta transversal.

Figura 55: Características de los pasadores.
Fuente: Manual de Diseño de Pavimento Rígido del ICPA

Las *juntas longitudinales* se emplean con el objetivo de aliviar las tensiones que los alabeos higrotérmicos generan en las losas de pavimento. Para su construcción, se utilizan barras de unión, donde sus características se observan en la figura 57. Su ejecución se hace necesaria cuando el ancho del pavimento supera los 4,50 m. Para este proyecto se prevé la utilización de barras de unión de 12 mm de diámetro. La Figura 56 ilustra detalladamente la configuración de la junta longitudinal, mostrando su disposición y componentes principales.

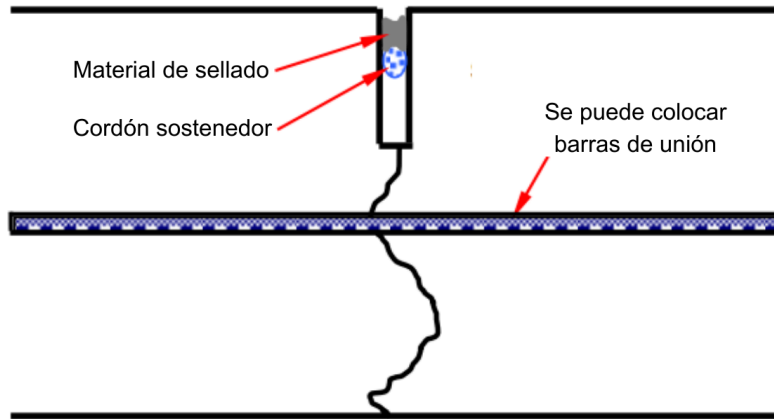


Figura 56: Junta longitudinal de contracción.
Fuente: Manual de Diseño de Pavimento Rígido del ICPA

Tabla 3.3: Largo mínimo de las barras de unión.			
Diámetro de la barra [mm]	Sección [cm ²]	Perímetro [cm]	Largo mínimo de la barra de unión [cm]
10	0,79	3,14	60
12	1,13	3,77	72
16	2,01	5,02	96
20	3,14	6,28	120

Figura 57: Largo mínimo de las barras de unión.
Fuente: Manual de Diseño de Pavimento Rígido del ICPA

Las *juntas transversales de construcción* se ejecutan obligatoriamente al finalizar una jornada de trabajo o debido a paradas imprevistas durante el proceso de hormigonado. Siempre que la planificación lo permita, se recomienda que estas juntas se sitúen de forma coincidente con la posición de las juntas transversales previamente definidas en el proyecto. Su configuración y detalles constructivos se muestran en la Figura 58.

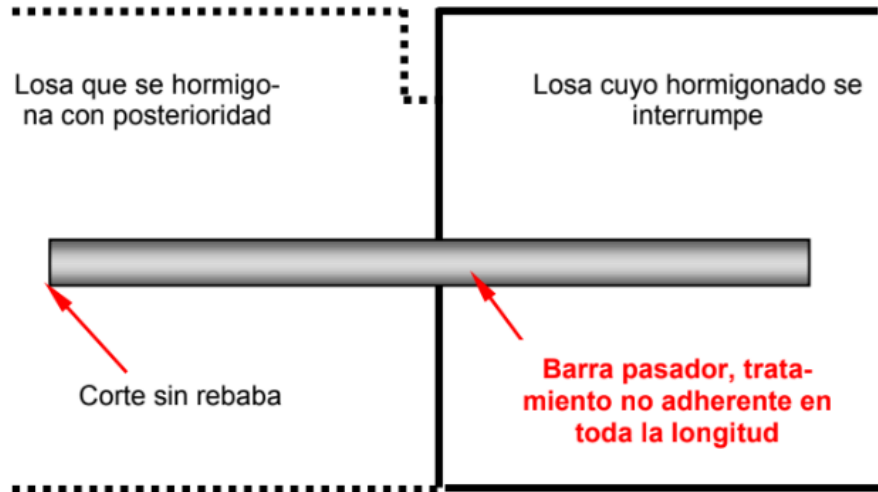


Figura 58: Junta transversal de construcción .
Fuente: Manual de Diseño de Pavimento Rígido del ICPA

Las *juntas de dilatación* se ejecutan 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.

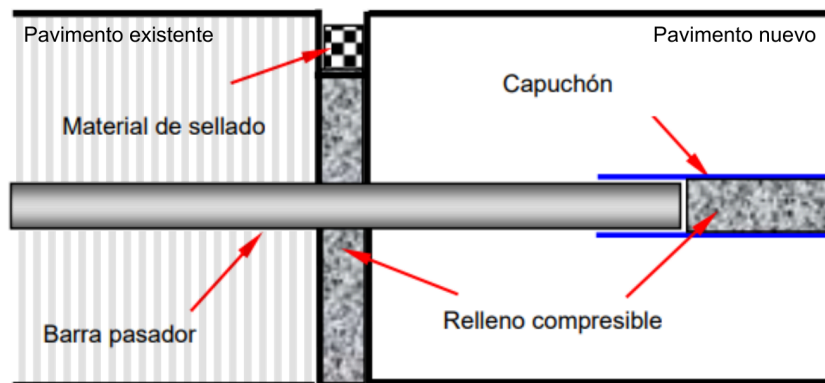


Figura 59: Juntas de dilatación.
Fuente: Manual de Diseño de Pavimento Rígido del ICPA

En la transición entre el pavimento rígido y el pavimento flexible, o bien entre el pavimento rígido y una zona no pavimentada, se proyecta una *viga invertida de contención longitudinal*.

Las *juntas de aislación con sobreespesor* se utilizan 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

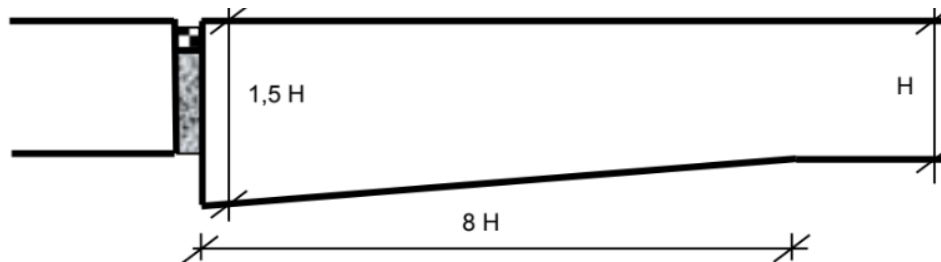


Figura 60: Junta de aislación.
Fuente: Manual de Diseño de Pavimento Rígido del ICPA

En el [plano V03- Plano de Juntas](#), se especifican cada una de las juntas mencionadas y se observan las ubicaciones de cada una de ellas.

8. INCORPORACIÓN DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL

El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar una propuesta de infraestructura para el parque industrial de la localidad de Arteaga considerando criterios de sostenibilidad ambiental, ordenamiento territorial y lineamientos vinculados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La iniciativa surge ante la necesidad de trasladar y concentrar las actividades industriales en un área específica, evitando su dispersión dentro del tejido urbano y reduciendo los conflictos generados por la convivencia entre usos industriales y residenciales.

A partir de esta reorganización se busca disminuir impactos ambientales como la generación de polvo, ruidos, aumento del tránsito pesado y otras molestias asociadas a las actividades productivas localizadas dentro del área urbana. En este sentido, el diseño del parque contempla la distribución funcional de lotes, la circulación interna, los accesos y la organización general del predio, priorizando un uso más eficiente del suelo y una mejor integración con el entorno.

Además, la propuesta se enmarca dentro de una visión de desarrollo sostenible, vinculándose con lineamientos orientados a la planificación de infraestructuras más ordenadas y compatibles con el crecimiento futuro de la localidad.

8.1 IMPACTOS DURANTE EL PROCESO DE INTERVENCIÓN

La construcción de las obras, como la circulación interna, el acceso al parque, el edificio de administración y el desarrollo general del loteo, generará impactos ambientales negativos de manera temporal.

8.1.1 Contaminación del Suelo

- Alteración del suelo: La ejecución de calles internas, accesos, nivelación del terreno y fundaciones del edificio de administración requerirá movimientos de suelo, excavaciones y compactaciones que modificarán temporalmente las condiciones naturales del terreno.
- Riesgo de contaminación puntual: Durante la etapa constructiva pueden producirse derrames accidentales de combustibles, aceites o lubricantes provenientes de maquinaria y vehículos utilizados en obra.

8.1.2 Ruido

- Generación de ruido: El uso de equipos y maquinaria para la construcción producirá niveles de ruido temporales vinculados a excavaciones, compactación y traslado de materiales dentro del predio.

8.1.3 Impacto Visual

- Iluminación excesiva: Las instalaciones que funcionan en horarios nocturnos pueden generar contaminación lumínica, afectando tanto a la percepción visual del entorno como a las comunidades cercanas.

8.1.4 Residuos

- Generación de residuos de obra: La construcción implica la generación de residuos asociados a materiales excedentes, envases, restos de hormigón, embalajes y otros elementos propios de la actividad constructiva, requiriendo una correcta gestión y disposición.

8.2 IMPACTOS POST INTERVENCIÓN - FASE DE OPERACIÓN DEL PARQUE

Una vez finalizadas las obras y en funcionamiento el parque industrial, podrán generarse algunos impactos asociados al aumento de actividades y circulación dentro del predio.

- Impermeabilización del suelo: La construcción de calles internas, accesos, estacionamientos y superficies edificadas reducirá la capacidad natural de infiltración del terreno. Como consecuencia, podrá producirse un aumento de la escorrentía superficial, modificando el comportamiento del agua de lluvia y requiriendo un adecuado sistema de drenaje para evitar anegamientos dentro del predio y zonas cercanas.
- Mayor demanda de servicios: La futura instalación de industrias dentro del parque implicará un incremento en la demanda de servicios básicos, principalmente agua y energía eléctrica, generando una mayor exigencia sobre la infraestructura disponible.
- Incremento de emisiones atmosféricas: El aumento en la circulación de camiones, vehículos particulares y actividad logística dentro del parque podría generar mayores emisiones gaseosas y material particulado en comparación con la situación actual del sector.

8.3 MEDIDAS DE MITIGACIÓN

8.3.1 Etapa de Construcción

- Protección del suelo: realizar el almacenamiento controlado de combustibles, aceites y lubricantes en sectores acondicionados, evitando posibles derrames y contaminación del terreno.
- Control de material particulado: efectuar riego periódico sobre superficies intervenidas, caminos internos y sectores de movimiento de suelo para reducir la generación de polvo en suspensión.
- Reducción de ruidos de obra: limitar el funcionamiento de maquinaria pesada y equipos de construcción a horarios diurnos, minimizando molestias y alteraciones en el entorno.
- Gestión de residuos de construcción: disponer adecuadamente los residuos generados durante la obra, promoviendo la separación de materiales y el retiro periódico de sobrantes, envases y escombros.

- Ordenamiento del tránsito interno de obra: establecer sectores definidos para circulación y maniobra de maquinaria y camiones, evitando interferencias y mejorando la seguridad durante la etapa constructiva.

8.3.2 Etapa Post Construcción - Fase de Operación del Parque

- Implementación de barrera forestal: se proyecta la incorporación de una barrera forestal perimetral de 5 metros de ancho, destinada a generar una transición entre el parque industrial y su entorno. Esta medida contribuirá a disminuir la dispersión de polvo, mitigar parcialmente ruidos, mejorar la integración paisajística y aportar una mejora ambiental general al predio.
- Manejo de escurrimientos: prever la infraestructura adecuada que permitan una correcta evacuación del agua de lluvia, evitando anegamientos dentro del predio y sectores aledaños.
- Organización funcional del parque: garantizar una adecuada distribución de lotes, circulaciones y áreas de servicio para optimizar la operación interna y reducir conflictos entre actividades.

8.4 OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

8.4.1 Objetivo 9: Industria, Innovación e Infraestructuras

Este objetivo es el que se vincula de manera más directa con el proyecto, ya que el diseño de un parque industrial implica el desarrollo de infraestructura destinada a mejorar la organización territorial y las condiciones para futuras actividades productivas.

- **Meta 9.1 (Infraestructuras sostenibles):** Se destaca que el proyecto se encuentra alineado con el desarrollo de infraestructuras fiables, resilientes, sostenibles y de calidad, mediante la planificación y el diseño de obras como la red vial interna, los accesos al parque, las áreas de servicios y la infraestructura de apoyo a las actividades productivas. Estos componentes resultan fundamentales para favorecer el desarrollo económico local.
- **Meta 9.4 (Modernización y sostenibilidad de la infraestructura):** Se considera que el desarrollo de una infraestructura planificada y eficiente favorece la incorporación de prácticas y procesos productivos más sostenibles, contribuyendo a una mejor utilización

de los recursos y a la reducción del impacto ambiental asociado a las actividades industriales.

8.4.2 Objetivo 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles

- **Meta 11.3 (Urbanización inclusiva y sostenible):** Se vincula con esta meta al contribuir a un desarrollo territorial más ordenado mediante la localización planificada de actividades industriales en un espacio específico. Esta organización favorece un uso más eficiente y sostenible del suelo, promueve una mejor integración de las actividades productivas y ayuda a evitar su dispersión en áreas no adecuadas.
- **Meta 11.6 (Reducción del impacto ambiental):** Se considera que la localización de las actividades industriales en un área específicamente planificada facilita una gestión más eficiente de los residuos y de los servicios asociados, contribuyendo a reducir los impactos ambientales y a mejorar las condiciones del entorno.

8.4.3 Objetivo 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico

- **Meta 8.2 (Productividad, modernización e innovación):** La iniciativa se vincula con esta meta al proporcionar infraestructura adecuada para el desarrollo de actividades industriales, favoreciendo la incorporación de tecnologías, la modernización de los procesos productivos y el aumento de la productividad económica.
- **Meta 8.3 (Desarrollo productivo y generación de empleo):** El Parque Industrial Arteaga contribuye a esta meta al crear un espacio destinado a la radicación y crecimiento de empresas, especialmente pymes, promoviendo el desarrollo de actividades productivas, la generación de empleo formal y el fortalecimiento del entramado económico local.

8.4.4 Objetivo 12: Producción y Consumo Responsable

- **Meta 12.2 (Gestión sostenible y uso eficiente de los recursos naturales):** Se entiende que la incorporación de infraestructura y servicios compartidos permite una utilización más eficiente de los recursos, favoreciendo una gestión más sostenible de las actividades industriales desarrolladas en el parque.
- **Meta 12.5 (Reducción y gestión de residuos):** El Parque Industrial Arteaga contribuye a esta meta al facilitar una gestión organizada de los residuos industriales, promoviendo

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA

GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

prácticas de reducción, reutilización y reciclaje que disminuyan el impacto ambiental de las actividades productivas.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Comuna de Arteaga. (2024). *Plan de Ordenamiento Territorial 2024* (Anexo Único de la Ordenanza N.º 18/2024). Arteaga, Santa Fe, Argentina.
- [2] Gobierno de la Provincia de Santa Fe. (s. f.). *Visualizador IDESF: Áreas de riesgo hídrico – Arteaga*. Infraestructura de Datos Espaciales de Santa Fe (IDESF). <https://www.santafe.gob.ar/idesf/visualizador/>
- [3] Clariá, J. J. (2017). *Estudio de suelos para planta de silos y edificio de oficinas. Ubicación: Ruta Provincial N.º 92 esquina calle Bolivia, Arteaga, Santa Fe*. Informe técnico elaborado para Vidoret Servicios Agropecuarios S.A.
- [4] *Derivación y parametrización de curvas IDR para Rosario, Casilda y Zavalla- Basile, P. A., Riccardi, G., & Stenta, H. - (2012).*
- [5] PROVINCIA DE SANTA FE. Ley N.º 11.730. Bienes en zonas inundables e inundaciones. Boletín Oficial de la Provincia de Santa Fe, 25 de abril de 2000. Enlace: <https://www.santafe.gob.ar/normativa/>

10. PLANOS

Generales

Plano G01 - Ubicación de proyecto

Plano G02 - Implantación del Proyecto.

Hidráulicos

Plano H01 - Distribución de Cuencas.

Plano H02 - Planimetría y Desagües.

Plano H03 - Alcantarillas.

Viales

Plano V01 - Planta General.

Plano V01A - Perfiles tipo de obra básica y pavimento.

Plano V02 - Acceso del Parque Industrial.

Plano V03 - Plano de Juntas.

Estructurales

Plano E01 - Planta Estructural.

Plano E02 - Fundaciones.

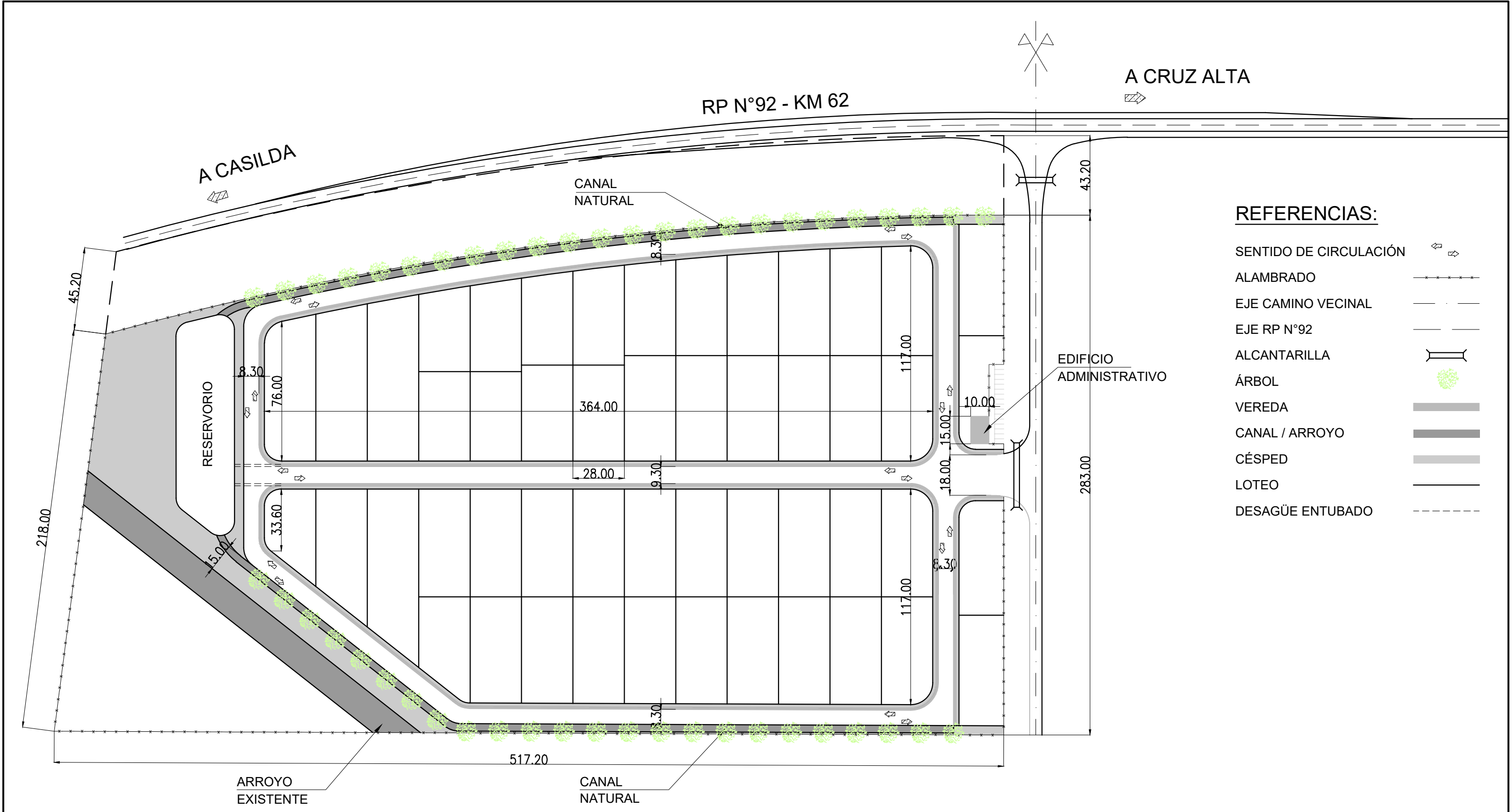
Plano E03 - Vista A-A.

Arquitectura

Plano A01 - Planta y Cortes Arquitectura.



- LISTADO DE PLANOS**
- GENERALES**
- G01 – UBICACIÓN DE PROYECTO
 - G02 – IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO
- VIALES**
- V01 – PLANTA GENERAL
 - V01A– PERFILES TIPO DE OBRAS BÁSICAS Y PAVIMENTO
 - V02 – ACCESO AL PARQUE INDUSTRIAL
 - V03 – PLANO DE JUNTAS
- ESTRUCTURALES**
- E01 – PLANTA FUNDACIONES
 - E02 – PLANTA ESTRUCTURAL VISTA A–A
 - E03 – VISTA B–B / C–C / D–D
- HIDRÁULICOS**
- H01 – DISTRIBUCIÓN DE CUENCAS
 - H02 – PLANIMETRÍA Y DESAGÜES
 - H03 – ALCANTARILLAS
- ARQUITECTURA**
- A01 – PLANTA Y CORTES



REFERENCIAS:

SENTIDO DE CIRCULACIÓN	
ALAMBRADO	
EJE CAMINO VECINAL	
EJE RP N°92	
ALCANTARILLA	
ÁRBOL	
VEREDA	
CANAL / ARROYO	
CÉSPED	
LOTEO	
DESAGÜE ENTUBADO	



PLANIMETRÍA GENERAL

PROYECTO IV

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR



PLANIMETRÍA GENERAL

Parque Industrial - ARTEAGA, SANTA FE

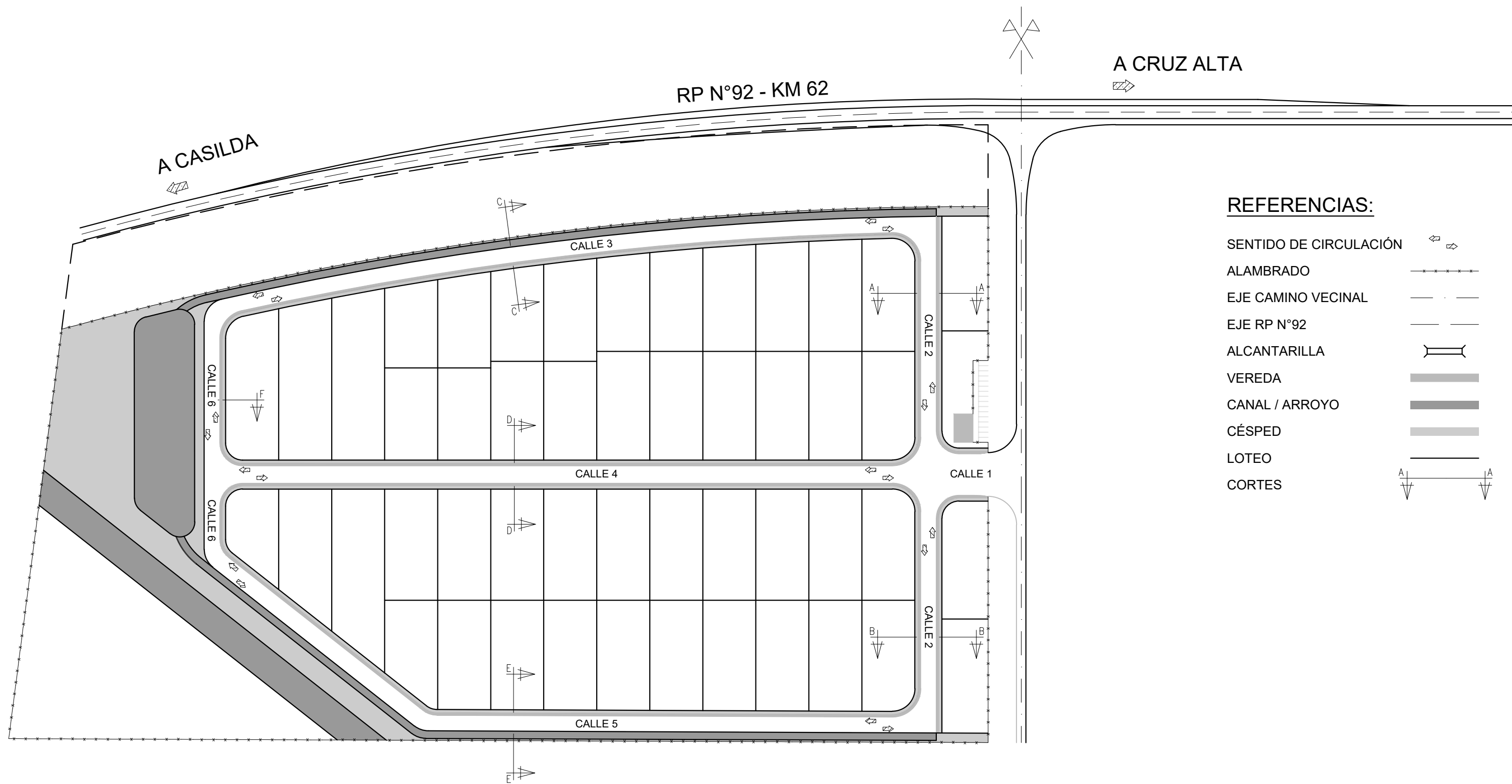
Nº PLANO

PROYECTISTAS:
Artigas, Capdevila, Pintor y Serafini

Esc: 1:2000

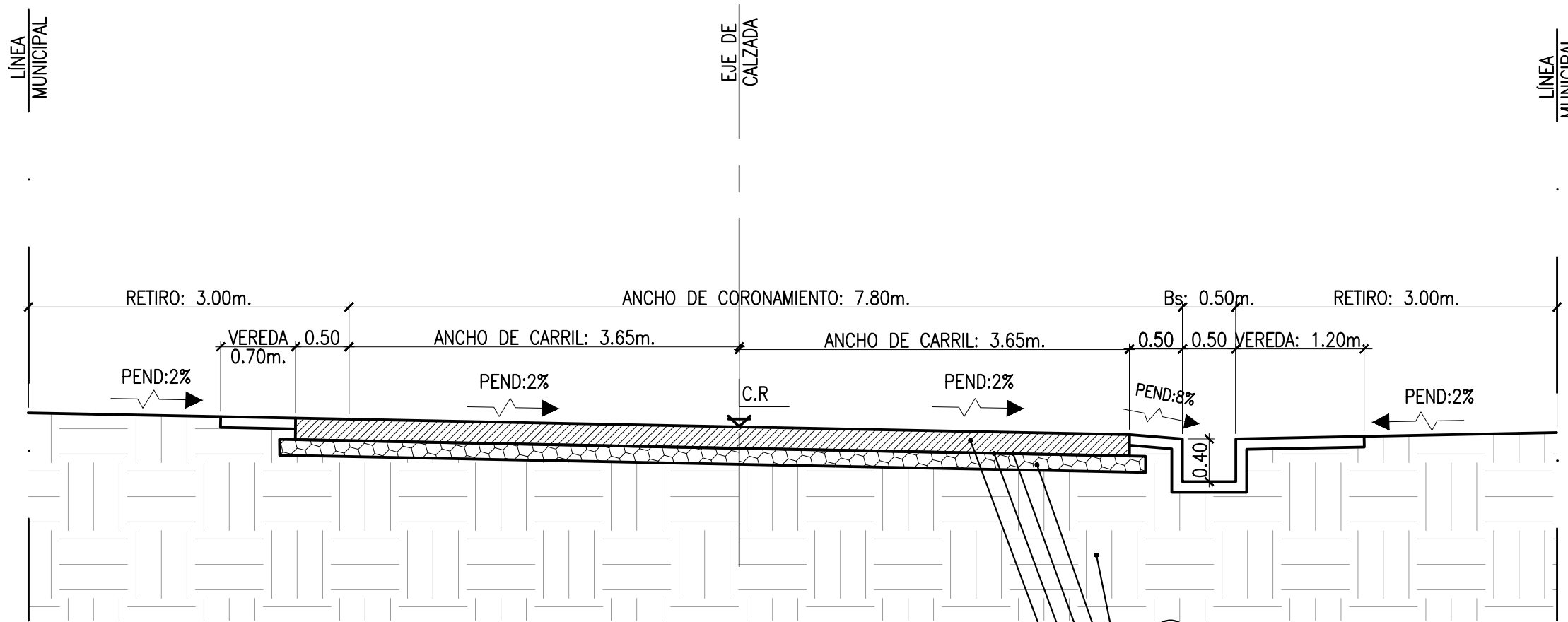
FECHA: 04.08.2026

G02

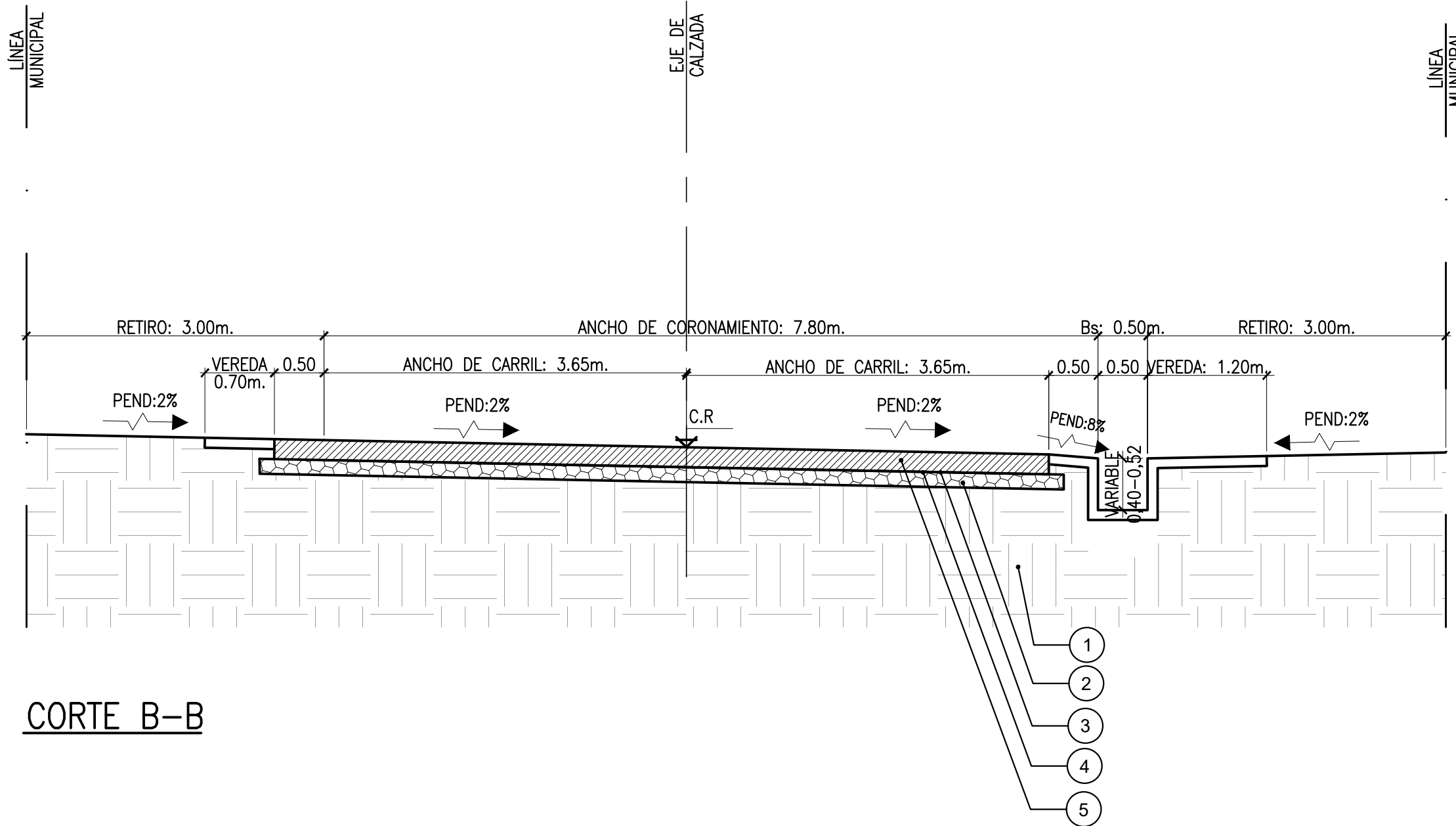


PLANTA GENERAL

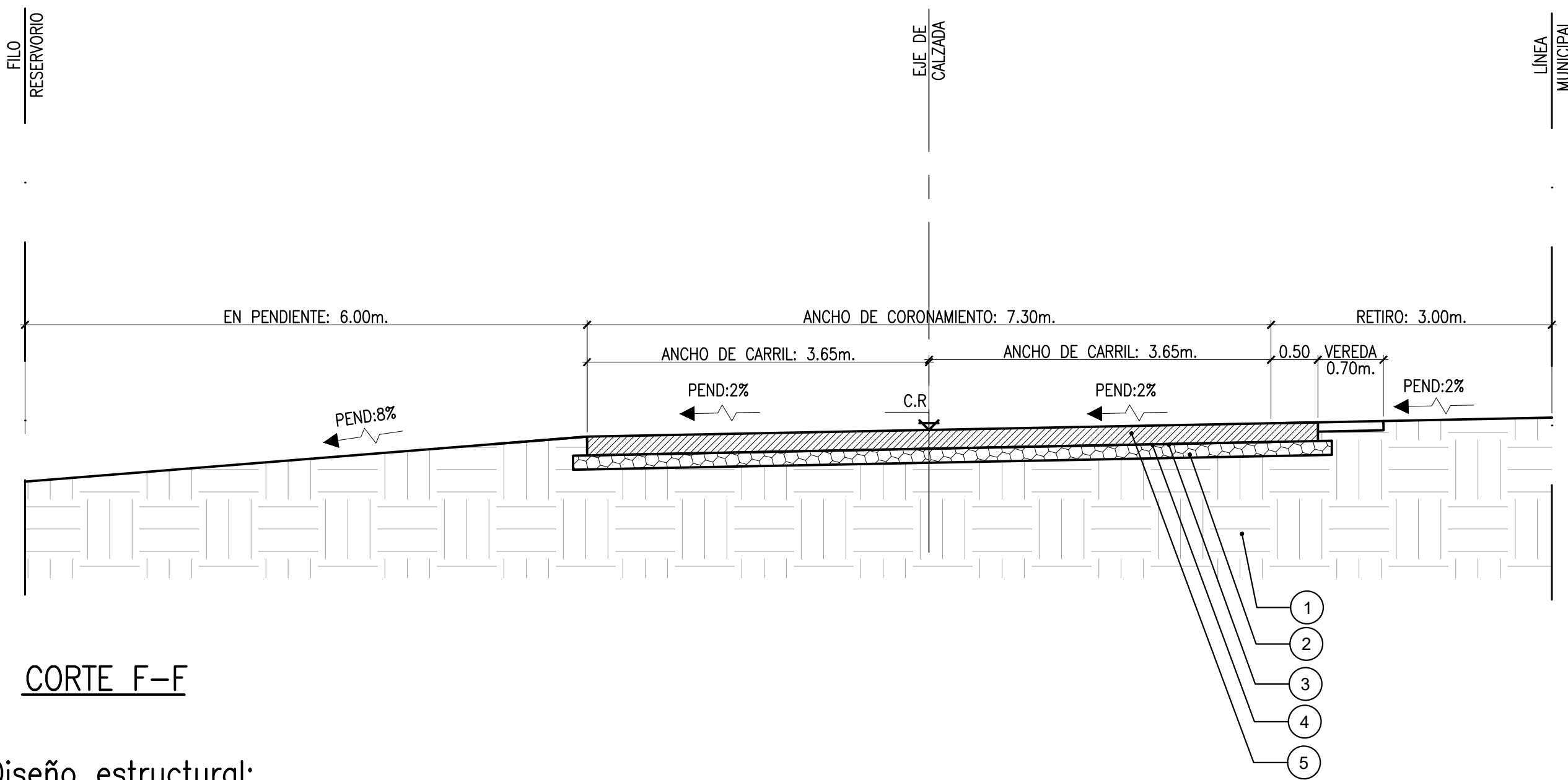
PROYECTO IV ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR			 Nº PLANO V01
PLANTA GENERAL Parque Industrial - ARTEAGA, SANTA FE			
PROYECTISTAS: Artigas, Capdevila, Pintor y Serafini		Esc: 1:2000	FECHA: 04.08.2026



CORTE A-A

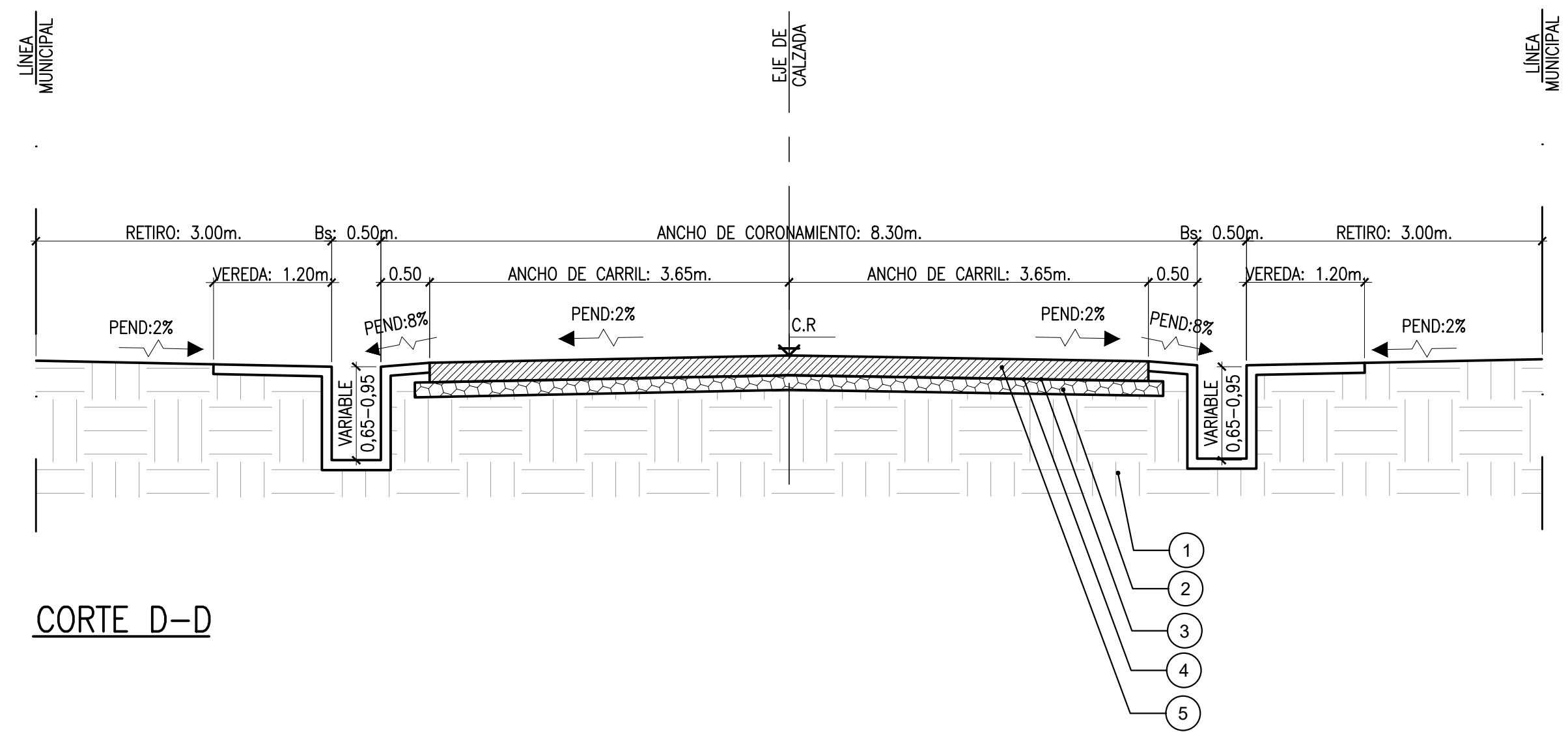


CORTE B-B

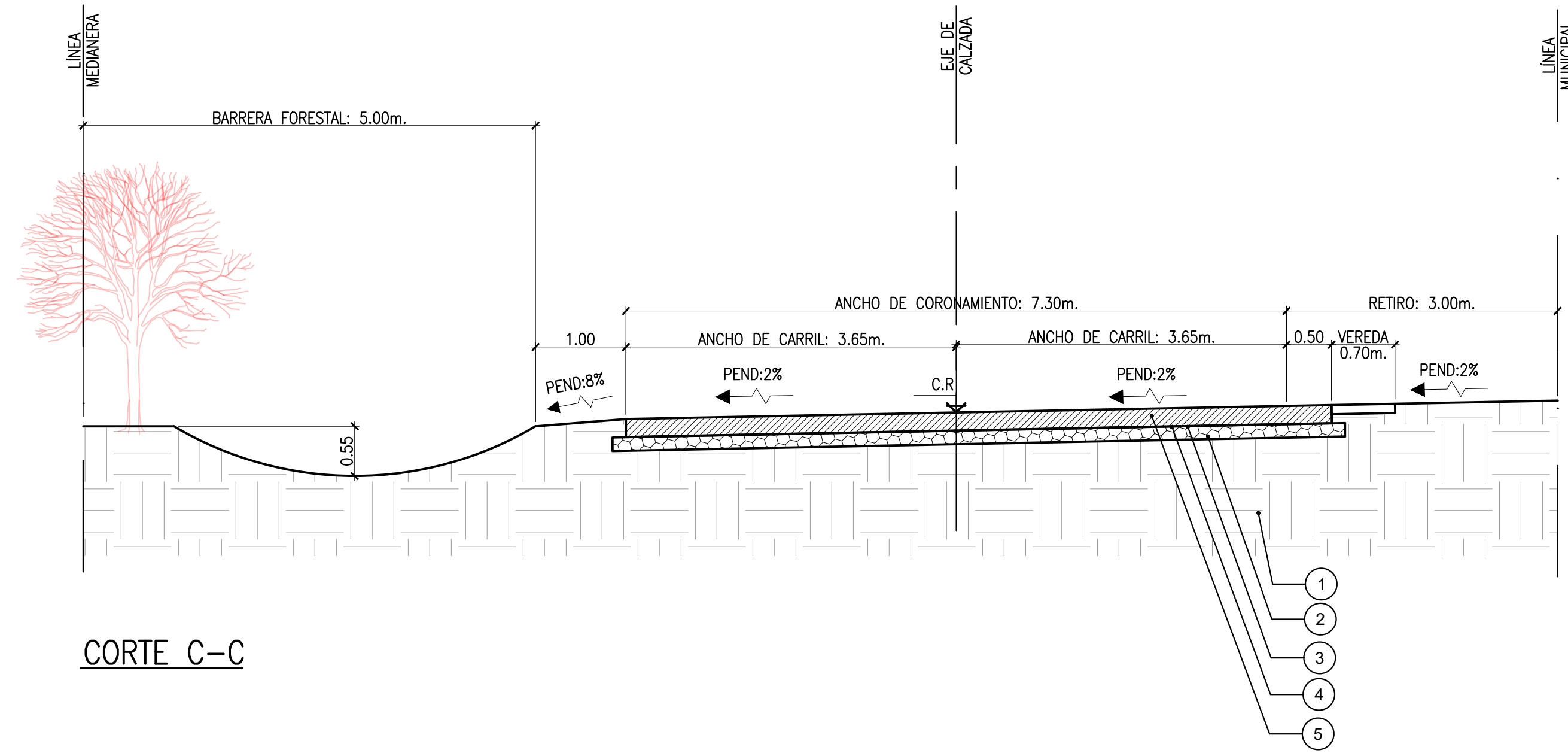


CORTE F-F

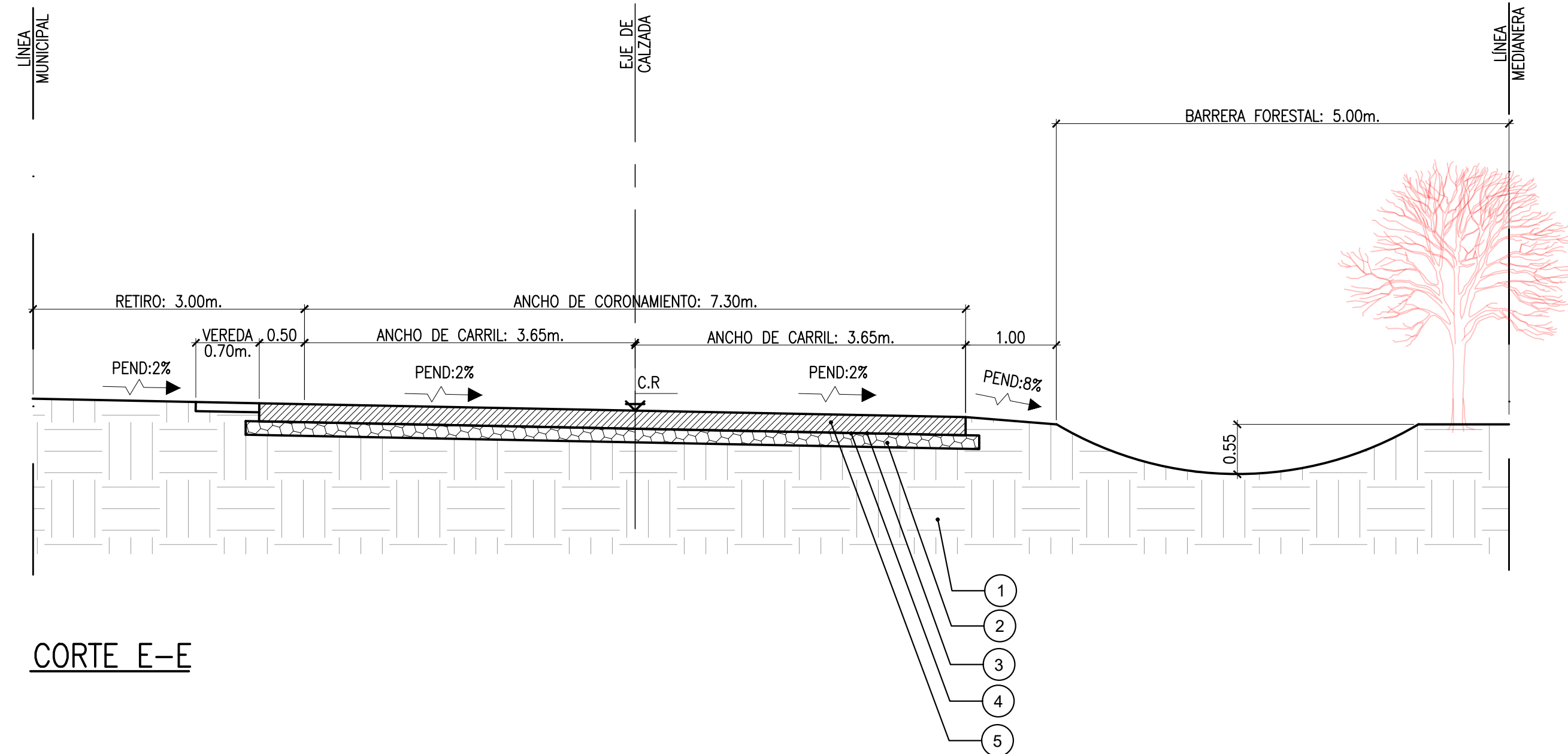
- Diseño estructural:
- 1- Subrasante.
 - 2- Base estabilizado granular tratado con cemento en 0,15 m de espesor y 7,90m de ancho.
 - 3- Riego de curado con emulsión asfáltica de rotura rápida.
 - 4- Membrana de polietileno.
 - 5- Pavimento rígido HP 4.7 en 0,19 m de espesor y 7,30 m de ancho.



CORTE D-D

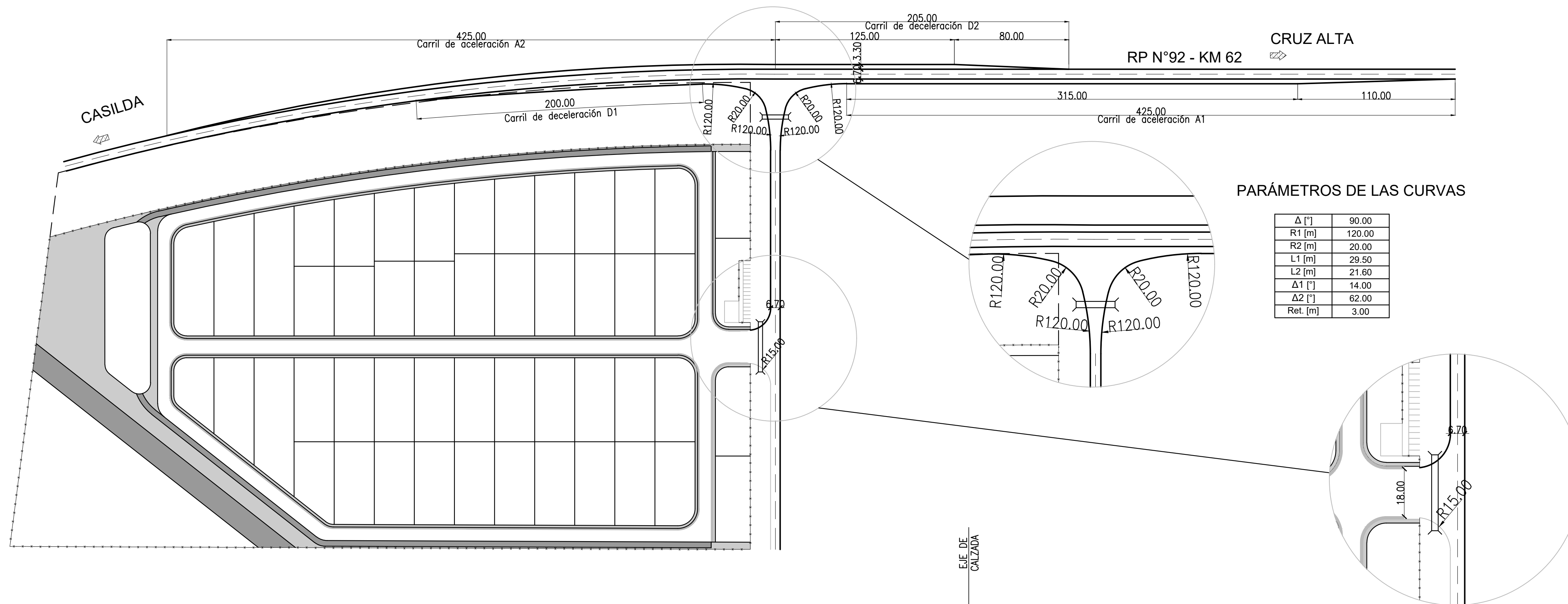


CORTE C-C

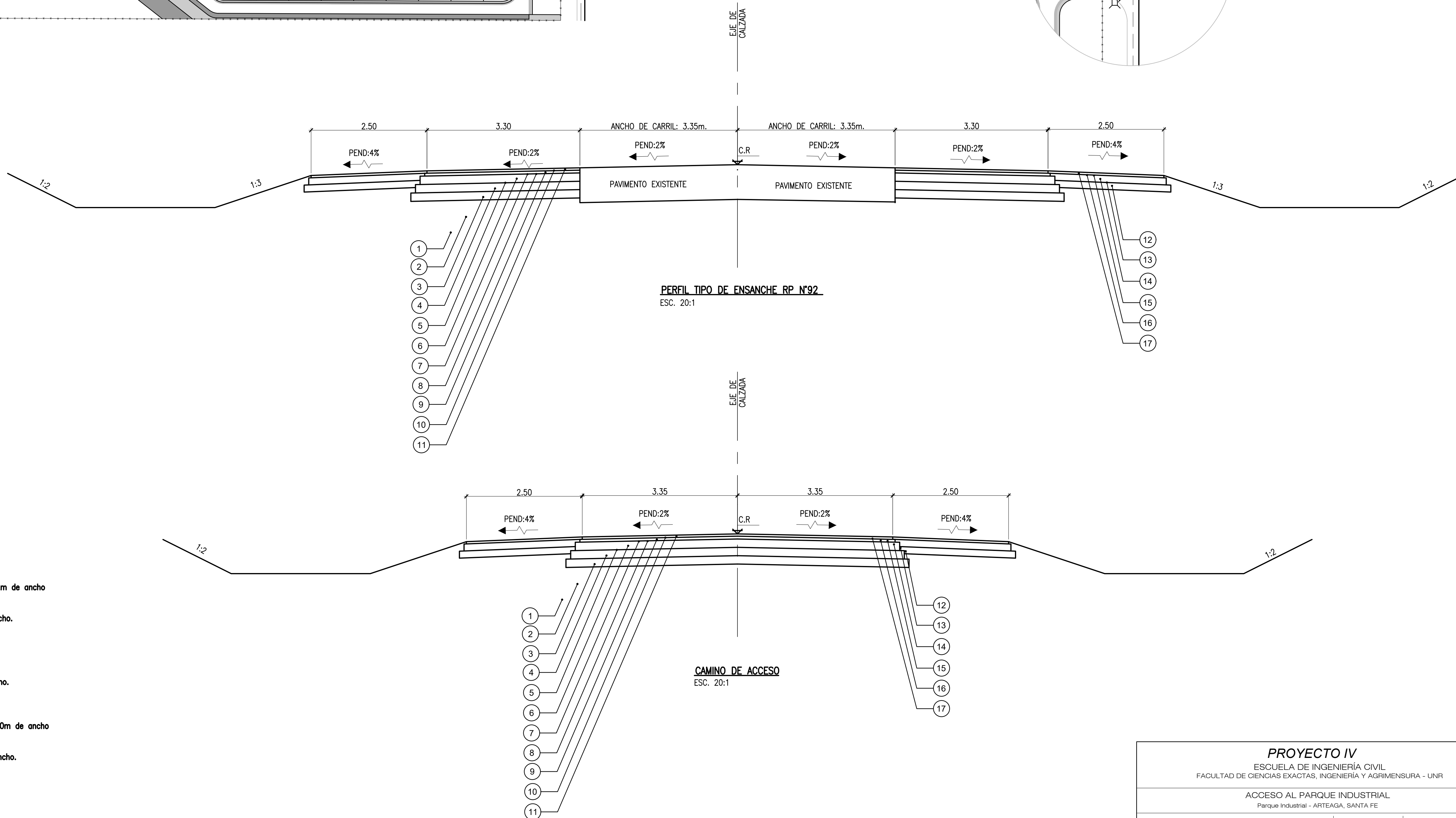
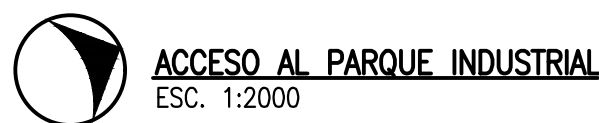


CORTE E-E

CORTES INDICADOS EN PLANO V01 - PLANTA GENERAL



Δ [°]	90.00
R1 [m]	120.00
R2 [m]	20.00
L1 [m]	29.50
L2 [m]	21.60
$\Delta 1$ [°]	14.00
$\Delta 2$ [°]	62.00
Ret. [m]	3.00



- Diseño estructural:
- 1- Compactación base de asiento del terraplén, en 30 cm de espesor y ancho variable.
 - 2- Núcleo con compactación especial s/ especificaciones técnicas.
 - 3- Sub-base inferior de suelo seleccionado en 0,15m de espesor y 8,12m de ancho.
 - 4- Sub-base superior de suelo cal en 0,15m de espesor y 7,72m de ancho.
 - 5- Riego de curado con emulsión asfáltica de rotura rápida a razón de 0,35 kg/m², en 7,72m de ancho
 - 6- Base de estabilizado granular en 0,20m de espesor y 7,32m de ancho.
 - 7- Riego de imprimación emulsión asfáltica de corte lento con 1,00 lts/m², en 7,32m de ancho.
 - 8- Riego de liga emulsión asfáltica de corte rápido con 0,50 lts/m², en 6,82m de ancho.
 - 9- Base superior de mezcla tipo CAC D19 CA30 en 0,06m de espesor y 6,82m de ancho.
 - 10- Riego de liga emulsión asfáltica de corte rápido con 0,50 lts/m², en 6,70m de ancho.
 - 11- Carpeta de concreto asfáltico tipo CAC D19 CA30 en 0,05m de espesor y 6,70m de ancho.
 - 12- Sub-base superior de suelo cal en 0,15m de espesor y 3,30m de ancho.
 - 13- Riego de curado con emulsión asfáltica de rotura rápida a razón de 0,35 kg/m², en 3,30m de ancho
 - 14- Base de estabilizado granular en 0,15m de espesor y 2,90m de ancho.
 - 15- Riego de imprimación emulsión asfáltica de corte lento con 1,00 lts/m², en 2,90m de ancho.
 - 16- Riego de liga emulsión asfáltica de corte rápido con 0,50 lts/m², en 2,50m de ancho.
 - 17- Base superior de mezcla tipo CAC D19 CA30 en 0,05m de espesor y 2,50m de ancho.

Diagrama de un perfil laminado con un empalme. El empalme tiene una longitud de 0,8 cm y una altura de $1/4e$. El perfil laminado tiene una altura total de $1/2e$. El empalme está sellado y cortado aserrado. Se indica una longitud de $2e$ para la parte del perfil laminado a la izquierda del empalme.

BARRA PASADOR ACERO LIS
S/ESPECIFICACIONES. EL PA
CON EMULSIÓN ASFÁLTICA
PARA PERMITIR SU DESLIZA
EN ESTE PASADOR NO SE

Diagrama de detalle de la junta de un muro de gravedad. Se muestra un muro de espesor e y altura $1/2e$ sobre una base. La junta está sellada con un material de espesor $0,8 \text{ cm}$ y altura $1/4e$. El corte superior de la junta es aserrado. El diagrama incluye una línea de cota horizontal y una línea de cota vertical.

BARRA DE UNION ACERO ADN 420
DIMENSIONES S/ESPECIFICAC.

Diagrama de un tubo con tapa de expansión para juntas premoldeadas. El diagrama muestra un tubo horizontal con una tapa de expansión en el extremo derecho. El tubo tiene un diámetro exterior de 10 cm y un diámetro interior de 8 cm. La tapa de expansión tiene un ancho de 3 cm y un radio de curvatura de R=0.6. El tubo está rodeado por una cámara de expansión de 3-4 cm de ancho, que se rellena con poliestireno expandido de baja densidad. El tubo está fijado a una estructura de concreto con un tope rebajado. La junta premoldeada o de madera compresible se encuentra en el extremo izquierdo del tubo. El tubo debe ser pintado para permitir su deslizamiento en la losa.

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

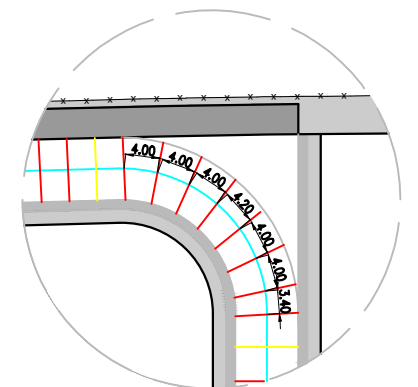
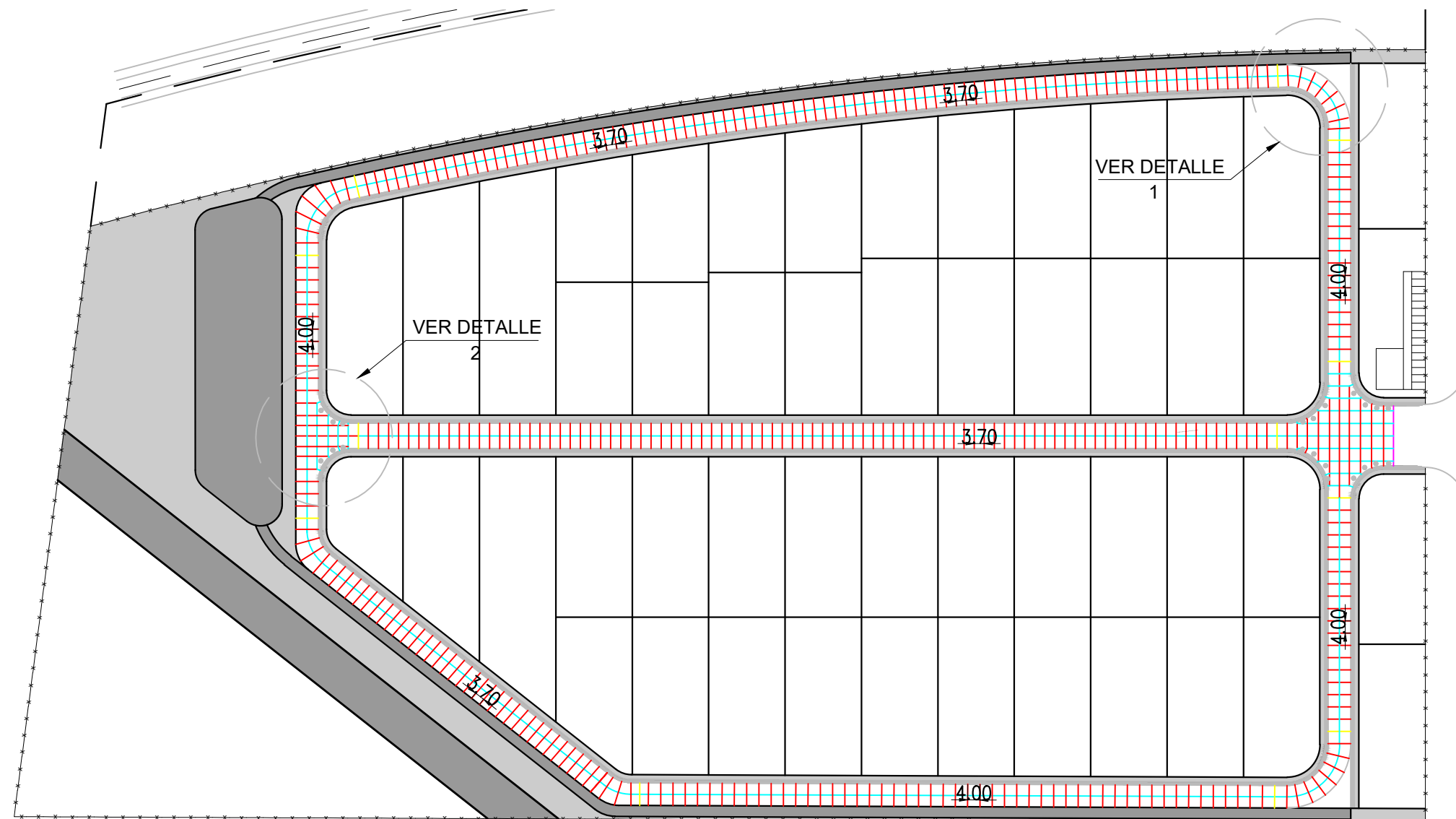
TOPE REBAJADO

JUNTA PREMOLDEADA O DE MADERA COMPRESIBLE

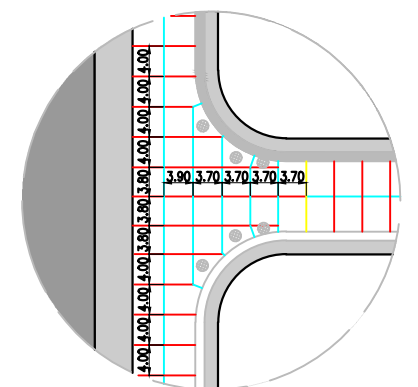
NOTA: EN CASO DE JUNTA DE EXPANSIÓN CONTRA PAVIMENTO RÍGIDO EXISTENTE, SE DEBE PERFORAR LA LOSA DE DICHO PAVIMENTO.

Diagrama de detalle de la junta de un albañal. Muestra la conexión entre un elemento de hormigón (1,2 e) y un albañal. Se indica un sellador en la junta superior y un relleno de junta en la inferior. La distancia mínima entre el elemento y el albañal es de 1,5 e. El espesor del albañal es de 1 cm.

RELLENO DE JUNTA



Esc: 1:1



Esc: 1:1

REFERENCIAS:

- JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN CON PASADORES
- JUNTA LONGITUDINAL DE CONTRACCIÓN O ARTICULACIÓN DE BARRAS DE UNIÓN
- JUNTA LONGITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN O ENSAMBLADA DE BORDES LIBRES
- JUNTA TRANSVERSAL DE DILATACIÓN O EXPANSIÓN
- LOSA TABIQUE CONTRA CALZADA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO O NO PAVIMENTADA
-  LOSA ARMADA MALLA Fe Φ 8mm. (15x15) EN EL PLANO MEDIO DE LA JUNTA

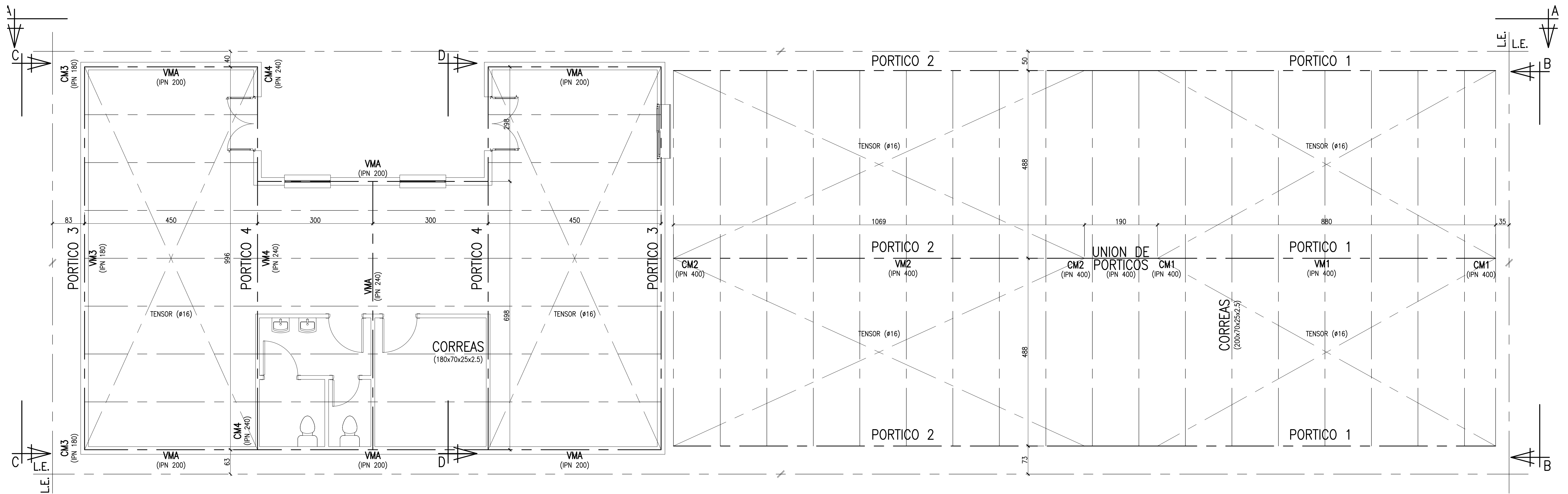


Esc: 1:2000

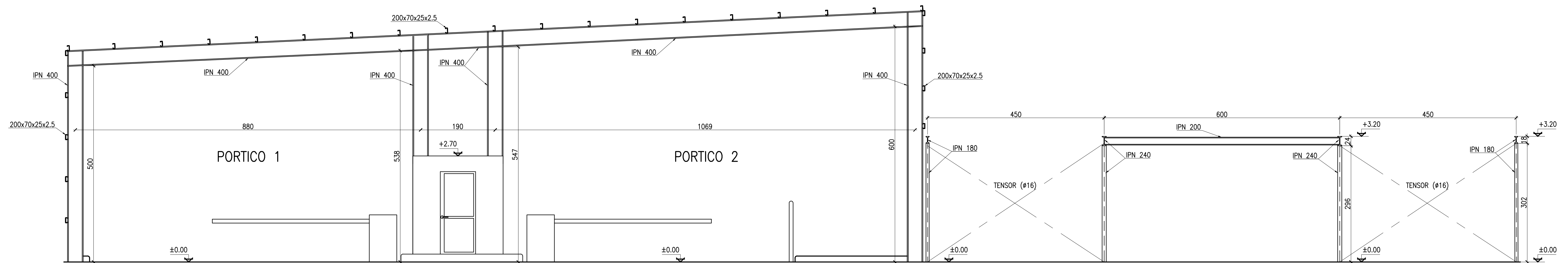
Nº PLANO

V03

NOTAS:
1- MEDIDAS EN CM Y NIVELES EN M SALVO INDICACION.
2- LAS ESTRUCTURAS METALICAS SE HAN REPRESENTADO CON SU EJE

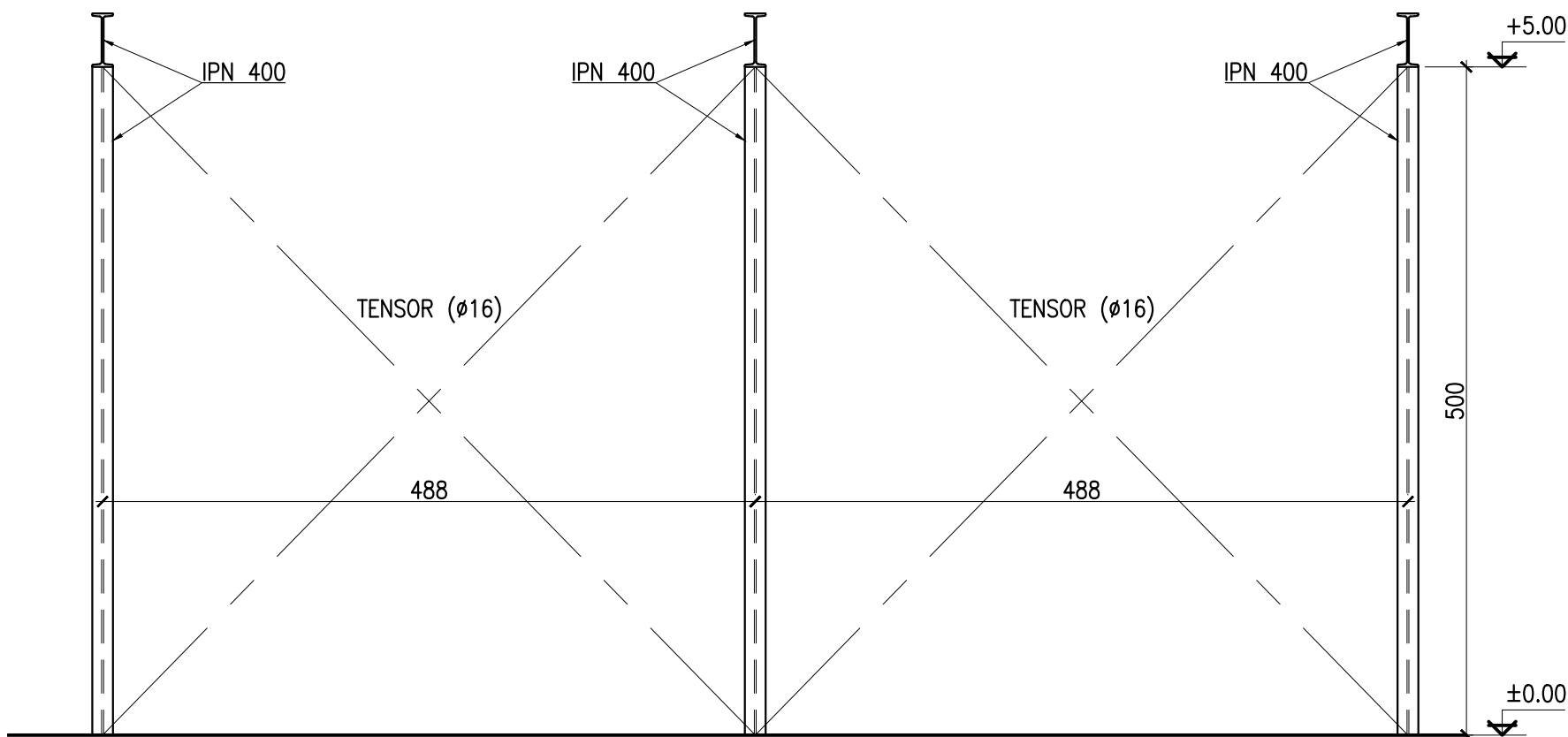


PLANTA ESTRUCTURA
ESCALA 1:50

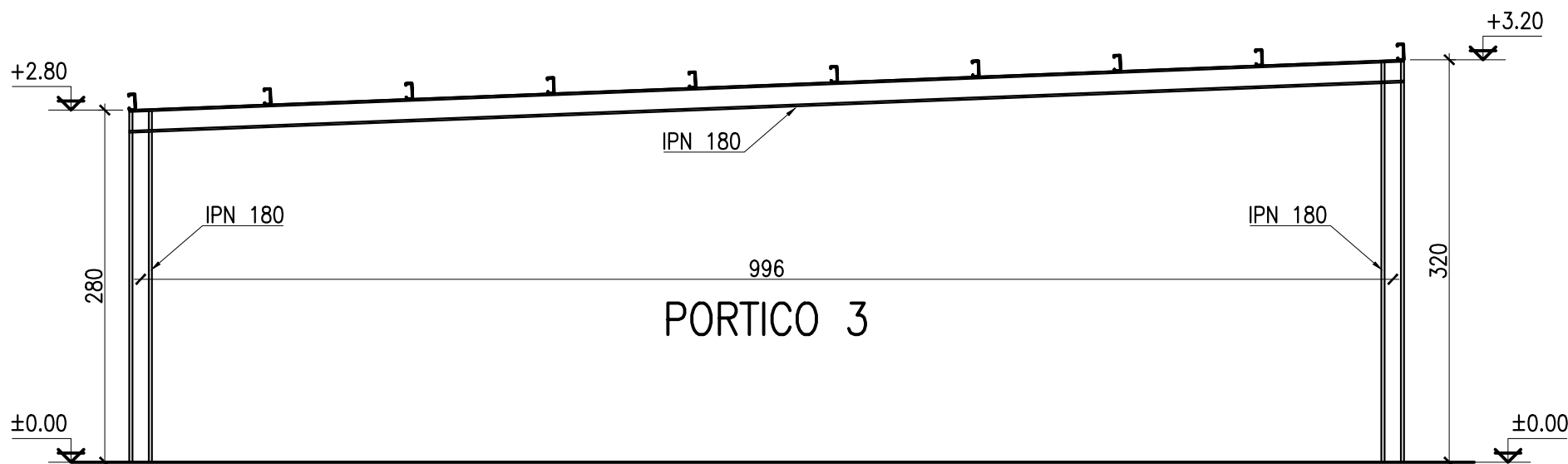


A-A (VISTA NORTE)
ESCALA 1:50

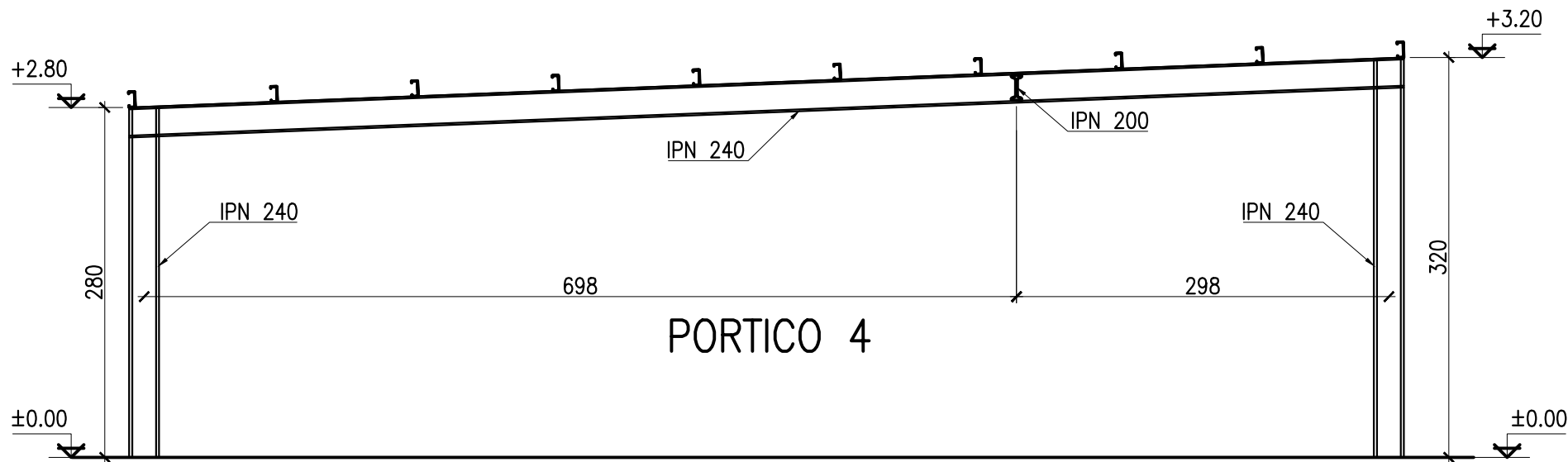
PERFILES CONFORMADOS
EN FRIO A-36
PERFILES LAMINADOS F-24



B-B (VISTA ESTE)
ESCALA 1:50

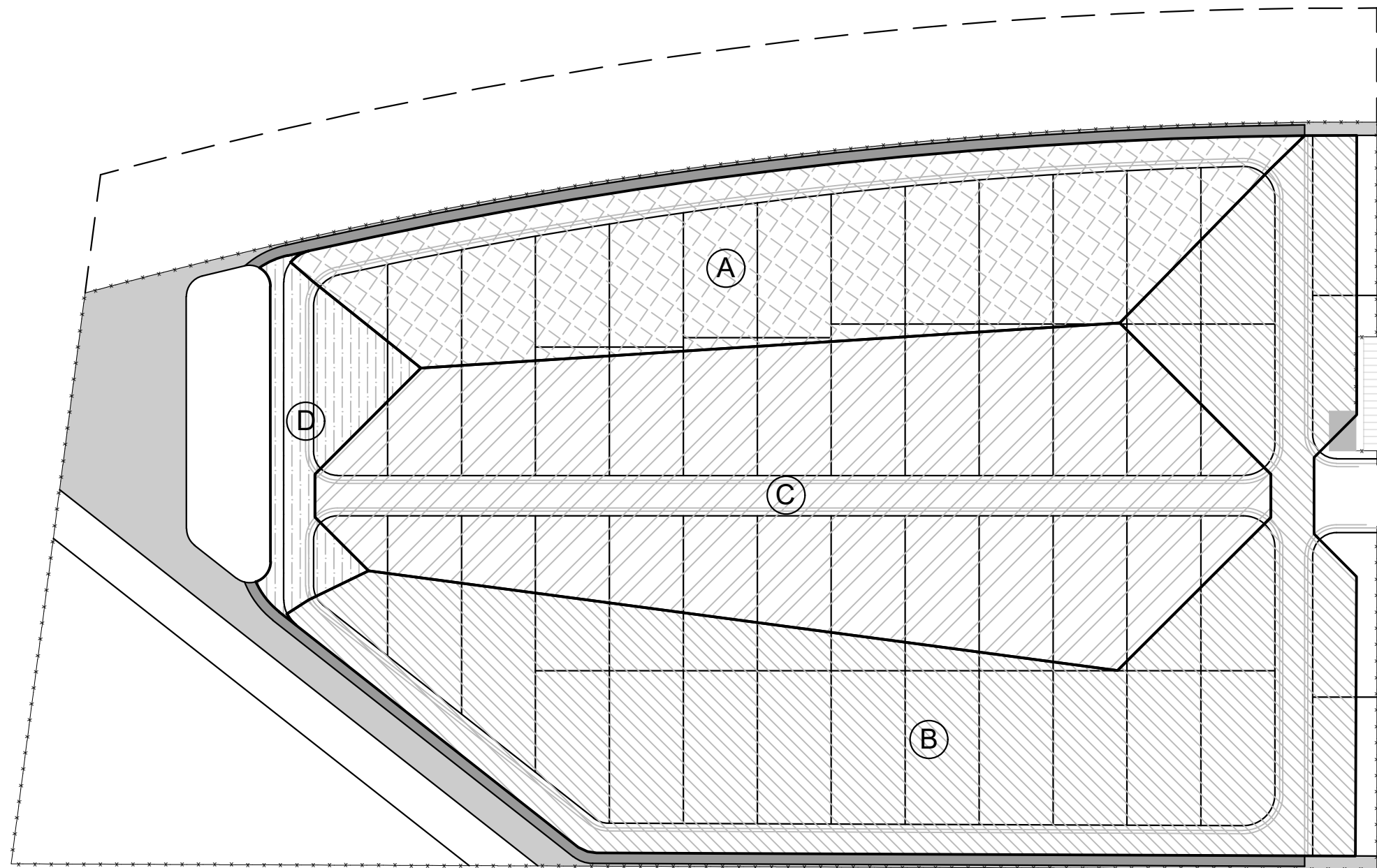


C-C (VISTA OESTE)
ESCALA 1:50



CORTE D-D
ESCALA 1:50

PERFILES CONFORMADOS
EN FRIO A-36
PERFILES LAMINADOS F-24



DISTRIBUCIÓN DE CUENCAS

PROYECTO IV
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR



DISTRIBUCIÓN DE CUENCAS
Parque Industrial - ARTEAGA, SANTA FE

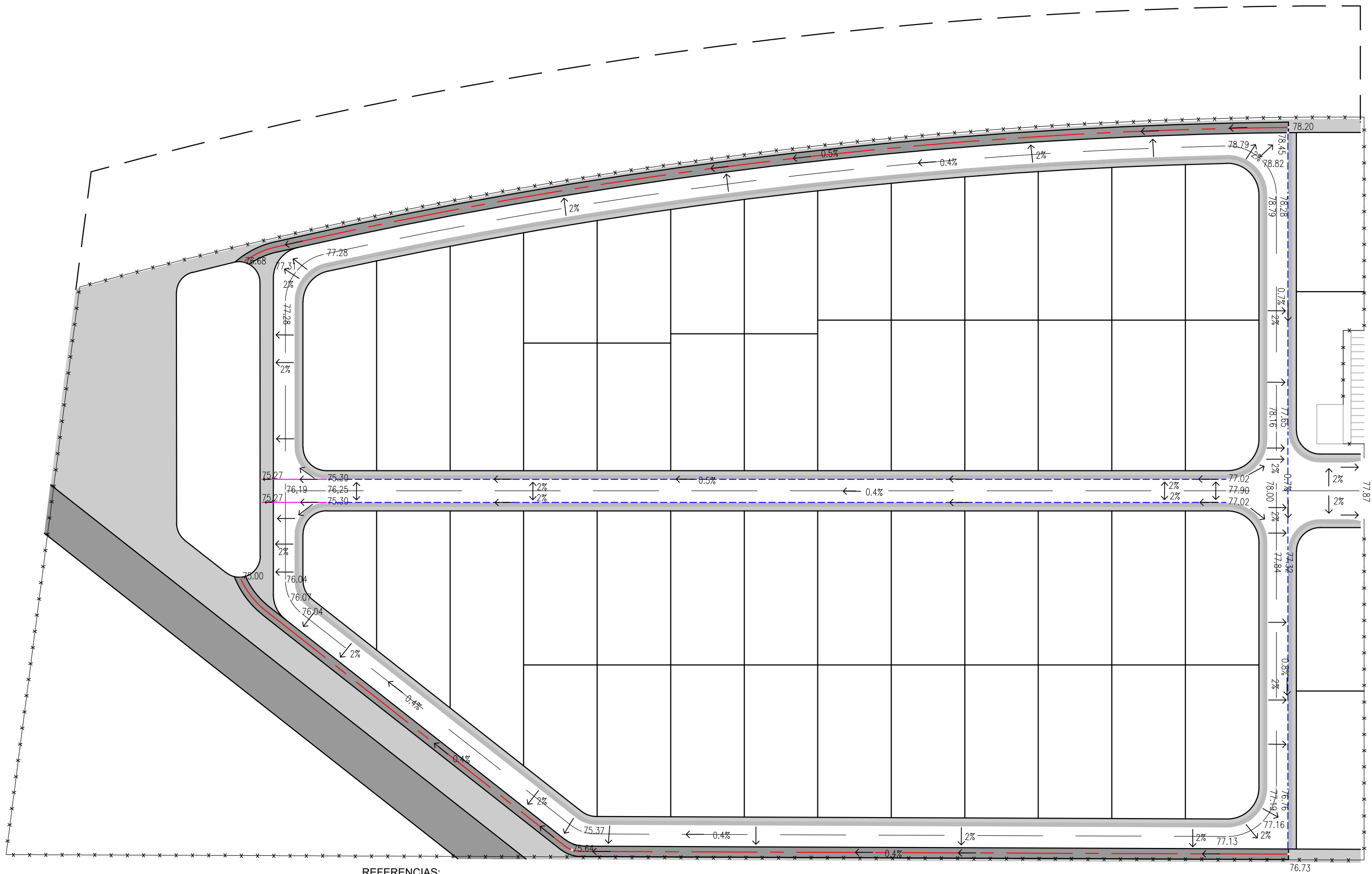
Nº PLANO

PROYECTISTAS:
Artigas, Capdevila, Pintor y Serafini

Esc: 1:2000

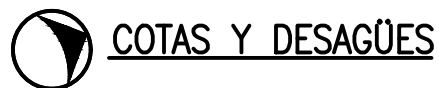
FECHA: 04.08.2026

H01



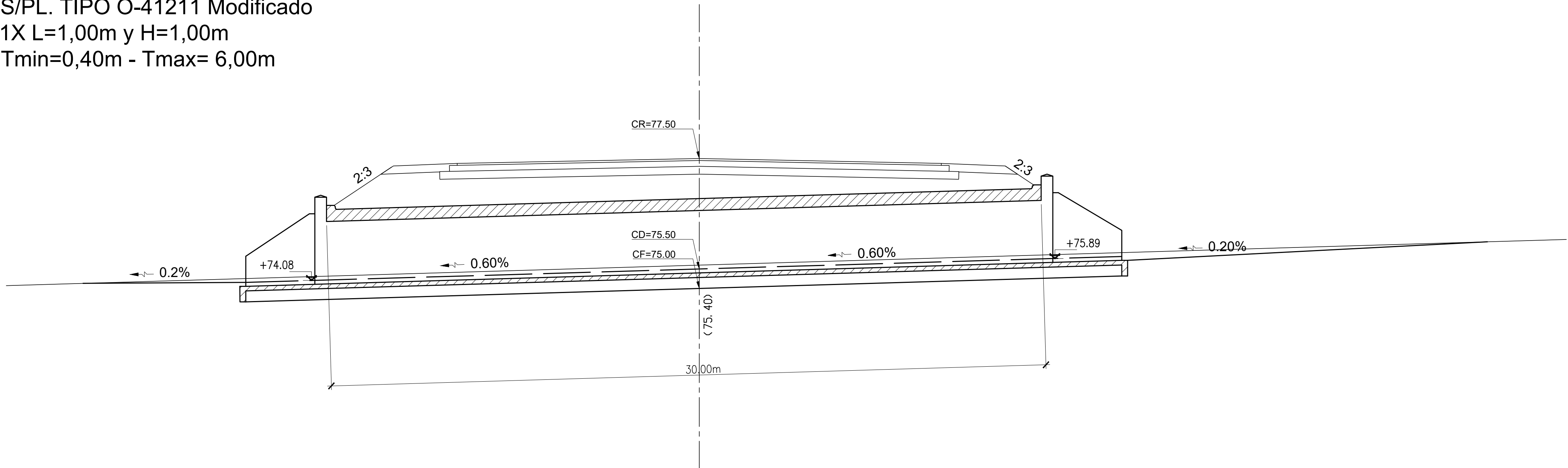
REFERENCIAS:

- EJE ALBAÑAL
- EJE CONDUCTO ENTUBADO
- EJE CALLE
- EJE CANAL
- ESCURRIMIENTO DEL AGUA
- COTA PROYECTO
- PENDIENTE

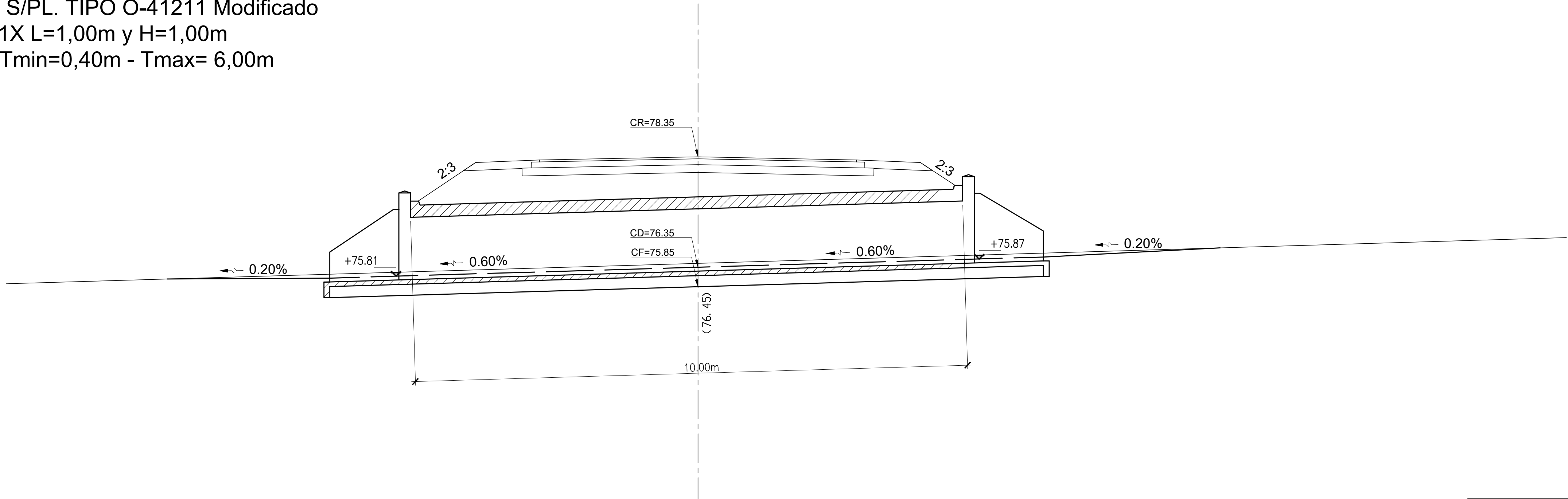


PROYECTO IV ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR				
PLANIMETRÍA Y DESAGÜES Parque Industrial - ARTEAGA, SANTA FE				Nº PLANO
PROYECTISTAS: Artigas, Capdevila, Pintor y Serafini	Esc. 1:1	FECHA: 04.08.2026		H02

ALCANTARILLA TRANSVERSAL DE H° A° ACCESO PARQUE
S/PL. TIPO O-41211 Modificado
1X L=1,00m y H=1,00m
Tmin=0,40m - Tmax= 6,00m



ALCANTARILLA TRANSVERSAL DE H° A° ACCESO RP N°92
S/PL. TIPO O-41211 Modificado
1X L=1,00m y H=1,00m
Tmin=0,40m - Tmax= 6,00m



REFERENCIAS

- PROYECTO
- TERRENO NATURAL
- (123, 45) COTA DE RASANTE
- (123, 45) COTA TERRENO NATURAL

NOTAS:

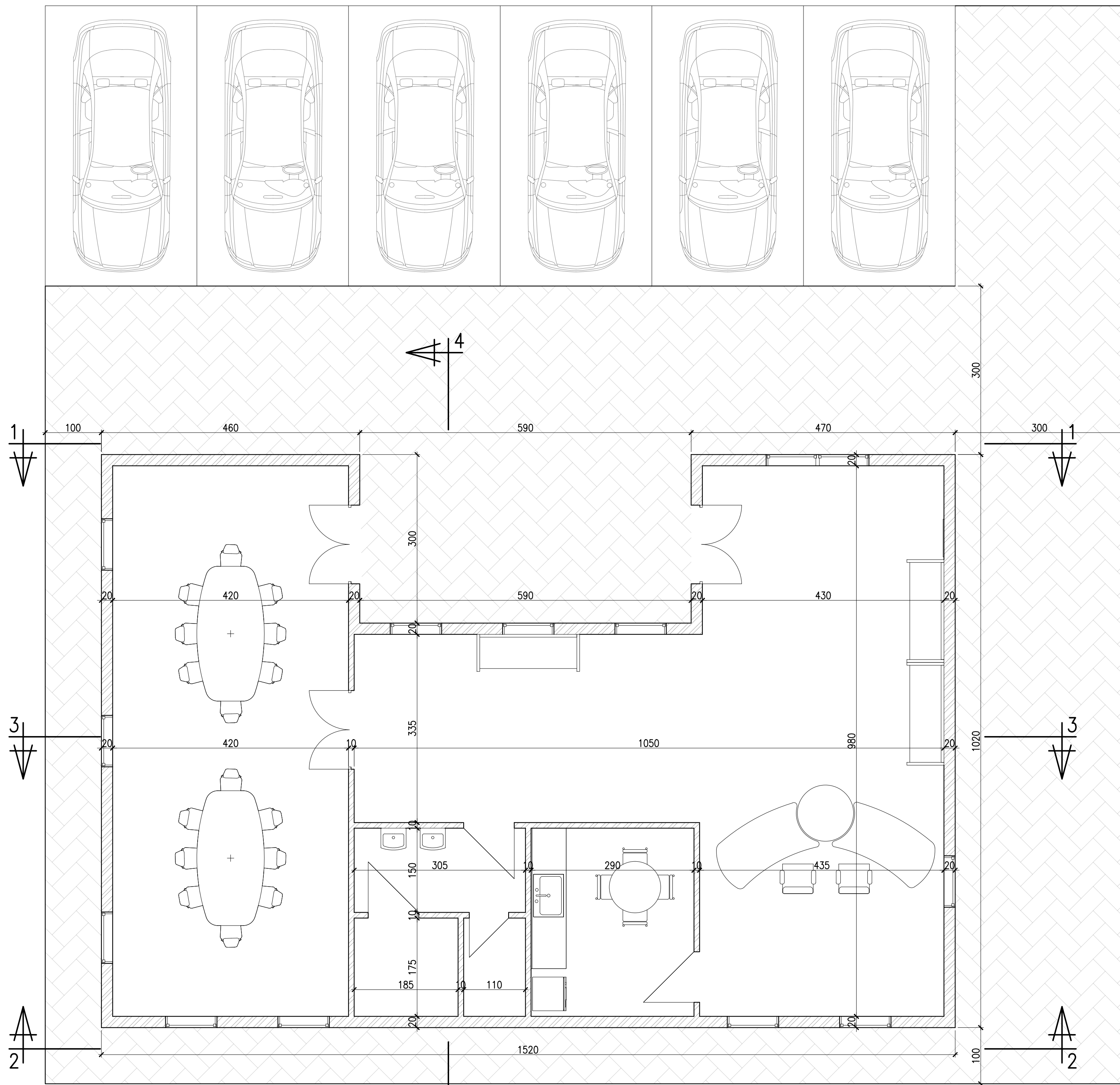
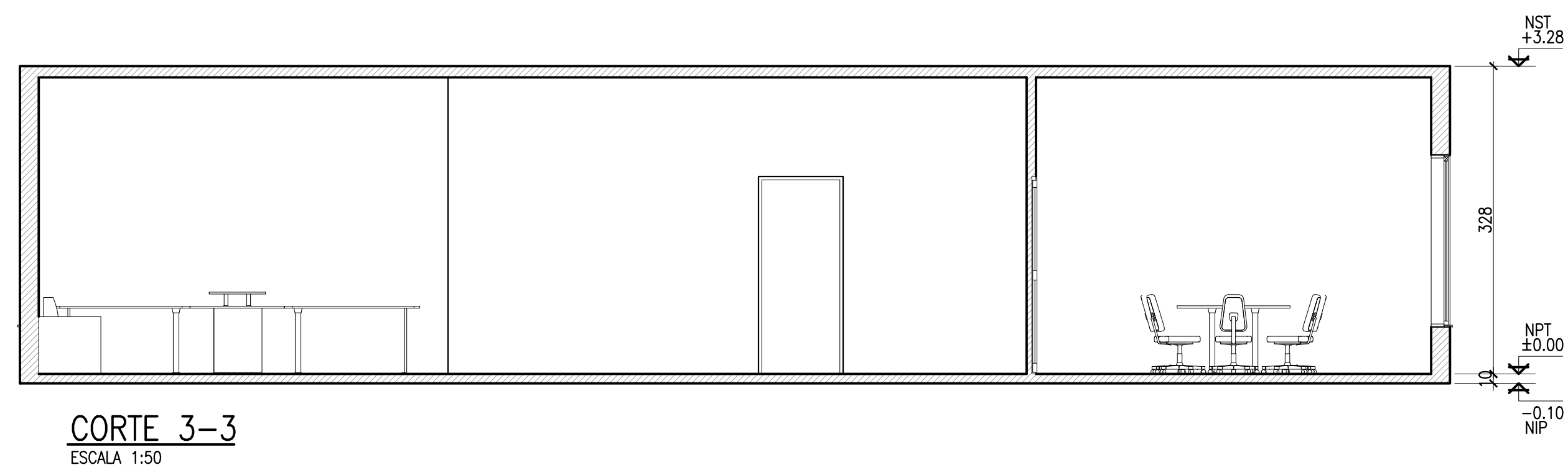
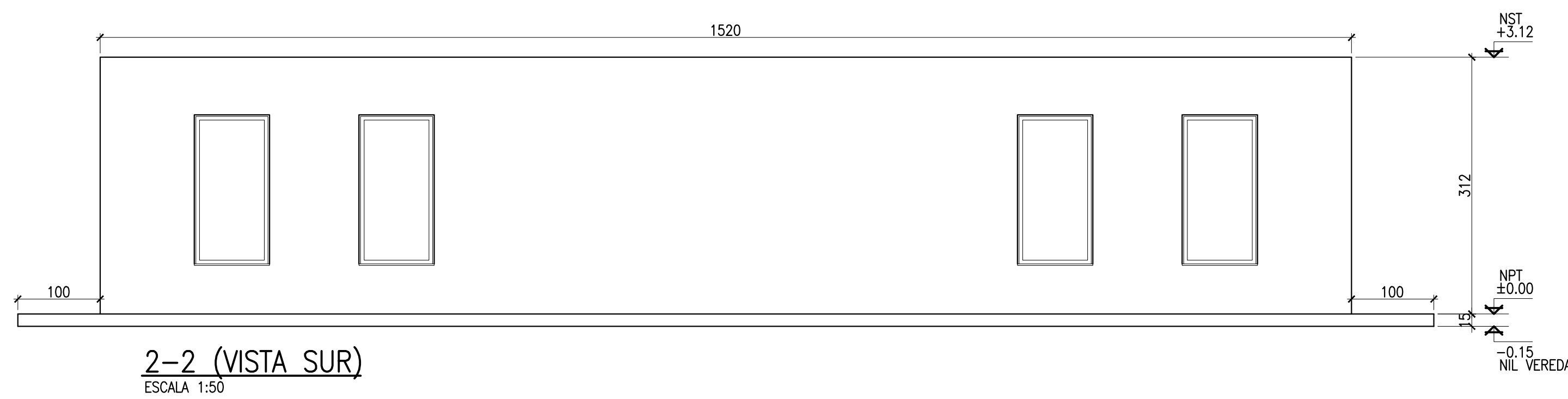
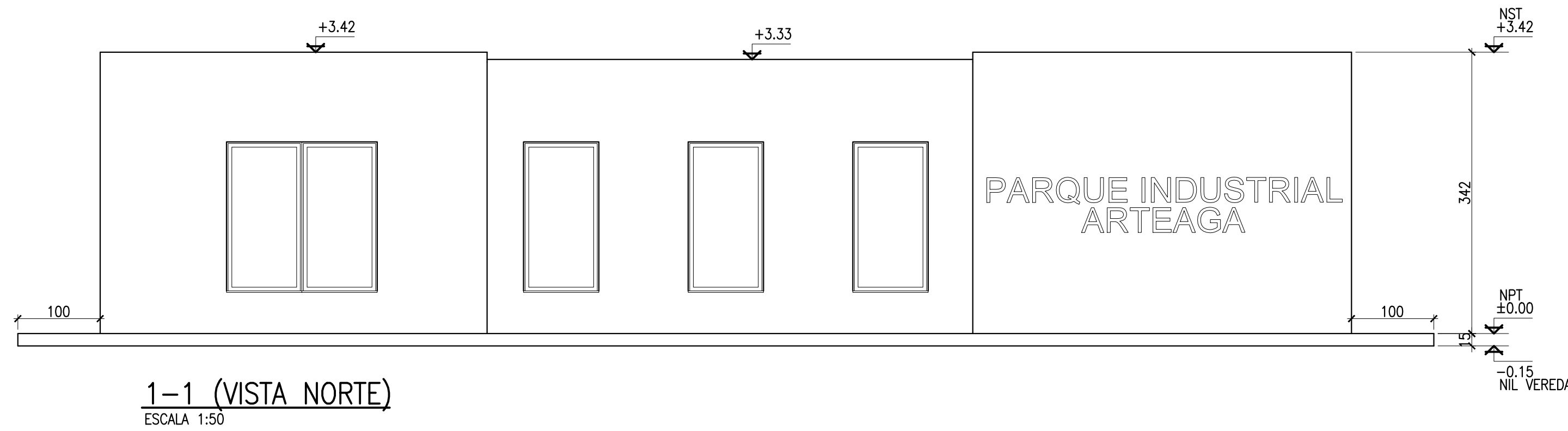
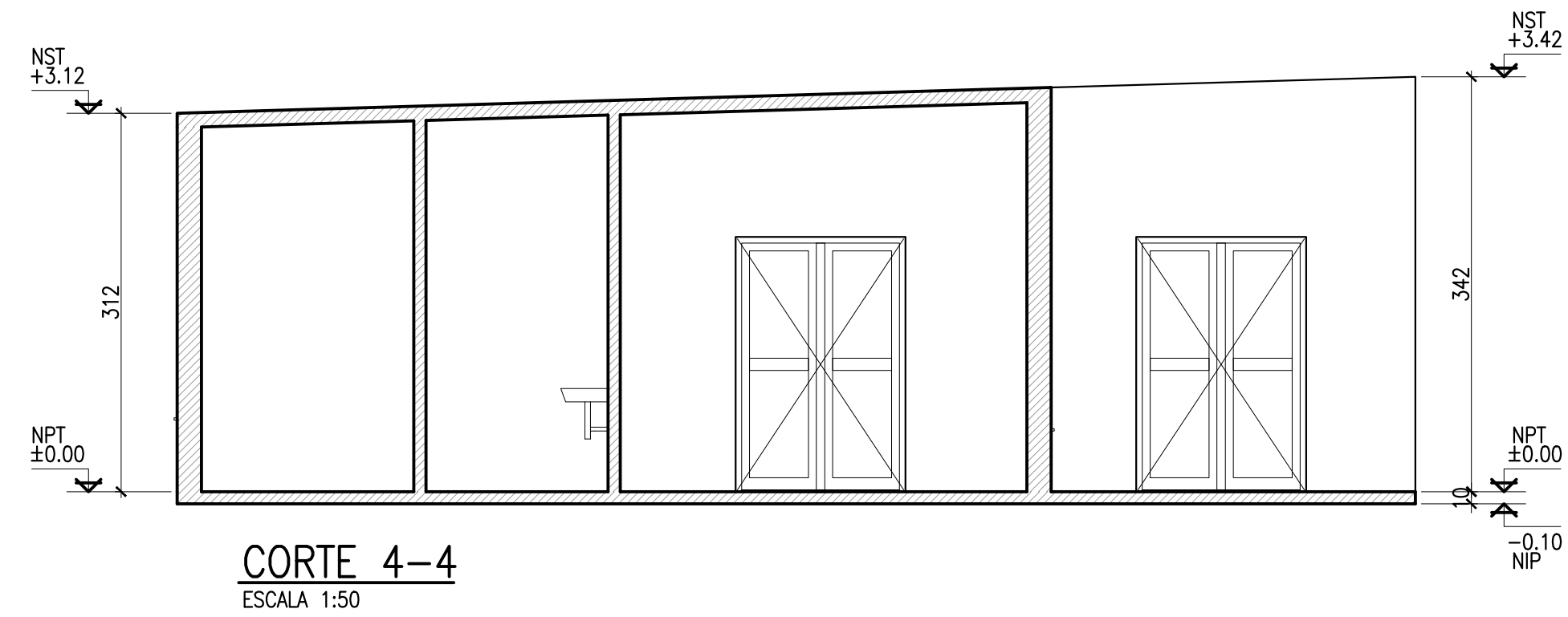
1- MEDIDAS EN CM Y NIVELES EN M SALVO INDICACION.

NST: NIVEL SUPERIOR DE TECHO

NIL: NIVEL INFERIOR DE LOSA

NIP: NIVEL INFERIOR DE PLATEA

VEREDA

PLANTA ARQUITECTURA
ESCALA 1:50PROYECTO IV
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNRPLANTA Y CORTES ARQUITECTURA
Parque Industrial - ARTEAGA, SANTA FEPROYECTISTAS:
Artigas, Capdevila, Pintor y Serafini

Esc: Indicadas

FECHA: 04.08.2026



Nº PLANO

A01

11. ANEXOS

Hidráulicos

Anexo H01 - Análisis Hidráulico.

Viales

Anexo V01 - Cálculo y Diseño de Pavimentos.

Estructurales

Anexo E01 - Diseño y Cálculo de Estructuras.

Anexo H01 - Análisis Hidráulico.

1. Caudal de diseño del arroyo

<

2. Dimensionamiento de los albañales y canales

El dimensionamiento de los albañales y canales se inicia con la identificación de las subcuencas de aporte correspondientes a cada tramo. Mediante la aplicación del Método Racional, se determina el caudal concurrente para cada sección.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA

GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

Tabla 1. Caudales de calles a transportar.

TRAMOS	Zona AI	Area total [m2]	AI	C imp	AP	C perm	C ponderado	L domicilio [km]	L por cuneta/albañal [km]	Tc mantiforme [min]	Tc bajo+albañal [min]	Tc [min]	I [mm/h] - R=5	Q [m3/s]
A+B	60%	14700	0,60	0,80	0,40	0,28	0,59	0,02	0,26 [1]	3	3	6	169,60	0,41
A	60%	7100	0,60	0,80	0,40	0,28	0,59	0,02	0,11 [2]	3	1	5	175,99	0,21
A+B+E	60%	40140	0,60	0,80	0,40	0,28	0,59	0,02	0,26	3	10	13	139,60	0,92
									0,45					
D	60%	34300	0,60	0,80	0,40	0,28	0,59	0,06	0,28	10	3	14	137,65	0,78
C	60%	20900	0,60	0,80	0,40	0,28	0,59	0,04	0,36	7	4	12	147,13	0,51

Tabla 2. Dimensionamiento y verificación.

Coronamiento	Desague	Calle	Q que tiene	Q total	Q resultante	n	Bf [m]	y [m]	A [m2]	P [m]	Rh [m]	Qdis	Qdis>Q	S	V [m/s]	Verifica V? [m/s]
Unica pendiente	Albanal	B	A+B	0,41	0,41	0,016	0,50	0,52	0,26	1,54	0,17	0,44	verifica	0,008	1,69	verifica
Unica pendiente	Canal	E	A+B+E	0,92	0,92	0,035		0,55	1,56	8,23	0,19	0,93	verifica	0,004	0,60	verifica
Diedro	Albanal	D	D	0,78	0,39	0,016	0,50	0,65	0,33	1,80	0,18	0,44	verifica	0,005	1,37	verifica
Unica pendiente	Canal	C	C	0,51	0,51	0,035		0,55	1,56	8,20	0,19	1,04	verifica	0,005	0,67	verifica
Unica pendiente	Albanal	A	A	0,21	0,21	0,016	0,50	0,40	0,20	1,30	0,15	0,30	verifica	0,007	1,50	verifica

Tabla 3. Verificación de calles.

Calle	Qcalzada R=100 anos [m3/s]	Pendiente	Qadm [m3/s]	Verificacion
A	0,43	0,007	0,59	verifica
B	0,85	0,008	1,03	verifica
C	1,06	0,004	1,91	verifica
D	0,97	0,005	0,97	verifica
E	1,93	0,0042	1,96	verifica

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA

GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

Tabla 4. Verificación de calles.

Q adm - Calzada A - Dejando 1 carril libre		
A	0,87	m2
P	18,53	m
Rh	0,05	m
n	0,016	
Q sin i%	7,08	m3/s

Q adm - Calzada B - Llegando a 8cm umbral		
A	1,17	m2
P	18,77	m
Rh	0,06	m
n	0,016	
Q sin i%	11,50	m3/s

Q adm - Calzada D - Dejando 1/3 carril libre		
A	1,58	m2
P	30,34	m
Rh	0,05	m
n	0,016	
Q sin i%	13,77	m3/s

Q adm - Canal C - Dejando 1 carril libre		
A	2,03	m2
P	17,5	m
Rh	0,12	m
n	0,016	
Q sin i%	30,18	m3/s

Q adm - Canal E - Dejando 1 carril libre		
A	2,03	m2
P	17,5	m
Rh	0,12	m
n	0,016	
Q sin i%	30,18	m3/s

3- Dimensionamiento del reservorio

Tabla 5. Caudales máximos en reservorio post - propuesta para R=100 años.

Subcuenca	Zona AI	Area total [m2]	AI	C imp	AP	C perm	C ponderado	L domicilio [km]	L por cuneta/albanal [km]	Tc mantiforme [min]	Tc bajo+albanal [min]	Tc [min]	I [mm/h] - R=100	Q [m3/s]
A	60%	20900	0,60	0,97	0,40	0,41	0,75	0,04	0,36 [9]	7,3	4,2	12	187,92	0,81
B	60%	40140	0,60	0,97	0,40	0,41	0,75	0,02	0,26 [10]	3,3	9,9	13	179,02	1,49
									0,45 [11]					
C	60%	34300	0,60	0,97	0,40	0,41	0,75	0,06	0,28 [12]	10,3	3,7	14	175,46	1,25
									0,03					
D	60%	4000	0,60	0,97	0,40	0,41	0,75	0,03	0,01 [13]	5,0	0,3	5	231,69	0,19
									0,01 [14]					

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA

GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

Tabla 6. Caudales máximos en reservorio pre - propuesta para R=100 años.

Caudales maximos en reservorio ACTUAL R=100														
Subcuenca	Zona AI	Area total [m2]	AI	C imp	AP	C perm	C ponderado	L domicilio [km]	L por cuneta/albanal [km]	Tc mantiforme [min]	Tc bajo+albanal [min]	Tc [min]	I [mm/h] - R=100	Q [m3/s]
TOTAL	0%	99340	0	0,97	1,00	0,41	0,41	0,55	- [19]	92	-	92	63,83	0,72
									- [20]					

Tabla 7. Datos para dimensionamiento del reservorio para R=100 años.

R = 100 años								
Cuenca	Área [km2]	Tc pre parque industrial [min]	i [mm/hs]	Cahora	Cfuturo	Qcorte [m3/s]	Qmax [m3/s]	Tc futuro [min]
A	0,021	92	63,83	0,41	0,75	0,15	0,81	11,56
B	0,040	92	63,83	0,41	0,75	0,29	1,49	13,27
C	0,034	92	63,83	0,41	0,75	0,25	1,25	14,01
D	0,004	92	63,83	0,41	0,75	0,03	0,19	5,28
Total	0,099	92	63,83	0,41	0,75	0,72		

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

Tabla 8. MRM para dimensionamiento del reservorio para R=100 años.

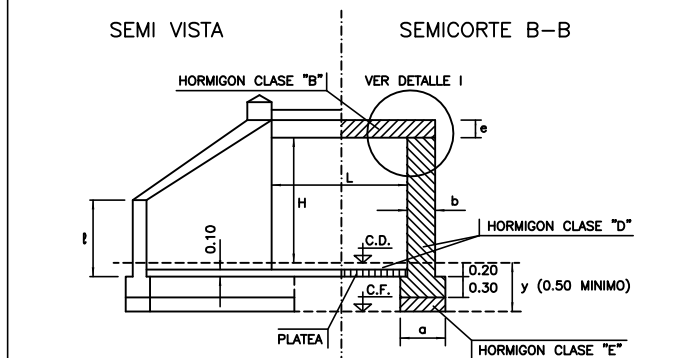
CUENCA TOTAL					
D [min]	i [mm/hs]	Cfuturo	Qentrada [m3/s]	Qcorte [m3/s]	Vol. reservorio
14,01 [21]	175,46	0,75	3,61	0,72	1943,75
19,01	155,08	0,75	3,19	0,72	2348,02
24,01	139,41	0,75	2,87	0,72	2639,81
29,01	126,95	0,75	2,61	0,72	2852,48
34,01	116,77	0,75	2,40	0,72	3006,89
39,01	108,28	0,75	2,23	0,72	3116,79
44,01	101,09	0,75	2,08	0,72	3191,72
49,01	94,90	0,75	1,95	0,72	3238,51
54,01	89,52	0,75	1,84	0,72	3262,22
59,01	84,78	0,75	1,75	0,72	3266,68
64,01	80,59	0,75	1,66	0,72	3254,87
69,01	76,84	0,75	1,58	0,72	3229,12
74,01	73,46	0,75	1,51	0,72	3191,31
79,01	70,41	0,75	1,45	0,72	3142,97
84,01	67,63	0,75	1,39	0,72	3085,37
89,01	65,09	0,75	1,34	0,72	3019,54
94,01	62,76	0,75	1,29	0,72	2946,37
99,01	60,61	0,75	1,25	0,72	2866,62
104,01	58,63	0,75	1,21	0,72	2780,91
109,01	56,78	0,75	1,17	0,72	2689,79
114,01	55,06	0,75	1,13	0,72	2593,76
119,01	53,46	0,75	1,10	0,72	2493,22
124,01	51,96	0,75	1,07	0,72	2388,54
129,01	50,56	0,75	1,04	0,72	2280,04
134,01	49,23	0,75	1,01	0,72	2168,01
139,01	47,99	0,75	0,99	0,72	2052,72
144,01	46,81	0,75	0,96	0,72	1934,37
149,01	45,70	0,75	0,94	0,72	1813,19
154,01	44,65	0,75	0,92	0,72	1689,35
159,01	43,65	0,75	0,90	0,72	1563,02
164,01	42,70	0,75	0,88	0,72	1434,36
169,01	41,79	0,75	0,86	0,72	1303,50
174,01	40,93	0,75	0,84	0,72	1170,57
179,01	40,11	0,75	0,83	0,72	1035,68
184,01	39,32	0,75	0,81	0,72	898,95
189,01	38,57	0,75	0,79	0,72	760,46
194,01	37,86	0,75	0,78	0,72	620,30
199,01	37,17	0,75	0,77	0,72	478,57

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA

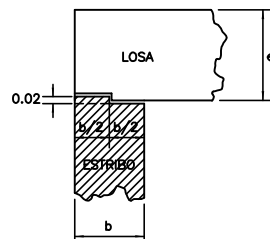
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

Tabla 9. Propuesta de reservorio para R=100 años.

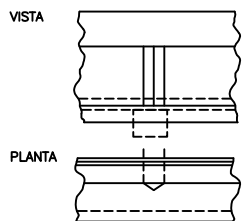
CUENCA TOTAL		
D [min]	Q [m3/s]	Q corte [m3/s]
0	0	0,72
14,01	1,75	0,72
59,01	1,75	0,72
73,02	0	0,72
Volumen acumulado		6180 m3
Volumen a embalsar		3267 m3
DATOS ARROYO		
CTN	75,35	m
CF arroyo	73,35	m
y (R=25 años)	1,97	m
y (R=5 años)	1,52	m
PROPUESTA RESERVORIO		
H	0,85	m
Area talud (planta)	1065	m
Área talud	1,125	m2
Vol. talud	1198,13	m3
Area fondo (planta)	2485	m
Vol. RECTANG.	2112,25	m
Vol. reservorio	3310	m3
Vol a embalsar	3267	m3
y	0,84	m



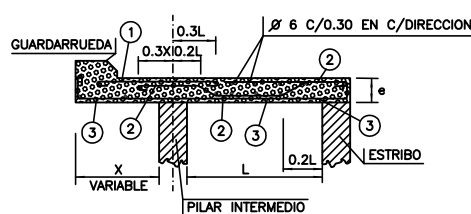
DETALLE I CORTE B-B
(DIENTES EN LOS ESTRIBOS Y LOSA)



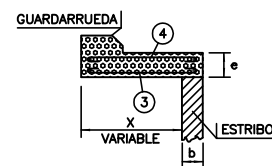
PILAR INTERMEDIO
PARA LUCES MÚLTIPLES



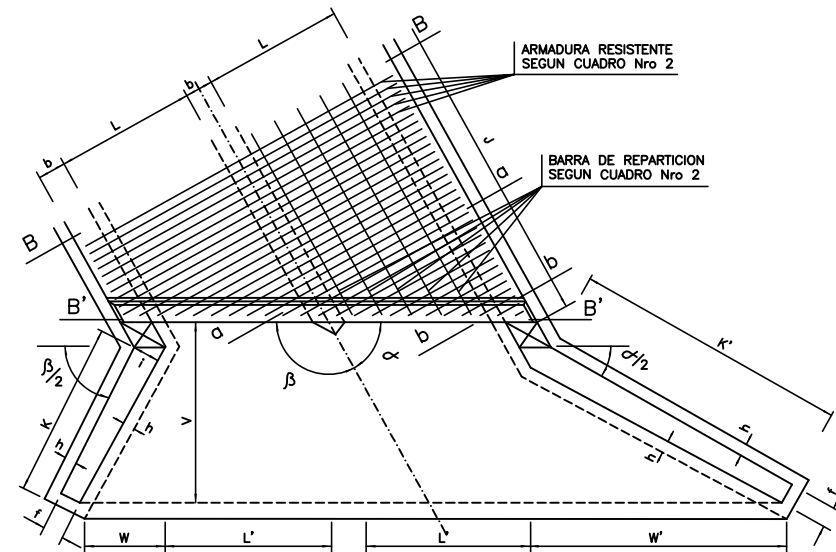
SECCION a-a PARA ALCANTARILLA DE 2 LUCES



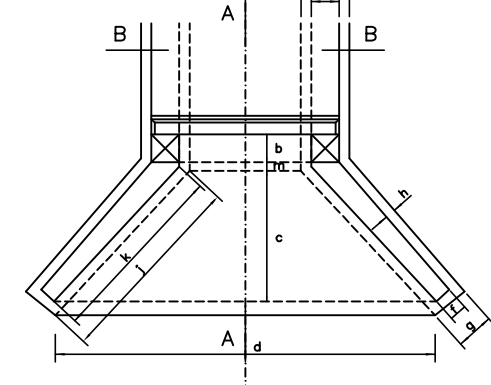
SECCION b-b



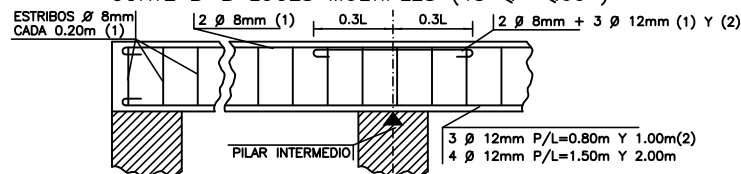
DISPOSICION DE ARMADURA DE ALCANTARILLA OBLICUA
PARA VALORES DE α ENTRE 45° Y 85°



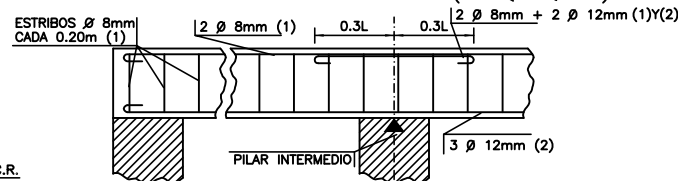
SEMI PLANTA



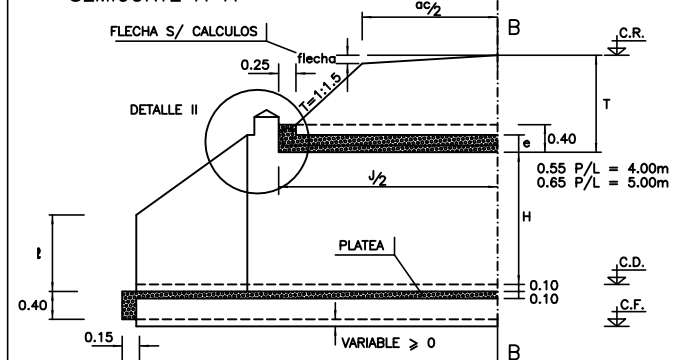
CORTE B-B LUCES MÚLTIPLES (45° ≤ α ≤ 60°)



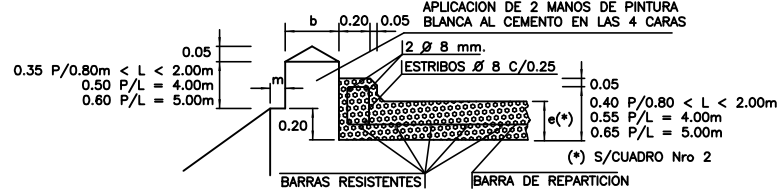
CORTE B-B LUCES MÚLTIPLES (60° ≤ α ≤ 85°)



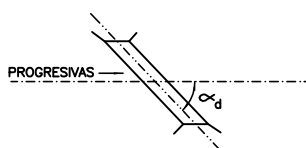
SEMICORTE A-A



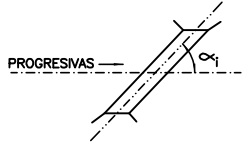
DETALLE II CORTE A-A



ALCANTARILLA OBLICUA DERECHA (α d)



ALCANTARILLA OBLICUA IZQUIERDA (α i)



CUADRO Nro 1															
ALCANTARILLA RECTA - DIMENSIONES															
	L	H	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
0,80 A 2,00		0,50	0,45	0,20	0,84	L+1,68		0,15	0,29	0,07	0,20	1,36	1,18	0,25	0,08
		0,75	0,45	0,25	1,04	L+2,08		0,15	0,33	0,09	0,25	1,61	1,47	0,38	0,10
		1,00	0,45	0,25	1,23	L+2,46		0,15	0,33	0,09	0,25	1,88	1,74	0,51	0,10
		1,25	0,60	0,30	1,44	L+2,88		0,20	0,42	0,11	0,30	2,26	2,04	0,64	0,12
		1,50	0,60	0,30	1,63	L+3,26		0,20	0,42	0,11	0,30	2,53	2,31	0,77	0,12
		1,75	0,65	0,35	1,83	L+3,65		0,25	0,49	0,12	0,35	2,81	2,59	0,90	0,14
		2,00	0,70	0,40	2,03	L+4,06		0,30	0,54	0,12	0,40	3,10	2,88	1,03	0,14
		2,25	0,75	0,45	2,23	L+4,46		0,35	0,61	0,13	0,45	3,39	3,16	1,16	0,15
3,00		0,75	0,50	0,25	1,04	L+2,08		0,15	0,33	0,09	0,25	1,61	1,47	0,38	0,10
		1,00	0,60	0,25	1,23	L+2,46		0,15	0,33	0,09	0,30	1,88	1,74	0,51	0,12
		1,25	0,60	0,30	1,44	L+2,88		0,20	0,42	0,11	0,30	2,26	2,04	0,64	0,12
		1,50	0,70	0,30	1,63	L+3,26		0,20	0,44	0,12	0,35	2,53	2,31	0,77	0,14
		1,75	0,70	0,35	1,83	L+3,65		0,25	0,49	0,12	0,40	2,81	2,59	0,90	0,14
		2,00	0,80	0,40	2,03	L+4,06		0,30	0,54	0,12	0,40	3,10	2,88	1,03	0,14
		2,25	0,85	0,45	2,23	L+4,46		0,35	0,61	0,13	0,45	3,39	3,16	1,16	0,15
		2,50	0,90	0,50	2,43	L+4,86		0,40	0,68	0,14	0,50	3,68	3,44	1,29	0,16
4,00		1,00	0,60	0,25	1,23	L+2,46		0,15	0,29	0,07	0,25	1,88	1,74	0,51	0,10
		1,25	0,70	0,30	1,44	L+2,88		0,20	0,42	0,11	0,30	2,26	2,04	0,64	0,12
		1,50	0,70	0,30	1,63	L+3,26		0,20	0,42	0,11	0,30	2,53	2,31	0,77	0,12
		1,75	0,80	0,35	1,83	L+3,65		0,25	0,49	0,12	0,35	2,81	2,59	0,90	0,14
		2,00	0,90	0,40	2,03	L+4,06		0,30	0,54	0,12	0,40	3,10	2,88	1,03	0,14
		2,25	0,95	0,45	2,23	L+4,46		0,35	0,61	0,13	0,45	3,39	3,16	1,16	0,15
		2,50	1,00	0,50	2,43	L+4,86		0,40	0,68	0,14	0,50	3,68	3,44	1,29	0,16
		2,75	1,05	0,55	2,63	L+5,26		0,45	0,75	0,15	0,55	3,97	3,72	1,42	0,17
5,00		1,00	0,65	0,30	1,23	L+2,46		0,15	0,29	0,07	0,25	1,88	1,74	0,51	0,10
		1,25	0,75	0,35	1,44	L+2,88		0,20	0,42	0,11	0,30	2,26	2,04	0,64	0,12
		1,50	0,75	0,35	1,63	L+3,26		0,20	0,42	0,11	0,30	2,53	2,31	0,77	0,12
		1,75	0,85	0,40	1,83	L+3,65		0,25	0,49	0,12	0,35	2,81	2,59	0,90	0,14
		2,00	0,95	0,45	2,03	L+4,02		0,30	0,54	0,12	0,40	3,10	2,88	1,03	0,14
		2,25	1,00	0,50	2,23	L+4,42		0,35	0,61	0,13	0,45	3,39	3,16	1,16	0,15
		2,50	1,05	0,55	2,43	L+4,82		0,40	0,68	0,14	0,50	3,68	3,44	1,29	0,16
		2,75	1,10	0,60	2,63	L+5,22		0,45	0,75	0,15	0,55	3,97	3,72	1,42	0,17

Anexo V01 - Cálculo y diseño de pavimentos.

1. DISEÑO DE PAVIMENTO, TRÁNSITO Y MATERIALES

1.1 Solicitaciones

Se determina la solicitud del tránsito del tramo en estudio en función de un valor “N”, el cual representa la cantidad de reiteraciones del eje estándar de 8.16 t equivalente en efecto destructivo al espectro real de cargas, en un carril, y a lo largo del período de diseño. Dicho número N se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$N_{(8.16t)} = TMDA_0 \times Fd \times Fc \times Fax \times Fp \times \sum_i (\% veh_i \times Ce_{(8.16t) i})$$

Los datos de partida son los mostrados en la Tabla 11. De esta manera, se proyecta el TMDA considerando una tasa de crecimiento del 3% anual.

Tabla 10: Datos del Tramo RP N°15 - RP N°6S.

DATOS	
Tipo de pavimento	Flexible
TMDA (RP N°15 - RP N°6S) - 2024	223
Factor de direccionalidad Fd	0,60
Factor de carril Fc	1,00
Factor de valor diario Fa	365
Tasa de crecimiento del tránsito r	0,03
Período de diseño [años]	15
Inicio del período de diseño	2027
TMDA (RP N°15 - RP N°6S) - 2027	237
Factor de acumulacion del transito Fp	19,16
TMDA (RP N°15 - RP N°6S) - 2041	370

Tabla 11: Clasificación vehicular.

CLASIFICACIÓN				
			Ce	%Veh . Ce
Camiones 2027	100%	237		
Total que ingresan al parque				
Camiones medianos	100%	73	0,6	0,6
Camiones pesados	100%	164	1,6	1,6

Por lo tanto el N de diseño es: $1,28 \times 10^6$

2. Pavimento flexible para carriles de aceleración, desaceleración y camino rural

2.1 Dimensionamiento paquete carriles - Método AASHTO 1993

Para determinar el Número Estructural requerido (SN), se utilizó el software AASHTO, incorporando los parámetros de diseño detallados en la Tabla 13.

Tabla 12: SN calculo.

Cálculo del número estructural SN requerido	
Mr [psi]	4500
R [%]	80
So	0,49
PSI0	4,2
PSIF	2,5
Δ PSI	1,7
Zr	1,282
W18=N	1,28E+06

En la Figura 1 se aprecian los resultados arrojados por el software.

Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Vázquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento:
☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confianza (R) y Desviación estándar (So):
 80 % Zr=0.841 So 0.49

Serviciabilidad inicial y final:
 PSI inicial 4.2 PSI final 2.5

Módulo resiliente de la subrasante:
 Mr 4500 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:
 Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis:
☒ Calcular SN ☐ Calcular W18

Número Estructural:
 SN = 4.12

Observaciones:

Calcular Salir

Figura 1. Resultados obtenidos.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

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

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

Donde:

a_1 : coeficientes de capa

D_1 : espesores de capa

m_1 : coeficientes de drenaje

Se comienza con la propuesta de cinco capas, las cuales se indican en la Tabla 14, donde también se pueden apreciar los valores de CBR propuestos.

Tabla 13: Paquete estructural pavimento flexible.

Paquete estructural								
Capas			Espesor [cm]	Material	CBR [%]	ai [1/cm]	mi	SNi
Capas ligadas		Carpeta de rodamiento	5	CAC D19 CA30	-	0,177	-	0,89
		Base superior	6	CAC D19 CA30	-	0,177	-	1,06
Capas no ligadas		Base asfáltica	20	Estabilizado granular	80	0,053	1	1,06
		Sub base superior	15	Suelo Cal	20	0,037	1	0,56
		Sub base inferior	15	Suelo seleccionado	20	0,037	1	0,56
							SN diseño	4,13

En la tabla 14 se observan los espesores propuestos para cada capa, y el SN de diseño obtenido, dando como resultado un valor de 4,13. Vale destacar que los coeficientes de capa fueron obtenidos con los gráficos y nomogramas que brinda el método AASHTO.

Se observa que el SN de diseño (4,13) es mayor que el SN requerido (4,12). 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.

Tabla 14: Verificación de Software.

Verificación	
SN diseño	4,13
SN requerido	4,12
Condición	Verifica

3. Pavimento rígido para calles internas al parque

3.1 Solicitaciones

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.

Tabla 15: Vehículos tipo adoptados para el dimensionamiento.

Camiones	
Cantidad de camiones por día	237
Porcentaje S1-S1-D3	73
Porcentaje S1-D1-D2	164

Tabla 16: Pesos máximos por ley .

PESOS MÁXIMO POR LEY	
Tipo de eje	Peso Máximo [tn]
S1	6,0
D1	10,5
D2	18,0
D3	25,5

Tabla 17: Frecuencia de cargas.

Frecuencias de Cargas						
Tipo de camión	Cant. veh. diarios	Cant. veh. /1000	Cantidad ejes S1	Cantidad ejes D1	Cantidad ejes D2	Cantidad ejes D3
S1-S1-D3	73	308	616		0	308
S1-D1-D2	164	692	692	692	692	
Total	237	1000	1308	692	692	308

3.2 Dimensionamiento paquete carriles - Método ICPA

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 19.

PROYECTO IV: PARQUE INDUSTRIAL ARTEAGA
GRUPO 07: ARTIGAS, CAPDEVILA, PINTOR, SERAFINI

Tabla 18: Datos de entrada.

DATOS	
Tipo de pavimento	Rígido
Tasa de crecimiento del tránsito (2027-2062)	0,03
Inicio del período de diseño	enero 2027
Período de diseño [años]	35
Hormigón	H-30
CBR subrasante	3
Espesor base	15
Material base	Tratada con cemento
Banquina vinculada	Si
Pasadores	Si
Cantidad camiones por día	237
Todos los vehículos ingresan con su carga máxima permitida	
La tara se considera el 30% del peso máximo	

El valor resultante que arroja la planilla es de 19 cm, a continuación se puede ver lo que arrojó la aplicación.

PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE ESPESORES

Datos de Proyecto

Obra: Acceso al Parque industrial

Categoría: Otro

Comitente:

Ubicación:

Longitud:

Periodo de diseño: 35 años

Descripción:

Datos de Diseño

Tránsito		
Tránsito pesado medio diario anual:	237 VP/día	
Tasa de crecimiento:	3%	
Coef. Distr. por sentido de circulación:	100%	
Coef. Distr. por carril:	100%	
Total vehiculos pesados en carril de diseño:	5.230.272 VP	
Total ejes equivalentes 8,2tn (AASHTO):	31.587.024	(Con espesor de 19 cm)

Estructura	
k combinado subrasante-base:	65 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:	SI

Verificación			
Modelo de fatiga:	PCA '84		
Espesor de diseño:	19.0 cm	Consumo por Fatiga:	0%
		Consumo por Erosión:	93%

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
6	1308.0		18	692.0		26	308.0
11	692.0		0	0.0		0	0.0
0	0.0		0	0.0		0	0.0
0	0.0		0	0.0		0	0.0
0	0.0		0	0.0		0	0.0
0	0.0		0	0.0		0	0.0
0	0.0		0	0.0		0	0.0
0	0.0		0	0.0		0	0.0
0	0.0		0	0.0		0	0.0
0	0.0		0	0.0		0	0.0
0	0.0		0	0.0		0	0.0
0	0.0		0	0.0		0	0.0
0	0.0		0	0.0		0	0.0
0	0.0		0	0.0		0	0.0
0	0.0		0	0.0		0	0.0
Total simples:	2000		Total dobles:	692.0		Total triples:	308

PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE ESPESORES

Detalle consumos de Fatiga y Erosión por eje

Hoja 3/3

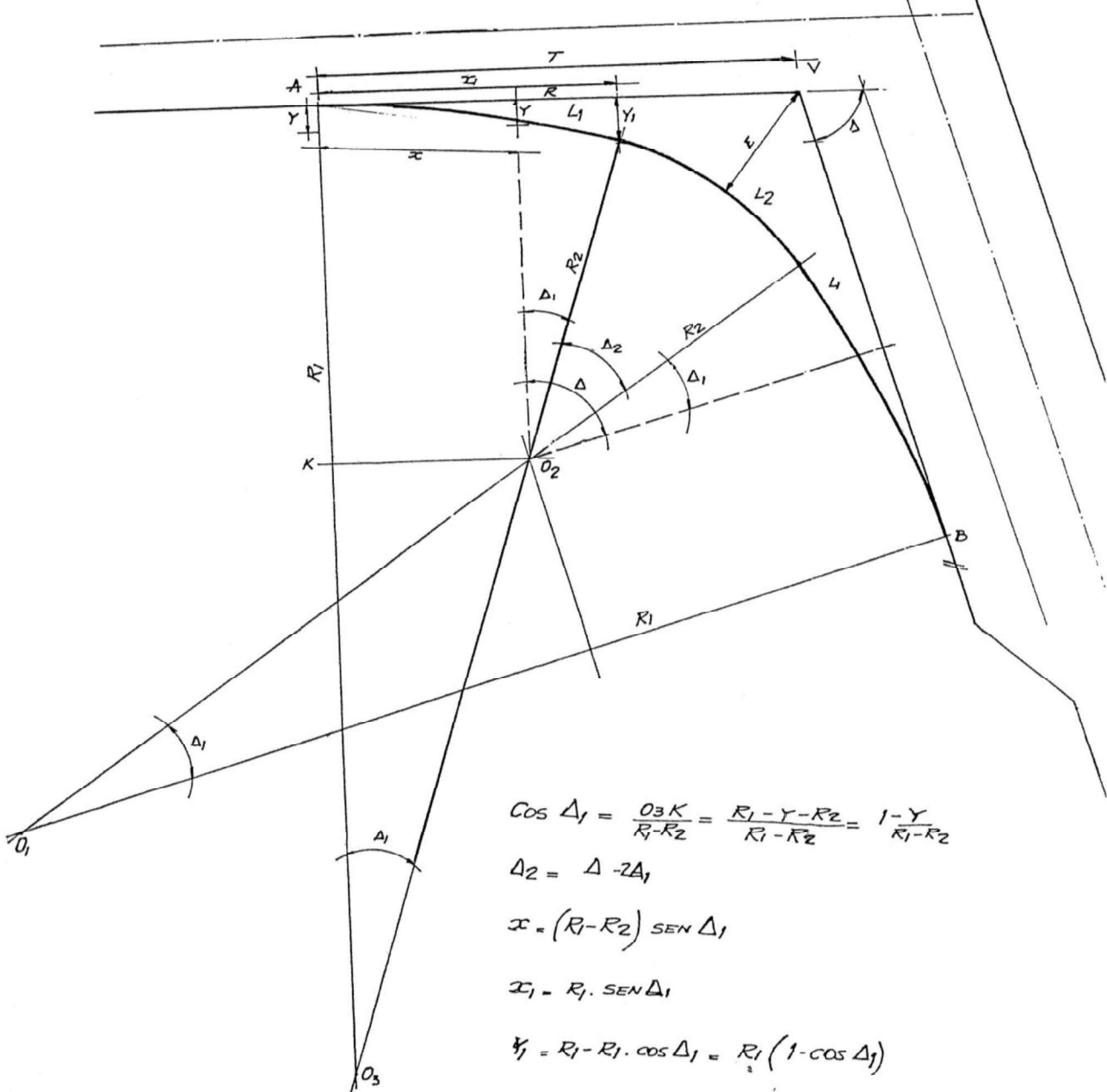
Ejes simples	Carga [tn]	Carga mayorada [tn]	Repeticiones esperadas	Fatiga		Erosión		
				Repeticiones admisibles	Consumo	Repeticiones admisibles	Consumo	
	6.0	6.6	6841196	Ilimitado	0.0%	Ilimitado	0.00%	
	10.5	11.6	3619348	Ilimitado	0.0%	5568277	65.00%	
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%	
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%	
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%	
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%	
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%	
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%	
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%	
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%	
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%	
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%	
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%	
					Total ES	0.0%	Total ES	65.00%

Ejes dobles	Carga [tn]	Carga mayorada [tn]	Repeticiones esperadas	Fatiga		Erosión	
				Repeticiones admisibles	Consumo	Repeticiones admisibles	Consumo
	18.0	19.8	3619348	Ilimitado	0.0%	26033559	13.90%
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%
	0.0	0.0	0	0	0.0%	0	0.00%
					Total ED	0.0%	Total ED

[illegible]

	Total ET	0.0%	Total ET	14.52%
TOTALES	FATIGA:	0.0%	EROSIÓN:	93.4%

RESOLUCION CURVA COMPUESTA DE 3 CENTROS



$$\cos \Delta_1 = \frac{O_3 K}{R_1 - R_2} = \frac{R_1 - Y - R_2}{R_1 - R_2} = \frac{1 - Y}{R_1 - R_2}$$

$$\Delta_2 = \Delta - 2\Delta_1$$

$$X = (R_1 - R_2) \sin \Delta_1$$

$$X_1 = R_1 \cdot \sin \Delta_1$$

$$Y_1 = R_1 - R_1 \cdot \cos \Delta_1 = R_1 (1 - \cos \Delta_1)$$

$$L_1 = \frac{\Delta_1 \cdot R_1}{57.2958}$$

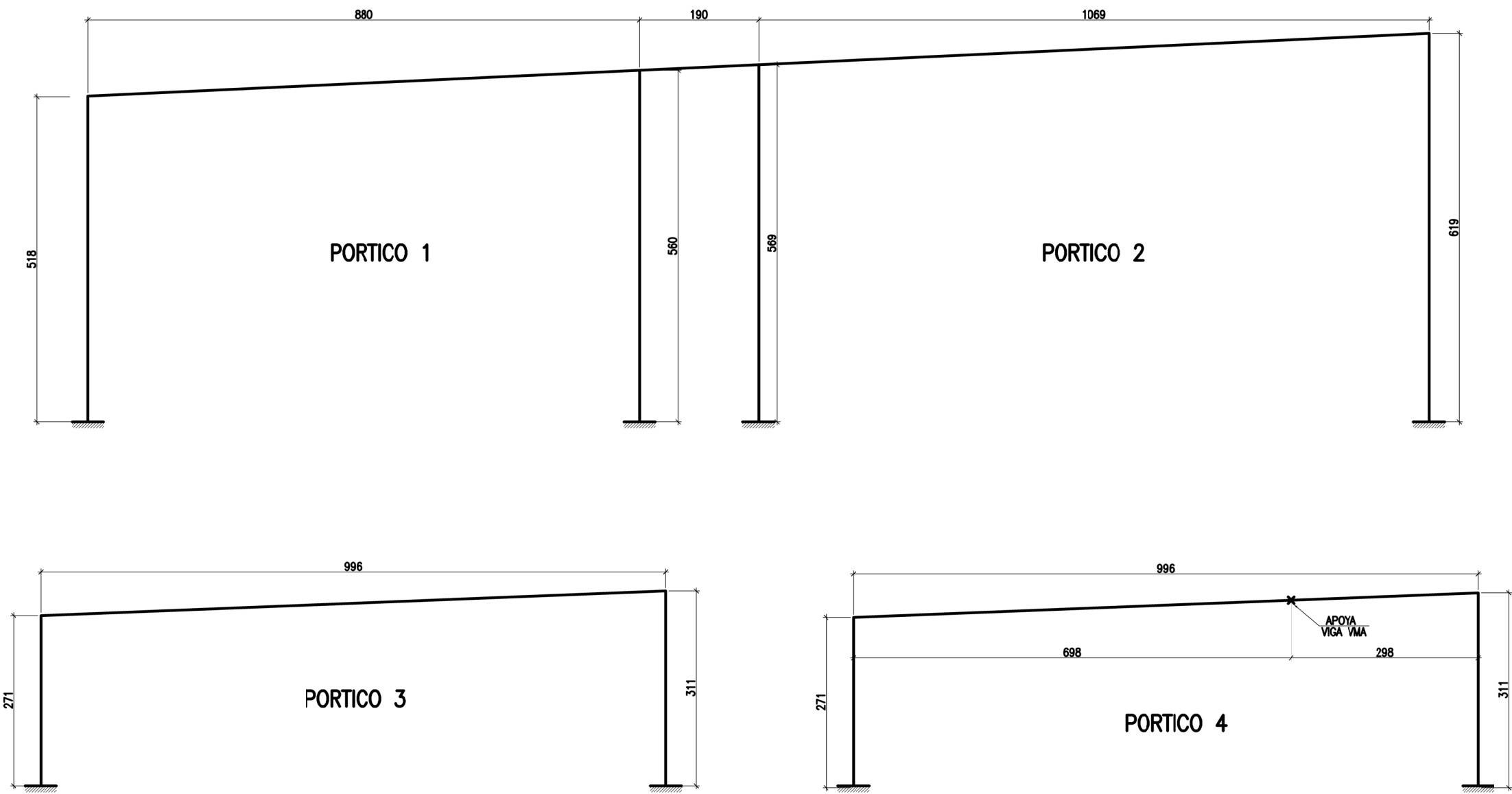
$$L_2 = \frac{\Delta_2 \cdot R_2}{57.2958}$$

$$T = AR + RV = (R_1 - R_2) \sin \Delta_1 + (R_2 + Y) \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$E = (R_2 + Y) \sec \frac{\Delta}{2} - R_2$$

Anexo E01 - Diseño y cálculo estructural.

ESQUEMAS ESTRUCTURALES



ANALISIS DE CARGAS PORTICO PPAL.

SEPARACIÓN 5M

PERMANENTES (D)

REGLA: 1.25 kN/m

COLUMNAS: 0.75 kN/m

PESO PROPIO: s/elemento

SOBRECARGA DE USO (Lr)

PORTICO 1			
At=	42.00 m2		
	8.40 m	5.00 m	
R1=	0.75 kN/m2	pend: 4.5%	
R2=	1	F= 0.54	
Lr=	0.72 kN/m2		
*5m	3.59 kN/m		

PORTICO 2			
At=	55.50 m2		
	11.10 m	5.00 m	
R1=	0.60 kN/m2	pend: 4.5%	
R2=	1	F= 0.54	
Lr=	0.58 kN/m2		
*5m	2.89 kN/m		

Para la zona intermedia: el area es menor a 12.5m² NO hay reduccion de cargas

$$L_r = 0.96 \text{ Kn/m}^2 * 5\text{m} = 4.80 \text{ kN/m}$$

ACCION DEL VIENTO (W)

VEL. BASICA: 45 m/s

EXPOSICION: C

A una altura media (5.5m) qh se estima en 0.90 kN/m²

$$p = q_h \times G \times C_p - q_h \times (G C_{pi})$$

CONSIDERO

GC_{pi}= +/- 0.55 "Edificio parcialmente cerrado"

G= 0.85

C_p= 0.8 BARLOVENTO

-0.5 SOTAVENTO

PRESIONES PARA COLUMNAS A:

BARLOVENTO

p= 0.12 kN/m² 1.11 kN/m²

SOTAVENTO

p= -0.88 kN/m² 0.11 kN/m²

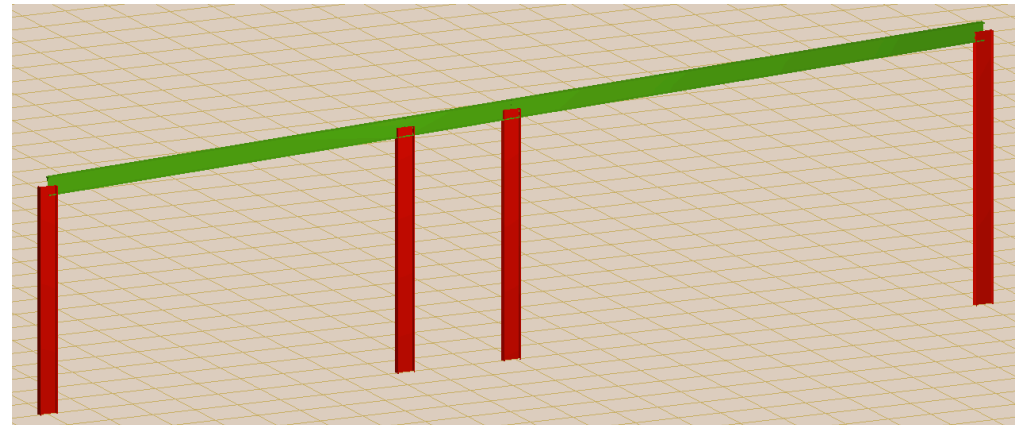
*5m

BARLOVENTO

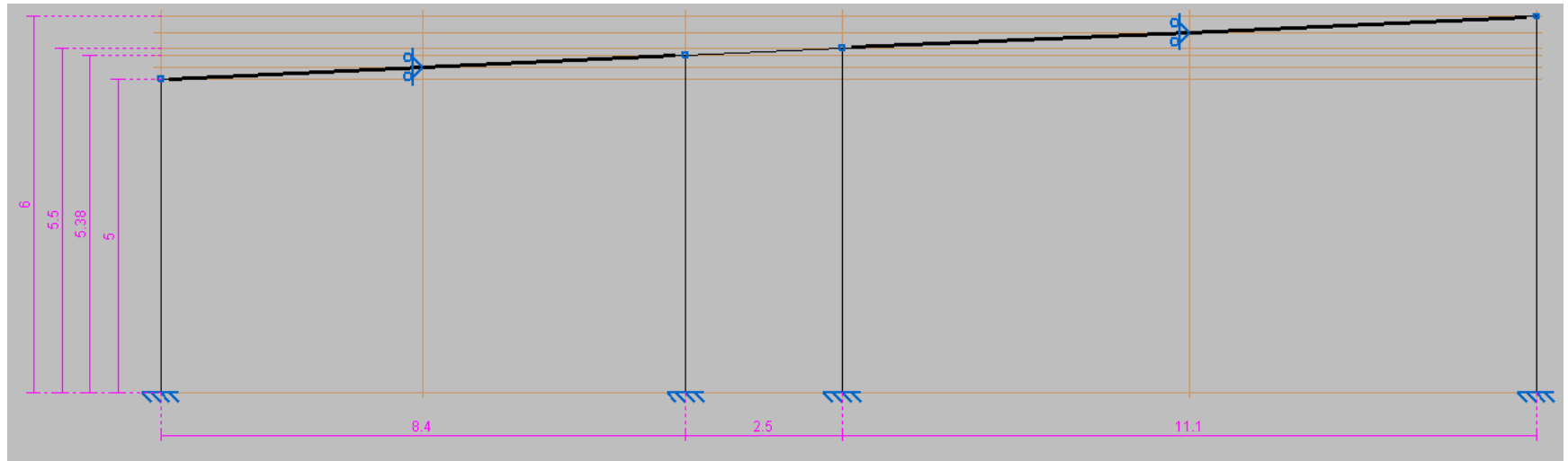
p= 0.59 kN/m 5.54 kN/m

SOTAVENTO

p= -4.39 kN/m 0.56 kN/m

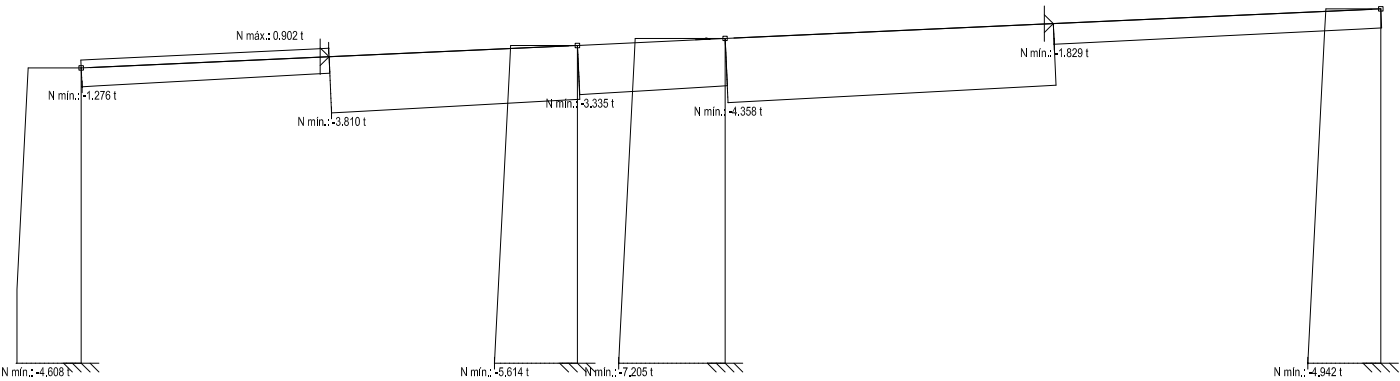


MODELO MEF

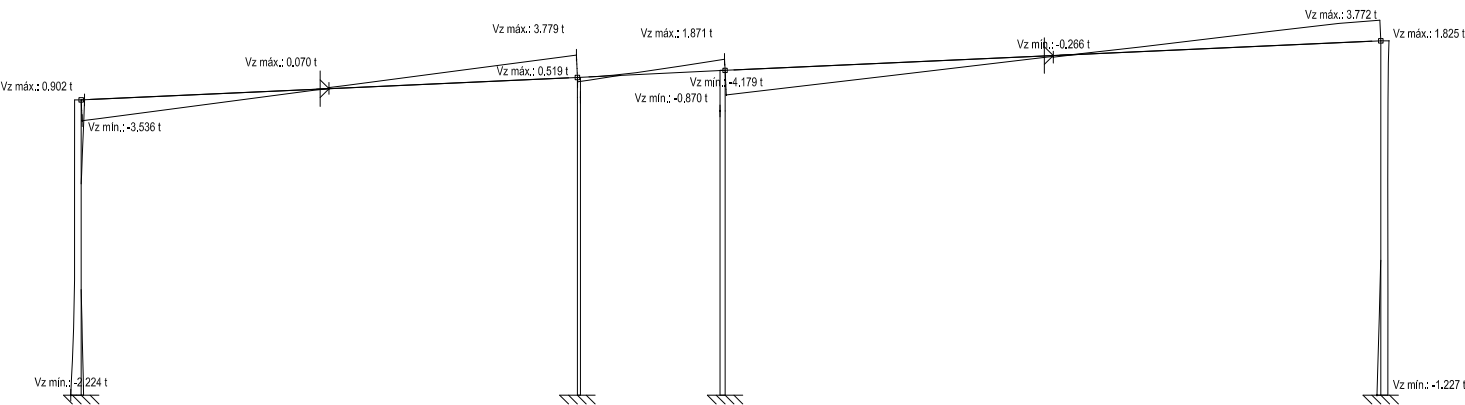


Acl: la restricción en las reglas se deben a un puntal para cortar el pandeo del perfil en el plano de menor inercia.

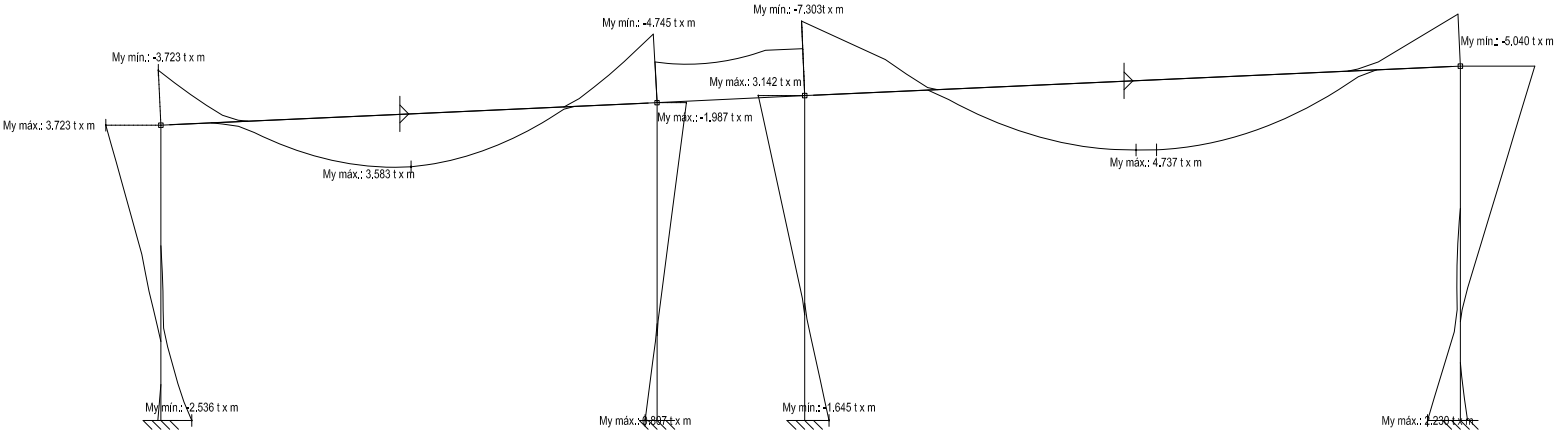
1. NORMAL



2. CORTE



3. MOMENTO FLECTOR



CALCULO COLUMNA - PORTICO 1 / PORTICO 2

DIMENSIONAMIENTO A FLEXION NORMAL Y CORTE - SECCION DOBLE T LAMINADA

SECCION ADOPTADA

Sección: **IPN 400**

Calidad: **F-24**

E = 200000 MPa

G = 77200 MPa

Fy = 235 MPa

FL = 166 MPa

Fu = 370 MPa

Peso = 92,40 kg/m

FLEXION ALREDEDOR DEL EJE PRINCIPAL DE LA MAYOR INERCIA

Mux = Momento Flector Ultimo en eje X **5,04 tm**

Lb = Distancia entre puntos de arriostramiento contra el desplazamiento lateral del ala comprimida: **6,00 m**

Carga aplicada en el Alma o en el Ala inferior

Lp = $1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{E/F_y} = 1,76 \times 3,14 \times \sqrt{200000/235} = 161 \text{ cm}$

Lr = $(r_y \cdot X_1 / FL) \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 \cdot FL^2}} = (3,14 \times 24292 / 166) \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,00003 \times 166^2}} = 699 \text{ cm}$

Mp = $\min(1,5 \cdot F_y \cdot S_x ; F_y \cdot Z_x) = 235 \times 1714 / 10000 = 40,28 \text{ tm}$

Mr = $FL \cdot S_x = 166 \times 1460,5 / 10000 = 24,24 \text{ tm}$

Mcr = $(\pi / L_b) \cdot \sqrt{E \cdot I_y \cdot G \cdot J + (\pi \cdot E / L_b)^2 \cdot I_y \cdot C_w} = (\pi / 600) \times \sqrt{200000 \times 1160 \times 77200 \times 140 + (\pi \times 200000 / 600)^2 \times 1160 \times 419600} / 10000 = 28,88 \text{ tm}$

bf/(2.tf) = 3,59 $< \lambda_r = 0,83 \times \sqrt{E/FL} = 0,83 \times \sqrt{200000/166} = 28,8$

d'/tw = 22,43 $< \lambda_r = 5,70 \times \sqrt{E/F_y} = 5,70 \times \sqrt{200000/235} = 166,3$

Qs = 1,000

Qa = 1,000

Q = Qs.Qa = 1,000

Cb = Factor diagrama de momento flector no uniforme (conservadoramente =1): **2,273**

Mnx = $\min \{ M_p ; C_b \cdot [M_p - (M_p - M_r) \cdot (L_b - L_p) / (L_r - L_p)] \} = \min \{ 40,28 ; 2,273 \times [40,28 - (40,28 - 24,24) \times (600 - 161) / (699 - 161)] \} = 40,28 \text{ tm}$

Mdx = $\emptyset \cdot Q \cdot Mnx = 0,90 \times 1 \times 40,28 = 36,25 \text{ tm}$

> Mux = 5,04tm → B.C.

FLEXION ALREDEDOR DEL EJE PRINCIPAL DE LA MENOR INERCIA

Muy = Momento Flector Ultimo en eje Y **0,00 tm**

Mp = $\min(1,5 \cdot F_y \cdot S_y ; F_y \cdot Z_y) = 1,5 \times 235 \times 149,7 / 10000 = 5,28 \text{ tm}$

bf/(2.tf) = 3,59 $< \lambda_r = 0,83 \times \sqrt{E/FL} = 0,83 \times \sqrt{200000/166} = 28,8$

Qs = 1,000

Mdy = $\emptyset \cdot Q_s \cdot M_p = 0,90 \times 1 \times 5,28 = 4,75 \text{ tm}$

> Muy = 0tm → B.C.

CORTE EN EL EJE PRINCIPAL DE LA MAYOR INERCIA

Vux = Corte Ultimo en eje X **0,00 t**

Aw = d.tw = $400 \times 14,4 / 100 = 57,60 \text{ cm}^2$

$2,45 \times \sqrt{E/F_y} = 2,45 \times \sqrt{200000/235} = 71,47$

$3,07 \times \sqrt{E/F_y} = 3,07 \times \sqrt{200000/235} = 89,56$

d'/tw = 22,43 $< 71,47$

Vnx = $0,6 \cdot F_y \cdot Aw = 0,6 \times 235 \times 57,6 / 100 = 81,22 \text{ t}$

Vdx = $\emptyset \cdot Vnx = 0,90 \times 81,22 = 73,10 \text{ t}$

> Vux = 0t → B.C.

CORTE EN EL EJE PRINCIPAL DE LA MENOR INERCIA

Vuy = Corte Ultimo en eje Y **1,40 t**

Aw = bf.tf = $155 \times 21,6 / 100 = 33,48 \text{ cm}^2$

$2,45 \times \sqrt{E/F_y} = 2,45 \times \sqrt{200000/235} = 71,47$

$3,07 \times \sqrt{E/F_y} = 3,07 \times \sqrt{200000/235} = 89,56$

bf/(2.tf) = 3,59 $< 71,47$

Vny = $0,6 \cdot F_y \cdot Aw = 0,6 \times 235 \times 33,48 / 100 = 47,21 \text{ t}$

Vdy = $\emptyset \cdot Vny = 0,90 \times 47,21 = 42,49 \text{ t}$

> Vuy = 1,4t → B.C.

COMPRESION

Pu = Normal de Compresión Ultimo **4,94 t**

$kx.lx$ = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la mayor inercia:		6,00 m
$ky.ly$ = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la menor inercia:		6,00 m
$\lambda x = kx.lx/rx =$	$600/15,73 =$	$38 \leq 200$
$\lambda y = ky.ly/ry =$	$600/3,14 =$	$191 \leq 200$
$\lambda c = (\lambda y/\pi) \times \sqrt{F_y/E} =$	$(191/\pi) \times \sqrt{235/200000} =$	2,084
$b_f/(2 \times t_f) = 3,59$	$< \lambda_r = 0.56 \times \sqrt{E/F_y} = 0.56 \times \sqrt{200000/235} =$	16,3
	$Q_s =$	1,000
$\lambda c.vQ_s =$	$2,084 \times v_1 =$	2,084
$f = \phi.F_y.0,877/\lambda c^2 =$	$0.85 \times 235 \times 0.877/2,084^2 =$	40 MPa
$d'/tw = 22,43$	$< \lambda_r = 1.49 \times \sqrt{E/F_y} = 1.49 \times \sqrt{200000/235} =$	43,5
	$Q_a =$	1,000
	$Q = Q_s.Q_a =$	1,000
$\lambda c.vQ =$	$2,084 \times v_1 =$	2,084
$F_{cr} = F_y.0,877/\lambda c^2 =$	$235 \times 0.877/2,084^2 =$	47 MPa
$P_d = \phi.A.F_{cr} =$	$0.85 \times 118 \times 47/100 =$	47,14 t
	$> P_u = 4,94t \rightarrow$	B.C.

TRACCION

T_u = Normal de Tracción Ultimo		0,00 t
$kx.lx$ = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la mayor inercia:		6,00 m
$ky.ly$ = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la menor inercia:		6,00 m
$\lambda x = kx.lx/rx =$	$600/15,73 =$	$38 < 300$
$\lambda y = ky.ly/ry =$	$600/3,14 =$	$191 < 300$
$A_n \geq T_u/(\phi.F_u) = 0/(0.75 \times 370/100) = 0 \text{ cm}^2$.	En general, para desarrollar la capacidad de fluencia de la sección no debe superarse el límite $A_n = [0,90.F_y/(0,75.F_u)].A = 76\% \times A$ (89,94cm ²).	
$T_d = \phi.A.F_y =$	$0.90 \times 118 \times 235/100 =$	249,57 t
	$> T_u = 0t \rightarrow$	B.C.

ACCIONES COMBINADAS

$M_{ux} =$		5,04 tm
$M_{uy} =$		0,00 tm
$P_u =$		4,94 t
$T_u =$		0,00 t
$M_{ux}/M_{dx} =$	$5,04/36,25 =$	0,139
$M_{uy}/M_{dy} =$	$0/4,75 =$	0,000
$P_u/P_d =$	$4,94/47,14 =$	0,105
$T_u/T_d =$	$0/249,57 =$	0,000
$[P_u/P_d]/2 + M_{ux}/M_{dx} + M_{uy}/M_{dy} =$	$0,105/2 + 0,139 + 0 =$	$0,192 \leq 1$
$[T_u/T_d]/2 + M_{ux}/M_{dx} + M_{uy}/M_{dy} =$	$0/2 + 0,139 + 0 =$	$0,139 \leq 1$

CALCULO REGLA - PORTICO 1 / PORTICO 2

DIMENSIONAMIENTO A FLEXION NORMAL Y CORTE - SECCION DOBLE T LAMINADA

SECCION ADOPTADA

Sección: **IPN 400**

Calidad: **F-24**

E = 200000 MPa

G = 77200 MPa

Fy = 235 MPa

FL = 166 MPa

Fu = 370 MPa

Peso = 92,40 kg/m

FLEXION ALREDEDOR DEL EJE PRINCIPAL DE LA MAYOR INERCIA

Mux = Momento Flector Ultimo en eje X **7,30 tm**

Lb = Distancia entre puntos de arriostramiento contra el desplazamiento lateral del ala comprimida: **5,55 m**

Carga aplicada en el Ala superior

Lp = $1,59 \cdot r_y \cdot \sqrt{E/F_y} = 1,59 \times 3,14 \times \sqrt{200000/235} = 146 \text{ cm}$

Lr = $1,28 \cdot r_x \cdot X1/FL = 1,28 \times 3,14 \times 24292/166 = 588 \text{ cm}$

Mp = $\min(1,5 \cdot F_y \cdot S_x ; F_y \cdot Z_x) = 235 \times 1714/10000 = 40,28 \text{ tm}$

Mr = $FL \cdot S_x = 166 \times 1460,5/10000 = 24,24 \text{ tm}$

Mcr = $1,28 \cdot S_x \cdot X1/(L_b/r_y) = [1,28 \times 1460,5 \times 24292/(555/3,14)]/10000 = 25,69 \text{ tm}$

bf/(2.tf) = 3,59 $< \lambda_r = 0,83 \times \sqrt{E/FL} = 0,83 \times \sqrt{200000/166} = 28,8$

d'/tw = 22,43 $< \lambda_r = 5,70 \times \sqrt{E/F_y} = 5,70 \times \sqrt{200000/235} = 166,3$

Qs = 1,000

Qa = 1,000

Q = Qs.Qa = 1,000

Cb = Factor diagrama de momento flector no uniforme (conservadoramente =1): **2,300**

Mnx = $\min \{ M_p ; C_b \cdot [M_p - (M_p - M_r) \cdot (L_b - L_p)/(L_r - L_p)] \} = \min \{ 40,28 ; 2,3 \times [40,28 - (40,28 - 24,24) \times (555 - 146)/(588 - 146)] \} = 40,28 \text{ tm}$

Mdx = $\emptyset \cdot Q \cdot Mnx = 0,90 \times 1 \times 40,28 = 36,25 \text{ tm}$

> Mux = 7,3tm → B.C.

FLEXION ALREDEDOR DEL EJE PRINCIPAL DE LA MENOR INERCIA

Muy = Momento Flector Ultimo en eje Y **0,00 tm**

Mp = $\min(1,5 \cdot F_y \cdot S_y ; F_y \cdot Z_y) = 1,5 \times 235 \times 149,7/10000 = 5,28 \text{ tm}$

bf/(2.tf) = 3,59 $< \lambda_r = 0,83 \times \sqrt{E/FL} = 0,83 \times \sqrt{200000/166} = 28,8$

Qs = 1,000

Mdy = $\emptyset \cdot Q_s \cdot M_p = 0,90 \times 1 \times 5,28 = 4,75 \text{ tm}$

> Muy = 0tm → B.C.

CORTE EN EL EJE PRINCIPAL DE LA MAYOR INERCIA

Vux = Corte Ultimo en eje X **0,00 t**

Aw = d.tw = $400 \times 14,4/100 = 57,60 \text{ cm}^2$

$2,45 \times \sqrt{E/F_y} = 2,45 \times \sqrt{200000/235} = 71,47$

$3,07 \times \sqrt{E/F_y} = 3,07 \times \sqrt{200000/235} = 89,56$

d'/tw = 22,43 $< 71,47$

Vnx = $0,6 \cdot F_y \cdot Aw = 0,6 \times 235 \times 57,6/100 = 81,22 \text{ t}$

Vdx = $\emptyset \cdot Vnx = 0,90 \times 81,22 = 73,10 \text{ t}$

> Vux = 0t → B.C.

CORTE EN EL EJE PRINCIPAL DE LA MENOR INERCIA

Vuy = Corte Ultimo en eje Y **4,18 t**

Aw = bf.tf = $155 \times 21,6/100 = 33,48 \text{ cm}^2$

$2,45 \times \sqrt{E/F_y} = 2,45 \times \sqrt{200000/235} = 71,47$

$3,07 \times \sqrt{E/F_y} = 3,07 \times \sqrt{200000/235} = 89,56$

bf/(2.tf) = 3,59 $< 71,47$

Vny = $0,6 \cdot F_y \cdot Aw = 0,6 \times 235 \times 33,48/100 = 47,21 \text{ t}$

Vdy = $\emptyset \cdot Vny = 0,90 \times 47,21 = 42,49 \text{ t}$

> Vuy = 4,18t → B.C.

COMPRESION

Pu = Normal de Compresión Ultimo **4,36 t**

$k_x.l_x$ = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la mayor inercia:		5,55 m
$k_y.l_y$ = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la menor inercia:		5,55 m
$\lambda_x = k_x.l_x/r_x =$	$555/15,73 =$	$35 \leq 200$
$\lambda_y = k_y.l_y/r_y =$	$555/3,14 =$	$177 \leq 200$
$\lambda_c = (\lambda_y/\pi) \times \sqrt{F_y/E} =$	$(177/\pi) \times \sqrt{235/200000} =$	1,931
$b_f/(2 \times t_f) = 3,59$	$< \lambda_r = 0.56 \times \sqrt{E/F_y} = 0.56 \times \sqrt{200000/235} =$	16,3
	$Q_s =$	1,000
$\lambda_c \cdot \sqrt{Q_s} =$	$1,931 \times \sqrt{1} =$	1,931
$f = \phi \cdot F_y \cdot 0,877/\lambda_c^2 =$	$0.85 \times 235 \times 0.877/1,931^2 =$	47 MPa
$d'/t_w = 22,43$	$< \lambda_r = 1.49 \times \sqrt{E/F_y} = 1.49 \times \sqrt{200000/235} =$	43,5
	$Q_a =$	1,000
	$Q = Q_s \cdot Q_a =$	1,000
$\lambda_c \cdot \sqrt{Q} =$	$1,931 \times \sqrt{1} =$	1,931
$F_{cr} = F_y \cdot 0,877/\lambda_c^2 =$	$235 \times 0.877/1,931^2 =$	55 MPa
$P_d = \phi \cdot A \cdot F_{cr} =$	$0.85 \times 118 \times 55/100 =$	55,17 t
	$> P_u = 4,36t \rightarrow$	B.C.

TRACCION

T_u = Normal de Tracción Ultimo		0,00 t
$k_x.l_x$ = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la mayor inercia:		5,55 m
$k_y.l_y$ = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la menor inercia:		5,55 m
$\lambda_x = k_x.l_x/r_x =$	$555/15,73 =$	$35 < 300$
$\lambda_y = k_y.l_y/r_y =$	$555/3,14 =$	$177 < 300$
An $\geq T_u/(\phi \cdot F_u) = 0/(0.75 \times 370/100) = 0 \text{ cm}^2$. En general, para desarrollar la capacidad de fluencia de la sección no debe superarse el límite An = $[0,90 \cdot F_y/(0,75 \cdot F_u)] \cdot A = 76\% \times A$ (89,94cm ²).		
$T_d = \phi \cdot A \cdot F_y =$	$0.90 \times 118 \times 235/100 =$	249,57 t
	$> T_u = 0t \rightarrow$	B.C.

ACCIONES COMBINADAS

$M_{ux} =$		7,30 tm
$M_{uy} =$		0,00 tm
$P_u =$		4,36 t
$T_u =$		0,00 t
$M_{ux}/M_{dx} =$	$7,3/36,25 =$	0,201
$M_{uy}/M_{dy} =$	$0/4,75 =$	0,000
$P_u/P_d =$	$4,36/55,17 =$	0,079
$T_u/T_d =$	$0/249,57 =$	0,000
$[P_u/P_d]/2 + M_{ux}/M_{dx} + M_{uy}/M_{dy} =$	$0,079/2 + 0,201 + 0 =$	$0,241 \leq 1$
$[T_u/T_d]/2 + M_{ux}/M_{dx} + M_{uy}/M_{dy} =$	$0/2 + 0,201 + 0 =$	$0,201 \leq 1$

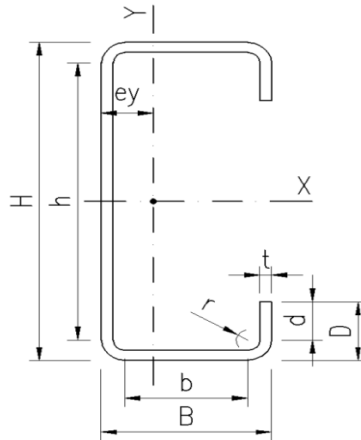
CALCULO CORREAS - PORTICO

DIMENSIONAMIENTO A FLEXION NORMAL Y CORTE - SECCION C PLEGADA EN FRIO

SECCION ADOPTADA

Material: **A36**

E = 200000 MPa
G = 77200 MPa
Fy = 250 MPa
Fu = 400 MPa
 $\mu = 0,30$



H = 200 mm
B = 70 mm
D = 25 mm
t = 3,20 mm
r = 3,20 mm
h = 187,2 mm
b = 57,2 mm
d = 18,6 mm
Ag = 11,81 cm²
Peso = 9,27 kg/m
Jx = 704,87 cm⁴
Sx = 70,49 cm³
rx = 7,73 cm
ey = 2,14 cm
Jy = 78,15 cm⁴
Sy1 = 36,52 cm³
Sy2 = 16,08 cm³
ry = 2,57 cm
ec = 5,38 cm
ro = 9,76 cm
Jt = 0,40 cm⁴
Cw = 6837 cm⁶

FLEXION ALREDEDOR DEL EJE PRINCIPAL DE LA MAYOR INERCIA

Mux = Momento Flector Ultimo en eje X

ky.Ly = Distancia e/ puntos de arriostamiento del ala comprimida:

kt.Lt = Distancia e/ puntos de arriostamiento contra la torsión:

Cb = Factor diagrama de momento flector no uniforme (conservadoramente =1):

Lu = $\sqrt{0,36 \cdot C_b \cdot \pi^2 \cdot E \cdot H \cdot J_y / [2 \cdot S_x \cdot F_y]}$ = $\sqrt{0,36 \times 1 \times \pi^2 \times 200000 \times 20 \times 2,14 / [2 \times 70,49 \times 250]}$ = 178 cm
 $\sigma_{ey} = \pi^2 \cdot E / (k_y \cdot L_y / r_y)^2 = \pi^2 \times 200000 / (500 / 2,57)^2 = 52,0$ MPa
 $\sigma_t = [G \cdot J_t + \pi^2 \cdot E \cdot C_w / (k_t \cdot L_t)^2] / (A_g \cdot r_o^2) = [77200 \times 0,4 + \pi^2 \times 200000 \times 6837 / (500)^2] / (11,81 \times 9,76^2) = 75,0$ MPa
 $F_e = C_b \cdot r_o \cdot A_g \cdot \sqrt{(\sigma_{ey} \cdot \sigma_t) / S_x} = 1 \times 9,76 \times 11,81 \times \sqrt{(52 \times 75) / 70,49} = 102,1$ MPa
 $F_e = 102,1 \text{ MPa} \leq 0,56 \cdot F_y = 0,56 \times 250 \text{ MPa} = 140 \text{ MPa} \rightarrow 102,1 \text{ MPa}$

Esbeltez Labio (elemento no rigidizado - compresión con tensiones variables):

d'/t = 18,6/3,2 = 5,8
 $d' = \min(60 \cdot t ; d) = \min(60 \times 3,2 ; 18,6) = 18,6$ mm
 $I_s = t \cdot d'^3 / 12 = 3,2 \times 18,6^3 / 12 = 1716$ mm⁴
 $I_a = (t^4) \cdot \min\{399 \cdot [(b'/t) / S - 0,328]^3 ; 115 \cdot (b'/t) / S + 5\} = (3,2^4) \cdot 399 \times [17,9 / 36,2 - 0,328]^3 = 193$ mm⁴
 $R_i = \min\{I_s / I_a ; 1\} = \min\{1716 / 193 ; 1\} = 1,000$
 $F_{cr} = k \cdot \pi^2 \cdot E / [12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (d'/t)^2] = 0,43 \times \pi^2 \times 200000 / [12 \times (1 - 0,3^2) \times (18,6 / 3,2)^2] = 2301$ MPa
 $\lambda = \sqrt{F_y / F_{cr}} = \sqrt{250 / 2300,6} = 0,330 \leq 0,673$
 $\rho = 1,00$
 $d_e = \rho \cdot d' = 1 \times 18,6 = 18,6$ mm
 $d_{\bar{e}} = d - d_e = 18,6 - 18,6 = 0,0$ mm

Esbeltez Ala (elem. rigidizado por un ala y un labio - compresión c/ tensiones uniformes):

b'/t = 57,2/3,2 = 17,9
 $b' = \min(60 \cdot t ; b) = \min(60 \times 3,2 ; 57,2) = 57,2$ mm
 $S = 1,28 \cdot \sqrt{E / f} = 1,28 \times \sqrt{200000 / 250} = 36,20$
 $b'/t = 57,2 / 3,2 = 17,9 > 0,328 \cdot S = 0,328 \times 36,2 = 11,87$
 $n = \max\{0,582 - (b'/t) / (4 \cdot S) ; 1/3\} = \max\{0,582 - 17,9 / (4 \times 36,2) ; 1/3\} = 0,458$
 $0,25 < D / b' = 25 / 57,2 = 0,44 < 0,80 \rightarrow k = \min\{4 ; (4,82 - 5 \times 0,44) \times 1^{0,458} + 0,43\} = 3,05$
 $F_{cr} = k \cdot \pi^2 \cdot E / [12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (b'/t)^2] = 3,05 \times \pi^2 \times 200000 / [12 \times (1 - 0,3^2) \times (57,2 / 3,2)^2] = 1726$ MPa
 $\lambda = \sqrt{F_y / F_{cr}} = \sqrt{250 / 1725,5} = 0,381 \leq 0,673$
 $\rho = 1,00$
 $b_e = \rho \cdot b' = 1 \times 57,2 = 57,2$ mm
 $b_{\bar{e}} = b - b_e = 57,2 - 57,2 = 0,0$ mm

Esbeltez Alma (elemento rigidizado - tensiones linealmente variables):

h'/t = 187,2/3,2 = 58,5
 $h' = \min(200 \cdot t ; h) = \min(200 \times 3,2 ; 187,2) = 187,2$ mm
 $\psi = f_2 / f_1$ (-1 para flexion simple con sección totalmente efectiva) = -1,000
 $k = 4 + 2 \cdot (1 - \psi)^3 + 2 \cdot (1 - \psi) = 4 + 2 \cdot [1 - (-1)]^3 + 2 \cdot [1 - (-1)] = 24,00$
 $F_{cr} = k \cdot \pi^2 \cdot E / [12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (h'/t)^2] = 24 \times \pi^2 \times 200000 / [12 \times (1 - 0,3^2) \times (187,2 / 3,2)^2] = 1268$ MPa
 $f_1 = F_y / [1 - (t/r) \cdot (\psi - 1) / h] = 250 / [1 - (3,2 / 3,2) \cdot (-1 - 1) / 187,2] = 234,0$ MPa

$\lambda = \sqrt{[f_1/F_{cr}]} = \sqrt{[234/1267,7]} =$	0,430	≤ 0.673
$\rho =$		1,00
$bee = \rho \cdot h' =$	$1 \times 187,2 =$	187,2 mm
$H/B = 200/70 = 2,9 \leq 4$		
$be_1 = bee/(3 + \psi) =$	$187,2/(3 + -1) =$	46,8 mm
$be_2 = bee/2 =$	$187,2/2 =$	93,6 mm
$h\bar{e} = \max\{\min[h; H/(1-\psi) - r - t] - be_1 - be_2; 0\} = \max\{\min[187,2; 200/(1-1) - 3,2 - 3,2] - 46,8 - 93,6; 0\} =$		0,0 mm
Sección Efectiva		
$A_e = A_g - (b\bar{e} + d\bar{e} + h\bar{e}) \cdot t =$	$11,81 - (0 + 0 + 0) \times 3,2/100 =$	11,81 cm ²
$y_g = \sum A_{ei} \cdot y_{gi} / A_e =$		0,0 mm
$y_{g1} = H/2 + y_g =$	$200/2 + 0 =$	100,0 mm
$y_{g2} = H/2 - y_g =$	$200/2 - 0 =$	100,0 mm
$f_2/f_1 = -y_{g2}/y_{g1} =$	$-100/100 =$	-1,000 ($\epsilon=0\%$)
$J_{ex} = \sum J_{exi} + \sum A_{ei} \cdot y_{gi}^2 =$		704,87 cm ⁴
$S_{ex} = J_{ex}/y_{g1} =$	$704,87/(100/10) =$	70,49 cm ³
$M_{dx} = \phi \cdot F_c \cdot S_{ex} =$	$0.90 \times 102,1 \times 70,49/10000 =$	0,65 tm
		> $M_{ux} = 0,52 \text{tm} \rightarrow \text{B.C.}$

FLEXION ALREDEDOR DEL EJE PRINCIPAL DE LA MENOR INERCIA

Muy = Momento Flector Ultimo en eje Y	0,00 tm
con el Alma Comprimida	

FLEXION CON EL ALMA COMPRIMIDA

Esbeltz Alma (elem. rigidizado por un ala y un labio - compresión c/ tensiones uniformes):		$h/t =$	$187,2/3,2 = 58,5$
$h' = \min(90 \cdot t; h) =$	$\min(90 \times 3,2; 187,2) =$		187,2 mm
$F_{cr} = k \cdot \pi^2 \cdot E / [12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (h'/t)^2] =$	$4 \times \pi^2 \times 200000 / [12 \times (1 - 0,3^2) \times (187,2/3,2)^2] =$		211,3 MPa
$ey' = (A_g \cdot ey - t^2 \cdot h\bar{e}/2) / (A_g \cdot t \cdot h\bar{e}) =$	$(11,81 \times 2,14 - (0,32^2 \times 0,75)) / (11,81 - 0,32 \times 0,75) =$		2,18 cm
$f = F_y \cdot ey' / (B - ey') =$	$250 \times 2,18 / (7 - 2,18) =$		113,1 MPa
$\lambda = \sqrt{[f/F_{cr}]} = \sqrt{[113,1/211,3]} =$	0,732		> 0.673
$\rho = (1 - 0,22/\lambda) / \lambda =$	$(1 - 0,22/0,732) / 0,732 =$		0,96
$he = \rho \cdot h' =$	$0,96 \times 187,2 =$		179,7 mm
$h\bar{e} = h - he =$	$187,2 - 179,7 =$		7,5 mm
Esbeltz Alas (elemento rigidizado - tensiones linealmente variables):		$b/t =$	$57,2/3,2 = 17,9$
$b' = \min(200 \cdot t; b) =$	$\min(200 \times 3,2; 57,2) =$		57,2 mm
$\psi = f_2/f_1 = -(ey' - t \cdot r) / (B - ey' - t \cdot r) =$	$-(2,18 - 0,32 - 0,32) / (7 - 2,18 - 0,32 - 0,32) =$		-0,368
$k = 4 + 2 \cdot (1 - \psi)^3 + 2 \cdot (1 - \psi) =$	$4 + 2 \cdot [1 - (-0,37)]^3 + 2 \cdot [1 - (-0,37)] =$		11,86
$F_{cr} = k \cdot \pi^2 \cdot E / [12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (b'/t)^2] =$	$11,86 \times \pi^2 \times 200000 / [12 \times (1 - 0,3^2) \times (57,2/3,2)^2] =$		6710 MPa
$f_1 = F_y / [1 - (t+r) \cdot (\psi - 1) / b] =$	$250 / [1 - (3,2 + 3,2) \cdot (-0,368 - 1) / 57,2] =$		216,8 MPa
$\lambda = \sqrt{[f_1/F_{cr}]} = \sqrt{[216,8/6709,6]} =$	0,180		≤ 0.673
$\rho =$			1,00
$bee = \rho \cdot b' =$	$1 \times 57,2 =$		57,2 mm
$B/H = 70/200 = 0,4 \leq 4$			
$be_1 = bee/(3 + \psi) =$	$57,2/(3 + -0,368) =$		17,0 mm
$be_2 = bee/2 =$	$57,2/2 =$		28,6 mm
$h\bar{e} = \max\{\min[b; B/(1-\psi) - r - t] - be_1 - be_2; 0\} = \max\{\min[57,2; 70/(1-0,368) - 3,2 - 3,2] - 17 - 28,6; 0\} =$			0,0 mm
Sección Efectiva			
$A_e = A_g - h\bar{e} \cdot t =$	$11,81 - 0,75 \times 0,32 =$		11,57 cm ²
$f_2/f_1 = -ey' / (B - ey') =$	$-2,18 / (7 - 2,18) =$		-0,452
$J_{ey} = J_y + A_g \cdot (ey' - ey)^2 - h\bar{e} \cdot t^3 / 12 - h\bar{e} \cdot t \cdot (ey' - t/2)^2 =$	$78,15 + 11,81 \times (2,18 - 2,14)^2 - (0,75 \times 0,32^3) / 12 - 0,75 \times 0,32 \times (2,18 - 0,32/2)^2 =$		77,19 cm ⁴
$S_{ey1} = J_{ey} / ey' =$	$77,19 / 2,18 =$		35,41 cm ³
$S_{ey2} = J_{ey} / (B - ey') =$	$77,19 / (7 - 2,18) =$		16,01 cm ³
$M_{ny} = F_y \cdot S_{ey2} =$	$250 \times 16,01 / 10000 =$		0,40 tm

$$M_{dy} = \emptyset \cdot M_{ny} = 0.95 \times 0,4 = 0,38 \text{ tm}$$

$> M_{uy} = 0 \text{ tm} \rightarrow \text{B.C.}$

CORTE EN EL EJE PRINCIPAL DE LA MAYOR INERCIA

$$\begin{aligned} V_{ux} &= \text{Corte Ultimo en eje X} & 0,57 \text{ t} \\ A_w &= h \cdot t = 187,2 \times 3,2 / 100 = 5,99 \text{ cm}^2 \\ & \sqrt{[E \cdot k_v / F_y]} = \sqrt{[200000 \times 5.34 / 250]} = 65,36 \\ & 1,51 \cdot \sqrt{[E \cdot k_v / F_y]} = 1.51 \times \sqrt{[200000 \times 5.34 / 250]} = 98,69 \\ & h/t = 58,5 < 65,36 \\ \rightarrow F_v &= 0,6 \cdot F_y = 0,6 \times 250 / 100 = 1,50 \text{ t/cm}^2 \\ V_{dx} &= \emptyset \cdot F_v \cdot A_w = 0,95 \times 1,5 \times 5,99 = 8,54 \text{ t} \\ & > V_{ux} = 0,57 \text{ t} \rightarrow \text{B.C.} \end{aligned}$$

CORTE EN EL EJE PRINCIPAL DE LA MENOR INERCIA

$$\begin{aligned} V_{uy} &= \text{Corte Ultimo en eje Y} & 0,00 \text{ t} \\ A_w &= b \cdot t = 57,2 \times 3,2 / 100 = 1,83 \text{ cm}^2 \\ & \sqrt{[E \cdot k_v / F_y]} = \sqrt{[200000 \times 5.34 / 250]} = 65,36 \\ & 1,51 \cdot \sqrt{[E \cdot k_v / F_y]} = 1.51 \times \sqrt{[200000 \times 5.34 / 250]} = 98,69 \\ & b/t = 17,9 < 65,36 \\ \rightarrow F_v &= 0,6 \cdot F_y = 0,6 \times 250 / 100 = 1,50 \text{ t/cm}^2 \\ V_{dx} &= \emptyset \cdot F_v \cdot A_w = 0,95 \times 1,5 \times 1,83 = 2,61 \text{ t} \\ & > V_{ux} = 0 \text{ t} \rightarrow \text{B.C.} \end{aligned}$$

COMPRESION

$$\begin{aligned} P_u &= \text{Normal de Compresión Ultimo} & 0,00 \text{ t} \\ k_x \cdot l_x &= \text{Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la mayor inercia:} & 5,00 \text{ m} \\ k_y \cdot l_y &= \text{Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la menor inercia:} & 1,00 \text{ m} \\ k_t \cdot l_t &= \text{Distancia e/ puntos de arriostramiento contra la torsión:} & 5,00 \text{ m} \\ \lambda_x &= k_x \cdot l_x / r_x = 500 / 7,73 = 65 \leq 200 \\ \lambda_y &= k_y \cdot l_y / r_y = 100 / 2,57 = 39 \leq 200 \\ F_{ey} &= \pi^2 \cdot E / \lambda_y^2 = \pi^2 \times 200000 / 39^2 = 1298 \text{ MPa} \\ \sigma_{ex} &= \pi^2 \cdot E / \lambda_x^2 = \pi^2 \times 200000 / 65^2 = 467,2 \text{ MPa} \\ \sigma_t &= [G \cdot J_t + \pi^2 \cdot E \cdot C_w / (k_t \cdot l_t)^2] / (A_g \cdot r_o^2) = [77200 \times 0,4 + \pi^2 \times 200000 \times 6837 / (500)^2] / (11,81 \times 9,76^2) = 75,4 \text{ MPa} \\ \beta &= 1 - (e_c / r_o)^2 = 1 - (5,38 / 9,76)^2 = 0,696 \\ F_{ex} &= \{ \sigma_{ex} + \sigma_t - \sqrt{[(\sigma_{ex} + \sigma_t)^2 - 4 \cdot \beta \cdot \sigma_{ex} \cdot \sigma_t]} \} / (2 \cdot \beta) = \{ 467 + 75 - \sqrt{[(467 + 75)^2 - 4 \times 0,696 \times 467 \times 75]} \} / (2 \times 0,696) = 71,5 \text{ MPa} \\ F_e &= \min(F_{ex} ; F_{ey}) = \min(71,5 ; 1297,8) = 71,5 \text{ MPa} \\ \lambda_c &= \sqrt{F_y / F_e} = \sqrt{250 / 71,5} = 1,870 > 1.5 \\ F_n &= [0,877 / (\lambda_c^2)] \cdot F_y = [0,877 / (1,87^2)] \times 250 = 62,7 \text{ MPa} \\ \text{Esbeltez Labio (elemento no rigidizado - compresión con tensiones uniformes):} & & d/t = 18,6 / 3,2 = 5,8 \\ d' &= \min(60 \cdot t ; d) = \min(60 \times 3,2 ; 18,6) = 18,6 \text{ mm} \\ I_s &= t \cdot d^3 / 12 = 3,2 \times 18,6^2 / 12 = 1716 \text{ mm}^4 \\ I_a &= (t^4) \cdot \min\{ 399 \cdot [(b'/t) / S - 0.328]^3 ; 115 \cdot (b'/t) / S + 5 \} = (3,2^4) \cdot 399 \times [17,9 / 36,2 - 0.328]^3 = 193 \text{ mm}^4 \\ R_i &= \min\{ I_s / I_a ; 1 \} = \min\{ 1716 / 193 ; 1 \} = 1,000 \\ F_{cr} &= k \cdot \pi^2 \cdot E / [12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (d'/t)^2] = 0,43 \times \pi^2 \times 200000 / [12 \times (1 - 0,3^2) \times (18,6 / 3,2)^2] = 2300,6 \text{ MPa} \\ \lambda &= \sqrt{F_y / F_{cr}} = \sqrt{250 / 2300,6} = 0,165 \leq 0,673 \\ \rho &= 1,00 \\ d_e &= p \cdot d' = 1 \times 18,6 = 18,6 \text{ mm} \\ d_{\bar{e}} &= d - d_e = 18,6 - 18,6 = 0,0 \text{ mm} \\ \text{Esbeltez Ala (elem. rigidizado por un ala y un labio - compresión c/ tensiones uniformes):} & & b/t = 57,2 / 3,2 = 17,9 \\ b' &= \min(60 \cdot t ; b) = \min(60 \times 3,2 ; 57,2) = 57,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$S = 1,28.v(E/f) =$	$1.28 \times v(200000/250) =$	36,20
$b'/t = 57,2/3,2 = 17,9 > 0,328.S = 0.328 \times 36,2 = 11,87$		
$n = \max\{0,582 - (b'/t)/(4.S) ; 1/3\} =$	$\max\{0.582 - 17,9/(4 \times 36,2) ; 1/3\} =$	0,458
$0.25 < D/b' = 25/57,2 = 0,44 < 0.80 \rightarrow$	$k = \min\{4 ; (4.82 - 5 \times 0,44) \times 1^{0,458} + 0.43\} =$	3,05
$F_{cr} = k.\pi^2.E/[12.(1-\mu^2).(b'/t)^2] =$	$3,05 \times \pi^2 \times 200000/[12 \times (1-0,3^2) \times (57,2/187,2)^2] =$	1726 MPa
$\lambda = \sqrt{f/F_{cr}} = \sqrt{62,7/1725,5} =$	0,191	≤ 0.673
$\rho =$		1,00
$b_e = \rho.b' =$	$1 \times 57,2 =$	57,2 mm
$b_{\bar{e}} = b - b_e =$	$57,2 - 57,2 =$	0,0
Esbitez Alma (elem. rigidizado, vinculado a o/ elem. rigidizados - comp. c/ tens. unif.):		$h/t = 187,2/3,2 = 58,5$
$h' = \min(500.t ; h) =$	$\min(500 \times 3,2 ; 187,2) =$	187,2 mm
$F_{cr} = k.\pi^2.E/[12.(1-\mu^2).(h'/t)^2] =$	$4 \times \pi^2 \times 200000/[12 \times (1-0,3^2) \times (187,2/3,2)^2] =$	211,3 MPa
$\lambda = \sqrt{f/F_{cr}} = \sqrt{62,7/211,3} =$	0,545	≤ 0.673
$\rho =$		1,00
$b_e = \rho.h' =$	$1 \times 187,2 =$	187,2 mm
$h_{\bar{e}} = \max\{h' - b_e ; 0\} =$	$\max\{187,2 - 187,2 ; 0\} =$	0,0 mm
Sección Efectiva		
$A_e = A_g - (2.b_{\bar{e}} + 2.d_{\bar{e}} + h_{\bar{e}}).t =$	$11,81 - (2 \times 0 + 2 \times 0 + 0) \times 3,2/100 =$	11,81 cm ²
$P_d = \emptyset.F_n.A_e =$	$0.85 \times 62,7 \times 11,81/100 =$	6,29 t
		$> P_u = 0t \rightarrow B.C.$

TRACCION

$T_u =$ Normal de Tracción Ultimo		0,00 t
$k_x.l_x =$ Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la mayor inercia:		5,00 m
$k_y.l_y =$ Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la menor inercia:		1,00 m
$\lambda_x = k_x.l_x/r_x =$	$500/7,73 =$	$65 \leq 300$
$\lambda_y = k_y.l_y/r_y =$	$100/2,57 =$	$39 \leq 300$
$A_n \geq T_u/(\emptyset.F_u) = 0/(0.75 \times 400/100) = 0 \text{ cm}^2$. En general, para desarrollar la capacidad de fluencia de la sección no debe superarse el límite $A_n = [0,90.F_y/(0,75.F_u)].A_g = 75\% \times A_g (8,86 \text{ cm}^2)$.		
$T_d = \emptyset.A_g.F_y =$	$0.90 \times 11,81 \times 250/100 =$	26,57 t
		$> T_u = 0t \rightarrow B.C.$

ACCIONES COMBINADAS

$M_{ux} =$	0,52 tm
$M_{uy} =$	0,00 tm
$V_{ux} =$	0,57 t
$V_{uy} =$	0,00 t
$P_u =$	0,00 t
$T_u =$	0,00 t

INTERACCION FLEXION Y NORMAL

$M_{ux}/M_{dx} + M_{uy}/M_{dy} + P_u/P_d =$	$0,52/0,65 + 0 + 0 =$	$0,800 \leq 1$
$M_{ux}/M_{dx} + M_{uy}/M_{dy} + T_u/P_d =$	$0,52/0,65 + 0 + 0 =$	$0,800 \leq 1$

INTERACCION FLEXION Y CORTE

$[P_u/P_d + M_{ux}/M_{dx} + M_{uy}/M_{dy}]^2 + [V_{ux}/V_{dx}]^2 =$	$(0 + 0,52/0,65 + 0)^2 + (0,57/8,54)^2 =$	$0,644 \leq 1$
$[P_u/P_d + M_{ux}/M_{dx} + M_{uy}/M_{dy}]^2 + [V_{uy}/V_{dy}]^2 =$	$(0 + 0,52/0,65 + 0)^2 + (0)^2 =$	$0,640 \leq 1$

ANÁLISIS DE CARGAS ADMINISTRACION

1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y MODULACIÓN

La estructura principal está conformada por pórticos transversales metálicos con techo a un agua.

Anchos tributarios para el cálculo

- * Correas de techo: 1.20 metros
- * Pórticos Centrales (ejes interiores): 5.25 metros
- * Pórticos Extremos (ejes de fachada y fondo): 2.25 metros

2. PARÁMETROS BÁSICOS DE VIENTO EN LA ZONA (CIRSOC 102)

Para la localidad de Arteaga (Santa Fe), se adoptan los siguientes parámetros:

- * Velocidad básica del viento (V): 45 metros por segundo (162 km/h)
- * Categoría de exposición del terreno: Exposición C (Terreno abierto, zona rural o de parques industriales)
- * Factor de direccionalidad (Kd): 0.85
- * Factor topográfico (Kzt): 1.00 (Terreno llano)
- * Factor de importancia (I): 1.00 (Categoría de Riesgo II - Edificios comunes)
- * Coeficiente de exposición para altura media (Kz): 0.85
- * Presión dinámica básica del viento (qh): 0.090 t/m² (toneladas por metro cuadrado)

3. DETERMINACIÓN DE CARGAS SUPERFICIALES (en t/m²)

- * Carga Permanente (D): Chapa Cincalum calibre 25/27 + Aislación térmica de lana de vidrio (80 mm) + Peso propio estimado de las correas metálicas = 0.016 t/m²
- * Sobrecarga de Mantenimiento (Lr): Techo inaccesible según norma = 0.100 t/m²
- * Acción del Viento (W - Succión neta): Presión de diseño para el techo = -0.090 t/m² (El signo negativo indica que la fuerza empuja hacia arriba, intentando levantar el techo).

4. PLANILLA RESUMEN DE CARGAS LINEALES PARA MODELADO (en t/m)

Los siguientes valores representan las cargas por metro lineal que deben ingresarse en las barras del software de cálculo estructural:

4.1. Cargas sobre la Estructura de Cubierta (Techo)

D (Carga Permanente) | 0.019 t/m | 0.084 t/m | 0.036 t/m

Lr (Sobrecarga de Techo) | 0.120 t/m | 0.525 t/m | 0.225 t/m

W (Viento de Succión) | -0.108 t/m | -0.473 t/m | -0.203 t/m

4.2. Cargas Horizontales de Viento sobre Columnas Principales

Columna Barlovento | +0.462 t/m | Presión (Hacia adentro del local)

Columna Sotavento | -0.320 t/m | Succión (Hacia afuera del local)

CALCULO COLUMNA - PORTICO 4

DIMENSIONAMIENTO A FLEXION NORMAL Y CORTE - SECCION DOBLE T LAMINADA

SECCION ADOPTADA

Sección:	IPN 240	Fy =	235	MPa
Calidad:	F-24	FL =	166	MPa
E =	200000 MPa	Fu =	370	MPa
G =	77200 MPa	Peso =	36,20	kg/m

FLEXION ALREDEDOR DEL EJE PRINCIPAL DE LA MAYOR INERCIA

Mux = Momento Flector Ultimo en eje X		5,80	tm
Lb = Distancia entre puntos de arriostramiento contra el desplazamiento lateral del ala comprimida:		1,60	m
Carga aplicada en el Alma o en el Ala inferior			
Lp = $1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{E/F_y}$ =	$1,76 \times 2,19 \times \sqrt{200000/235}$ =	112	cm
Lr = $(r_y \cdot X_1 / FL) \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 \cdot FL^2}}$ =	$(2,19 \times 24016 / 166) \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,00003 \times 166^2}}$ =	481	cm
Mp = $\min(1,5 \cdot F_y \cdot S_x ; F_y \cdot Z_x)$ =	$235 \times 412 / 10000$ =	9,68	tm
Mr = $FL \cdot S_x$ =	$166 \times 354,2 / 10000$ =	5,88	tm
Mcr = $(\pi / L_b) \cdot \sqrt{E \cdot I_y \cdot G \cdot J + (\pi \cdot E / L_b)^2 \cdot I_y \cdot C_w}$ =	$(\pi / 160) \times \sqrt{200000 \times 221 \times 77200 \times 20,6 + (\pi \times 200000 / 160)^2 \times 221 \times 28730} / 10000$ =	25,47	tm
bf/(2.tf) = 4,05	$< \lambda_r = 0,83 \times \sqrt{E/FL} = 0,83 \times \sqrt{200000/166}$ =	28,8	
d'/tw = 22,07	$< \lambda_r = 5,70 \times \sqrt{E/F_y} = 5,70 \times \sqrt{200000/235}$ =	166,3	
	Qs =	1,000	
	Qa =	1,000	
	Q = Qs.Qa =	1,000	
Cb = Factor diagrama de momento flector no uniforme (conservadoramente =1):		2,273	
Mnx = $\min \{ M_p ; C_b \cdot [M_p - (M_p - M_r) \cdot (L_b - L_p) / (L_r - L_p)] \}$ =	$\min \{ 9,68 ; 2,273 \times [9,68 - (9,68 - 5,88) \times (160 - 112) / (481 - 112)] \}$ =	9,68	tm
Mdx = $\emptyset \cdot Q \cdot Mnx$ =	$0,90 \times 1 \times 9,68$ =	8,71	tm
	> Mux = 5,8tm → B.C.		

FLEXION ALREDEDOR DEL EJE PRINCIPAL DE LA MENOR INERCIA

Muy = Momento Flector Ultimo en eje Y		0,00	tm
Mp = $\min(1,5 \cdot F_y \cdot S_y ; F_y \cdot Z_y)$ =	$1,5 \times 235 \times 41,7 / 10000$ =	1,47	tm
bf/(2.tf) = 4,05	$< \lambda_r = 0,83 \times \sqrt{E/FL} = 0,83 \times \sqrt{200000/166}$ =	28,8	
	Qs =	1,000	
Mdy = $\emptyset \cdot Qs \cdot Mp$ =	$0,90 \times 1 \times 1,47$ =	1,32	tm
	> Muy = 0tm → B.C.		

CORTE EN EL EJE PRINCIPAL DE LA MAYOR INERCIA

Vux = Corte Ultimo en eje X		2,85	t
Aw = d.tw =	$240 \times 8,7 / 100$ =	20,88	cm ²
	$2,45 \times \sqrt{E/F_y} = 2,45 \times \sqrt{200000/235}$ =	71,47	
	$3,07 \times \sqrt{E/F_y} = 3,07 \times \sqrt{200000/235}$ =	89,56	
	d'/tw = 22,07	< 71,47	
Vnx = $0,6 \cdot F_y \cdot Aw$ =	$0,6 \times 235 \times 20,88 / 100$ =	29,44	t
Vdx = $\emptyset \cdot Vnx$ =	$0,90 \times 29,44$ =	26,50	t
	> Vux = 2,85t → B.C.		

CORTE EN EL EJE PRINCIPAL DE LA MENOR INERCIA

Vuy = Corte Ultimo en eje Y		0,00	t
Aw = bf.tf =	$106 \times 13,1 / 100$ =	13,89	cm ²
	$2,45 \times \sqrt{E/F_y} = 2,45 \times \sqrt{200000/235}$ =	71,47	
	$3,07 \times \sqrt{E/F_y} = 3,07 \times \sqrt{200000/235}$ =	89,56	
	bf/(2.tf) = 4,05	< 71,47	
Vny = $0,6 \cdot F_y \cdot Aw$ =	$0,6 \times 235 \times 13,89 / 100$ =	19,58	t
Vdy = $\emptyset \cdot Vny$ =	$0,90 \times 19,58$ =	17,62	t
	> Vuy = 0t → B.C.		

COMPRESION

Pu = Normal de Compresión Ultimo		5,20 t
kx.lx = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la mayor inercia:		1,60 m
ky.ly = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la menor inercia:		1,60 m
$\lambda_x = kx.lx/rx =$	$160/9,6 =$	$17 \leq 200$
$\lambda_y = ky.ly/ry =$	$160/2,19 =$	$73 \leq 200$
$\lambda_c = (\lambda_y/\pi) \times \sqrt{F_y/E} =$	$(73/\pi) \times \sqrt{235/200000} =$	0,797
$bf/(2 \times t_f) = 4,05$	$< \lambda_r = 0.56 \times \sqrt{E/F_y} = 0.56 \times \sqrt{200000/235} =$	16,3
	Qs =	1,000
$\lambda_c \times \sqrt{Q_s} =$	$0,797 \times \sqrt{1} =$	0,797
$f = \phi \times F_y \times Q_s \times 0.658^{(\lambda_c \times \sqrt{Q_s})^2} =$	$0.85 \times 235 \times 1 \times 0.658^{(0,797)^2} =$	153 MPa
$d'/tw = 22,07$	$< \lambda_r = 1.49 \times \sqrt{E/F_y} = 1.49 \times \sqrt{200000/235} =$	43,5
	Qa =	1,000
	Q = Qs.Qa =	1,000
$\lambda_c \times \sqrt{Q} =$	$0,797 \times \sqrt{1} =$	0,797
$F_{cr} = F_y \times Q \times 0.658^{(\lambda_c \times \sqrt{Q})^2} =$	$235 \times 1 \times 0.658^{(0,797)^2} =$	180 MPa
$P_d = \phi \times A \times F_{cr} =$	$0.85 \times 46,1 \times 180/100 =$	70,53 t
	> Pu = 5,2t → B.C.	

TRACCION

Tu = Normal de Tracción Ultimo		0,00 t
kx.lx = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la mayor inercia:		1,60 m
ky.ly = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la menor inercia:		1,60 m
$\lambda_x = kx.lx/rx =$	$160/9,6 =$	$17 < 300$
$\lambda_y = ky.ly/ry =$	$160/2,19 =$	$73 < 300$
$An \geq Tu/(\phi \times Fu) = 0/(0.75 \times 370/100) = 0 \text{ cm}^2$. En general, para desarrollar la capacidad de fluencia de la sección no debe superarse el límite $An = [0,90 \times F_y/(0,75 \times Fu)] \times A = 76\% \times A$ (35,14cm²).		
$T_d = \phi \times A \times F_y =$	$0.90 \times 46,1 \times 235/100 =$	97,50 t
	> Tu = 0t → B.C.	

ACCIONES COMBINADAS

Mux =		5,80 tm
Muy =		0,00 tm
Pu =		5,20 t
Tu =		0,00 t
Mux/Mdx =	$5,8/8,71 =$	0,666
Muy/Mdy =	$0/1,32 =$	0,000
Pu/Pd =	$5,2/70,53 =$	0,074
Tu/Td =	$0/97,5 =$	0,000
$[Pu/Pd]/2 + Mux/Mdx + Muy/Mdy =$	$0,074/2 + 0,666 + 0 =$	$0,703 \leq 1$
$[Tu/Td]/2 + Mux/Mdx + Muy/Mdy =$	$0/2 + 0,666 + 0 =$	$0,666 \leq 1$

CALCULO REGLA - PORTICO 4

DIMENSIONAMIENTO A FLEXION NORMAL Y CORTE - SECCION DOBLE T LAMINADA

SECCION ADOPTADA

Sección: **IPN 240**

Calidad: **F-24**

E = 200000 MPa

G = 77200 MPa

Fy = 235 MPa

FL = 166 MPa

Fu = 370 MPa

Peso = 36,20 kg/m

FLEXION ALREDEDOR DEL EJE PRINCIPAL DE LA MAYOR INERCIA

Mux = Momento Flector Ultimo en eje X **5,48 tm**

Lb = Distancia entre puntos de arriostramiento contra el desplazamiento lateral del ala comprimida: **2,50 m**

Carga aplicada en el Ala superior

Lp = $1,59 \cdot r_y \cdot \sqrt{E/F_y} = 1,59 \times 2,19 \times \sqrt{200000/235} = 102 \text{ cm}$

Lr = $1,28 \cdot r_x \cdot X1/FL = 1,28 \times 2,19 \times 24016/166 = 406 \text{ cm}$

Mp = $\min(1,5 \cdot F_y \cdot S_x ; F_y \cdot Z_x) = 235 \times 412/10000 = 9,68 \text{ tm}$

Mr = $FL \cdot S_x = 166 \times 354,2/10000 = 5,88 \text{ tm}$

Mcr = $1,28 \cdot S_x \cdot X1/(L_b/r_y) = [1,28 \times 354,2 \times 24016/(250/2,19)]/10000 = 9,54 \text{ tm}$

bf/(2.tf) = 4,05 $< \lambda_r = 0,83 \times \sqrt{E/FL} = 0,83 \times \sqrt{200000/166} = 28,8$

d'/tw = 22,07 $< \lambda_r = 5,70 \times \sqrt{E/F_y} = 5,70 \times \sqrt{200000/235} = 166,3$

Qs = 1,000

Qa = 1,000

Q = Qs.Qa = 1,000

Cb = Factor diagrama de momento flector no uniforme (conservadoramente =1):

Mnx = $\min \{ M_p ; C_b \cdot [M_p - (M_p - M_r) \cdot (L_b - L_p)/(L_r - L_p)] \} = \min \{ 9,68 ; 2,3 \times [9,68 - (9,68 - 5,88) \times (250 - 102)/(406 - 102)] \} = 9,68 \text{ tm}$

Mdx = $\emptyset \cdot Q \cdot Mnx = 0,90 \times 1 \times 9,68 = 8,71 \text{ tm}$

> Mux = 5,48tm → B.C.

FLEXION ALREDEDOR DEL EJE PRINCIPAL DE LA MENOR INERCIA

Muy = Momento Flector Ultimo en eje Y **0,00 tm**

Mp = $\min(1,5 \cdot F_y \cdot S_y ; F_y \cdot Z_y) = 1,5 \times 235 \times 41,7/10000 = 1,47 \text{ tm}$

bf/(2.tf) = 4,05 $< \lambda_r = 0,83 \times \sqrt{E/FL} = 0,83 \times \sqrt{200000/166} = 28,8$

Qs = 1,000

Mdy = $\emptyset \cdot Q_s \cdot M_p = 0,90 \times 1 \times 1,47 = 1,32 \text{ tm}$

> Muy = 0tm → B.C.

CORTE EN EL EJE PRINCIPAL DE LA MAYOR INERCIA

Vux = Corte Ultimo en eje X **3,78 t**

Aw = d.tw = $240 \times 8,7/100 = 20,88 \text{ cm}^2$

$2,45 \times \sqrt{E/F_y} = 2,45 \times \sqrt{200000/235} = 71,47$

$3,07 \times \sqrt{E/F_y} = 3,07 \times \sqrt{200000/235} = 89,56$

d'/tw = 22,07 $< 71,47$

Vnx = $0,6 \cdot F_y \cdot Aw = 0,6 \times 235 \times 20,88/100 = 29,44 \text{ t}$

Vdx = $\emptyset \cdot Vnx = 0,90 \times 29,44 = 26,50 \text{ t}$

> Vux = 3,78t → B.C.

CORTE EN EL EJE PRINCIPAL DE LA MENOR INERCIA

Vuy = Corte Ultimo en eje Y **1,40 t**

Aw = bf.tf = $106 \times 13,1/100 = 13,89 \text{ cm}^2$

$2,45 \times \sqrt{E/F_y} = 2,45 \times \sqrt{200000/235} = 71,47$

$3,07 \times \sqrt{E/F_y} = 3,07 \times \sqrt{200000/235} = 89,56$

bf/(2.tf) = 4,05 $< 71,47$

Vny = $0,6 \cdot F_y \cdot Aw = 0,6 \times 235 \times 13,89/100 = 19,58 \text{ t}$

Vdy = $\emptyset \cdot Vny = 0,90 \times 19,58 = 17,62 \text{ t}$

> Vuy = 1,4t → B.C.

COMPRESION

P_u = Normal de Compresión Ultimo		3,61 t
$k_x.l_x$ = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la mayor inercia:		2,50 m
$k_y.l_y$ = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la menor inercia:		2,50 m
$\lambda_x = k_x.l_x/r_x =$	$250/9,6 =$	$26 \leq 200$
$\lambda_y = k_y.l_y/r_y =$	$250/2,19 =$	$114 \leq 200$
$\lambda_c = (\lambda_y/\pi) \times \sqrt{F_y/E} =$	$(114/\pi) \times \sqrt{235/200000} =$	1,244
$b_f/(2 \times t_f) = 4,05$	$< \lambda_r = 0.56 \times \sqrt{E/F_y} = 0.56 \times \sqrt{200000/235} =$	16,3
	$Q_s =$	1,000
$\lambda_c \cdot \sqrt{Q_s} =$	$1,244 \times \sqrt{1} =$	1,244
$f = \phi \cdot F_y \cdot Q_s \cdot 0,658^{(\lambda_c \cdot \sqrt{Q_s})^2} =$	$0.85 \times 235 \times 1 \times 0.658^{(1,244)^2} =$	105 MPa
$d'/t_w = 22,07$	$< \lambda_r = 1.49 \times \sqrt{E/F_y} = 1.49 \times \sqrt{200000/235} =$	43,5
	$Q_a =$	1,000
	$Q = Q_s \cdot Q_a =$	1,000
$\lambda_c \cdot \sqrt{Q} =$	$1,244 \times \sqrt{1} =$	1,244
$F_{cr} = F_y \cdot Q \cdot 0,658^{(\lambda_c \cdot \sqrt{Q})^2} =$	$235 \times 1 \times 0.658^{(1,244)^2} =$	123 MPa
$P_d = \phi \cdot A \cdot F_{cr} =$	$0.85 \times 46,1 \times 123/100 =$	48,20 t
	$> P_u = 3,61t \rightarrow$	B.C.

TRACCION

T_u = Normal de Tracción Ultimo		0,00 t
$k_x.l_x$ = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la mayor inercia:		2,50 m
$k_y.l_y$ = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la menor inercia:		2,50 m
$\lambda_x = k_x.l_x/r_x =$	$250/9,6 =$	$26 < 300$
$\lambda_y = k_y.l_y/r_y =$	$250/2,19 =$	$114 < 300$
$A_n \geq T_u/(\phi \cdot F_u) = 0/(0.75 \times 370/100) = 0 \text{ cm}^2$.	En general, para desarrollar la capacidad de fluencia de la sección no debe superarse el límite $A_n = [0,90 \cdot F_y/(0,75 \cdot F_u)] \cdot A = 76\% \times A$ (35,14cm²).	
$T_d = \phi \cdot A \cdot F_y =$	$0.90 \times 46,1 \times 235/100 =$	97,50 t
	$> T_u = 0t \rightarrow$	B.C.

ACCIONES COMBINADAS

$M_{ux} =$		5,48 tm
$M_{uy} =$		0,00 tm
$P_u =$		3,61 t
$T_u =$		0,00 t
$M_{ux}/M_{dx} =$	$5,48/8,71 =$	0,629
$M_{uy}/M_{dy} =$	$0/1,32 =$	0,000
$P_u/P_d =$	$3,61/48,2 =$	0,075
$T_u/T_d =$	$0/97,5 =$	0,000
$[P_u/P_d]/2 + M_{ux}/M_{dx} + M_{uy}/M_{dy} =$	$0,075/2 + 0,629 + 0 =$	$0,667 \leq 1$
$[T_u/T_d]/2 + M_{ux}/M_{dx} + M_{uy}/M_{dy} =$	$0/2 + 0,629 + 0 =$	$0,629 \leq 1$

CALCULO COLUMNA - PORTICO 3

DIMENSIONAMIENTO A FLEXION NORMAL Y CORTE - SECCION DOBLE T LAMINADA

SECCION ADOPTADA

Sección: **IPN 180**

Calidad: **F-24**

E = 200000 MPa

G = 77200 MPa

Fy = 235 MPa

FL = 166 MPa

Fu = 370 MPa

Peso = 21,90 kg/m

FLEXION ALREDEDOR DEL EJE PRINCIPAL DE LA MAYOR INERCIA

Mux = Momento Flector Ultimo en eje X **3,13 tm**

Lb = Distancia entre puntos de arriostramiento contra el desplazamiento lateral del ala comprimida: **1,60 m**

Carga aplicada en el Ala superior

Lp = $1,59 \cdot r_y \cdot \sqrt{E/F_y} = 1,59 \times 1,71 \times \sqrt{200000/235} = 79 \text{ cm}$

Lr = $1,28 \cdot r_x \cdot X1/FL = 1,28 \times 1,71 \times 25422/166 = 335 \text{ cm}$

Mp = $\min(1,5 \cdot F_y \cdot S_x ; F_y \cdot Z_x) = 235 \times 187/10000 = 4,39 \text{ tm}$

Mr = $FL \cdot S_x = 166 \times 161,1/10000 = 2,67 \text{ tm}$

Mcr = $1,28 \cdot S_x \cdot X1/(L_b/r_y) = [1,28 \times 161,1 \times 25422/(160/1,71)]/10000 = 5,60 \text{ tm}$

bf/(2.tf) = 3,94 $< \lambda_r = 0,83 \times \sqrt{E/FL} = 0,83 \times \sqrt{200000/166} = 28,8$

d'/tw = 20,58 $< \lambda_r = 5,70 \times \sqrt{E/F_y} = 5,70 \times \sqrt{200000/235} = 166,3$

Qs = 1,000

Qa = 1,000

Q = Qs.Qa = 1,000

Cb = Factor diagrama de momento flector no uniforme (conservadoramente =1):

Mnx = $\min \{ M_p ; C_b \cdot [M_p - (M_p - M_r) \cdot (L_b - L_p)/(L_r - L_p)] \} = \min \{ 4,39 ; 2,273 \times [4,39 - (4,39 - 2,67) \times (160 - 79)/(335 - 79)] \} = 4,39 \text{ tm}$

Mdx = $\emptyset \cdot Q \cdot Mnx = 0,90 \times 1 \times 4,39 = 3,95 \text{ tm}$

> Mux = 3,13tm → B.C.

FLEXION ALREDEDOR DEL EJE PRINCIPAL DE LA MENOR INERCIA

Muy = Momento Flector Ultimo en eje Y **0,00 tm**

Mp = $\min(1,5 \cdot F_y \cdot S_y ; F_y \cdot Z_y) = 1,5 \times 235 \times 19,8/10000 = 0,70 \text{ tm}$

bf/(2.tf) = 3,94 $< \lambda_r = 0,83 \times \sqrt{E/FL} = 0,83 \times \sqrt{200000/166} = 28,8$

Mdy = $\emptyset \cdot Q_s \cdot M_p = 0,90 \times 1 \times 0,7 = 0,63 \text{ tm}$

> Muy = 0tm → B.C.

CORTE EN EL EJE PRINCIPAL DE LA MAYOR INERCIA

Vux = Corte Ultimo en eje X **0,00 t**

Aw = d.tw = $180 \times 6,9/100 = 12,42 \text{ cm}^2$

$2,45 \times \sqrt{E/F_y} = 2,45 \times \sqrt{200000/235} = 71,47$

$3,07 \times \sqrt{E/F_y} = 3,07 \times \sqrt{200000/235} = 89,56$

d'/tw = 20,58 $< 71,47$

Vnx = $0,6 \cdot F_y \cdot Aw = 0,6 \times 235 \times 12,42/100 = 17,51 \text{ t}$

Vdx = $\emptyset \cdot Vnx = 0,90 \times 17,51 = 15,76 \text{ t}$

> Vux = 0t → B.C.

CORTE EN EL EJE PRINCIPAL DE LA MENOR INERCIA

Vuy = Corte Ultimo en eje Y **1,80 t**

Aw = bf.tf = $82 \times 10,4/100 = 8,53 \text{ cm}^2$

$2,45 \times \sqrt{E/F_y} = 2,45 \times \sqrt{200000/235} = 71,47$

$3,07 \times \sqrt{E/F_y} = 3,07 \times \sqrt{200000/235} = 89,56$

bf/(2.tf) = 3,94 $< 71,47$

Vny = $0,6 \cdot F_y \cdot Aw = 0,6 \times 235 \times 8,53/100 = 12,03 \text{ t}$

Vdy = $\emptyset \cdot Vny = 0,90 \times 12,03 = 10,83 \text{ t}$

> Vuy = 1,8t → B.C.

COMPRESION

Pu = Normal de Compresión Ultimo		2,50	t
kx.lx = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la mayor inercia:		1,60	m
ky.ly = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la menor inercia:		1,60	m
$\lambda x = kx.lx/rx =$	$160/7,21 =$		$22 \leq 200$
$\lambda y = ky.ly/ry =$	$160/1,71 =$		$94 \leq 200$
$\lambda c = (\lambda y/\pi) \times \sqrt{Fy/E} =$	$(94/\pi) \times \sqrt{235/200000} =$		1,026
$bf/(2 \times tf) = 3,94$	$< \lambda r = 0.56 \times \sqrt{E/Fy} = 0.56 \times \sqrt{200000/235} =$		16,3
		Qs =	1,000
$\lambda c.vQs =$	$1,026 \times \sqrt{1} =$		1,026
$f = \phi.Fy.Qs.0,658^{(\lambda c.vQs)^2} =$	$0.85 \times 235 \times 1 \times 0.658^{(1,026)^2} =$		129 MPa
$d'/tw = 20,58$	$< \lambda r = 1.49 \times \sqrt{E/Fy} = 1.49 \times \sqrt{200000/235} =$		43,5
		Qa =	1,000
		Q = Qs.Qa =	1,000
$\lambda c.vQ =$	$1,026 \times \sqrt{1} =$		1,026
$Fcr = Fy.Q.0,658^{(\lambda c.vQ)^2} =$	$235 \times 1 \times 0.658^{(1,026)^2} =$		151 MPa
$Pd = \phi.A.Fcr =$	$0.85 \times 27,9 \times 151/100 =$		35,81 t
		$> Pu = 2,5t \rightarrow B.C.$	

TRACCION

Tu = Normal de Tracción Ultimo		0,00	t
kx.lx = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la mayor inercia:		1,60	m
ky.ly = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la menor inercia:		1,60	m
$\lambda x = kx.lx/rx =$	$160/7,21 =$		$22 < 300$
$\lambda y = ky.ly/ry =$	$160/1,71 =$		$94 < 300$
$An \geq Tu/(\phi.Fu) = 0/(0.75 \times 370/100) = 0cm^2.$	En general, para desarrollar la capacidad de fluencia de la sección no debe superarse el límite $An = [0,90.Fy/(0,75.Fu)].A = 76\% \times A (21,26cm^2).$		
$Td = \phi.A.Fy =$	$0.90 \times 27,9 \times 235/100 =$		59,01 t
		$> Tu = 0t \rightarrow B.C.$	

ACCIONES COMBINADAS

Mux =		3,13	tm
Muy =		0,00	tm
Pu =		2,50	t
Tu =		0,00	t
Mux/Mdx =	$3,13/3,95 =$		0,792
Muy/Mdy =	$0/0,63 =$		0,000
Pu/Pd =	$2,5/35,81 =$		0,070
Tu/Td =	$0/59,01 =$		0,000
$[Pu/Pd]/2 + Mux/Mdx + Muy/Mdy =$	$0,07/2 + 0,792 + 0 =$		$0,827 \leq 1$
$[Tu/Td]/2 + Mux/Mdx + Muy/Mdy =$	$0/2 + 0,792 + 0 =$		$0,792 \leq 1$

CALCULO REGLA - PORTICO 3

DIMENSIONAMIENTO A FLEXION NORMAL Y CORTE - SECCION DOBLE T LAMINADA

SECCION ADOPTADA

Sección:	IPN 180	Fy =	235	MPa
Calidad:	F-24	FL =	166	MPa
E =	200000 MPa	Fu =	370	MPa
G =	77200 MPa	Peso =	21,90	kg/m

FLEXION ALREDEDOR DEL EJE PRINCIPAL DE LA MAYOR INERCIA

Mux = Momento Flector Ultimo en eje X		3,06	tm
Lb = Distancia entre puntos de arriostramiento contra el desplazamiento lateral del ala comprimida:		2,50	m
Carga aplicada en el Alma o en el Ala inferior			
Lp = $1,76 \cdot ry \cdot \sqrt{E/Fyf}$ =	$1,76 \times 1,71 \times \sqrt{200000/235}$ =	88	cm
Lr = $(ry \cdot X1/FL) \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + X2 \cdot FL^2}}$ =	$(1,71 \times 25422/166) \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,00002 \times 166^2}}$ =	393	cm
Mp = $\min(1,5 \cdot Fy \cdot Sx ; Fy \cdot Zx)$ =	$235 \times 187/10000$ =	4,39	tm
Mr = $FL \cdot Sx$ =	$166 \times 161,1/10000$ =	2,67	tm
Mcr = $(\pi/Lb) \cdot \sqrt{E \cdot Iy \cdot G \cdot J + (\pi \cdot E/Lb)^2 \cdot Iy \cdot Cw}$ =	$(\pi/250) \times \sqrt{200000 \times 81,3 \times 77200 \times 7,89 + (\pi \times 200000/250)^2 \times 81,3 \times 5924}$ / 10000 =	4,52	tm
bf/(2.tf) = 3,94	$< \lambda r = 0,83 \times \sqrt{E/FL} = 0,83 \times \sqrt{200000/166}$ =	28,8	
d'/tw = 20,58	$< \lambda r = 5,70 \times \sqrt{E/Fy} = 5,70 \times \sqrt{200000/235}$ =	166,3	
	Qs =	1,000	
	Qa =	1,000	
	Q = Qs.Qa =	1,000	
Cb = Factor diagrama de momento flector no uniforme (conservadoramente =1):		2,300	
Mnx = $\min \{ Mp ; Cb \cdot [Mp - (Mp - Mr) \cdot (Lb - Lp)/(Lr - Lp)] \}$ =	$\min \{ 4,39 ; 2,3 \times [4,39 - (4,39 - 2,67) \times (250 - 88)/(393 - 88)] \}$ =	4,39	tm
Mdx = $\emptyset \cdot Q \cdot Mnx$ =	$0,90 \times 1 \times 4,39$ =	3,95	tm
	> Mux = 3,06tm → B.C.		

FLEXION ALREDEDOR DEL EJE PRINCIPAL DE LA MENOR INERCIA

Muy = Momento Flector Ultimo en eje Y		0,00	tm
Mp = $\min(1,5 \cdot Fy \cdot Sy ; Fy \cdot Zy)$ =	$1,5 \times 235 \times 19,8/10000$ =	0,70	tm
bf/(2.tf) = 3,94	$< \lambda r = 0,83 \times \sqrt{E/FL} = 0,83 \times \sqrt{200000/166}$ =	28,8	
	Qs =	1,000	
Mdy = $\emptyset \cdot Qs \cdot Mp$ =	$0,90 \times 1 \times 0,7$ =	0,63	tm
	> Muy = 0tm → B.C.		

CORTE EN EL EJE PRINCIPAL DE LA MAYOR INERCIA

Vux = Corte Ultimo en eje X		2,14	t
Aw = d.tw =	$180 \times 6,9/100$ =	12,42	cm ²
	$2,45 \times \sqrt{E/Fy} = 2,45 \times \sqrt{200000/235}$ =	71,47	
	$3,07 \times \sqrt{E/Fy} = 3,07 \times \sqrt{200000/235}$ =	89,56	
	d'/tw = 20,58	< 71,47	
Vnx = $0,6 \cdot Fy \cdot Aw$ =	$0,6 \times 235 \times 12,42/100$ =	17,51	t
Vdx = $\emptyset \cdot Vnx$ =	$0,90 \times 17,51$ =	15,76	t
	> Vux = 2,14t → B.C.		

CORTE EN EL EJE PRINCIPAL DE LA MENOR INERCIA

Vuy = Corte Ultimo en eje Y		0,00	t
Aw = bf.tf =	$82 \times 10,4/100$ =	8,53	cm ²
	$2,45 \times \sqrt{E/Fy} = 2,45 \times \sqrt{200000/235}$ =	71,47	
	$3,07 \times \sqrt{E/Fy} = 3,07 \times \sqrt{200000/235}$ =	89,56	
	bf/(2.tf) = 3,94	< 71,47	
Vny = $0,6 \cdot Fy \cdot Aw$ =	$0,6 \times 235 \times 8,53/100$ =	12,03	t
Vdy = $\emptyset \cdot Vny$ =	$0,90 \times 12,03$ =	10,83	t
	> Vuy = 0t → B.C.		

COMPRESION

Pu = Normal de Compresión Ultimo		1,47 t
kx.lx = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la mayor inercia:		2,50 m
ky.ly = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la menor inercia:		2,50 m
$\lambda x = kx.lx/rx =$	$250/7,21 =$	$35 \leq 200$
$\lambda y = ky.ly/ry =$	$250/1,71 =$	$146 \leq 200$
$\lambda c = (\lambda y/\pi) \times \sqrt{Fy/E} =$	$(146/\pi) \times \sqrt{235/200000} =$	1,593
$bf/(2 \times tf) = 3,94$	$< \lambda r = 0.56 \times \sqrt{E/Fy} = 0.56 \times \sqrt{200000/235} =$	16,3
	Qs =	1,000
$\lambda c. \sqrt{Qs} =$	$1,593 \times \sqrt{1} =$	1,593
$f = \phi.Fy.0,877/\lambda c^2 =$	$0.85 \times 235 \times 0.877/1,593^2 =$	69 MPa
$d'/tw = 20,58$	$< \lambda r = 1.49 \times \sqrt{E/Fy} = 1.49 \times \sqrt{200000/235} =$	43,5
	Qa =	1,000
	Q = Qs.Qa =	1,000
$\lambda c. \sqrt{Q} =$	$1,593 \times \sqrt{1} =$	1,593
$Fcr = Fy.0,877/\lambda c^2 =$	$235 \times 0.877/1,593^2 =$	81 MPa
$Pd = \phi.A.Fcr =$	$0.85 \times 27,9 \times 81/100 =$	19,21 t
	$> Pu = 1,47t \rightarrow B.C.$	

TRACCION

Tu = Normal de Tracción Ultimo		0,00 t
kx.lx = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la mayor inercia:		2,50 m
ky.ly = Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la menor inercia:		2,50 m
$\lambda x = kx.lx/rx =$	$250/7,21 =$	$35 < 300$
$\lambda y = ky.ly/ry =$	$250/1,71 =$	$146 < 300$
$An \geq Tu/(\phi.Fu) = 0/(0.75 \times 370/100) = 0 \text{ cm}^2$. En general, para desarrollar la capacidad de fluencia de la sección no debe superarse el límite $An = [0,90.Fy/(0,75.Fu)].A = 76\% \times A (21,26 \text{ cm}^2)$.		
$Td = \phi.A.Fy =$	$0.90 \times 27,9 \times 235/100 =$	59,01 t
	$> Tu = 0t \rightarrow B.C.$	

ACCIONES COMBINADAS

Mux =		3,06 tm
Muy =		0,00 tm
Pu =		1,47 t
Tu =		0,00 t
Mux/Mdx =	$3,06/3,95 =$	0,775
Muy/Mdy =	$0/0,63 =$	0,000
Pu/Pd =	$1,47/19,21 =$	0,077
Tu/Td =	$0/59,01 =$	0,000
$[Pu/Pd]/2 + Mux/Mdx + Muy/Mdy =$	$0,077/2 + 0,775 + 0 =$	$0,814 \leq 1$
$[Tu/Td]/2 + Mux/Mdx + Muy/Mdy =$	$0/2 + 0,775 + 0 =$	$0,775 \leq 1$

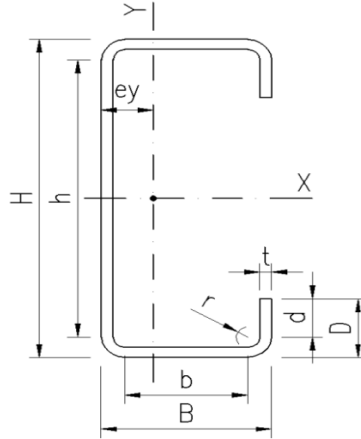
CALCULO CORREAS - ADMINISTRACIÓN

DIMENSIONAMIENTO A FLEXION NORMAL Y CORTE - SECCION C PLEGADA EN FRIO

SECCION ADOPTADA

Material: **A36**

E = 200000 MPa
G = 77200 MPa
Fy = 250 MPa
Fu = 400 MPa
 $\mu = 0,30$



H = 180 mm
B = 70 mm
D = 25 mm
t = 2,50 mm
r = 2,50 mm
h = 170,0 mm
b = 60,0 mm
d = 20,0 mm
Ag = 8,84 cm²
Peso = 6,94 kg/m
Jx = 440,37 cm⁴
Sx = 48,93 cm³
rx = 7,06 cm
ey = 2,26 cm
Jy = 61,44 cm⁴
Sy1 = 27,19 cm³
Sy2 = 12,96 cm³
ry = 2,64 cm
ec = 5,64 cm
ro = 9,41 cm
Jt = 0,18 cm⁴
Cw = 4486 cm⁶

FLEXION ALREDEDOR DEL EJE PRINCIPAL DE LA MAYOR INERCIA

Mux = Momento Flector Ultimo en eje X

ky.Ly = Distancia e/ puntos de arriostamiento del ala comprimida:

kt.Lt = Distancia e/ puntos de arriostamiento contra la torsión:

Cb = Factor diagrama de momento flector no uniforme (conservadoramente =1):

$$Lu = \sqrt{0,36 \cdot Cb \cdot \pi^2 \cdot E \cdot H \cdot Jy / [2 \cdot Sx \cdot Fy]} = \sqrt{0,36 \times 1 \times \pi^2 \times 200000 \times 18 \times 2,26 / [2 \times 48,93 \times 250]} = 179 \text{ cm}$$
$$\sigma_{ey} = \pi^2 \cdot E / (ky \cdot Ly / ry)^2 = \pi^2 \times 200000 / (450 / 2,64)^2 = 68,0 \text{ MPa}$$
$$\sigma_t = [G \cdot Jt + \pi^2 \cdot E \cdot Cw / (kt \cdot Lt)^2] / (Ag \cdot ro^2) = [77200 \times 0,18 + \pi^2 \times 200000 \times 4486 / (450)^2] / (8,84 \times 9,41^2) = 74,0 \text{ MPa}$$
$$Fe = Cb \cdot ro \cdot Ag \cdot \sqrt{(\sigma_{ey} \cdot \sigma_t) / Sx} = 1 \times 9,41 \times 8,84 \times \sqrt{(68 \times 74) / 48,93} = 120,6 \text{ MPa}$$
$$Fe = 120,6 \text{ MPa} \leq 0,56 \cdot Fy = 0,56 \times 250 \text{ MPa} = 140 \text{ MPa} \rightarrow 120,6 \text{ MPa}$$

Esbeltez Labio (elemento no rigidizado - compresión con tensiones variables):

$d'/t = 20/2,5 = 8,0$
 $d' = \min(60 \cdot t ; d) = \min(60 \times 2,5 ; 20) = 20,0 \text{ mm}$
 $Is = t \cdot d'^3 / 12 = 2,5 \times 20^3 / 12 = 1667 \text{ mm}^4$
 $Ia = (t^4) \cdot \min\{399 \cdot [(b'/t)/S - 0,328]^3 ; 115 \cdot (b'/t)/S + 5\} = (2,5^4) \cdot 399 \times [24/36,2 - 0,328]^3 = 586 \text{ mm}^4$
 $Ri = \min\{Is/Ia ; 1\} = \min\{1667/586 ; 1\} = 1,000$
 $Fcr = k \cdot \pi^2 \cdot E / [12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (d'/t)^2] = 0,43 \times \pi^2 \times 200000 / [12 \times (1 - 0,3^2) \times (20/2,5)^2] = 1215 \text{ MPa}$
 $\lambda = \sqrt{f/Fcr} = \sqrt{250/1215} = 0,454 \leq 0,673$
 $\rho = 1,00$
 $de = \rho \cdot d' = 1 \times 20 = 20,0 \text{ mm}$
 $d\bar{e} = d - de = 20 - 20 = 0,0 \text{ mm}$

Esbeltez Ala (elem. rigidizado por un ala y un labio - compresión c/ tensiones uniformes):

$b'/t = 60/2,5 = 24 > 0,328 \cdot S = 0,328 \times 36,2 = 11,87$
 $b' = \min(60 \cdot t ; b) = \min(60 \times 2,5 ; 60) = 60,0 \text{ mm}$
 $S = 1,28 \cdot \sqrt{E/f} = 1,28 \times \sqrt{200000/250} = 36,20$
 $n = \max\{0,582 - (b'/t)/(4 \cdot S) ; 1/3\} = \max\{0,582 - 24/(4 \times 36,2) ; 1/3\} = 0,416$
 $0,25 < D/b' = 25/60 = 0,42 < 0,80 \rightarrow k = \min\{4 ; (4,82 - 5 \times 0,42) \times 1^{0,416} + 0,43\} = 3,15$
 $Fcr = k \cdot \pi^2 \cdot E / [12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (b'/t)^2] = 3,15 \times \pi^2 \times 200000 / [12 \times (1 - 0,3^2) \times (60/2,5)^2] = 988,5 \text{ MPa}$
 $\lambda = \sqrt{f/Fcr} = \sqrt{250/988,5} = 0,503 \leq 0,673$
 $\rho = 1,00$
 $be = \rho \cdot b' = 1 \times 60 = 60,0 \text{ mm}$
 $b\bar{e} = b - be = 60 - 60 = 0,0 \text{ mm}$

Esbeltez Alma (elemento rigidizado - tensiones linealmente variables):

$h'/t = 170/2,5 = 68,0$
 $h' = \min(200 \cdot t ; h) = \min(200 \times 2,5 ; 170) = 170,0 \text{ mm}$
 $\psi = f2/f1 \text{ (-1 para flexion simple con sección totalmente efectiva)} = -1,000$
 $k = 4 + 2 \cdot (1 - \psi)^3 + 2 \cdot (1 - \psi) = 4 + 2 \cdot [1 - (-1)]^3 + 2 \cdot [1 - (-1)] = 24,00$
 $Fcr = k \cdot \pi^2 \cdot E / [12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (h'/t)^2] = 24 \times \pi^2 \times 200000 / [12 \times (1 - 0,3^2) \times (170/2,5)^2] = 938,2 \text{ MPa}$
 $f1 = Fy / [1 - (t/r) \cdot (\psi - 1) / h] = 250 / [1 - (2,5/2,5) \cdot [(-1) - 1] / 170] = 236,1 \text{ MPa}$

$\lambda = \sqrt{[f_1/F_{cr}] = \sqrt{[236,1/938,2]} =$	0,502	≤ 0.673
$\rho =$		1,00
$bee = \rho \cdot h' =$	$1 \times 170 =$	170,0 mm
$H/B = 180/70 = 2,6 \leq 4$		
$be_1 = bee/(3 + \psi) =$	$170/(3 + -1) =$	42,5 mm
$be_2 = bee/2 =$	$170/2 =$	85,0 mm
$h\bar{e} = \max\{\min[h; H/(1-\psi) - r - t] - be_1 - be_2; 0\} = \max\{\min[170; 180/(1-1) - 2,5 - 2,5] - 42,5 - 85; 0\} =$		0,0 mm
Sección Efectiva		
$A_e = A_g - (b\bar{e} + d\bar{e} + h\bar{e}) \cdot t =$	$8,84 - (0+0+0) \times 2,5/100 =$	8,84 cm ²
$y_g = \sum A_{ei} \cdot y_{gi} / A_e =$		0,0 mm
$y_{g1} = H/2 + y_g =$	$180/2 + 0 =$	90,0 mm
$y_{g2} = H/2 - y_g =$	$180/2 - 0 =$	90,0 mm
$f_2/f_1 = -y_{g2}/y_{g1} =$	$-90/90 =$	-1,000 ($\epsilon=0\%$)
$J_{ex} = \sum J_{exi} + \sum A_{ei} \cdot y_{gi}^2 =$		440,37 cm ⁴
$S_{ex} = J_{ex}/y_{g1} =$	$440,37/(90/10) =$	48,93 cm ³
$M_{dx} = \phi \cdot F_c \cdot S_{ex} =$	$0.90 \times 120,6 \times 48,93/10000 =$	0,53 tm
		$> M_{ux} = 0,43 \text{tm} \rightarrow \text{B.C.}$

FLEXION ALREDEDOR DEL EJE PRINCIPAL DE LA MENOR INERCIA

Muy = Momento Flector Ultimo en eje Y	0,00 tm
con el Alma Comprimida	

FLEXION CON EL ALMA COMPRIMIDA

Esbeltez Alma (elem. rigidizado por un ala y un labio - compresión c/ tensiones uniformes):		$h/t =$	$170/2,5 = 68,0$
$h' = \min(90 \cdot t; h) =$	$\min(90 \times 2,5; 170) =$		170,0 mm
$F_{cr} = k \cdot \pi^2 \cdot E / [12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (h'/t)^2] =$	$4 \times \pi^2 \times 200000 / [12 \times (1 - 0,3^2) \times (170/2,5)^2] =$		156,4 MPa
$ey' = (A_g \cdot ey - t^2 \cdot h\bar{e}/2) / (A_g \cdot t \cdot h\bar{e}) =$	$(8,84 \times 2,26 - (0,25^2 \times 3,06)) / (8,84 - 0,25 \times 3,06) =$		2,46 cm
$f = F_y \cdot ey' / (B - ey') =$	$250 \times 2,46 / (7 - 2,46) =$		135,5 MPa
$\lambda = \sqrt{[f/F_{cr}] = \sqrt{[135,5/156,4]} =$	0,931		> 0.673
$\rho = (1 - 0,22/\lambda) / \lambda =$	$(1 - 0,22/0,931) / 0,931 =$		0,82
$he = \rho \cdot h' =$	$0,82 \times 170 =$		139,4 mm
$h\bar{e} = h - he =$	$170 - 139,4 =$		30,6 mm
Esbeltez Alas (elemento rigidizado - tensiones linealmente variables):		$b/t =$	$60/2,5 = 24,0$
$b' = \min(200 \cdot t; b) =$	$\min(200 \times 2,5; 60) =$		60,0 mm
$\psi = f_2/f_1 = -(ey' - t \cdot r) / (B - ey' - t \cdot r) =$	$-(2,46 - 0,25 - 0,25) / (7 - 2,46 - 0,25 - 0,25) =$		-0,485
$k = 4 + 2 \cdot (1 - \psi)^3 + 2 \cdot (1 - \psi) =$	$4 + 2 \cdot [1 - (-0,49)]^3 + 2 \cdot [1 - (-0,49)] =$		13,52
$F_{cr} = k \cdot \pi^2 \cdot E / [12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (b'/t)^2] =$	$13,52 \times \pi^2 \times 200000 / [12 \times (1 - 0,3^2) \times (60/2,5)^2] =$		4243 MPa
$f_1 = F_y / [1 - (t+r) \cdot (\psi - 1) / b] =$	$250 / [1 - (2,5 + 2,5) \cdot [(-0,485) - 1] / 60] =$		222,5 MPa
$\lambda = \sqrt{[f_1/F_{cr}] = \sqrt{[222,5/4242,9]} =$	0,229		≤ 0.673
$\rho =$			1,00
$bee = \rho \cdot b' =$	$1 \times 60 =$		60,0 mm
$B/H = 70/180 = 0,4 \leq 4$			
$be_1 = bee/(3 + \psi) =$	$60/(3 + -0,485) =$		17,2 mm
$be_2 = bee/2 =$	$60/2 =$		30,0 mm
$h\bar{e} = \max\{\min[b; B/(1-\psi) - r - t] - be_1 - be_2; 0\} = \max\{\min[60; 70/(1-0,485) - 2,5 - 2,5] - 17,2 - 30; 0\} =$			0,0 mm
Sección Efectiva			
$A_e = A_g - h\bar{e} \cdot t =$	$8,84 - 3,06 \times 0,25 =$		8,08 cm ²
$f_2/f_1 = -ey' / (B - ey') =$	$-2,46 / (7 - 2,46) =$		-0,542
$J_{ey} = J_y + A_g \cdot (ey' - ey)^2 - h\bar{e} \cdot t^3 / 12 - h\bar{e} \cdot t \cdot (ey' - t/2)^2 =$	$61,44 + 8,84 \times (2,46 - 2,26)^2 - (3,06 \times 0,25^3) / 12 - 3,06 \times 0,25 \times (2,46 - 0,25/2)^2 =$		57,62 cm ⁴
$S_{ey1} = J_{ey} / ey' =$	$57,62 / 2,46 =$		23,42 cm ³
$S_{ey2} = J_{ey} / (B - ey') =$	$57,62 / (7 - 2,46) =$		12,69 cm ³
$M_{ny} = F_y \cdot S_{ey2} =$	$250 \times 12,69 / 10000 =$		0,32 tm

$$M_{dy} = \emptyset \cdot M_{ny} = 0.95 \times 0,32 = 0,30 \text{ tm}$$

$$> M_{uy} = 0 \text{ tm} \rightarrow \text{B.C.}$$

CORTE EN EL EJE PRINCIPAL DE LA MAYOR INERCIA

$$V_{ux} = \text{Corte Ultimo en eje X}$$

$$A_w = h \cdot t = 170 \times 2,5 / 100 = 4,25 \text{ cm}^2$$

$$V[E.k_v/F_y] = V[200000 \times 5.34 / 250] = 65,36$$

$$1,51 \cdot V[E.k_v/F_y] = 1.51 \times V[200000 \times 5.34 / 250] = 98,69$$

$$h/t = 68,0 < 98,69$$

$$\rightarrow F_v = 0,60 \cdot V[E.k_v/F_y] / (h/t) = 0.60 \times V[200000 \times 5.34 \times 250] / (68 \times 100) = 1,44 \text{ t/cm}^2$$

$$V_{dx} = \emptyset \cdot F_v \cdot A_w = 0.95 \times 1,44 \times 4,25 = 5,81 \text{ t}$$

$$> V_{ux} = 0,54 \text{ t} \rightarrow \text{B.C.}$$

CORTE EN EL EJE PRINCIPAL DE LA MENOR INERCIA

$$V_{uy} = \text{Corte Ultimo en eje Y}$$

$$A_w = b \cdot t = 60 \times 2,5 / 100 = 1,50 \text{ cm}^2$$

$$V[E.k_v/F_y] = V[200000 \times 5.34 / 250] = 65,36$$

$$1,51 \cdot V[E.k_v/F_y] = 1.51 \times V[200000 \times 5.34 / 250] = 98,69$$

$$b/t = 24,0 < 65,36$$

$$\rightarrow F_v = 0,6 \cdot F_y = 0.6 \times 250 / 100 = 1,50 \text{ t/cm}^2$$

$$V_{dx} = \emptyset \cdot F_v \cdot A_w = 0.95 \times 1,5 \times 1,5 = 2,14 \text{ t}$$

$$> V_{ux} = 0 \text{ t} \rightarrow \text{B.C.}$$

COMPRESION

$$P_u = \text{Normal de Compresión Ultimo} = 0,00 \text{ t}$$

$$k_x \cdot l_x = \text{Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la mayor inercia:} = 6,00 \text{ m}$$

$$k_y \cdot l_y = \text{Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la menor inercia:} = 1,00 \text{ m}$$

$$k_t \cdot L_t = \text{Distancia e/ puntos de arriostramiento contra la torsión:} = 6,00 \text{ m}$$

$$\lambda_x = k_x \cdot l_x / r_x = 600 / 7,06 = 85 \leq 200$$

$$\lambda_y = k_y \cdot l_y / r_y = 100 / 2,64 = 38 \leq 200$$

$$F_{ey} = \pi^2 \cdot E / \lambda_y^2 = \pi^2 \times 200000 / 38^2 = 1367 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ex} = \pi^2 \cdot E / \lambda_x^2 = \pi^2 \times 200000 / 85^2 = 273,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t = [G \cdot J_t + \pi^2 \cdot E \cdot C_w / (k_t \cdot L_t)^2] / (A_g \cdot r_o^2) = [77200 \times 0,18 + \pi^2 \times 200000 \times 4486 / (600)^2] / (8,84 \times 9,41^2) = 49,2 \text{ MPa}$$

$$\beta = 1 - (e_c / r_o)^2 = 1 - (5,64 / 9,41)^2 = 0,641$$

$$F_{ex} = \{ \sigma_{ex} + \sigma_t - V[(\sigma_{ex} + \sigma_t)^2 - 4 \cdot \beta \cdot \sigma_{ex} \cdot \sigma_t] / (2 \cdot \beta) \} = \{ 273 + 49 - V[(273 + 49)^2 - 4 \times 0,641 \times 273 \times 49] / (2 \times 0,641) \} = 45,9 \text{ MPa}$$

$$F_e = \min(F_{ex}; F_{ey}) = \min(45,9; 1367) = 45,9 \text{ MPa}$$

$$\lambda_c = V(F_y / F_e) = V(250 / 45,9) = 2,334 > 1,5$$

$$F_n = [0,877 / (\lambda_c^2)] \cdot F_y = [0,877 / (2,334^2)] \times 250 = 40,2 \text{ MPa}$$

Esbeltez Labio (elemento no rigidizado - compresión con tensiones uniformes):

$$d/t = 20 / 2,5 = 8,0$$

$$d' = \min(60 \cdot t; d) = \min(60 \times 2,5; 20) = 20,0 \text{ mm}$$

$$I_s = t \cdot d^3 / 12 = 2,5 \times 20^3 / 12 = 1667 \text{ mm}^4$$

$$I_a = (t^4) \cdot \min\{399 \cdot [(b'/t) / S - 0.328]^3; 115 \cdot (b'/t) / S + 5\} = (2,5^4) \cdot 399 \times [24 / 36,2 - 0.328]^3 = 586 \text{ mm}^4$$

$$R_i = \min\{I_s / I_a; 1\} = \min\{1667 / 586; 1\} = 1,000$$

$$F_{cr} = k \cdot \pi^2 \cdot E / [12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (d'/t)^2] = 0.43 \pi^2 \times 200000 / [12 \times (1 - 0,3^2) \times (20 / 2,5)^2] = 1214,5 \text{ MPa}$$

$$\lambda = V[f / F_{cr}] = V[40,2 / 1214,5] = 0,182 \leq 0,673$$

$$\rho = 1,00$$

$$d_e = \rho \cdot d' = 1 \times 20 = 20,0 \text{ mm}$$

$$d_{\bar{e}} = d - d_e = 20 - 20 = 0,0 \text{ mm}$$

Esbeltez Ala (elem. rigidizado por un ala y un labio - compresión c/ tensiones uniformes):

$$b/t = 60 / 2,5 = 24,0$$

$$b' = \min(60 \cdot t; b) = \min(60 \times 2,5; 60) = 60,0 \text{ mm}$$

$S = 1,28.v(E/f) =$	$1.28 \times v(200000/250) =$	36,20
$b'/t = 60/2,5 = 24 > 0,328.S = 0.328 \times 36,2 = 11,87$		
$n = \max\{0,582 - (b'/t)/(4.S) ; 1/3\} =$	$\max\{0.582 - 24/(4 \times 36,2) ; 1/3\} =$	0,416
$0.25 < D/b' = 25/60 = 0,42 < 0.80 \rightarrow$	$k = \min\{4 ; (4.82 - 5 \times 0,42) \times 1^{0,416} + 0.43\} =$	3,15
$F_{cr} = k.\pi^2.E/[12.(1-\mu^2).(b'/t)^2] =$	$3,15 \times \pi^2 \times 200000/[12 \times (1-0,3^2) \times (60/170)^2] =$	988,5 MPa
$\lambda = \sqrt{f/F_{cr}} = \sqrt{40,2/988,5} =$	0,202	≤ 0.673
$\rho =$		1,00
$b_e = \rho.b' =$	$1 \times 60 =$	60,0 mm
$b_{\bar{e}} = b - b_e =$	$60 - 60 =$	0,0
Esbitez Alma (elem. rigidizado, vinculado a o/ elem. rigidizados - comp. c/ tens. unif.):		$h/t = 170/2,5 = 68,0$
$h' = \min(500.t ; h) =$	$\min(500 \times 2,5 ; 170) =$	170,0 mm
$F_{cr} = k.\pi^2.E/[12.(1-\mu^2).(h'/t)^2] =$	$4 \times \pi^2 \times 200000/[12 \times (1-0,3^2) \times (170/2,5)^2] =$	156,4 MPa
$\lambda = \sqrt{f/F_{cr}} = \sqrt{40,2/156,4} =$	0,507	≤ 0.673
$\rho =$		1,00
$b_e = \rho.h' =$	$1 \times 170 =$	170,0 mm
$h_{\bar{e}} = \max\{h' - b_e ; 0\} =$	$\max\{170 - 170 ; 0\} =$	0,0 mm
Sección Efectiva		
$A_e = A_g - (2.b_{\bar{e}} + 2.d_{\bar{e}} + h_{\bar{e}}).t =$	$8,84 - (2 \times 0 + 2 \times 0 + 0) \times 2,5/100 =$	8,84 cm ²
$P_d = \emptyset.F_n.A_e =$	$0.85 \times 40,2 \times 8,84/100 =$	3,02 t
		$> P_u = 0t \rightarrow B.C.$

TRACCION

$T_u =$ Normal de Tracción Ultimo		0,00 t
$k_x.l_x =$ Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la mayor inercia:		6,00 m
$k_y.l_y =$ Longitud entre puntos de arriostramiento en el sentido de la menor inercia:		1,00 m
$\lambda_x = k_x.l_x/r_x =$	$600/7,06 =$	$85 \leq 300$
$\lambda_y = k_y.l_y/r_y =$	$100/2,64 =$	$38 \leq 300$
$A_n \geq T_u/(\emptyset.F_u) = 0/(0.75 \times 400/100) = 0 \text{ cm}^2$. En general, para desarrollar la capacidad de fluencia de la sección no debe superarse el límite $A_n = [0,90.F_y/(0,75.F_u)].A_g = 75\% \times A_g (6,63 \text{ cm}^2)$.		
$T_d = \emptyset.A_g.F_y =$	$0.90 \times 8,84 \times 250/100 =$	19,89 t
		$> T_u = 0t \rightarrow B.C.$

ACCIONES COMBINADAS

$M_{ux} =$	0,43 tm
$M_{uy} =$	0,00 tm
$V_{ux} =$	0,54 t
$V_{uy} =$	0,00 t
$P_u =$	0,00 t
$T_u =$	0,00 t

INTERACCION FLEXION Y NORMAL

$M_{ux}/M_{dx} + M_{uy}/M_{dy} + P_u/P_d =$	$0,43/0,53 + 0 + 0 =$	$0,811 \leq 1$
$M_{ux}/M_{dx} + M_{uy}/M_{dy} + T_u/P_d =$	$0,43/0,53 + 0 + 0 =$	$0,811 \leq 1$

INTERACCION FLEXION Y CORTE

$[P_u/P_d + M_{ux}/M_{dx} + M_{uy}/M_{dy}]^2 + [V_{ux}/V_{dx}]^2 =$	$(0 + 0,43/0,53 + 0)^2 + (0,54/5,81)^2 =$	$0,667 \leq 1$
$[P_u/P_d + M_{ux}/M_{dx} + M_{uy}/M_{dy}]^2 + [V_{uy}/V_{dy}]^2 =$	$(0 + 0,43/0,53 + 0)^2 + (0)^2 =$	$0,658 \leq 1$