

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



Proyecto de Grado
Carrera de Ingeniería Civil

ANTEPROYECTO INTEGRAL OLIVEROS
Obras de tratamiento de líquidos cloacales y
aprovechamiento energético mediante biodigestores.

ESTUDIANTES

DEMESTRI, Lara (D-4071/1)
FASSINA, Joaquín (F-3563/7)
MOLACHINO, Manuel (M-6544/7)
PREMOLI, Clara (P-4879/8)

DIRECTORES:

Arq. CERVERA, Cristina.
Ing. FORESTIERI, Claudia.
Ing. FIDELEFF, Horacio.
Ing. LUQUE, Analía.
Ing. NAVARRO, Raúl.
Ing. PORTAPILA, Margarita.
Dra. Lic. COLOMBO, Clara Victoria

ASESORES:

Ing. FERNÁNDEZ, Rubén
Ing. RAFAELLI, Juan Pablo

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

Ingeniería Civil

Agosto de 2025

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	5
1.1. Introducción.....	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivos generales.....	6
1.2.2. Objetivos particulares.....	6
2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	7
2.1. Ubicación y emplazamiento.....	7
2.2. Infraestructura.....	8
2.2.1. Red vial y conectividad.....	8
2.2.2. Servicios públicos.....	9
2.2.3. Análisis de noticias de prensa vinculadas con los objetivos del presente proyecto.....	12
2.3. Actividades económicas.....	14
2.4. Información hidrológica.....	14
2.5. Estudios geotécnicos.....	15
3. SELECCIÓN DEL TERRENO.....	17
4. DISEÑO GENERAL.....	21
4.1. Datos para el diseño: Proyección de población.....	21
4.1.1. Métodos de proyección.....	22
4.1.2. Resultados de proyección.....	22
5. ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	24
5.2. Proyecto de obras hidráulicas.....	28
5.2.1. Diseño cuneta camino interno y camino auxiliar.....	30
5.2.2. Diseño cunetas camino de acceso vecinal.....	30
5.2.3. Diseño alcantarilla 1.....	32
5.2.4. Diseño alcantarilla 2 y 3.....	33
5.2.4. Diseño canal de descarga.....	33
6. LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.....	36
6.1. Comparativa de situación actual y situación proyectada a futuro del sistema cloacal.. 37	
6.2. Dimensionamiento de lagunas.....	40
6.3. Limpieza de lagunas.....	43
6.4. Aspectos constructivos y movimiento de suelos de lagunas.....	43
6.4.1. Movimiento de suelo.....	43
6.4.2. Estructura de ingreso, intercomunicación y salida de las lagunas.....	44
6.4.3. Revestimiento de las lagunas.....	44
7. CÁLCULO Y DISEÑO DE BIODIGESTOR.....	46
7.1. Modelo de referencia: Producción de biogás en Cerrito, Entre Ríos.....	46
7.2. Alimento del biodigestor.....	47
7.3. Dimensionamiento del biodigestor.....	47
7.4. Selección del tipo de biodigestor.....	51
7.5. Aprovechamiento energético.....	52

7.6. Proceso de generación y acondicionamiento del biogás.....	53
7.7. Aspectos constructivos y estructurales del biodigestor.....	55
8. POSIBILIDAD DE APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LAGUNAS ANAERÓBICAS.....	59
8.1. Cálculo de producción de biogás.....	59
8.2. Factibilidad del aprovechamiento energético.....	61
9. DISEÑO DEL GALPÓN DE ALMACENAMIENTO.....	63
9.1 Descripción.....	63
9.2 Reglamentos para el cálculo.....	65
9.3 Cargas.....	65
9.3.1 Combinación de cargas en Estado Límite de Servicio (ELS).....	71
9.3.2 Combinación de cargas en Estado Límite de Último (ELU).....	71
9.4 Dimensionamiento elementos.....	72
9.4.1 Chapas.....	72
9.4.2 Correas.....	72
9.4.3 Viga dintel.....	74
9.4.4 Parantes frontis.....	75
9.4.5 Sistema de contraviento.....	76
9.4.6 Pórtico.....	79
9.4.7 Placa base.....	80
9.5 Fundaciones.....	81
10. CAMINOS DE ACCESO Y CIRCULACIÓN.....	83
10.1. Determinación de solicitaciones.....	83
10.2. Dimensionamiento de caminos.....	84
10.2.1. Camino de acceso.....	84
10.2.2. Caminos internos.....	87
10.2.2.1. Distribución de caminos internos.....	87
10.2.2.2. Diseño de caminos internos.....	90
10.3.2.2. Diseño de juntas para el pavimento rígido.....	93
11. DESARROLLO DEL NÚCLEO ADMINISTRATIVO.....	95
12. ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL.....	96
12.1. Objetivos de desarrollo sostenible (ODS).....	96
12.2. Impactos positivos.....	98
12.3 Impactos negativos.....	99
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	100
14. BIBLIOGRAFÍA.....	103
15. LEGAJO DE PLANOS.....	105
16. ANEXOS.....	119
ANEXO I. CÁLCULO DE POBLACIÓN.....	120
ANEXO II. ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	123
ANEXO IIa. CÁLCULO HIDROLÓGICO.....	123
ANEXO II b. DIMENSIONAMIENTO DE CUNETAS.....	128
ANEXO III. CÁLCULO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.....	129

ANEXO IIIa. DIMENSIONAMIENTO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.....	129
ANEXO IIIb. CÁLCULO DE LODOS DEPOSITADOS.....	133
ANEXO IIIb. CÁLCULO DE VOLUMEN.....	135
ANEXO IIIb. DIMENSIONAMIENTO DE CAÑERÍAS.....	136
ANEXO IV. CÁLCULO ESTRUCTURAL DE BIODIGESTOR.....	138
ANEXO V. DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA METÁLICA DE GALPÓN DE ALMACENAMIENTO.....	146
ANEXO Va. CÁLCULO DE LAS CARGAS ACTUANTES SOBRE LA ESTRUCTURA METÁLICA.....	146
ANEXO IVb. DIMENSIONAMIENTO COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA METÁLICA.....	149
ANEXO Vc. DIMENSIONAMIENTO DE FUNDACIONES.....	195
ANEXO VI. DIMENSIONAMIENTO PAVIMENTO RÍGIDO.....	199
ANEXO VII. ESTUDIO DE SUELOS.....	203
ANEXO VIII - PLANO TIPO H - 10236.....	225

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. Introducción

En la actualidad, el tratamiento y la gestión tanto de residuos sólidos como de líquidos cloacales representan grandes desafíos para las pequeñas localidades o comunas de nuestro país. En la mayoría de los casos la disposición final de estos desechos ocurre de manera descontrolada, impidiendo un desarrollo sostenible de estas comunas y generando un alto impacto ambiental en dichas zonas.

La localidad de Oliveros, al igual que otras en la región, enfrenta dificultades en el manejo de sus efluentes cloacales y residuos sólidos, careciendo de la infraestructura adecuada para su tratamiento y aprovechamiento. Esta situación no solo impacta en la calidad ambiental, sino también en la salud pública y en las oportunidades de desarrollo energético local.

Los líquidos cloacales contienen diversos elementos que, al ser liberados en el medio ambiente sin tratamiento, contaminan el suelo, las aguas superficiales y subterráneas. Además el contacto directo o indirecto con aguas cloacales puede transmitir enfermedades infecciosas como hepatitis A, cólera, gastroenteritis, entre otras. Estas enfermedades afectan principalmente a niños, ancianos y personas con sistemas inmunológicos debilitados. El mal manejo de estos residuos produce además malos olores y la proliferación de insectos, como mosquitos y moscas generando condiciones insalubres para las comunidades cercanas.

El presente anteproyecto surge como una solución integral a estas problemáticas, combinando distintas estrategias para el tratamiento de efluentes y la valorización de los residuos. El proyecto está centrado en las siguientes áreas:

Por un lado, se prevee el desarrollo de un conjunto de **lagunas de estabilización**, que consiste en un sistema natural de tratamiento de líquidos cloacales y que, mediante distintos procesos, se encargan de inactivar los agentes patógenos para evitar la presencia de los mismos en las zonas de influencia de las descargas. Además se busca proteger el medioambiente disminuyendo la carga orgánica del líquido residual que puede afectar el nivel de oxígeno necesario para la vida acuática en el cuerpo receptor.

Otro de los puntos principales del proyecto consiste en el desarrollo de un **biodigestor**, el cual recibiendo la materia orgánica que se produce en la localidad, genera la descomposición de estos residuos y la liberación de ciertos gases que pueden aprovecharse energéticamente.

Finalmente como infraestructura adicional se proyecta un **galpón metálico** donde se desarrollarán diferentes tareas que ayudarán a la gestión eficiente de los residuos. A su vez para complementar al desarrollo de los puntos anteriormente mencionados se proyectarán los caminos necesarios para el ingreso de los camiones atmosféricos, recolectores de residuos y vehículos particulares, playón de estacionamiento, garita de seguridad y un espacio de usos múltiples destinado a los trabajadores de la planta.

Este enfoque integral no solo busca dar respuesta a una necesidad concreta de la localidad de Oliveros, sino también generar un modelo de gestión replicable en otras comunas de similar escala. La combinación de soluciones naturales, tecnológicas y logísticas pretende demostrar que, con una inversión adecuada y planificación interdisciplinaria, es posible avanzar hacia una gestión ambientalmente responsable, energéticamente eficiente y socialmente equitativa.

Asimismo, el proyecto plantea una oportunidad de educación y concientización ambiental para la comunidad. A través de actividades de capacitación y participación ciudadana, se promoverá el conocimiento sobre el ciclo de los residuos, el aprovechamiento energético y la importancia del saneamiento, generando así un cambio cultural que acompañe el desarrollo físico de la infraestructura.

La implementación de este tipo de soluciones también puede tener un impacto positivo en la economía local. La creación de empleos vinculados a la operación y mantenimiento de las instalaciones, la posibilidad de generar energía a partir de residuos orgánicos, y la valorización de materiales reciclables pueden transformar problemáticas actuales en oportunidades de desarrollo sustentable.

En este contexto, la presente propuesta no solo se presenta como una respuesta técnica y ambiental a una situación crítica, sino también como una apuesta estratégica hacia el futuro. La articulación entre infraestructura, sostenibilidad y participación social constituye la base de un nuevo paradigma de gestión local, que coloca al ambiente como eje transversal de las políticas públicas y al ciudadano como actor clave en su cuidado y preservación.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivos generales

- I. Proponer obras para el tratamiento de líquidos cloacales y aprovechamiento energético en la localidad de Oliveros, Santa Fe, con criterio de desarrollo sostenible.

1.2.2. Objetivos particulares

- I. Proyectar y diseñar una planta para tratamiento de líquidos cloacales.
- II. Proyectar y diseñar un biodigestor para el aprovechamiento del biogás.
- III. Evaluar el impacto ambiental para asegurar la sostenibilidad del proyecto a largo plazo, estableciendo medidas de prevención y mitigación.

2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

2.1. Ubicación y emplazamiento

El anteproyecto se ubica en la localidad de Oliveros, en la provincia de Santa Fe. Se trata de una comuna ubicada al sur de la provincia dentro del departamento Iriondo, encontrándose aproximadamente a 50 kilómetros al norte de la ciudad de Rosario y a aproximadamente 180 kilómetros al sur de la ciudad de Santa Fe, capital provincial. Además cuenta con una ubicación privilegiada en cercanías a la zona industrial y portuaria de Timbúes, con un alto impacto en el desarrollo social y económico local. En las siguientes Figuras 2.1, 2.2 y 2.3 se puede apreciar la ubicación precisa de la localidad dentro del territorio santafesino.



Figura 2.1: Ubicación Departamento Iriondo en la provincia de Santa Fe. Fuente: Google Imágenes.

La localidad de Oliveros presenta una superficie de aproximadamente 5,1 km² y, según los datos provisionales del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas del año 2022, cuenta con una población de aproximadamente 5.000 habitantes.

Algunas localidades cercanas a Oliveros son Maciel (12 km al norte), Timbúes (15 km al sur), Andino (10 km al suroeste) y Carcarañá (25 km al oeste).



Figura 2.2: Ubicación Comuna de Oliveros dentro del Departamento Iriondo, Santa Fe. Fuente: Google Imágenes.

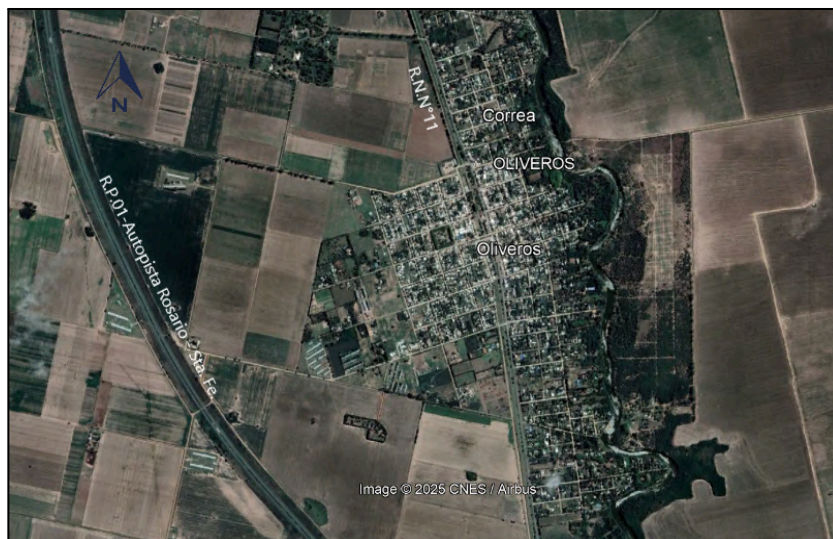


Figura 2.3: Imagen aérea de la localidad de Oliveros. Fuente: Google Maps.

Con respecto a su territorio este se caracteriza por ser mayormente llano, con suelos fértiles que favorecen la actividad agrícola y ganadera, principales motores económicos de la zona. Oliveros es bordeada por el río Carcarañá, el cual aporta un importante valor paisajístico, ecológico y recreativo, además de influir en la actividad económica local.

2.2. Infraestructura

2.2.1. Red vial y conectividad

La localidad de Oliveros cuenta con una red de infraestructura vial y de transporte modesta pero funcional, adecuada a su escala comunal y su cercanía con grandes centros urbanos.

Se encuentra emplazada sobre la R.N.º11, siendo éste el principal acceso a la misma. Esta ruta atraviesa la comuna de norte a sur y permite la conexión con importantes ciudades como Rosario hacia el sur, o Santa Fe hacia el norte, lo cual la convierte en un sitio sencillo de acceder por vía terrestre. Se trata de una vía pavimentada con tránsito moderado a intenso, especialmente de vehículos de carga debido a su cercanía con el cordón industrial. Otro acceso alternativo al anterior es la R.P.º91, proporcionando una conectividad en dirección al oeste. Además, permite conectar directamente con la R.P.01 - Autopista Rosario - Santa Fe. Si bien no atraviesa directamente el casco urbano de Oliveros, esta autopista mejora la accesibilidad regional, disminuye los tiempos de viaje y favorece el desarrollo de las actividades productivas de la zona.

Con respecto al casco urbano de Oliveros, las arterias principales cuentan con pavimentación definitiva y cordón cuneta, mientras que muchas calles secundarias se encuentran materializadas mediante enripiado o directamente sin terminación superficial, pero en su mayoría presentan buen mantenimiento.

A su vez, Oliveros se encuentra conectada con el sistema ferroviario de la línea General Belgrano, históricamente relevante para el desarrollo de la localidad. En la actualidad el servicio de trenes para pasajeros es nulo, aunque aún existe servicio de trenes de carga de entidades privadas que circulan por estas vías. Aún así, este sistema mantiene un potencial latente para el desarrollo regional y su reactivación podría ser estratégica para la conexión intermodal. Se muestra en la Figura 2.4 la conectividad de la localidad de Oliveros mediante la R.N.º11, R.P.01 - Autopista Rosario - Santa Fe y la línea ferroviaria General Belgrano.



Figura 2.4: Red vial y conectividad de Oliveros. Fuente: Google Maps.

2.2.2. Servicios públicos

La comuna de Oliveros cuenta con un conjunto de servicios públicos que cubren parcialmente las necesidades urbanas básicas. No obstante, como ocurre en muchas comunas del interior santafesino, persisten desafíos en cuanto a la cobertura total, el mantenimiento y la expansión de las redes de infraestructura.

Dado que el presente proyecto tiene como objetivo la construcción de una planta de tratamiento de líquidos cloacales y el aprovechamiento energético mediante la separación de residuos, se abordarán en primer lugar los servicios públicos vinculados directamente con esta temática: el sistema cloacal y la recolección de residuos. Estos dos aspectos revisten una importancia central para comprender el contexto actual de la localidad de Oliveros en materia de saneamiento y gestión de residuos, y constituyen la base técnica y ambiental sobre la cual se desarrolla la propuesta del proyecto.

Comenzando con el **sistema cloacal**, actualmente la localidad no cuenta con red cloacal en funcionamiento. Tomando como referencia información brindada por el INDEC correspondiente al censo realizado en el año 2010, para dicho año la cantidad de hogares que poseían desagüe cloacal a la red pública eran un total de 25 viviendas, representando solo el 2% del total de la comuna, lo que manifestaba una incesante necesidad de avanzar en el desarrollo de este sistema y mejorar la infraestructura de la comuna.

Durante los años posteriores el gobierno local ha desarrollado el anteproyecto correspondiente para el sistema cloacal para Oliveros, declarando públicamente la intención de concretar la misma. Sin embargo la realidad refleja que la obra sigue sin materializarse, afectando directamente a la salud pública, el ambiente y la planificación urbana de la comuna.

El día 12 de septiembre de 2015 el diario digital *Información Regional* titulaba lo siguiente: “*Oliveros: Cada vez más cerca el servicio de cloacas*”, detallando que la obra había sido “*licitada y adjudicada*”, y que se encontraba en “*la etapa final de revisión para dar inicio a los trabajos*”.¹

No obstante, más de 8 años después, el 27 de noviembre de 2023 el medio digital *INFO+ Noticias* informaba lo siguiente: “*Oliveros: Chiminello presentó el proyecto para financiar la obra de cloacas*”, dando cuenta que el presidente comunal reforzaba la idea que el proyecto debía volver a gestionarse.²

Esta cronología evidencia que, a pesar de los anuncios y gestiones sucesivas, la obra nunca pudo alcanzar su etapa ejecutiva. A más de una década de iniciado el debate sobre la necesidad de una red cloacal en la localidad, Oliveros continúa sin infraestructura sanitaria básica, y los residentes deben recurrir a sistemas alternativos para desechar estos líquidos.

Por otro lado, la falta de avances concretos para solucionar esta problemática da cuenta de una gestión ineficaz o de menor prioridad por parte del Estado. En ese sentido, resulta sumamente necesario que se avance desde la planificación hacia la acción real o bien que se fortalezcan proyectos alternativos, como bien representa la presente propuesta para el diseño de una planta para el tratamiento de estos líquidos cloacales.

La búsqueda de alternativas al frustrado sistema cloacal lleva a que los habitantes utilicen otros medios para evacuar sus líquidos cloacales, como lo son cámaras sépticas o pozos ciegos. Esto implica que dichos líquidos deberán ser

¹Para visualizar la noticia dirigirse al link publicado en la sección 14. BIBLIOGRAFÍA.

²Para visualizar la noticia dirigirse al link publicado en la sección 14. BIBLIOGRAFÍA.

recolectados por camiones atmosféricos y posteriormente depositados de forma no autorizada ni controlado en el cuerpo de agua más cercano. Esta falta de implementación del sistema cloacal tiene implicancias directas en la salud pública y el medio ambiente de la localidad. Por un lado la presencia de estos pozos ciegos influye severamente en la contaminación de las napas freáticas, mientras que el vertido de los líquidos cloacales en el cuerpo receptor (tanto en el río Carcarañá como cunetas o zanjas que descargan en ella) representan una elevada contaminación medioambiental para la zona y para los habitantes.

Con respecto a la **recolección de residuos sólidos**, este servicio es gestionado por parte de la Comuna de Oliveros, y si bien presenta una cobertura razonable para el tamaño de la localidad, aún enfrenta desafíos en términos de separación, disposición final y sostenibilidad. El servicio de recolección presenta una frecuencia aproximada de tres veces por semana, aunque en sectores más alejados la frecuencia es menor e incluso en algunos casos son los mismos vecinos quienes deben acercarse a depositar sus residuos.

Los residuos recolectados son trasladados al relleno sanitario ubicado en la localidad de Ricardone, ubicado a 30 kilómetros de Oliveros y que alberga los residuos de más localidades de la región, siendo Rosario su mayor contribuyente. Según informes, es tal la magnitud de residuos que se manejan en este relleno que se han detectado altos niveles de contaminación en los canales cercanos que desaguan en el canal Ibarlucea, luego desembocan en el arroyo Ludueña y posteriormente en el río Paraná.

Según el sitio *Radio UNR*, el relleno de Ricardone “*continúa contaminando el ambiente*” y “*las denuncias por contaminación por líquidos lixiviados y olores persisten desde hace años*”. En la nota, publicada el 5 de mayo de 2025, se señala que “*los líquidos contaminantes siguen liberándose hacia los arroyos cercanos, sin control visible de parte del Estado*”.³

En línea con esto, la asociación *Taller Ecologista* publicó el 18 de agosto del año 2023 un informe titulado “*Cartón lleno*”, donde denuncia que “*el relleno de Ricardone libera líquidos contaminantes al ambiente*” y que estos residuos lixiviados “*se infiltran al suelo y llegan a canales a cielo abierto que desembocan en cursos de agua superficiales*” que posteriormente desembocan en el río Paraná en puntos ubicados aguas arriba de la obra de toma que sirve de agua potable a la ciudad de Rosario.⁴

Además, otra publicación de la misma asociación, publicada el 30 de abril del año 2025, aclara que “*las autoridades siguen sin reaccionar*” y advierte que no existen acciones visibles de control o remediación, lo que refleja una falta de voluntad política para abordar esta problemática ambiental.

A pesar de la creciente preocupación por el impacto ambiental que genera este relleno, las autoridades competentes no han adoptado hasta el momento medidas concretas para mitigar la contaminación producida, lo que evidencia una falta de compromiso real con la salud ambiental de la región. Ante esta inacción, resulta indispensable asumir la responsabilidad desde una iniciativa propia. En este sentido,

³Para visualizar la noticia dirigirse al link publicado en la sección 14. BIBLIOGRAFÍA.

⁴Para visualizar la noticia dirigirse al link publicado en la sección 14. BIBLIOGRAFÍA.

el presente anteproyecto se presenta como una respuesta concreta y sostenible, orientada a reducir la carga contaminante y promover una gestión más eficiente y responsable de los residuos tanto sólidos como líquidos.

En la actualidad el gobierno comunal se encuentra delineando planes de acción para reactivar la separación de residuos por parte de los habitantes, principalmente en residuos reciclables como papel, cartón, vidrio y plástico, tal como solía hacerse en épocas anteriores a través de la separación en los denominados “puntos verdes” ubicados en distintos puntos de la localidad.

Otros servicios públicos con los que cuenta la localidad de Oliveros son los siguientes:

- **Agua potable:** este servicio es brindado por la Cooperativa de Obras y Servicios Oliveros Ltd. (COSOL). El agua es obtenida mediante perforaciones subterráneas, luego es almacenada y clorificada adecuadamente para su posterior distribución en la localidad mediante una red interna de cañerías. Periódicamente se realizan análisis químicos y bacteriológicos que determinan que el agua extraída es apta para el consumo humano.
- **Gas natural:** este servicio es brindado por la empresa Oliveros Gas Sapem, que suministra este servicio mediante conexión domiciliaria a la red de distribución principalmente en el área urbana. Sin embargo la red de distribución no es tan extensa, por lo que algunas zonas de la localidad se abastecen de este servicio mediante sistema de garrafas.
- **Electricidad:** brindado por la Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe (EPE), alcanzando y ofreciendo el servicio a toda la localidad por completo.

2.2.3. Análisis de noticias de prensa vinculadas con los objetivos del presente proyecto

En función de los objetivos descritos, se ha recabado información proveniente de distintos medios para poder contextualizar la situación fundamentalmente referida al tratamiento de líquidos cloacales y al manejo de los residuos sólidos en la localidad de Oliveros.

Para ello se ha clasificado a los actores intervinientes en estos artículos en dos grandes campos: Orden Gubernamental Institucional (OGI) y Sociedad Civil (SC). Dentro de la SC, aquellos actores que participan insertos en el marco de una organización fueron caracterizados como Identidades Político-Sociales (IPS). Los actores de la SC que intervienen fuera del marco de una organización, o que se organizan frente a una situación específica y luego se disgregan, los denominamos Actores Individuales (AI).

En la tabla 2.1 se realiza un resumen de la información recabada de las noticias correspondientes:

Tabla 2.1: Análisis de noticias de prensa vinculadas con los objetivos del presente proyecto. Fuente: elaboración propia.

ID	Fecha	Acciones	Problema	Actores	Fuente	Observaciones
1	06/05/2025	Reclamo de refuerzo de controles y revisión de la capacidad del sistema	Relleno Sanitario Ricardone. Sobrecarga del sistema. Contaminación de cuerpos de agua por filtración de lixiviados.	ONG Taller Ecologista SC-IPS	Diario El Ciudadano	
2	05/05/2025		<i>Relleno Sanitario Ricardone.</i>		Radio UNR	Mismo actor que ID 1, mismo problema, misma fecha.
3	30/04/2025		<i>Relleno Sanitario Ricardone.</i>		Taller Ecologista	Mismo actor que ID 1, mismo problema, misma fecha.
4	12/12/2024	Propuestas de reformas. a) Reducción del enterramiento de residuos. b) Establecer innovaciones en la gestión de residuos. c) Exigir seguimiento al poder ejecutivo.	Relleno Sanitario Ricardone. Falta de acción y compromiso por parte de las autoridades.	ONG Taller Ecologista (SC-IPS)	Taller ecologista	
5	18/08/2023	Toma de muestras de líquidos en un canal pluvial lindero al Relleno Sanitario de Ricardone	Relleno Sanitario Ricardone. Análisis de parámetros físico-químicos (DBO, DQO, metales varios), muestra lixiviado sin tratamiento.	ONG Taller Ecologista SC-IPS. Centro de Ing. Sanitaria (FCEIA-UNR)	Taller Ecologista	
6	27/11/2023	Presentación de Proyecto de "Sistema de Desagües Cloacales"	Servicio Cloacal. Falta de Servicio Cloacal.	Presidente Comunal Oliveros (OGI). ENOHSA (OGI).	Portal Regional de Noticias INFO+ (Maciel)	
7	12/9/2015	Confirmación de la licitación del proyecto de servicio cloacal presentado en el ENOHSA.	Servicio Cloacal. Falta de Servicio Cloacal	Comuna de Oliveros (OGI). ENOHSA (OGI).	Grupo de Medios IRE (Oliveros)	

Los links de cada noticia se encuentran publicados en la sección 14. **BIBLIOGRAFÍA.**

2.3. Actividades económicas

La economía de Oliveros se caracteriza por una base agropecuaria tradicional, complementada por servicios locales, y algunas actividades industriales de pequeña escala vinculadas a la presencia de instituciones emblemáticas, como por ejemplo el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

La actividad agropecuaria constituye el principal motor económico de la localidad y su zona rural. Se destacan los cultivos extensivos como soja, maíz, trigo, como así también la ganadería bovina. El perfil predominante es de principalmente establecimientos medianos y familiares, con un arraigo fuertemente local y manejo de la industria por parte de muchas generaciones.

La región se inserta en el núcleo agrícola principal del país, caracterizado por suelos altamente fértiles, con un clima templado característico y con precipitaciones bien distribuidas, y que cuenta además con una buena conexión y cercanía con los principales puertos exportadores del Gran Rosario. Estas condiciones permiten una elevada productividad agrícola que posiciona a Oliveros como un punto estratégico dentro del esquema agroexportador nacional. Además esta cercanía hacia el puerto reduce los costos de logística y mejora la competitividad de los productores locales.

Su impacto abarca no solo la generación de empleo directo, sino también el sostenimiento de múltiples actividades complementarias vinculadas al comercio, los servicios técnicos, el transporte y la provisión de insumos.

2.4. Información hidrológica

Como se observa en la Figura 2.6 la localidad de Oliveros se encuentra situada sobre la cuenca del Río Carcarañá, la misma se extiende desde la provincia de Córdoba hasta Santa Fe, pudiendo observarse en la Figura 2.5. Dicha cuenca drena un área de aproximadamente 48.150 km².

Su relieve se caracteriza por ser una extensa llanura que cambia a suaves ondulaciones hacia el oeste y que se transforman en serranías bajas; más al oeste se encuentran las quebradas y cumbres de las sierras Comechingones, siendo el Champaquí el punto más alto.

La cuenca nace al este de las sierras de Comechingones, conocida hacia el norte como de Calamuchita. Las aguas provenientes de las lluvias son drenadas a través de dos ríos principales: el Tercero (o Calamuchita) y el Cuarto (o Chocancharava).

En la sección 5. *ESTUDIO HIDROLÓGICO* del presente informe se continúa desarrollando y profundizando acerca de esta temática.



Figura 2.5. Cuenca interprovincial Río Carcarañá (Prov. Córdoba y Santa Fe). Fuente: argentina.gob.ar/.

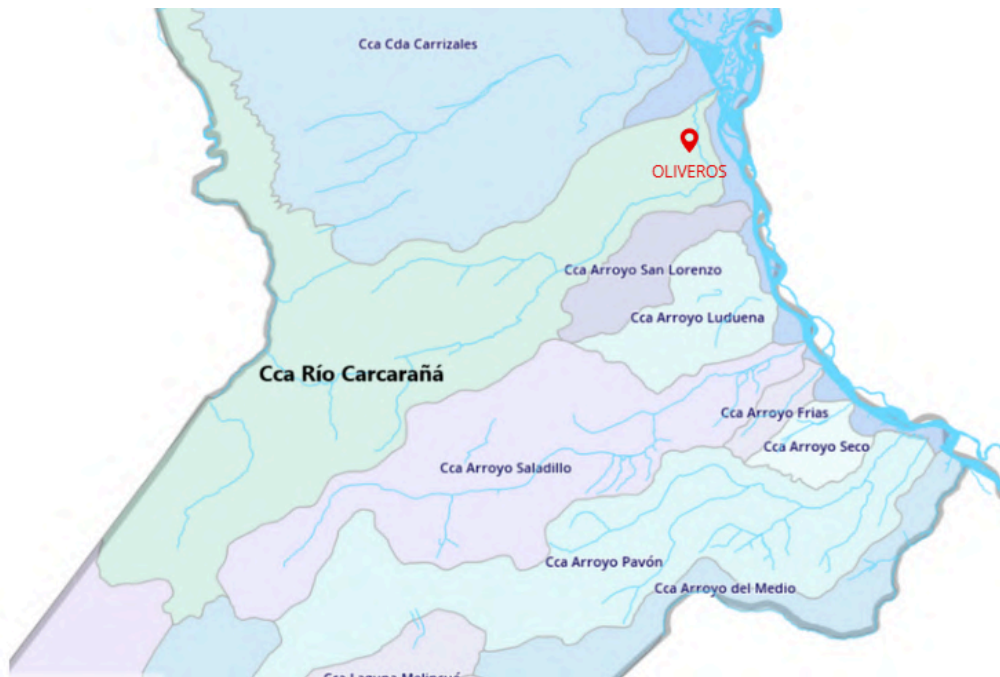


Figura 2.6. Ubicación de Oliveros sobre la cuenca del Río Carcarañá en territorio santafesino. Fuente: IDESF.

2.5. Estudios geotécnicos

Resulta fundamental realizar un análisis de las condiciones del suelo ya que del mismo depende la estabilidad de las obras a emplazar. Distintos aspectos como la capacidad portante del suelo, la composición del mismo y el nivel de la napa freática permitirán realizar un proyecto que se adecúe a las condiciones actuales del terreno.

El análisis se realiza en función de un estudio de suelo realizado por TORRES y VERCELLI S.R.L. para el Acceso Ferroviario al Complejo Industrial Portuario Timbúes. Si bien la ubicación del mismo no coincide con la de la planta de tratamiento de líquidos cloacales, desarrollado posteriormente en la sección 3. *SELECCIÓN DEL TERRENO*, se optó por utilizarlo debido a la cercanía entre ambas localidades. Si bien se trata de un anteproyecto de carácter académico, en caso de llevar a cabo la ejecución del mismo se deberá de realizar todos los estudios técnicos específicos requeridos en el terreno seleccionado.

El correspondiente estudio de suelos puede visualizarse completo en el informe adjuntado en la sección *ANEXO VII - ESTUDIO DE SUELO*. Aún así a continuación se hará mención de los aspectos más importantes recabados a partir de dicho informe que permitirá poder continuar con el desarrollo del presente informe.

Por un lado, el estudio reveló una estratigrafía de suelo que se encuentra conformada de la siguiente manera: a partir de la superficie y hasta unos 0,30 metros de profundidad, se encuentra suelo superficial limoso, color marrón oscuro o marrón negruzco, de baja plasticidad, con raicillas. Entre de 0,30 y 1,00 metro de profundidad, se encuentran predominantemente arcillas de alta plasticidad (CH) y de consistencia media. Por debajo de los suelos de alta plasticidad, continúan arcillas de baja plasticidad (CL), y limos de baja plasticidad (ML), de consistencia media o firme en los niveles superiores y firmes o muy firmes en la parte más profunda de los niveles auscultados.

Otro detalle que reviste de gran importancia para el desarrollo del proyecto es la ubicación de la napa freática. En función de los estudios de suelo analizados, se puede concluir que la misma no fue encontrada en las perforaciones realizadas, con lo cual se podría intuir que se encontraría a gran profundidad y no influirá en el diseño de la infraestructura del anteproyecto.

3. SELECCIÓN DEL TERRENO

La selección del terreno surge a partir de la consideración de una serie de factores y parámetros que condicionan la localización del proyecto. Para ello, se analizan inicialmente diversas alternativas relacionadas a la factibilidad de ejecución, evaluando tanto los beneficios como las limitaciones que presenta cada una de ellas.

Uno de los aspectos fundamentales que guió este proceso fue la necesidad de contar con una superficie suficiente para alojar las infraestructuras previstas, en especial el conjunto de lagunas de estabilización, siendo éstas las de mayor requerimiento. Estas obras, por su extensión y requerimientos operativos, demandan una considerable superficie de terreno, cuyas dimensiones preliminares fueron estimadas en la sección “6.2. *Dimensionamiento de lagunas*” y se obtuvieron dimensiones mínimas de 400 metros de largo por 100 metros de ancho. La disponibilidad de un lote con estas características constituye, por lo tanto, un condicionante sumamente importante para la viabilidad del anteproyecto.

Además de este criterio principal, se contemplaron otros factores clave para la elección del predio, entre ellos:

- I. El cumplimiento de una distancia mínima de 1.000 metros respecto a cualquier urbanización, según lo estipulado por la normativa del Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento (ENOHSA).
- II. La cercanía al cuerpo receptor (río Carcarañá), con el fin de simplificar el trazado asociado al vuelco del efluente tratado.
- III. La proximidad relativa a la zona urbanizada (siempre y cuando se respete la distancia mínima establecida en el punto I), buscando minimizar la longitud y el costo de las cañerías necesarias para el transporte de los líquidos cloacales hasta la planta.
- IV. La evaluación de posibles interferencias o cruces con infraestructuras existentes que puedan condicionar el trazado de las conducciones.
- V. La disponibilidad y situación dominial de los lotes evaluados.

Se analizará la viabilidad de tres posibles terrenos, los mismos se observan en la Figura 3.1. Algunos han sido seleccionados utilizando herramientas como Google Maps y Google Earth, y otros brindados por las entidades gubernamentales correspondientes. Cabe aclarar que para este análisis no será tenido en cuenta el aspecto económico para la obtención de estos terrenos, ya que serán elegidos exclusivamente para fines académicos y a fin del desarrollo del presente anteproyecto.

La **primera alternativa** planteada, como se puede observar en la Figura 3.2, consta de un terreno de dimensiones aproximadas de 300 metros de largo por 150 metros de ancho, ubicado entre la R.N.N°11 y el río Carcarañá, al sur de la localidad y adyacente al “Camping Eva Perón”. Este terreno fue brindado por la Secretaría de Obras Públicas de la comuna para el desarrollo del anteproyecto.

Este terreno fue descartado desde un primer momento ya que, si bien se encuentra en cercanías al río Carcarañá, el mismo infringe las normas establecidas por ENOHSA debido a que se ubica dentro de la urbanización y no cumple con la distancia mínima de separación. A su vez, el vuelco de los efluentes se estaría realizando aguas arriba de la localidad, lo cual podría afectar a los habitantes de Oliveros. Además de lo expresado anteriormente, las dimensiones de este lote brindado son menores a los

valores mínimos determinados a partir del cálculo de dimensiones para las lagunas de estabilización (detallados previamente).



Figura 3.1: Imagen aérea y ubicación de los posibles tres terrenos. Fuente: Google Earth.

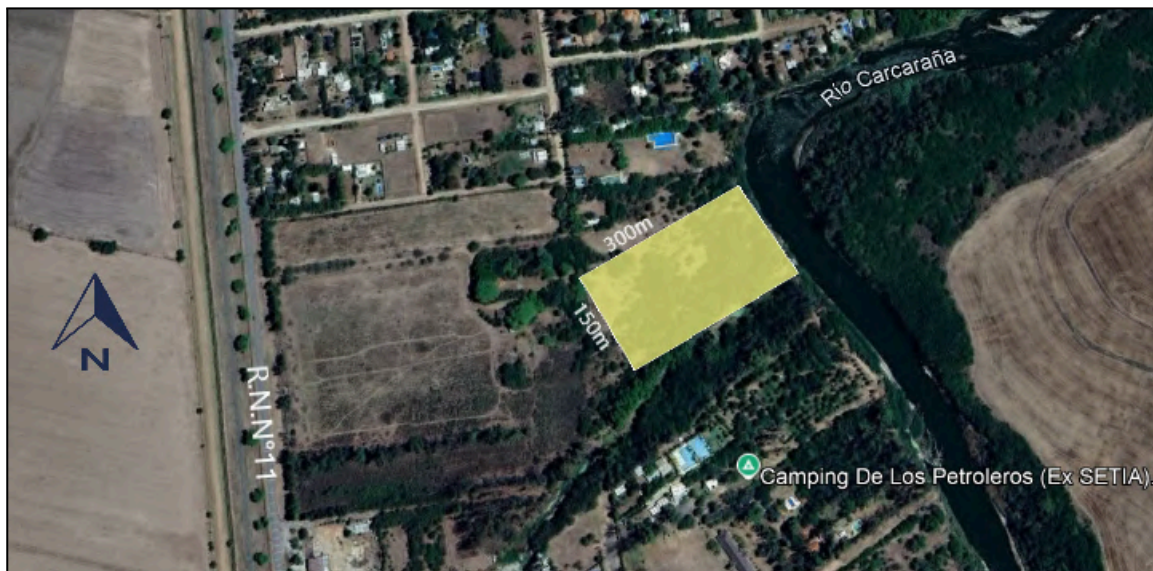


Figura 3.2: Imagen aérea y delimitación de la primera alternativa analizada. Fuente: Google Maps.

La **segunda alternativa** se puede observar en la Figura 3.3, consta de un lote al noroeste de la localidad ubicado entre la R.N.N°11 y la R.P.01 - Autopista Rosario - Santa Fe.



Figura 3.3: Imagen aérea y delimitación de la segunda alternativa analizada. Fuente: Google Maps.

Analizando la ubicación presentada, esta podría resultar una opción adecuada para el emplazamiento de la obra debido a que cumple con la distancia mínima de separación de la urbanización requerida por ENOHSA, además de su cercanía con la localidad. De todas maneras, se descarta esta opción debido a la presencia de múltiples interferencias para el diseño de la cañería de vuelco de la planta de tratamiento hacia el cuerpo receptor, como por ejemplo la R.N.N°11 y las vías del Belgrano Cargas.

Se plantea como **tercera alternativa** un terreno ubicado aproximadamente a 3,50 km al norte de Oliveros. El mismo se encuentra entre la R.N.N°11 y el Río Carcarañá, como se observa en la Figura 3.4.



Figura 3.4: Imagen aérea y delimitación de la tercera alternativa analizada. Fuente: Google Maps.

Estudiando esta última opción se puede destacar que, si bien es la alternativa que se encuentra más alejada de la localidad, sin embargo la misma cumple con la distancia mínima requerida por ENOHSA y no presenta obstáculos entre el terreno y el punto de vuelco. Además, cuenta con facilidad en el acceso desde la R.N.N°11 a través de un camino secundario que, de realizar una mejora del mismo, podría resultar de mucha utilidad para los camiones atmosféricos que ingresarán a la planta de tratamiento.

Por otro lado, es importante destacar que gracias a dicha accesibilidad que presenta el terreno se puede plantear a futuro el emplazamiento de un conducto cloacal que conecte la localidad de Oliveros y la planta de tratamiento. Las cañerías de este sistema se podrían colocar en paralelo a la R.N.N°11 y el camino auxiliar. De esta manera se evitaría la expropiación de terrenos para la colocación del sistema de conductos. Sin embargo la localización de este terreno es la más distante a la urbanización y por ende la longitud del conducto cloacal será mayor, pudiendo resultar más costoso económicamente.

Por lo analizado anteriormente se puede concluir que la opción más adecuada es la tercera alternativa debido a su accesibilidad, cercanía al punto de vuelco y distancia a la urbanización.

4. DISEÑO GENERAL

De acuerdo a los requerimientos y las dimensiones propuestas en las secciones 6. **LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN** y 10. **CAMINOS DE ACCESO Y CIRCULACIÓN**, se puede observar en la figura 4.1 el diseño de la planta de tratamiento de líquidos cloacales y aprovechamiento energético para la localidad de Oliveros.

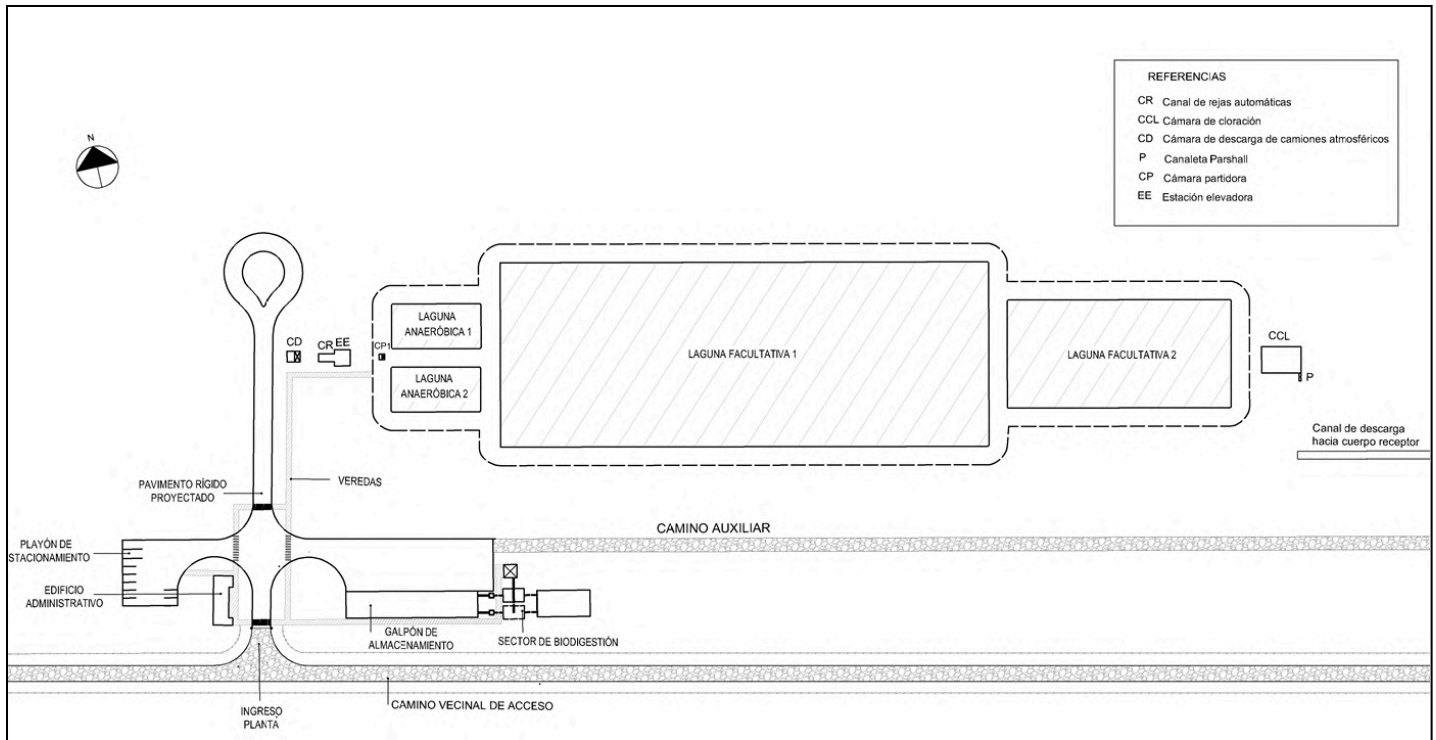


Figura 4.1: Esquema general de planta de tratamiento diseñada. Fuente: elaboración propia.

Se pueden detallar los siguientes espacios con los que cuenta la planta:

- Sector de lagunas de estabilización para tratamiento de líquidos cloacales.
- Sector de galpón para almacenamiento de residuos sólidos y separación de la fracción orgánica de los mismos.
- Sector de biodigestión, con conexión directa al galpón de almacenamiento.
- Sector de administración y usos múltiples.
- Playón de estacionamiento con conexión al sector administrativo.

Para el dimensionamiento, tanto de las lagunas de estabilización como del biodigestor, será necesario determinar el crecimiento demográfico de Oliveros, y por lo tanto la proporción de líquidos cloacales y de residuos sólidos que se producirán en la localidad. Esta evaluación se hará por etapas, es decir, se definirán tanto el año de habilitación del proyecto como los años horizontes, necesarios para el dimensionamiento y la evaluación del funcionamiento de la infraestructura correspondiente.

4.1. Datos para el diseño: Proyección de población

Para comenzar con el desarrollo y diseño tanto de las lagunas como del biodigestor, se partió del estudio de la población a servir a futuro, donde se propone estimar la cantidad de habitantes para un horizonte de diseño de 20 años, con modulación

cada 10 años, y considerando un inicio operativo de la planta en el año 2027. La elección del periodo de diseño se debe a que se considera que 20 años es un plazo adecuado para amortizar las obras de saneamiento con una inversión inicial que justifica su uso prolongado sin quedar rápidamente obsoleta.

Para estimar esta población futura se utilizan diversos métodos de proyección, generalmente métodos matemáticos, que ponderan datos estadísticos de la población (obtenidos en censos anteriores) y consideran hechos, factores y circunstancias que puedan llegar a afectar o distorsionar sus respectivos parámetros.

Los datos utilizados para las distintas proyecciones provienen de los últimos censos realizados en la localidad, como se detallan en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Población de Oliveros en cada uno de los últimos censos realizados.

Fuente: INDEC - Censos poblacionales años 1991 - 2001 - 2010 - 2022.

DATOS CENSO	
Año	Habitantes
2001	4773
2010	4794
2022	5835

4.1.1. Métodos de proyección

Los métodos utilizados y planteados para el cálculo de la población a futuro son los siguientes (FCEIA, Proyecto II, s.f.):

- *Método de Incremento Aritmético:* el cálculo de la población futura mediante este método se efectúa agregando a la población actual un incremento fijo de población por unidad de tiempo, a lo largo del período de diseño. Este método proyecta un crecimiento lineal de la población.
- *Método de Incremento Geométrico:* el crecimiento de la población en el intervalo de tiempo es proporcional al tamaño de la población. El crecimiento se acelera conforme la población crece, presentando un crecimiento exponencial.
- *Método de las Tasas Anuales Decrecientes:* este método utiliza tasas anuales obtenidas a partir de datos de los últimos censos realizados, y asume que estas tasas disminuyen con el paso del tiempo.

4.1.2. Resultados de proyección

Se muestra en la Tabla 4.2, la comparativa con los distintos resultados obtenidos para cada uno de los métodos aplicados.

Se decidió optar como valores representativos de cada etapa a aquellos obtenidos mediante el **Método de Tasas Anuales Decrecientes**, ya que este método se asemeja a la situación actual de la población en el país, dado que la misma continúa creciendo pero a un ritmo cada vez menor. De esta manera los valores de población que se utilizan para el desarrollo del proyecto son 6.334 habitantes para el año 2027 (habilitación del

proyecto), 7.462 habitantes para el año 2037 (año de finalización de la primera etapa de modulación) y 8.122 habitantes para el año 2047 (año de finalización de la segunda etapa de modulación).

Tabla 4.2: Estimaciones de población para cada subperíodo de diseño. Fuente: elaboración propia.

COMPARATIVA			
Población (año)	MÉTODO DE INC. ARITMÉTICO	MÉTODO DE INC. GEOMÉTRICO	MÉTODO DE TASAS AN. DECRECIENTES
Pa (2025)	6096 hab	6129 hab	6129 hab
P0 (2027)	6269 hab	6333 hab	6334 hab
Pn1 (2037)	7137 hab	7460 hab	7462 hab
Pn2 (2047)	8004 hab	8787 hab	8122 hab

Los restantes métodos fueron descartados debido a que únicamente consideran una determinación lineal creciente de la población, provocando que estas aproximaciones sean poco precisas.

El procedimiento de cálculo se detalla en la sección *ANEXO I. CÁLCULO DE POBLACIÓN*.

El plano general de la planta de tratamiento cloacal y aprovechamiento energético puede observarse completo en el *PLANO 02. LAYOUT GENERAL*.

5. ESTUDIO HIDROLÓGICO

La siguiente etapa consiste en el análisis hidrológico del terreno donde se emplazará el presente anteproyecto. Este estudio tiene como principal objetivo determinar el comportamiento del escurrimiento superficial en la zona, con el fin de evaluar la capacidad de evacuación de las aguas pluviales y definir las obras necesarias para el correcto drenaje de las mismas.

En primer lugar, se procede a la delimitación de las subcuencas en cercanía al terreno en cuestión y se analiza si las mismas aportan escurrimiento superficial. En la Figura 5.1 se observan las subcuencas delimitadas y se realiza el correspondiente análisis sobre cada una de ellas.

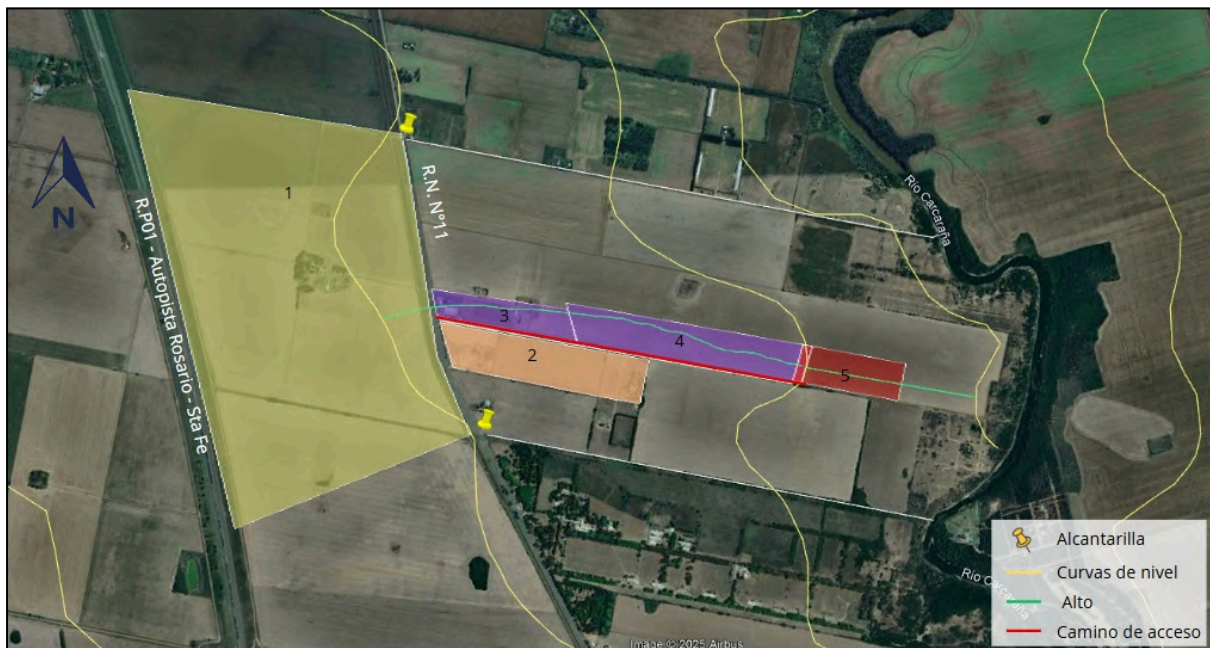


Figura 5.1: Delimitación de subcuencas (áreas 1 a 4) y terreno seleccionado (área 5). Fuente: elaboración propia.

A continuación se analiza el comportamiento del agua en cada una de las subcuencas y se determina si tienen influencia en el proyecto.

- **Subcuenca 1:** con una superficie de aproximadamente 200 hectáreas, se considera que el escurrimiento superficial se dirige principalmente hacia las dos alcantarillas ubicadas sobre la R.N.º11, las cuales se encuentran indicadas en la imagen 5.1. El agua es conducida a través de canales paralelos al camino de acceso para su posterior descarga sobre el Río Carcarañá. Realizado este análisis se puede concluir que la subcuenca 1 no aporta escorrentía de forma directa al camino de acceso.
- **Subcuenca 2:** con una superficie de 18 hectáreas, la subcuenca 2 tiende a escurrir el agua proveniente de lluvias hacia la cuneta sur del camino de acceso.
- **Subcuenca 3:** cuenta con un área de aproximadamente 8 hectáreas que aportan de forma directa escorrentía superficial a la cuneta norte del camino de acceso. Por este motivo, debe contemplarse su contribución en el dimensionamiento de la alcantarilla longitudinal al mencionado camino. En el terreno correspondiente se

encuentran intervenciones que canalizan el escurrimiento pluvial hacia el camino, reforzando así la necesidad de su consideración hidráulica.

- **Subcuenca 4:** al igual que la subcuenca 3, las casi 20 hectáreas de este terreno aportan escorrentía superficial a la cuneta norte del camino de acceso. La diferencia entre estas últimas dos subcuencas se encuentra en el tipo de actividad que se desarrolla en ellas. La subcuenca 4, a diferencia de la 3, es utilizada para la siembra de cultivos.
- **Subcuenca 5:** la última subcuenca corresponde al terreno donde se emplaza la obra, cuenta con un total de 8 hectáreas. La zona delimitada por el camino principal de ingreso al predio en dirección hacia el este es contemplada como parte de la subcuenca 4, cuya escorrentía fluye hacia la cuneta correspondiente a dicho camino y aportará flujo para el dimensionamiento de la alcantarilla. Mientras que el terreno restante tendrá sentido de escurrimiento hacia el Río Carcarañá, por lo que no aportan escorrentía al camino de acceso.

Además con el objetivo de determinar el comportamiento del escurrimiento superficial en el terreno seleccionado, se realizará un análisis de la topografía y las condiciones actuales del terreno.

En la actualidad el sector en estudio se encuentra destinado a actividades agrícolas, lo que condiciona en cierta forma el escurrimiento superficial en el mismo. Analizando imágenes satelitales es posible identificar patrones de escurrimiento, en las cuales se evidencian trazas o direcciones preferenciales del agua generadas por la propia dinámica del uso del suelo. Esto puede observarse en las Figuras 5.2 y 5.3.



Figura 5.2. Imagen aérea del terreno seleccionado en el año 2018. Fuente: Google Earth.



Figura 5.3. Imagen aérea del terreno en la actualidad. Fuente: Producción propia.

Estas trazas evidenciadas en las Figuras 5.2 y 5.3 son producidas por el arado correspondiente a la actividad agrícola de la zona, condicionando entonces el escurrimiento superficial en este sentido Oeste-Este en dirección hacia el río Carcarañá (paralelo al camino de acceso vecinal), y que tendrá influencia en el diseño de las obras de drenaje necesarias.

Además también se deberá considerar la aplicación de la Ley Provincial N.º 11.730 sobre el régimen de uso del suelo en zonas inundables. A partir de la misma se realizó un análisis del terreno seleccionado para la implantación del presente anteproyecto.

Si bien el predio se encuentra en cercanías a un curso de agua importante como el río Carcarañá, el análisis topográfico evidencia una diferencia de cota considerable respecto a las zonas ribereñas, lo que reduce considerablemente el riesgo de desborde directo del río sobre el lote en cuestión. Esto sugiere que el mismo no se encuentra comprendido dentro de las Áreas I ni II definidas por la ley (cauces y zonas de almacenamiento o evacuación), pudiendo eventualmente clasificarse como Área III con riesgo de inundación no directo. Aun así, se considera adecuado incorporar esta normativa como marco de referencia para la planificación del anteproyecto, y asegurar que las obras propuestas respeten el escurrimiento natural del agua y no incrementen el riesgo hídrico del entorno.

Como referencia a esto se puede observar en la imagen 5.4 las importantes crecidas sufridas en el año 2016 y cómo éstas afectaron a la zona en cuestión, pero que aún así no tuvieron incidencia sobre el lote del terreno seleccionado. La misma puede compararse con la imagen 5.2 mostrada anteriormente, tomada en el año 2018 en condiciones normales.



Figura 5.4. Imagen aérea del terreno seleccionado durante crecidas del año 2016. Fuente: Producción propia.

Habiendo definido cuales subcuencas aportan caudal al camino de acceso, se procede a estimar el máximo asociado a una determinada lluvia de diseño mediante el **Método Racional**. Se decidió utilizar dicho método ya que generalmente resulta confiable para pequeñas cuencas. Para aplicarlo se siguen los pasos detallados en el libro "*Hidrología: Procesos y Métodos*" publicado por los ingenieros Orsolini, Zimmerman y Basile de la Universidad Nacional de Rosario (UNR). El método en cuestión permite tomar como válidas las siguientes hipótesis:

- La intensidad de lluvia es constante en el tiempo.
- La intensidad de lluvia es constante en el área de la cuenca.
- La relación entre el caudal que ingresa y egresa de la cuenca se mantiene constante en el tiempo.

El caudal generado por la cuenca se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C * i(D,R) * A}{3,6}$$

Siendo:

- A: Área de la superficie de la subcuenca correspondiente [km^2].
- C: Coeficiente de escorrentía. Es el factor que representa la capacidad de una superficie para generar escurrimiento superficial durante un evento de lluvia. Su valor depende de varios factores, como el tipo de superficie, la pendiente del terreno, el uso del suelo. El coeficiente varía entre 0 y 1, donde:
 - 0 indica que toda el agua de lluvia es absorbida por el terreno, es decir, no se produce escorrentía.

- 1 significa que toda el agua de lluvia se convierte en escorrentía, sin ninguna infiltración o almacenamiento.
- *i*: Intensidad de lluvia. Es un valor que describe la cantidad de lluvia que cae en un área específica durante un intervalo de tiempo determinado. Se expresa en milímetros por hora (mm/h). El valor de la intensidad de lluvia depende de varios factores como la duración de la tormenta, la recurrencia de la lluvia y la ubicación geográfica.

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$i = \frac{\alpha}{(\beta + D)^{\gamma}}$$

Se adopta una recurrencia de lluvia de dos años para el diseño de obras de arte en zonas de cultivo ya que se acepta un cierto grado de riesgo de falla ocasional, debido a que el daño económico y social puede ser menor que en zonas urbanas (*Fuente: Cap IX.3.1 Recurrencias de diseño. Procesos y Métodos.UNR Editora*). Se utilizan las curvas IDR parametrizadas para Rosario, Santa Fe, Argentina. (*Procesos Hidrológicos Urbanos. Procesos y Métodos.UNR Editora*).

Los resultados obtenidos del cálculo del caudal generado por las subcuencas 3 y 4 se observan en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1: Caudales de aporte de las subcuencas 3 y 4. Fuente: elaboración propia,

Subcuenca	Caudal [m3/s]	Caudal total [m3/s]
3	0,41	1,20
4	0,79	

El caudal aportado por la subcuenca 2 se observa en la tabla 5.2.

Tabla 5.2: Caudal de aporte de la subcuenca 2. Fuente: elaboración propia.

Subcuenca	Caudal [m3/s]
2	0,70

El desarrollo del Método Racional se desarrolla en el "ANEXO II a. CÁLCULO HIDROLÓGICO".

5.2. Proyecto de obras hidráulicas

Con el objetivo de garantizar el correcto escurrimiento superficial del lote, se procede a diseñar y dimensionar las correspondientes obras de drenaje, las cuales se observan en el *PLANO 03 DINÁMICA HÍDRICA*. En primer lugar se dimensionan las cunetas colectoras, para captar y conducir el escurrimiento hacia el punto de descarga, para lo cual se determina previamente el caudal de aporte a cada una. Las mismas se observan en la figura 5.6. Resulta importante mencionar que no se cuenta con datos de la topografía por lo que el diseño de las mismas se realiza mediante las curvas de nivel. Por

otra parte, se proyectan las alcantarillas necesarias para garantizar la continuidad del tránsito vehicular y peatonal sobre las cunetas. Finalmente, se dimensiona el canal de descarga de las lagunas hacia el cuerpo receptor.

Se observa en la Figura 5.5 la ubicación de las alcantarillas que se dimensionan posteriormente.

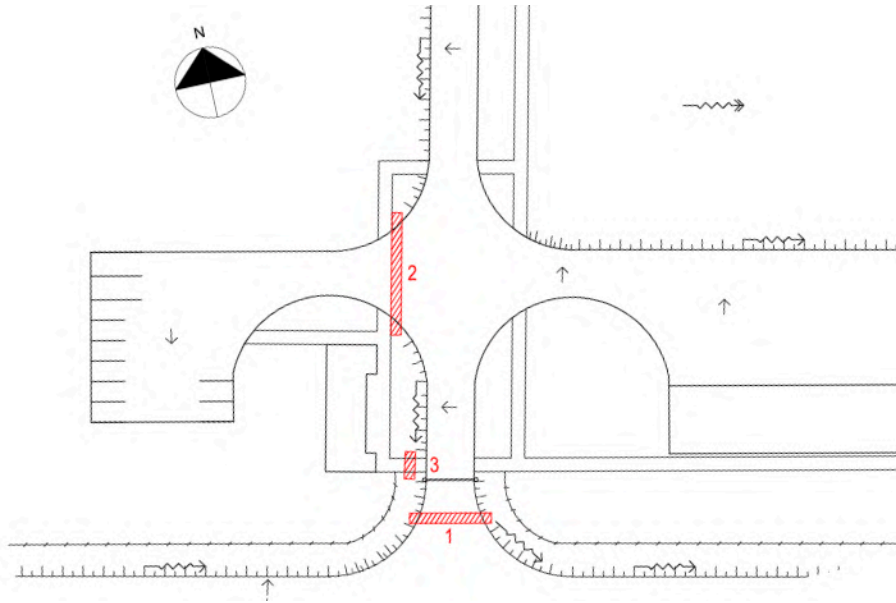


Figura 5.5. Ubicación de alcantarillas propuestas. Fuente: Elaboración propia.

Para continuar con los correspondientes diseños de cunetas, es necesario aclarar que al no contar con la topografía de las mismas, estas serán diseñadas en función de las curvas de nivel pertinentes.

Un esquema con las correspondientes cunetas a dimensionar se observa en la figura 5.6 a continuación.

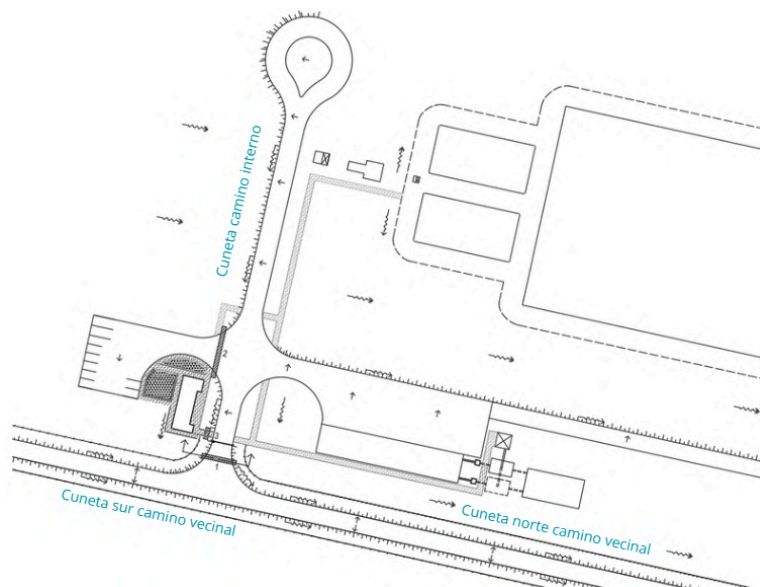


Figura 5.6. Ubicación de cunetas de caminos internos y camino auxiliar. Fuente: Elaboración propia.

5.2.1. Diseño cuneta camino interno y camino auxiliar

La cuneta presenta una sección trapezoidal con taludes y contra taludes de 1:2 y se considera una pendiente longitudinal de 2 %.

Se propone la base de fondo y el tirante, y se verifica que el caudal resultante sea igual o mayor al caudal requerido en la cuneta. El valor del coeficiente de rugosidad (n) se obtiene de la Tabla II.10 ANEXO II b.

En la Figura 5.5 se observa un croquis de la cuneta tipo del camino interno.

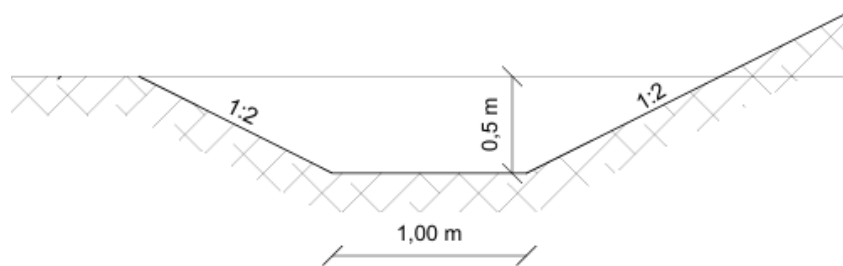


Figura 5.5 Croquis cuneta tipo camino interno. Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 5.5 se detalla el caudal máximo que evacúa la cuneta siendo este de $0,82 \text{ m}^3/\text{s}$ el cual resulta mayor al requerido, de $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$, calculado en la Tabla II.6: *Cálculo caudal de aporte subcuena del terreno.*

Tabla 5.5 Cálculo caudal cuneta camino interno. Fuente: elaboración propia.

Cálculo caudal	
n	0,025
A [m ²]	1
P [m]	3,24
R [m]	0,31
S	0,002
Q [m ³ /s]	0,82

5.2.2. Diseño cunetas camino de acceso vecinal

Las cunetas presentan una sección trapezoidal con taludes y contrataludes de relación 1:1, y se considera una pendiente longitudinal de 2 %.

En la Figura 5.6 se observa un croquis de la **cuneta norte** del camino vecinal con las dimensiones propuestas, fondo de cuneta y tirante, necesarias para evacuar el caudal de diseño.

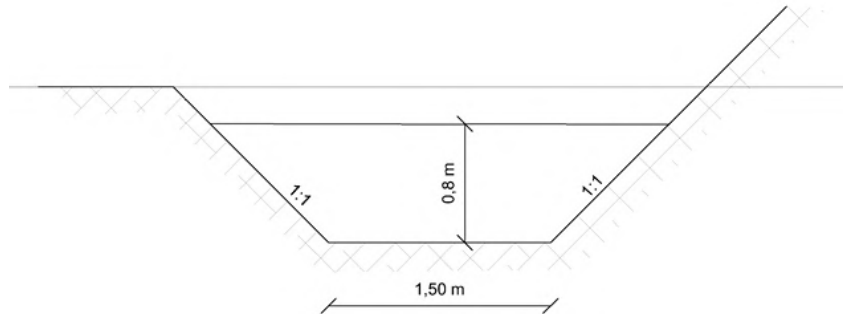


Figura 5.6: Croquis cuneta norte camino vecinal. Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 5.6 se detalla el caudal máximo que evacúa la cuneta siendo este de $1,44 \text{ m}^3/\text{s}$ el cual resulta mayor al requerido, de $1,20 \text{ m}^3/\text{s}$, calculado en la *Tabla 5.1: Caudales de aporte de la subcuenca 3 y 4*.

Tabla 5.6 Cálculo caudal cuneta norte camino vecinal. Fuente: elaboración propia.

Cálculo caudal	
n	0,025
A [m ²]	1,84
P [m]	3,76
R [m]	0,49
S	0,001
Q [m ³ /s]	1,44

Las dimensiones de la **cuneta sur** del camino vecinal se observan en la Figura 5.7.

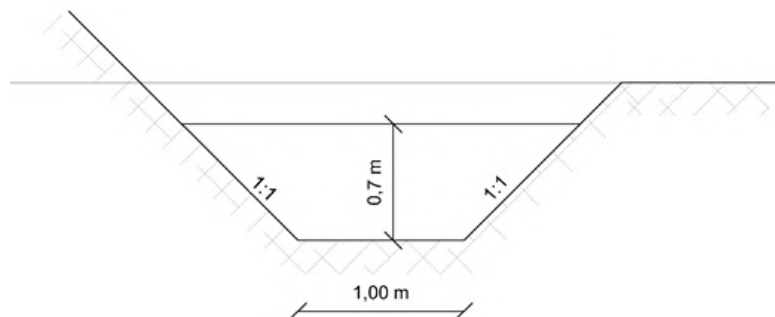


Figura 5.7: Croquis cuneta sur camino vecinal. Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 5.7 se detalla el caudal máximo que evacúa la cuneta, correspondiendo a un valor de $0,82 \text{ m}^3/\text{s}$, valor que excede al caudal requerido de $0,70 \text{ m}^3/\text{s}$ calculado en la Tabla AII.7: *Cálculo caudal de aporte subcuenca 2*.

Tabla 5.7 Cálculo caudal cuneta sur camino vecinal. Fuente: elaboración propia.

Cálculo caudal	
n	0,025
A [m ²]	1,19
P [m]	2,98
R [m]	0,40
S	0,001
Q [m ³ /s]	0,82

5.2.3. Diseño alcantarilla 1

Se prevee la colocación de una alcantarilla con el fin de materializar el camino de ingreso a la planta de tratamiento. Para su dimensionamiento se considera el caudal proveniente de la cuneta norte del camino vecinal, calculado en la Tabla 5.1. La ubicación de la misma se observa en la Figura 5.4.

A partir del caudal de diseño de $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ se materializa una única alcantarilla de sección circular de diámetro de 1 m según plano tipo H - 10236 (ANEXO VIII - PLANO TIPO H - 10236). En la Tabla 5.8 se hallan las dimensiones propuestas de la alcantarilla y su correspondiente verificación.

Tabla 5.8: Dimensionamiento de alcantarilla circular con bordes biselados. Fuente: elaboración propia.

Alcantarilla de sección circular		
Qmax [m ³ /s]	1,20	
Cant	1	
Quni [m ³ /s/]	1,20	
D [m]	1	
Hr [m]	0,89	
Hr/D	0,89	$0,8 < Y/D < 0,9$
Longitud [m]	12	

El valor de la profundidad de remanso (Hr) se obtiene de la Figura 5.8 a partir del caudal unitario (Quni) y el diámetro de la alcantarilla (D).

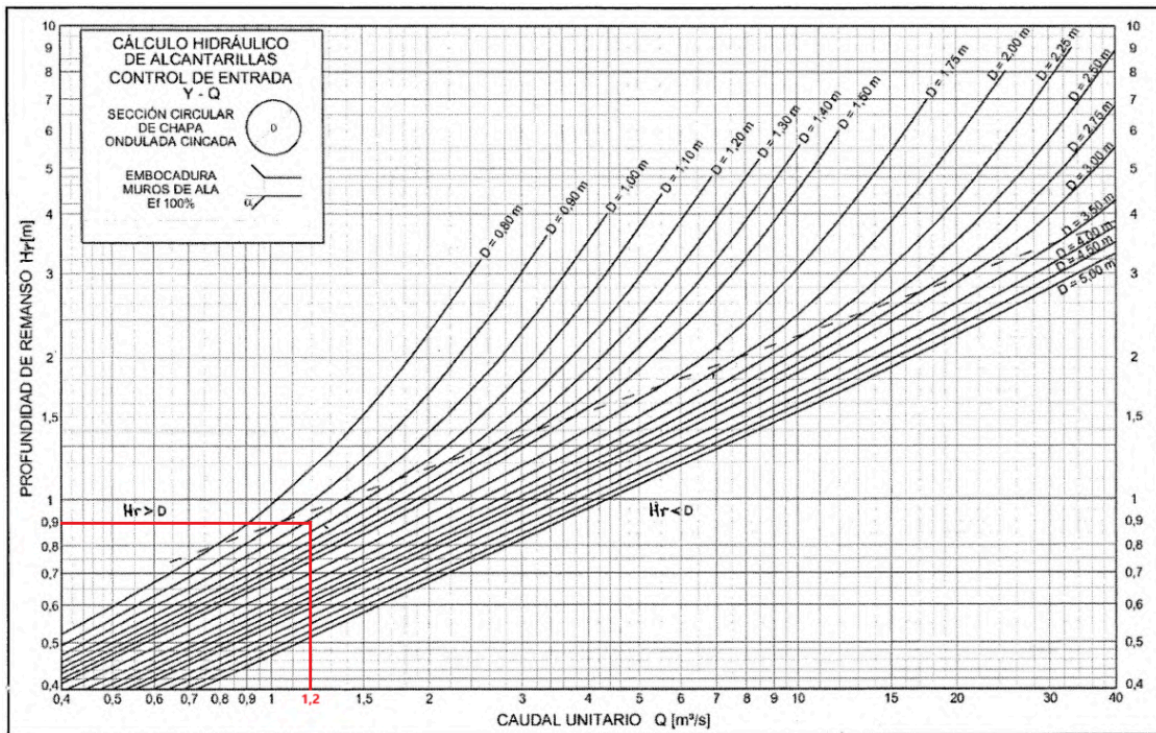


Figura 5.8: Gráfica cálculo hidráulico de alcantarillas de sección rectangular de hormigón. Fuente: Cátedra de Proyecto 3 – Ingeniería Civil, FCEIA – UNR. (s.f.)

5.2.4. Diseño alcantarilla 2 y 3

Se proyecta además la colocación de una alcantarilla para permitir el paso de vehículos hacia la zona de estacionamiento, ubicada al oeste del predio y el tránsito de los trabajadores entre el núcleo administrativo y el terreno.

El caudal de aporte a la cuneta del camino interno corresponde a $0,12\text{ m}^3/s$, el cálculo del mismo se observa en la *Tabla II.6: Cálculo caudal de aporte subcuena del terreno*. Debido al bajo valor de caudal se proyectan alcantarillas con dimensiones mínimas, que permitan la limpieza de las mismas, con una longitud de 18 m para la alcantarilla 2 y de 4 m para la alcantarilla 3. Ambas alcantarillas se materializan por medio de conductos de sección circular de diámetro de $0,8\text{ m}$ según plano tipo H - 10236, adjuntado en el ANEXO VIII - PLANO TIPO H - 10236.

5.2.4. Diseño canal de descarga

El canal de descarga establece la conexión hidráulica entre la laguna facultativa 2 y el cuerpo receptor, Río Carcarañá. Su principal objetivo es transportar de forma segura y eficiente el líquido tratado hacia el lugar de disposición final, garantizando la continuidad del flujo y evitando procesos de erosión, estancamiento o contaminación secundaria.

Un esquema del mismo puede observarse en la siguiente figura 5.9.

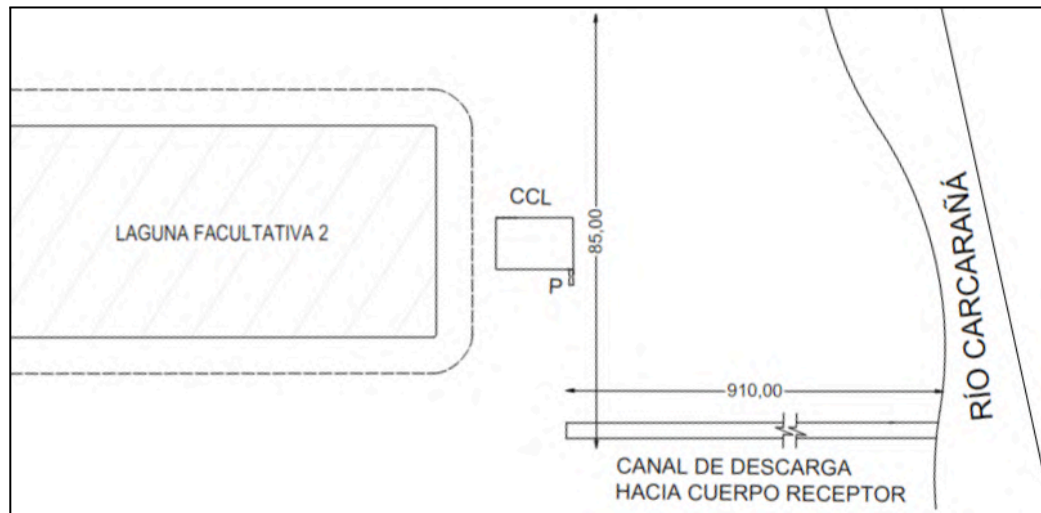


Figura 5.9: Esquema canal de descarga al río Carcarañá. Fuente: elaboración propia.

Para el diseño del canal se propone una sección transversal y sus dimensiones y se verifica que el caudal máximo que podría evacuar el mismo, Tabla 5.9, resulte mayor al caudal máximo esperado de descarga, calculado en la Tabla 5.10 en función del caudal máximo a circular por el bypass.

Tabla 5.9: Cálculo caudal máximo del canal de descarga. Fuente: elaboración propia.

Caudal máximo canal	
n	0,025
A [m ²]	1
P [m]	3,24
R [m]	0,31
S	0,002
Q [m ³ /s]	0,82

Tabla 5.10: Cálculo caudal máximo esperado Qe. Fuente: elaboración propia.

Caudal bypass	
Año de diseño	2047
Qc [l/h]	67683
Qc [m ³ /s]	0,0188
α	2,38
Caudal máximo horario Qe	0,045

En la Figura 5.9 se observa un croquis del correspondiente canal de descarga con las dimensiones necesarias para evacuar el caudal de diseño.

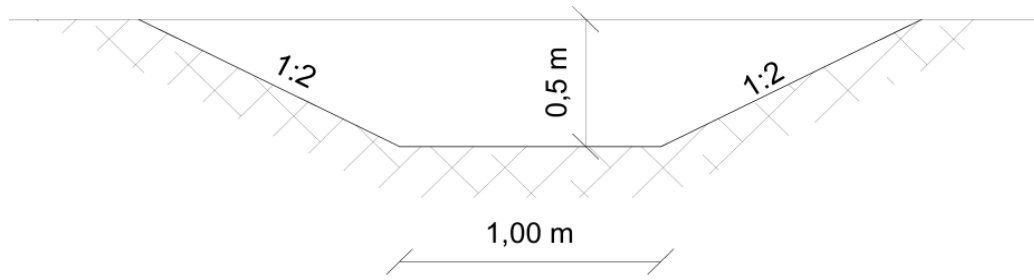


Figura 5.9: Croquis canal de descarga. Fuente: elaboración propia.

6. LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

Como se ha mencionado en la sección 2. **RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN: Servicios Públicos**, en la actualidad la localidad de Oliveros no cuenta con sistema de desagüe cloacal, si bien se encuentra proyectado el mismo pero no ha sido ejecutado hasta el momento. Por ende las lagunas serán las encargadas de recibir los líquidos cloacales provenientes de los camiones atmosféricos que sirven a la comunidad (y en un futuro del sistema cloacal, suponiendo que el mismo llegue a concretarse), y su función principal será la de disminuir la carga orgánica presente previo al vuelco en el curso de agua más cercano -en este caso, el río Carcarañá-. De esta forma se busca minimizar el impacto ambiental que representa el vertido de estos efluentes sin un control previo. El valor de carga orgánica que se busca alcanzar debe ser menor a 50 mg/l, brindado por la Ley Provincial 11.220: "Prestación y regulación de los servicios sanitarios - Anexo B", siendo este un valor límite obligatorio y el cual garantiza una menor contaminación generada en su disposición final. Este límite debe complementarse con lo establecido en la Resolución N.º 1089/2018 del Ministerio de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe, que establece los criterios para el vuelco de efluentes líquidos a cuerpos receptores superficiales, a través de la definición del parámetro de dilución (d), calculado como el cociente entre el caudal del curso receptor ($Q_{receptor}$) y el caudal del efluente ($Q_{efluente}$).

El sistema de tratamiento de líquidos cloacales comienza con un pretratamiento que consiste en un **sistema de rejillas** cuya función principal es la de retener sólidos grandes (basura, ramas, trapos, etc.) que podrían dañar o entorpecer el funcionamiento de las instalaciones posteriores del sistema de tratamiento.

Se proyecta en primer lugar lagunas de tipo **anaeróbica**, encargadas de recibir el efluente con alta carga orgánica y promoviendo la descomposición de la materia mediante bacterias anaeróbicas, es decir en ausencia de oxígeno. En este tipo de lagunas se generan subproductos como gas metano y dióxido de carbono, ambos no deseados y que, sin un control adecuado, generan un impacto en el medio ambiente, pero que son energéticamente aprovechables. El proceso metánico se inicia y desarrolla con temperaturas superiores a los 10°C y genera grandes producciones de este gas con temperaturas mayores a los 30°C.

La eficiencia de este tipo de lagunas es fundamentalmente dependiente de la temperatura de la laguna y de la retención hidráulica, es decir, del tiempo que el agua permanece dentro de la laguna de tratamiento, el cual busca asegurar que se desarrollen los procesos de depuración.

Entre los aspectos positivos de proyectar lagunas anaeróbicas se encuentra la posibilidad de tratar líquidos altamente cargados orgánicamente por lo cual pueden recibir sin problema la descarga de camiones atmosféricos.

Siguiendo la serie de lagunas luego de la anaeróbica se proyectan lagunas de tipo **facultativas**, que reciben los efluentes tratados inicialmente por las lagunas anaeróbicas y buscan reducir aún más el valor de carga orgánica, para así poder alcanzar los valores que cumplan con las condiciones de vuelco.

En este tipo de laguna se desarrollan por un lado una descomposición de tipo **aeróbica** en la superficie, mediante la presencia de oxígeno aportado por la atmósfera y las algas, y por otro lado una descomposición de tipo **anaeróbica** en las profundidades de la laguna, en ausencia de oxígeno.

Posteriormente, y previo a su descarga final, se implementa un **sistema de cloración** encargado de eliminar la actividad de agentes patógenos y asegurar que el líquido cumpla con los estándares ambientales enmarcados en la ley previamente mencionada.

Cabe destacar que la planta cuenta con un sistema de **ByPass**, el cual puede ser utilizado en caso de inconvenientes donde se busque evitar el paso del líquido por las lagunas, llevándolo de forma directa hacia la cámara de cloración.

En la Figura 6.1 se observa el diagrama de flujo del sistema, desde que el líquido llega a la cámara de descarga de camiones atmosféricos hasta que es depositado en el cuerpo receptor.

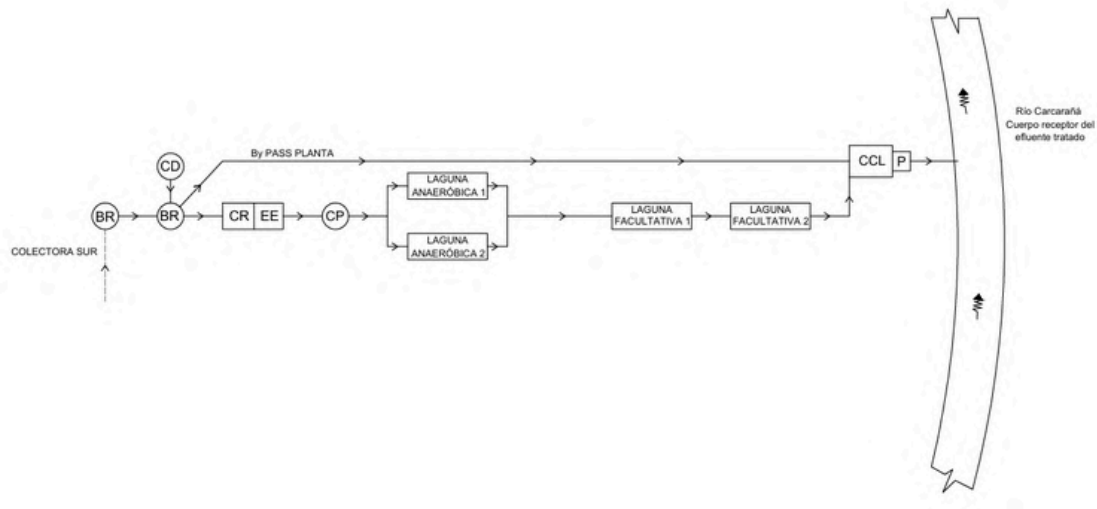


Figura 6.1: Diagrama de flujo del sistema. Fuente: producción propia.

Algunos componentes que se indican en el plano anterior con sus correspondientes siglas son los siguientes:

- BR: Boca de Registro.
- CD: Cámara de descarga de camiones atmosféricos.
- CR: Canal de rejillas automáticas.
- EE: Estación elevadora.
- CCL: Cámara de cloración.
- P: Canaleta Parshall.
- CP: Cámara partidora.

Además en línea de trazos puede observarse la colectora sur, cañería que permitirá la conexión con el futuro sistema cloacal.

6.1. Comparativa de situación actual y situación proyectada a futuro del sistema cloacal

Teniendo en cuenta las reglamentaciones impuestas por ENOHSA, se proyecta entonces la ejecución de las lagunas de forma modular, correspondiendo un intervalo total de 20 años divididos en dos etapas de 10 años cada una. Para ello se deben contemplar dos situaciones a considerar:

- **Situación actual:** actualmente la localidad no cuenta con un sistema de red cloacal, por lo que el transporte de líquidos cloacales se realiza a través de camiones atmosféricos locales. Para realizar un primer análisis de la situación es necesario determinar la cantidad de camiones que abastecen a la comunidad, su capacidad y la carga orgánica promedio característica.

La información con la que se cuenta se detalla en las tablas 6.1 y 6.2, haciendo referencia al año de habilitación de la obra, siendo este el año 2027:

Tabla 6.1: Información recopilada para situación actual de recolección de efluentes en Oliveros. Fuente: elaboración propia.

Situación actual: 2025				
Volumen unitario	8	m3/camion	Suponemos que el camión utiliza solo un 80% de su capacidad	
Viajes diarios	12	camiones/dia		
Temperatura mínima	10	°C		
Caudal teórico	96,00	m3/dia	96.000,00	l/dia
Caudal efectivo	76,80	m3/dia	76.800,00	l/dia
DBO entrada	1200,00	mg/l		

Tabla 6.2: Información para situación al año de habilitación de la planta de tratamiento de efluentes. Fuente: elaboración propia.

Situación actual: 2027 (año habilitación)				
Volumen unitario	8	m3/camion	Suponemos que el camión utiliza solo un 80% de su capacidad	
Viajes diarios	13	camiones/dia		
Temperatura mínima	10	°C		
Caudal teórico	104,00	m3/dia	104.000,00	l/dia
Caudal efectivo	83,20	m3/dia	83.200,00	l/dia
DBO entrada	1200,00	mg/l		
Carga org. ingreso	99,84	kg DBO/día		

El caudal efectivo obtenido surge de considerar que los camiones utilizan un 80% de su capacidad máxima.

- Situación futura: se contempla el avance en la construcción de la red cloacal en Oliveros para los años venideros, suponiendo un porcentaje de concreción del sistema en función del período considerado. La recolección restante se seguirá realizando mediante camiones atmosféricos pero en menor cantidad.

Se procede entonces a calcular los caudales que deberán ser tratados para cada año de modulación y estimando las cargas orgánicas características, ya que son estos valores los necesarios para realizar el posterior dimensionamiento de las lagunas de estabilización.

Cabe aclarar que la carga orgánica presente en los efluentes varía en función del tipo de recolección efectuada, correspondiendo un valor de DBO (en mg/l) mucho mayor para el caso de recolección por camiones atmosféricos que sistema cloacal. Los resultados obtenidos se muestran en las tablas 6.3, 6.4 y 6.5.

Sistema Cloacal:

Tabla 6.3: Cálculo de caudales para situaciones futuras, para la proyección del sistema cloacal. Fuente: elaboración propia.

CLOACAL	Año	DBO [mg/l]	Dotación [l/hab día]	Poblac [hab]	Factor vuelco	Qc [l/h]	Alcance	Qc efectivo [l/h]	Carga Org. Ingreso [kg DBO / día]
	2037	200	250	7462	80%	62183	30%	18655	90
	2047			8122		67683	60%	40610	195

Recolección por camiones:

Tabla 6.4: Cálculo de caudales para situaciones futuras, para la recolección por camiones atmosféricos. Fuente: elaboración propia.

CAMIONES	Año	DBO [mg/l]	Vol. unitario [m3/camión]	Poblac [hab]	Viajes diarios	Capacidad	Q [m3/día]	Carga Org. Ingreso [kg DBO / día]
	2037	1200	8	7462	11	80%	70	84
	2047			8122	7		45	54

El total obtenido resulta:

Tabla 6.5: Resultados totales obtenidos para cada año de modulación. Fuente: elaboración propia.

TOTAL	Año	Carga Org. Ingreso [kg DBO / día]	DBO [mg/l]	Q [m3/día]
	2037	174	900	518
	2047	249	600	1019

En los resultados mostrados previamente puede observarse que el valor de carga orgánica que ingresa en el sistema aumenta con el paso de los años, mientras que el valor de DBO disminuye. Esto se debe a que se ha considerado un cierto porcentaje de avance en la ejecución del sistema cloacal en la localidad para cada modulación, por lo cual a futuro se prevee una disminución en la cantidad de camiones que descargan en la planta.

Se realizó la verificación de la Resolución 1089, donde se obtiene la disolución, $d = \frac{Q_{receptor}}{Q_{efluente}} = \frac{46 \frac{m^3}{s}}{0,012 \frac{m^3}{s}} = 3899$, este valor resulta alto indicando una muy favorable capacidad de asimilación del río (el caudal del efluente se considera el obtenido para el año horizonte 2047).

6.2. Dimensionamiento de lagunas

Considerando entonces las situaciones futuras detalladas previamente, en primer lugar se realiza el dimensionamiento del conjunto de lagunas para el año 2037, correspondiente a la finalización de la primera etapa de modulación. A partir de allí se busca verificar este mismo conjunto de lagunas para las condiciones propuestas al año de habilitación de la obra y también al finalizar la segunda etapa de modulación. En caso de no obtener resultados favorables, se debe plantear un conjunto de lagunas complementario al sistema propuesto inicialmente.

Cabe aclarar que el dimensionamiento de lagunas que se realiza en la presente sección es sumamente importante y necesario para la selección del terreno donde se emplaza la planta de tratamiento. Esto también se aclara en la sección 3. **SELECCIÓN DEL TERRENO.**

Lagunas anaeróbicas

Se proponen un conjunto de dos (2) lagunas de este tipo, ubicadas en paralelo y trabajando una a la vez. Esto se debe a la acumulación de lodos que se efectúa en el fondo de ellas, con lo cual de esta forma se busca realizar la limpieza de las mismas sin afectar la operatividad del sistema. Es decir, mientras una laguna se encuentra en etapa de limpieza, la otra se encuentra en funcionamiento.

Su profundidad varía de 2 a 5 metros y con una relación de lados de entre 2:1 a 3:1 (ENOHSA, 2001). Se diseñan para una eficiencia de remoción de carga del 40%, debido a las temperaturas características de la zona, tal y como se detalla en la tabla 6.6.

Tabla 6.6: Eficiencia de lagunas anaeróbicas según Arceivala. Fuente: ENOHS (2001).

T (°C)	t (día)	Eficiencia E (%)
≤ 10	≥ 5	0 a 10
10 a 15	4 a 5	30 a 40
15 a 20	2 a 3	40 a 50
20 a 25	1 a 2	40 a 60
25 a 30	1 a 2	60 a 80

Lagunas facultativas

Se propone un conjunto de dos (2) lagunas de este tipo, ubicadas en serie. De esta forma, y considerando una eficiencia de remoción de carga de 60% a 80%, se busca disminuir los valores de DBO presentes en el efluente, de tal manera de verificar los valores límites establecidos por la norma correspondiente.

Estas lagunas son diseñadas para recibir una carga orgánica media (que corresponde a la carga que recibe de la salida de la laguna anaeróbica y de la primera laguna facultativa correspondiente). Su profundidad varía entre 1 y 2 metros y con una relación de lados de entre 2:1 a 5:1 (ENOHS, 2001).

Inicialmente se ha planteado la ejecución de una única laguna facultativa, pero una vez realizados los cálculos correspondientes, el valor de DBO al momento de la salida no verificaba los valores límites exigidos por norma, con lo cual a partir de allí se propone la ejecución de la segunda laguna facultativa inmediatamente posterior a ésta, que recibe estos líquidos y permite así alcanzar los valores límites para su posterior vuelco en el cuerpo receptor.

Las dimensiones finalmente obtenidas se reflejan en la Tabla 6.7, y un esquema tentativo de su distribución se observa en la Figura 6.2.

Tabla 6.7: Dimensionamiento de lagunas. Fuente: elaboración propia.

Dimensiones			
	Lado A [m]	Lado B [m]	Tirante [m]
Laguna anaeróbica	17	34	3
Laguna facultativa 1	70	186	1
Laguna facultativa 2	41	85	1

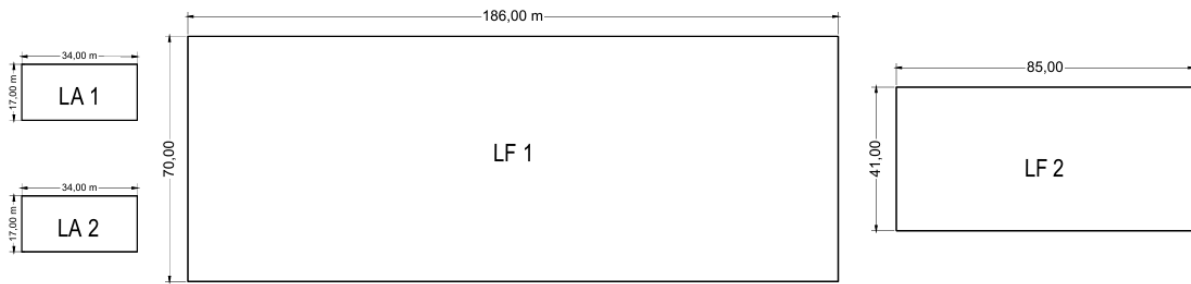


Figura 6.2: Dimensiones de lagunas anaeróbicas y facultativas, medidas en metros. Fuente: elaboración propia.

El desarrollo del dimensionamiento completo de lagunas se presenta en el “ANEXO IIa. **DIMENSIONAMIENTO LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN**”.

Otro aspecto a considerar para el dimensionamiento es el tiempo de retención de los líquidos cloacales en las lagunas anaeróbicas. El objetivo principal de esto es asegurar que las condiciones dentro de ellas permitan que ocurran los procesos biológicos necesarios para la degradación adecuada de la materia orgánica y lograr una depuración eficiente de los líquidos cloacales.

Se considera un valor adecuado de 1 a 3 días de tiempo de retención para las lagunas anaeróbicas. Pueden observarse en las Tablas 6.8 y 6.9 las verificaciones realizadas para los años 2037 y 2047 de funcionamiento de la planta de tratamiento, según la modulación planteada.

Tabla 6.8: Tiempo de retención para el año 2037. Fuente: elaboración propia.

Verificación	
Q [m3/dia]	518
Volumen [m3]	1740
Tiempo retención	4

Tabla 6.9: Tiempo de retención para el año 2047. Fuente: elaboración propia.

Verificación	
Q [m3/dia]	1019
Volumen [m3]	1734
Tiempo retención	2

6.3. Limpieza de lagunas

La acumulación de barros en el fondo de las lagunas anaeróbicas es un proceso natural e inevitable producto de la sedimentación de sólidos y la actividad microbiológica. Estos barros, ricos en materia orgánica e inorgánica, deben ser retirados de manera periódica para garantizar el correcto funcionamiento y la eficiencia del sistema de tratamiento.

La acumulación de barros reduce el volumen útil de las lagunas, disminuyendo el tiempo de retención hidráulica y afectando la eficiencia en la remoción de materia orgánica y patógenos. Además, si estos no son removidos a tiempo, pueden llegar a niveles críticos que comprometan la operación del sistema, provocando rebalses, obstrucciones o la necesidad de paradas prolongadas para limpieza de emergencia.

Los posibles inconvenientes mencionados anteriormente justifican la construcción de dos lagunas anaeróbicas ubicadas en paralelo. Trabajarán de forma individual: mientras una de ellas se vacía, se deja secar y se remueven los barros, la otra estará trabajando normalmente. Luego el proceso continúa alternadamente.

El proceso de limpieza consiste en:

- I. Interrumpir el ingreso de aguas residuales a la laguna y luego drenar el volumen.
- II. Dejar secar el barro al aire libre.
- III. Remover el barro con palas, baldes y carretillas.
- IV. Transportar los residuos a un área de disposición final autorizado.

El cálculo de los espesores de lodos depositados en el fondo de las lagunas se puede encontrar en el “ANEXO IIIb. CÁLCULO DE LODOS DEPOSITADOS”.

La deposición final de lodos puede tener dos alternativas:

- Se los utiliza como enmienda orgánica en suelos de baja productividad, práctica sustentable que aporta nutrientes y mejora las propiedades fisicoquímicas del suelo.⁵
- En los casos en que no se alcanzan los parámetros de calidad requeridos son dispuestos en rellenos sanitarios controlados, minimizando de esta manera el impacto ambiental y los riesgos para la salud pública.

6.4. Aspectos constructivos y movimiento de suelos de lagunas

En la siguiente etapa se desarrollará el cálculo de los volúmenes de suelo y demás aspectos constructivos a tener en cuenta para la correcta ejecución de las lagunas de tratamiento, tanto anaeróbicas como facultativas.

6.4.1. Movimiento de suelo

Deben balancearse los volúmenes de excavaciones y de terraplenes para conformar las lagunas con sus correspondientes muros de contención. En la Tabla 6.10 se determinan los volúmenes a excavar y a terraplenar. El suelo de condición *in situ* es

⁵ Para visualizar la publicación dirigirse al link publicado en la sección 13. BIBLIOGRAFÍA

afectado por un coeficiente de compactación de 0,85 para obtener la condición compactada.

Tabla 6.10: Volúmenes de excavación y terraplenes. Fuente: elaboración propia.

Volumen [m3]	
Excavación (in situ)	14128
Excavación (compactado)	12009
Terraplén	10469

El detalle de cálculo de excavaciones se desarrolla en el “ANEXO IIIc. CÁLCULO DE VOLUMEN”.

6.4.2. Estructura de ingreso, intercomunicación y salida de las lagunas

El ingreso del líquido se realiza mediante una cañería sobre el nivel líquido de la laguna y la cañería de salida se proyecta en el mismo eje longitudinal de la cañería de ingreso. Las cámaras se ubican en el coronamiento del dique frontal divisorio con sus respectivas cañerías de acceso y salida.

Se dimensiona la cañería de ingreso y el bypass a partir del caudal máximo horario (Qe) y las cañerías de interconexión entre lagunas utilizando el caudal medio diario anual (Qc) para el año 2047 ya que representa la situación que requiere conductos de mayor diámetro. El cálculo de diámetro a utilizar se desarrolla en el “ANEXO III d. DIMENSIONAMIENTO DE CAÑERÍAS”.

Se observa en la Tabla 6.11 los diámetros de cañerías utilizados en el anteproyecto.

Tabla 6.11: Dimensionamiento de cañerías. Fuente: elaboración propia.

Cañería	Caudal [m3/s]	Diámetro cañería [mm]
Ingreso	0,045	300
Bypass	0,045	300
Interconexión	0,019	200

6.4.3. Revestimiento de las lagunas

Según ENOHSA: “El coeficiente de permeabilidad debe ser igual o menor a $K = 10^{-6}$ cm/s. De lo contrario se tienen que efectuar trabajos de compactación”. A partir del estudio de suelos correspondiente (ANEXO VII - ESTUDIO DE SUELO), se determina que el terreno donde se ejecutan las lagunas está compuesto por limos de baja plasticidad (ML), arcillas de baja plasticidad (CL) y arcillas de alta plasticidad (CH). Por lo tanto, se determina que no es necesaria la ejecución de revestimientos para las lagunas ya que

según la Tabla 6.12 los coeficientes de permeabilidad para este tipo de suelos resultan menores al límite que establece ENOHSA de 10^{-6} cm/s.

A partir de las Tablas 6.12 y 6.13 se determina que la permeabilidad del suelo resulta lo suficientemente baja y no es necesario revestir las lagunas.

Tabla 6.12: Permeabilidad de suelos. Fuente: ANEXO: TABLAS Y CUADROS DE GEOMECÁNICA.

PERMEABILIDAD DE SUELOS

K= cm/s	10²	10¹	10⁰	10⁻¹	10⁻²	10⁻³	10⁻⁴	10⁻⁵	10⁻⁶	10⁻⁷	10⁻⁸	10⁻⁹
Drenaje	Muy Bueno a bueno						Malo		Impermeable			
Capa sello	No apto							Poco apto		Apto		
Suelo	Grava y grava arenosa				Arena limosa			Limoso		Arcilloso		
Gabriel Márquez Cárdenas, 1987.												

7. CÁLCULO Y DISEÑO DE BIODIGESTOR

La siguiente etapa del anteproyecto se centra en el cálculo y diseño de un biodigestor, que consiste en una estructura o recinto cerrado diseñado para la descomposición de materia orgánica en su interior, para su posterior aprovechamiento energético. Su estructura principal puede variar en tamaño y forma, pero debido a la hermeticidad que presentan, internamente se desarrollan procesos de descomposición gracias a la acción de bacterias anaeróbicas, generando distintos subproductos que pueden ser aprovechados posteriormente.

El proceso interno de descomposición sucede en varias etapas. Primero, al ingresar la materia orgánica a descomponer, ésta se mezcla con agua para facilitar su degradación. Luego, un conjunto de bacterias hidrolíticas descomponen los compuestos complejos (como carbohidratos, proteínas y grasas) en moléculas más simples. En la siguiente fase, microorganismos acidogénicos convierten estos compuestos en ácidos grasos volátiles, alcoholes y otros compuestos que puedan ser utilizados por bacterias acetogénicas. Posteriormente, estas bacterias se encargan de transformar estos productos en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono, que serán utilizados por un grupo de bacterias anaeróbicas estrictas encargadas de producir metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), principales componentes del biogás.

Este biogás generado puede utilizarse como fuente de energía, ya sea para calefacción o cocción en viviendas, como así también para la generación de electricidad. Además, otro subproducto generado en el biodigestor es el que conocemos como biol o biosol, también llamado biofertilizante, un residuo tanto en estado líquido como sólido y muy rico en nutrientes, que puede utilizarse para mejorar las características del suelo.

De esta manera, los biodigestores no solo contribuyen a la producción de energía limpia, sino que también permiten el aprovechamiento eficiente de residuos orgánicos, logrando reducir la contaminación ambiental y promoviendo la sostenibilidad.

7.1. Modelo de referencia: Producción de biogás en Cerrito, Entre Ríos.

La localidad de Cerrito, en la provincia de Entre Ríos, se ha destacado en los últimos años por su compromiso con la sostenibilidad y la innovación en el manejo de residuos orgánicos mediante la implementación de biodigestores. Desde el año 2007, Cerrito ha desarrollado una serie de proyectos que han transformado la gestión de los residuos y la producción de energía en la región.

Según la nota titulada *“Cómo Cerrito pasó a producir 33.000 garrafas de biogás”*, publicada el día 3 de octubre de 2018 por la página web *Era Verde*, *“La experiencia de Cerrito en la producción de biogás arrancó en 2007 con un pequeño biodigestor que se instaló en el predio de la ex estación de ferrocarril, donde se encuentra un alojamiento municipal de usos múltiples, y que hoy se abastece con combustible generado por la transformación de los desechos orgánicos”*.⁶

Idénticamente se repitió este modelo prototipo con otro biodigestor que fue emplazado en la Escuela N° 44 “Florencio Varela”, que aporta gas para la cocina del establecimiento que abastece con desayuno y almuerzo en su comedor estudiantil.

⁶ Para visualizar la noticia dirigirse al link publicado en la sección 14. BIBLIOGRAFÍA.

El tercer biodigestor instalado en la localidad fue situado directamente en la planta de tratamiento de Cerrito, contando con mayores dimensiones a los anteriores y que tiene capacidad de tratar materia orgánica de una población aproximada de 10.000 habitantes.

Al momento de publicada la nota, la producción de este sistema rondaba un total de 92 garrafas de 10 kg de biogás por día, equivalente a un total de 33.000 garrafas al año.

Gracias a estos esfuerzos impuestos por la comuna, Cerrito fue declarada como “Capital Entrerriana del Biogás”, reconociendo así su liderazgo en la producción de energía renovable a partir de residuos orgánicos.

En vistas al futuro, el municipio planea la instalación de un cuarto biodigestor destinado al tratamiento de residuos cloacales, ampliando así su compromiso con la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente.

En síntesis, la exitosa experiencia de Cerrito demuestra cómo las políticas públicas, la participación ciudadana y la innovación tecnológica pueden converger para promover el desarrollo sostenible y la eficiencia energética en comunidades locales de nuestro país.

7.2. Alimento del biodigestor

El biodigestor será alimentado con materia orgánica proveniente de la separación domiciliar y recolectada por medio de camiones en los puntos de origen de residuos (viviendas y campos de la zona). Esta fracción orgánica característica de los residuos sólidos urbanos (RSU) se la conoce por sus siglas “FORSU”. Según estudios, esta fracción corresponde a un 44% del total de RSU generados por una localidad, y se encuentra compuesto principalmente por restos de alimentos, estiércol, hojas y ramas, entre otros. (Ingeniería Sanitaria y Ambiental, FCEIA: “Residuos Sólidos Urbanos”,s.f).

Cabe destacar que, si bien se puede caracterizar a Oliveros como localidad rural, no se contabiliza como materia orgánica a los desechos producidos por los campos tanto agrícolas como ganaderos de la zona. Esto se debe por un lado, a la incerteza en cuanto a la generación de residuos de estos establecimientos, y por otro lado, se entiende que la mayor parte de los propietarios de estos terrenos deciden reutilizar estos residuos para mejorar la calidad de su propio suelo.

Además, para que el biodigestor funcione de la forma más eficiente posible, es importante que éste sea alimentado con el mismo tipo de residuo y de manera constante, justamente para no alterar el proceso de descomposición de las bacterias anaeróbicas ya desarrolladas en su interior. Es por esto que se decide considerar como alimento del biodigestor únicamente a la **fracción orgánica de los residuos urbanos** (siendo que puede estimarse fácilmente su producción diaria y que no representa grandes variaciones en su composición) y no a los residuos ganaderos y agrícolas.

7.3. Dimensionamiento del biodigestor

Habiendo determinado el alimento principal con el cual se alimentará al biodigestor, será fundamental determinar entonces la cantidad de este sustrato con la que se va a contar. Para ello se detallan a continuación en las Tablas 7.1 y 7.2 algunos datos a tener en cuenta para su determinación:

Tabla 7.1: Datos de residuos sólidos urbanos.

Fuente: Material Educativo Cátedra de Ing. Sanitaria y Ambiental FCEIA-UNR.

RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	
Fracción orgánica	44%
Densidad [kg/m ³]	291
Residuos generados [kg/hab día]	0,65

Tabla 7.2: Datos característicos de fracción orgánica de residuos sólidos urbanos.

Fuente: Curso Teórico-Práctico Biodigestores (Lic. Colombo, Victoria).

FORSU	
Potencial de generación [m ³ biogás/kg sustrato]	0,10
% ST	20%
Flujo sustrato [kg/hab día]	0,286

Al igual que la modulación adoptada para las lagunas de tratamiento de líquidos cloacales, se decide realizar una primera modulación para el año 2037 y una segunda modulación para el año 2047.

Como se ha detallado previamente, el alimento del biodigestor corresponde únicamente al FORSU. Debido a que la disponibilidad de esta fracción depende directamente del grado de separación en origen, es fundamental considerar un porcentaje de la población que efectivamente lleve a cabo esta práctica. Este porcentaje estará determinado por el nivel de concientización y educación ambiental que se lleve a cabo en la localidad, ya que la correcta separación de residuos está estrechamente vinculada al compromiso y la participación activa de la comunidad.

Cabe aclarar que, si bien los porcentajes de alcance poblacional puedan parecer muy bajos y desalentadores, éstos se condicen con la realidad de casos exitosos en el país, como el correspondiente a la localidad de Cerrito detallada anteriormente.

Los resultados obtenidos en cuanto a masa de sustrato generada se detallan en la tabla 7.3 a continuación.

Tabla 7.3: Masa de sustrato FORSU generado para cada modulaci3n. Fuente: elaboraci3n propia.

Año	Poblaci3n	Alcance	FORSU
2027	6334 hab	10%	181 kg
2037	7462 hab	30%	640 kg
2047	8122 hab	45%	1045 kg

Adem3s, para el dimensionamiento del biodigestor no solo ser3 necesario determinar la masa de FORSU con la que se lo alimentará diariamente, sino tambi3n una masa de agua necesaria para diluir la materia org3nica que ingresa y controlar el porcentaje de s3lidos totales. Para que el proceso de descomposici3n funcione correcta y eficientemente es necesario que este porcentaje de s3lidos se encuentre entre un 6% y 8%. La masa obtenida resulta de la suma de la masa de FORSU con la masa de agua adicional, y ser3 el valor a utilizar para finalmente dimensionar el biodigestor.

El balance para la determinaci3n de la masa total a considerar surge entonces como (Colombo Clara Victoria y Soldano Silvio, 2024):

$$M1 \times C1 = M2 \times C2$$

Siendo:

- M1: masa de sustrato (en kilogramos).
- C1: contenido de s3lidos en el sustrato, sin agregado de agua (seg3n estudios, se estima un valor de 20%).
- M2: masa total de la mezcla de sustrato + agua (en kilogramos).
- C2: contenido de s3lidos del sustrato con agregado de agua (se propone el valor de 6%).

Los resultados obtenidos quedan detallados en la Tabla 7.4 que se muestra a continuaci3n.

Tabla 7.4: Balance de masa del biodigestor. Fuente: elaboraci3n propia.

Año	M1	C1	C2	M2	Masa de agua agregada
2027	181 kg	20%	6%	604 kg	423 kg
2037	640 kg	20%	6%	2134 kg	1494 kg
2047	1045 kg	20%	6%	3484 kg	2439 kg

Una vez obtenidos estos datos, el dimensionamiento definitivo del biodigestor se calcula a partir de la siguiente ecuaci3n:

$$Volumen\ biodigestor\ [m^3] = TRH\ [días] \times Carga\ diaria\ [kg/día]$$

Siendo:

- Carga diaria: masa de sustrato más adicional de agua necesaria (es decir, M2).
- TRH: Tiempo de Retención Hidráulica. Tiempo promedio de permanencia del sustrato en el biodigestor.

Con respecto al valor de TRH, éste se encuentra directamente relacionado con la temperatura. Justamente para temperaturas altas, las bacterias anaeróbicas trabajarán de manera más rápida y por ende el tiempo de retención será menor. Por el contrario, a menores temperaturas la actividad de estas bacterias disminuye y el tiempo de retención será mayor.

Debido a la ubicación del proyecto, donde las temperaturas ambientales presentan variaciones significativas entre estaciones, se decide ejecutar el biodigestor de forma enterrada. Esta decisión responde a la necesidad de mantener condiciones térmicas estables que favorezcan la actividad de los microorganismos anaeróbicos. La temperatura del suelo se mantiene relativamente constante durante todo el año, en torno a los 20 °C, lo que permite evitar posibles fluctuaciones térmicas que podrían afectar la eficiencia del proceso. En función de esta temperatura y del tipo de sustrato previsto, se adopta un tiempo de retención de 50 días para asegurar una descomposición adecuada de la materia orgánica y una producción sostenida de biogás.

Los resultados obtenidos para cada modulación se encuentran detallados en la Tabla 7.5.

Tabla 7.5: Volumen de biodigestor necesario para cada modulación. Fuente: elaboración propia.

Año	TRH	Carga diaria	Volumen
2027	50 días	604 kg	30 m3
2037		2134 kg	107 m3
2047		3484 kg	174 m3

Teniendo en cuenta que estos valores son aproximados, se adopta entonces un biodigestor modulado de las siguientes características y dimensiones:

- Volumen adoptado: 100 m3.
- Altura: 2,50 m.
- Ancho: 5 m.
- Largo: 8 m.
- Considerar revancha de 0,30 m.

Estas medidas y características adoptadas serán aquellas con las cuales se dimensionará el biodigestor tipo para la primera modulación hacia el año 2037. Además, para la segunda modulación hacia el año 2047 se planifica la ejecución de otro biodigestor de las mismas dimensiones y características que el anterior.

7.4. Selección del tipo de biodigestor

Para la selección del tipo de biodigestor a implementar se debió estudiar entre una amplia variedad de biodigestores aquel que fuera el más apto para el caso en estudio. Entre todas las alternativas analizadas, se decidió que la opción más adecuada sería la implementación de un **biodigestor tipo Hindú**: este biodigestor consiste en una estructura enterrada, generalmente materializada con hormigón o mampostería, que incluye una cámara de digestión cerrada y hermética, y una cúpula superior donde se almacena el biogás producto de la descomposición anaeróbica.

Su estructura rígida puede ser tanto de forma prismática como cilíndrica. Cuenta con una cámara de carga al ingreso para alimentar al biodigestor con la materia orgánica separada y una cámara de descarga a la salida para la recolección de los subproductos fertilizantes que se generan, todo esto mediante la conexión por medio de tuberías con el interior del biodigestor. A su vez, se caracteriza por estar completamente enterrado, lo que favorece la estabilidad térmica para mantener la eficiencia del proceso de descomposición, tal cual lo detallado en la sección anterior (“7.3. Dimensionamiento del biodigestor”).

Otras características por las cuales se seleccionó este tipo de biodigestor son las siguientes (Colombo Clara Victoria y Soldano Silvio (2024) y Baez Cazares y Benitez Olives (2015)):

- Son aptos para el tipo de sustrato FORSU y las cantidades diarias que se recolectan en el caso en estudio.
- Las cargas de sustratos son diarias.
- Su operación y manejo lo puede realizar cualquier persona ya que su proceso es muy sencillo.
- Consisten en recintos enterrados y verticales, simulando un pozo.
- Presentan un tabique intermedio para aumentar la retención de materia prima.
- Presenta buena eficiencia en la producción del biogás, generando entre 0,5 y 1 volumen de biogás por volumen del biodigestor por día.

Además para mejorar su eficiencia se agrega a la entrada del biodigestor un triturador, con el objetivo de dividir el sustrato en partes cada vez más pequeñas, lo que produce un aumento en la superficie de contacto con las bacterias y permite agilizar el proceso de descomposición.

Una imagen representativa de este tipo de biodigestor se muestra en la Figura 7.1. A partir de ella, algunos de los componentes que caracterizan a este biodigestor son la zona de trituración y conducto de carga del biodigestor, el recinto hermético, conducto de descarga hacia el exterior, y el sector de la cúpula en la parte superior con la correspondiente salida de biogás.

Otro elemento que también puede observarse es el vertedero de control en los costados del biodigestor. Este vertedero permite el ingreso del agua que servirá para mezclar la materia orgánica y realizar el proceso de descomposición correspondiente, además gracias a su sistema permite mantener la hermeticidad del recinto y evitar que se escapen malos olores hacia el exterior. Cabe aclarar que en el diseño propuesto se prescinde del vertedero de control, y se procede a hacer la mezcla de la materia orgánica con agua en el recinto de trituración previo a la carga del biodigestor.

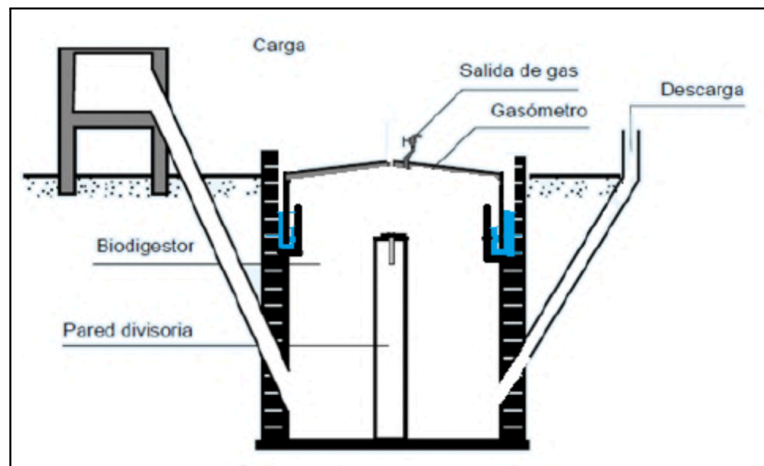


Figura 7.1: Biodigestor tipo Hindú. Fuente: Colombo Clara Victoria y Soldano Silvio (2024)

7.5. Aprovechamiento energético

Una vez determinada la cantidad de biogás generada por el biodigestor, se procede a calcular su potencial de generación energética. Este biogás, que surge como subproducto de la descomposición anaeróbica, se encuentra compuesto en mayor medida por gas metano (55 a 70% de CH_4) que le entrega valor energético y un alto poder calorífico al compuesto. Otros gases que lo componen son dióxido de carbono (30 a 45% de CO_2), y en menor medida ácido sulfhídrico (H_2S) y nitrógeno (N_2). (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2019)).

Se analizó en primera instancia la factibilidad de **generación eléctrica** a partir del volumen de biogás obtenido. El funcionamiento para la obtención de energía eléctrica parte de la utilización del biogás para la generación de vapor de agua que produzca el movimiento de turbinas y a partir de allí obtener la electricidad correspondiente. Esta opción fue descartada puntualmente por el alto costo económico y la complejidad que representaría la instalación de un sistema que se acople al tendido eléctrico actual de la localidad, debido a la gran distancia presente desde la planta de tratamiento hacia Oliveros.

Otra opción a analizar y tener en cuenta es la posibilidad de utilizar este biogás generado para su aprovechamiento como **gas doméstico**, ya sea para calefacción de ambientes, calefacción de agua o cocción de alimentos en los distintos domicilios.

Considerando la carga diaria de kilogramos de FORSU que alimentan al biodigestor y con un biogás con poder calorífico característico de 5.500 kcal/m^3 , se estima la siguiente producción diaria de garrafas de gas de 10kg al finalizar cada período de modulación, como se puede observar en la tabla 7.6.

Estas garrafas de 10kg producidas diariamente serán destinadas para su distribución y utilización con fines sociales, ya sea para comedores populares, escuelas públicas, centro de salud, entre otros establecimientos públicos, y posteriormente para domicilios particulares.

Tabla 7.6: Cantidad de garrafas de gas producidas para cada modulación. Fuente: elaboración propia.

Año	Poder calorífico	Carga diaria	Volumen biogás	Eficiencia	Energía	Garrafas producidas
2027	5500 kcal/m3	181 kg	18 m3	80%	79707 kcal/dia	10 garr/dia
2037		640 kg	64 m3		281705 kcal/dia	34 garr/dia
2047		1045 kg	105 m3		459933 kcal/dia	55 garr/dia

7.6. Proceso de generación y acondicionamiento del biogás

El sector de biodigestión de la planta se detalla en la Figura 7.2:

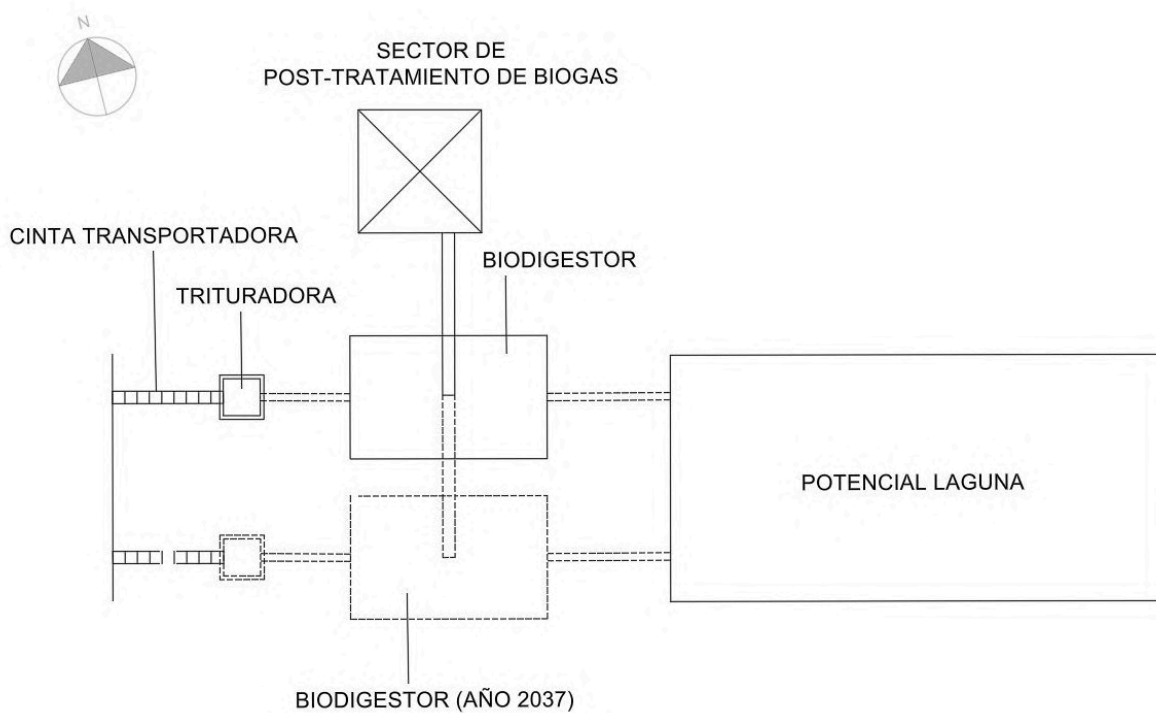


Figura 7.2: Sector biodigestor. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se describen las etapas necesarias de la línea de tratamiento para transformar los residuos orgánicos en biogás utilizable, desde su recepción y preparación hasta el tratamiento del gas generado.

- I. *Recolección de residuos orgánicos en puntos de origen.*
- II. *Traslado hacia la planta de tratamiento: deposición en galpón de almacenamiento.*

- III. *Separación de residuos inorgánicos:* papel, cartón, vidrio, plásticos. Esta tarea se lleva a cabo en el galpón previamente mencionado.
- IV. *Movimiento de fracción orgánica en cinta transportadora:* desde el sector de separación en el galpón hacia el recinto de trituración.
- V. *Trituración de residuos orgánicos y mezclado de agua:* para aumentar la superficie de contacto y por ende hacer más eficiente el proceso de descomposición por parte de las bacterias anaeróbicas.
- VI. *Proceso de descomposición:* ingreso de la materia orgánica triturada y mezclada al biodigestor, y proceso de descomposición de la misma para obtener finalmente el biogás deseado.
- VII. *Medición de parámetros del biogás.*
- VIII. *Eliminación de humedad:* a través de un condensador que enfría el gas y permita eliminar su humedad.
- IX. *Desulfuración:* eliminación de ácido sulfhídrico del biogás, altamente corrosivo y tóxico.
- X. *Compresión y posterior llenado de garrafas.*
- XI. *Salida y recolección de subproductos.*

Una etapa que resulta muy importante dentro de este proceso es la **medición de parámetros del biogás**, como ser pH, temperatura y caudal del mismo, entre otros. Es fundamental realizar mediciones periódicas de los parámetros del biogás a la salida del biodigestor, ya que estas permiten evaluar su calidad y composición. Estos datos son esenciales para monitorear el rendimiento del proceso de digestión anaeróbica, dado que variaciones en la proporción de los gases pueden indicar desequilibrios como una sobrecarga orgánica. Además, la medición contribuye a garantizar condiciones de seguridad, ya que ciertos compuestos como el ácido sulfhídrico son tóxicos y corrosivos. Por otra parte, conocer la calidad del biogás es clave para determinar su potencial energético y también necesario para evaluar si cumple con las normativas técnicas o ambientales impuestas.

El sector de biodigestión de la planta contará con dos zonas bien definidas, posteriores al biodigestor en cuestión.

Por un lado se encuentra el **sector de tratamiento del biogás**. Se trata de un recinto techado y completamente abierto en sus costados. La salida de la cúpula del biodigestor estará conectada a una cañería con conexión directa hacia un gasógeno de campana móvil ubicado en este recinto, encargado de recolectar el biogás producido. Posteriormente se desarrollarán las tareas de eliminación de humedad y desulfuración del biogás, compresión y llenado de garrafas. Este recinto cuenta con acceso tanto peatonal como vehicular, esto permitirá la llegada de los camiones que trasladarán y recolectarán las garrafas para su posterior distribución en la localidad.

Por otro lado se encuentra el **sector de recolección y tratamiento de subproductos**. El biodigestor cuenta con un conducto de descarga por donde se evacúan los subproductos generados en el biodigestor, también conocidos como "biol". A diferencia

del biogás, el biol es el residuo líquido que queda una vez que las bacterias anaeróbicas han degradado la materia orgánica presente en el sustrato. Se trata de un compuesto de color marrón oscuro y que presenta gran riqueza en diferentes nutrientes, como fósforo, potasio y nitrógeno, entre otros, siendo un compuesto muy eficiente para ser utilizado como fertilizante y mejorador de suelos.

Para tener una noción de las características del biol también será necesario realizar mediciones de parámetros del líquido recolectado. En caso que los resultados obtenidos a partir de dichas mediciones no fueran favorables para ser utilizado como fertilizante, se podrá proyectar la ejecución de una laguna facultativa de pequeña profundidad, que permita la aparición de mecanismos de depuración aeróbica que oxigenen al líquido y mejoren sus características para su posterior utilización. Para ello se deja proyectado el espacio correspondiente destinado para dicha laguna, en caso que sea necesaria la misma.

7.7. Aspectos constructivos y estructurales del biodigestor

En la siguiente etapa se desarrollará el diseño y cálculo estructural del recinto que dará forma al biodigestor seleccionado. Por otro lado también se determinará la materialidad y otros aspectos constructivos a tener en cuenta.

A través de una cinta transportadora se descarga el FORSU desde el galpón hasta la cámara de entrada del biodigestor, donde se realiza la trituración y mezcla de la materia orgánica. Esta cámara tendrá una capacidad de 3,5 m³ (1/30 a 1/40 del volumen del digestor, según especificaciones generales) cuyas paredes se construirán de ladrillo común revocado con material hidrófugo de ambos lados. Un contrapiso de hormigón pobre con una carpeta de cemento alisado y una tapa plástica de lana de vidrio móvil para permitir el control diario de la mezcla, completa el cierre de la cámara.

El dimensionamiento estructural del biodigestor se realizará mediante el uso del software Staad Pro donde se analizan dos combinaciones de cargas posibles:

- Biodigestor vacío: se considera el peso propio de la estructura y el empuje lateral que ejerce el suelo sobre las paredes laterales.
- Biodigestor lleno: se tiene en cuenta el peso propio del elemento y la carga hidrostática que ejerce un fluido sobre las paredes laterales y base de fondo. Se supone un escenario donde el biodigestor se encuentra lleno de agua ya que resulta en un caso más desfavorable.

Este recinto se ejecutará con losas de hormigón armado de 20 centímetros de espesor. Una vez determinados los esfuerzos de flexión a los que estarán sometidas las paredes y losa de fondo del biodigestor se procede a dimensionar la armadura a flexión según las estipulaciones del CIRSOC 201-2005. Además, se deberán tener en cuenta las indicaciones de este reglamento con respecto a la abertura reglamentaria de fisuras en el hormigón para recintos que poseen líquidos en su interior.

Durante la ejecución del encofrado y previo al colado del hormigón se deberán colocar dos caños corrugados de PVC de Ø110 mm para luego utilizar como vías de entrada y salida para los líquidos del biodigestor como se observa en la Figura 7.3.

Además, se dispondrán de perfiles pre-elaborados elásticos de PVC (Waterstop) en las juntas de construcción del hormigón para evitar el paso del agua.

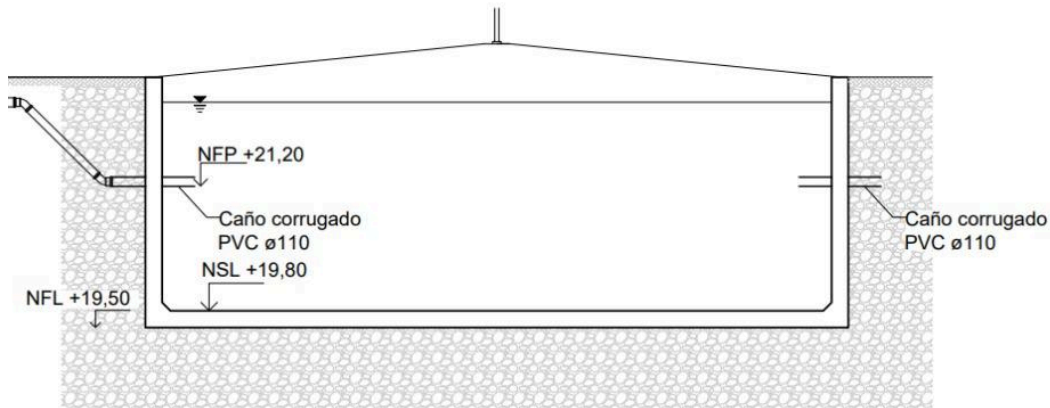


Figura 7.3: Esquema del biodigestor. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, la cubierta se llevará a cabo mediante una estructura metálica con una tapa de aluminio como se ve en la Figura 7.4. Debido a la necesidad de lograr un ambiente hermético dentro del biodigestor, la cubierta se empotrará a las paredes mediante un enchapado que luego se vinculará por medio de tuercas a la estructura de la cubierta. Cabe aclarar que entre la unión de ambos elementos se usará una banda selladora de poliuretano para asegurar el hermetismo.

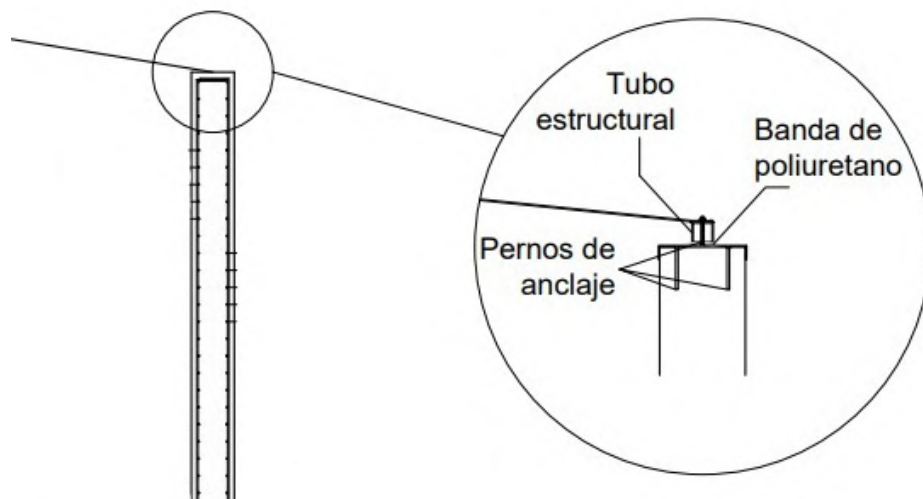


Figura 7.4: Esquema estructural de la cubierta metálica del biodigestor. Fuente: elaboración propia.

Además, se deberán colocar dos mezcladores eléctricos dispuestos como se ve en las Figuras 7.5 y 7.6. Con la disposición de estos dispositivos se busca fomentar el contacto entre las bacterias anaeróbicas y el sustrato correspondiente, con el objetivo de mejorar el rendimiento y la eficiencia en la producción de biogás, con una mejor composición de metano. Para mantener el hermetismo dentro del biodigestor se utilizará

una vinculación especial que permite cumplir con este requisito y asegurar un buen funcionamiento de los mezcladores como se ve en la Figura 7.7.

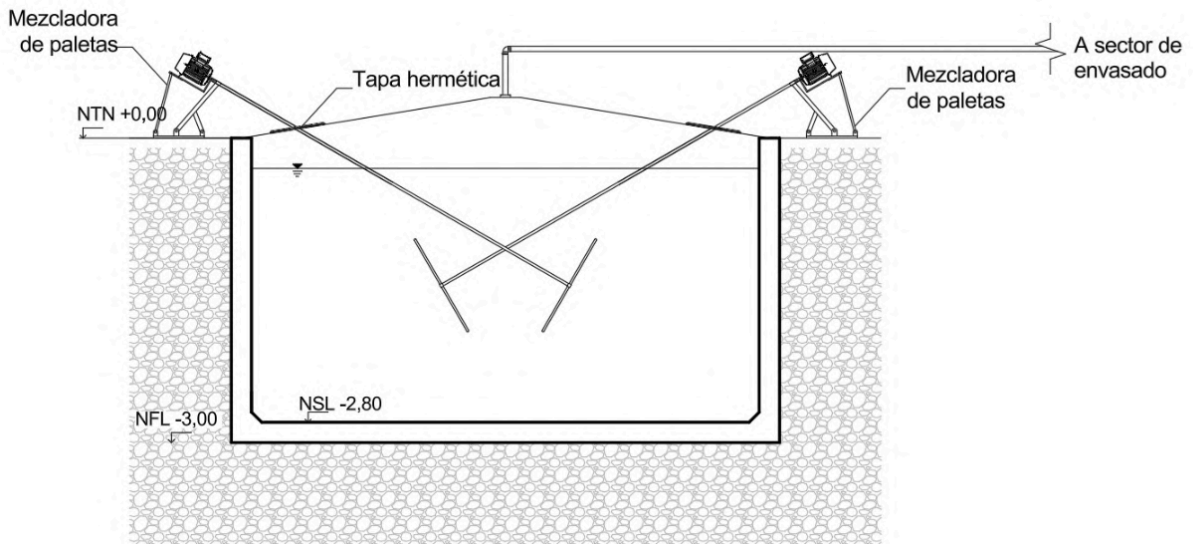


Figura 7.5: disposición de los mezcladores en corte. Fuente: elaboración propia.

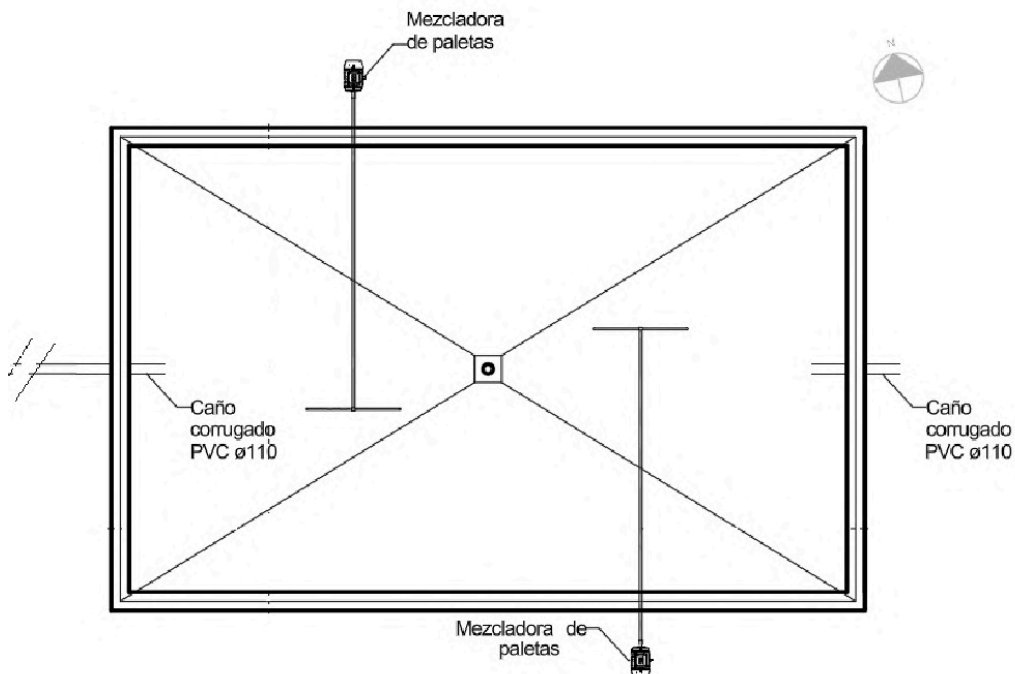


Figura 7.6: disposición de los mezcladores en planta. Fuente: elaboración propia.



Figura 7.7: vinculación entre mezcladores y cubierta. Fuente: Google Imágenes.

Los detalles de armaduras y esquemas completos del biodigestor pueden observarse en **PLANO 06.a. PLANO DE DETALLE-BIODIGESTOR** y **PLANO 06.b. PLANO DE ARMADURAS-BIODIGESTOR**.

8. POSIBILIDAD DE APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LAGUNAS ANAERÓBICAS

Las lagunas anaeróbicas desarrollan procesos de descomposición de materia orgánica mediante la actuación de bacterias anaeróbicas, en ausencia de oxígeno. Esto conlleva a la generación de subproductos como metano y dióxido de carbono, idénticamente a lo que ocurre en el interior de los biodigestores, con la salvedad que en este caso los gases son liberados al medio ambiente, generando un impacto negativo en el ecosistema.

Es por ello que se estudiará la posibilidad del aprovechamiento del biogás generado en ellas, con el objetivo de complementar la producción principal de biogás por parte del biodigestor y disminuir el impacto ambiental que genera su liberación al medio ambiente. A estos efectos, se estimará la potencial producción del mismo en condiciones favorables y posteriormente se analizará la situación actual del diseño de las lagunas para determinar si lo propuesto es realmente factible de realizar.

8.1. Cálculo de producción de biogás

El cálculo energético de las lagunas anaeróbicas se desarrolla tomando como referencia el informe *“Análisis comparativo de las lagunas de estabilización de la EAP, bajo condiciones anaerobias con fines energéticos”* presentado por Martínez Meyer y Marcela Raquel en la Universidad de Zamorano, Honduras. En el mismo se analiza y calcula el volumen de producción de biogás generado en un conjunto de lagunas. Citando textualmente: *“El objetivo general es evaluar de manera comparativa la producción de biogás y eficiencia de remoción de materia orgánica: DBO y DQO bajo un sistema anaerobio”*.

El volumen de biogás generado por una laguna de tipo anaeróbica se puede calcular según la ecuación formulada por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC):

$$WM = Q \times DBO \times SBF \times FE \times FTA$$

Siendo:

- WM: emisión de gas metano CH₄, en kg/día.
- Q: caudal de efluente, en litros/día.
- DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno, en kg/litro.
- SBF: fracción de DBO/DQO que sedimenta rápidamente, se adopta 0,50.
- FE: factor de emisión, se adopta 0,80 kg de CH₄/kg de DBO.
- FTA: fracción de DBO/DQO presente en lodos que se degrada anaeróbicamente, se adopta 1.

Considerando una eficiencia del 70% y una densidad de biogás de 1,20 kg/m³, se calculará entonces el volumen de biogás producido para cada año de modulación estipulado, como se detalla en las tablas 8.1, 8.2 y 8.3.

Tabla 8.1: Volumen de biogás producido para año de habilitación de obra (2027). Fuente: elaboración propia.

Año 2027	
Caudal [l/día]	83.200
DBO [kg/l]	0,0012
SBF	0,50
FE [kg CH4 / kg DBO]	0,80
FTA	1,00
WM [kg CH4/ día]	40
Volumen biogás [m3/día]	23

Tabla 8.2: Volumen de biogás producido para año de finalización 1era etapa de modulación (2037). Fuente: elaboración propia.

Año 2037	
Caudal [l/día]	518.120
DBO [kg/l]	0,0009
SBF	0,50
FE [kg CH4 / kg DBO]	0,80
FTA	1,00
WM [kg CH4/ día]	187
Volumen biogás [m3/día]	109

Tabla 8.3: Volumen de biogás producido para año de finalización 2da etapa de modulación (2047). Fuente: elaboración propia.

Año 2047	
Caudal [l/día]	1.019.440
DBO [kg/l]	0,0006
SBF	0,50
FE [kg CH4 / kg DBO]	0,80
FTA	1,00
WM [kg CH4/ día]	245
Volumen biogás [m3/día]	143

Analizando los resultados obtenidos tanto en biodigestores como en lagunas, se puede observar que los volúmenes de biogás generado para cada año de modulación son bastante similares entre un sistema y el otro, con la salvedad que se requiere una menor cantidad de alimento en un biodigestor que en el caso de las lagunas. Se podría decir que el sistema de lagunas es considerablemente menos eficiente que el sistema de biodigestor

(considerando que su función principal es la depuración de los líquidos cloacales, y no el aprovechamiento energético del biogás producido).

8.2. Factibilidad del aprovechamiento energético

En el presente anteproyecto se abordan dos tipos de residuos con potencial de aprovechamiento energético: por un lado, los líquidos cloacales, que serán tratados en lagunas anaeróbicas con fines sanitarios y ambientales; y por otro, los residuos sólidos urbanos (RSU), cuya fracción orgánica será valorizada mediante un tratamiento anaeróbico en un biodigestor especialmente diseñado. Esta distinción resulta fundamental, ya que las características, el diseño y el propósito de tratamiento de cada uno determinan su viabilidad como fuente de biogás.

Si bien previamente se ha realizado un cálculo estimativo de la posible producción de biogás a partir de las lagunas anaeróbicas diseñadas, es importante aclarar que este valor representa únicamente un cálculo teórico basado en estimaciones realizadas en condiciones favorables. A partir de allí se analiza la factibilidad de concreción para la obtención de estos volúmenes.

En principio, una de las principales limitaciones de este sistema radica en el diseño constructivo que presentan las lagunas, cuyo objetivo principal es tratar los efluentes cloacales mediante procesos naturales de depuración, y no como biodigestores para la producción controlada de metano.

A diferencia del biodigestor, que se construye enterrado para conservar una temperatura constante en su interior, las lagunas están expuestas a condiciones ambientales exteriores, lo que genera variaciones térmicas que afectan directamente el metabolismo de las bacterias anaeróbicas. Estas bacterias requieren temperaturas relativamente constantes superiores a los 20-25 °C para una producción eficiente de biogás, lo cual no puede garantizarse en una laguna superficial a cielo abierto. En este sentido, el rendimiento energético sería mínimo o incluso nulo durante varios meses del año.

Además, el tiempo de retención hidráulico necesario para que los procesos anaeróbicos generen biogás de forma significativa no coincide con los tiempos diseñados para el tratamiento de los líquidos cloacales. Las lagunas están dimensionadas para asegurar la remoción de carga orgánica hasta alcanzar niveles considerados como aceptables para el vuelco, y no para maximizar la digestión anaeróbica de sólidos como sí ocurre en el biodigestor. En concreto, las lagunas anaeróbicas presentan un tiempo de retención entre 1 a 3 días, mientras que el biodigestor fue dimensionado con un tiempo de retención de 50 días. Esta diferencia de tiempos de permanencia y en el tipo de digestión limita aún más la posibilidad de producir y capturar biogás de forma eficiente.

Finalmente desde el punto de vista constructivo y operativo, adaptar las lagunas anaeróbicas existentes para convertirla en un biodigestor implicaría la implementación de infraestructura adecuada, como la ejecución de una cubierta hermética, y un sistema de calefacción y agitación acorde (acelerando la velocidad de degradación en ellas) que, en conjunto, resultarían técnica y económicamente inviables en comparación con el diseño de un biodigestor específico. En síntesis, dotar a las lagunas con esta infraestructura no resultaría conveniente para obtener un volumen de biogás similar al que se obtiene con el biodigestor, y el cual requiere menor infraestructura.

En conclusión, si bien las lagunas pueden generar biogás debido a la actividad anaeróbica en las zonas más profundas, estas no constituyen un entorno adecuado para su aprovechamiento energético. Mientras que el sistema de lagunas está concebido para depuración biológica y no para producción energética, el biodigestor ha sido optimizado para generar y recuperar metano de forma controlada y eficiente. Esta diferencia en el origen, tratamiento y objetivo de cada proceso fundamenta el enfoque integral del anteproyecto, que combina procesos de saneamiento con generación de energía renovable.

Es por ello que la obtención de biogás mediante las lagunas dimensionadas no será factible bajo las condiciones impuestas en este anteproyecto.

9. DISEÑO DEL GALPÓN DE ALMACENAMIENTO

9.1 Descripción

Para el buen funcionamiento de la planta se debe disponer un espacio necesario para poder realizar las siguientes tareas: la primera, justificada en el punto 7.2. *ALIMENTO DEL BIODIGESTOR*, donde se explica que para obtener buenos resultados de la actividad del biodigestor se debe separar de los residuos sólidos urbanos a la fracción de la materia orgánica, la cual será el alimento del biodigestor. Además se decide separar también los residuos reciclables para contribuir con el cuidado del medioambiente. La siguiente tarea, en primera instancia justificada en el punto 6.3. *LIMPIEZA DE LAGUNAS*, tiene la finalidad de poder almacenar aquellos lodos cuyos parámetros de calidad indiquen la posibilidad de ser utilizados como enmienda orgánica en los suelos de baja productividad y en segunda instancia, justificada en el punto 7. *CÁLCULO Y DISEÑO DEL BIODIGESTOR*, se almacenará también el subproducto sólido generado en el biodigestor conocido como biosol, que de igual modo que los lodos se le estudiarán sus parámetros de calidad.

Con el objetivo de contar con un espacio adecuado para dichas tareas, se procede al diseño y dimensionamiento de un galpón de almacenamiento. Esta estructura se encuentra materializada mediante elementos metálicos, ya que resulta una alternativa adecuada debido a su versatilidad, permitiendo cubrir grandes luces con poco peso propio.

En primera instancia se plantearon tres galpones independientes con el objetivo de acopiar los diferentes materiales y evitar que estos se mezclen o se contaminen. Sin embargo, luego de realizar un análisis en cuanto a la eficiencia de este sistema, se consideró una mejor alternativa el diseño de un único galpón de mayores dimensiones con divisiones interiores para la acumulación de los distintos recursos.

El mismo galpón se encontrará dividido en su interior en tres recintos mediante barreras tipo *New Jersey*, que brindan la posibilidad de ir adaptándolos según la conveniencia del momento. Estos separadores son elementos de hormigón prefabricado que pueden ser desplazados con el fin de adaptar estos recintos a las necesidades del momento. Sin embargo estos divisores no soportan empujes laterales de gran magnitud por lo que se debe asegurar que los materiales no generen esfuerzos sobre los mismos. Se puede observar una imagen de este tipo de elemento prefabricado en la Figura 9.1.

Cada recinto estará destinado para diferentes materiales y recursos:

- Galpón para almacenamiento de fertilizantes biológicos: biosol, subproducto sólido del biodigestor y lodos de lagunas anaeróbicas que cumplan parámetros de calidad.
- Galpón para reciclaje de materiales inorgánicos: espacio dedicado al reciclaje de papel, cartón y plásticos, contribuyendo a la reducción de residuos sólidos urbanos y promoviendo una economía circular.
- Galpón para el procesamiento de residuos orgánicos: para la recepción y clasificación de los mismos. Estos residuos serán utilizados como alimento para el biodigestor.



Figura 9.1: Separador de H° prefabricado tipo New Jersey. Fuente: CONSYCON.

En la Figura 9.2 se puede observar la disposición del galpón.

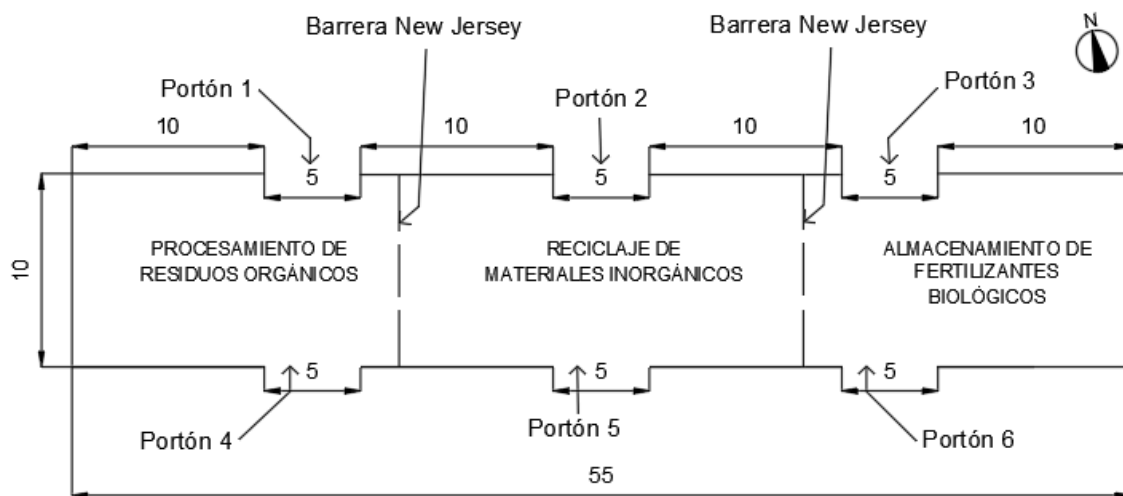


Figura 9.2: Disposición del galpón según uso, unidades en metros. Fuente elaboración propia.

Se plantean las dimensiones de 55 m x 10 m y una altura de 4,5 m con una cubierta a dos aguas de pendiente de 5,7%, alcanzando una altura de 5 m en la cumbre. Se disponen 3 portones en cada uno de sus laterales para permitir el acceso a cada uno de los recintos de 5 m de ancho y 3,5 m de alto, dispuestos cada 10 m, sostenidos por una viga dintel para la cual se utiliza un perfil doble T, colocada en su mayor inercia en dirección a la carga de viento perpendicular a la cumbre. La disposición de los recintos se proyectó con el objetivo de lograr un eficiente acopio de los materiales, recordando que se podrá ajustar el tamaño de cada uno con las barreras New Jersey según necesidad.

La estructura estará conformada por una serie de pórticos metálicos constituidos por perfiles de sección doble T según su eje de mayor inercia, distanciados entre sí cada 5 m. La estabilidad global del sistema estructural se garantizará mediante un conjunto de

elementos de contraviento, conformado por diagonales y puntales, diseñado para absorber y transmitir las acciones perpendiculares al plano de los pórticos. Este sistema de arriostramiento permitirá asegurar la rigidez longitudinal de la nave frente a solicitaciones horizontales, tales como las originadas por cargas de viento. Finalmente la vinculación estructural se resuelve a través de la utilización de fundaciones profundas tipo pilotes. En la Figura 9.3 se puede ver la estructura resistente del galpón.

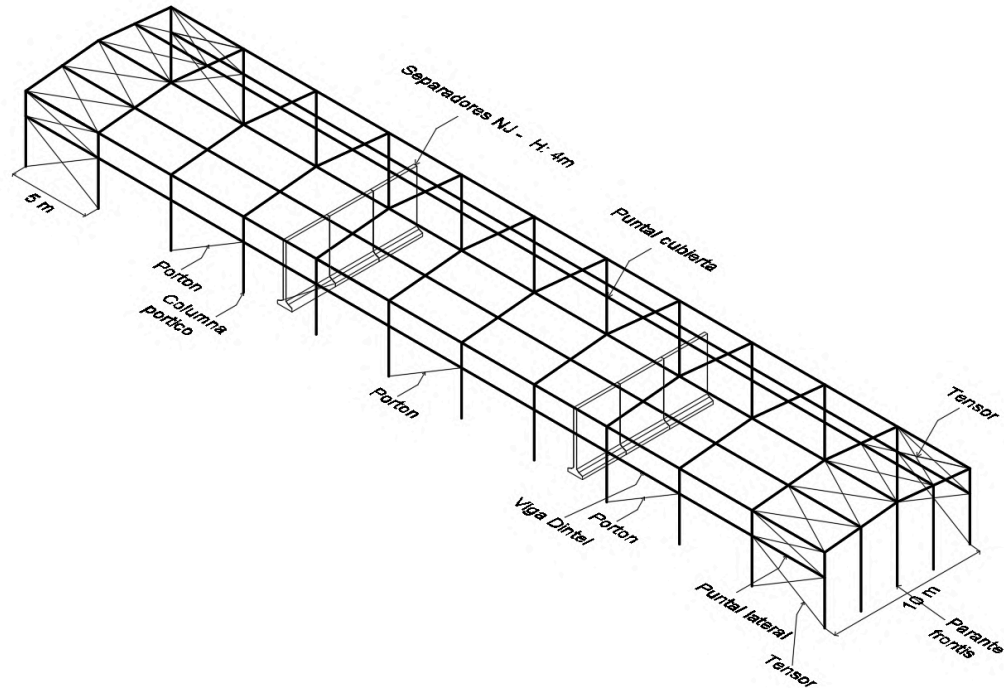


Figura 9.3: Axonometría de la estructura del galpón y ubicación de separadores New Jersey. Fuente elaboración propia.

9.2 Reglamentos para el cálculo

- Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones CIRSOC 102 2005.
- Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y Sobrecargas Mínimas de Diseño para Edificios y Otras Estructuras CIRSOC 101 2005.
- Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para Edificios CIRSOC 301 2005.
- Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón CIRSOC 201 2005.

9.3 Cargas

Para el dimensionamiento de los distintos elementos que conforman la estructura metálica resulta indispensable considerar las siguientes cargas actuantes:

- I. Cargas permanentes (D): se consideran las cargas de peso propio de cada elemento adicionando los pesos de los componentes que apoyan sobre este. Dichos valores se muestran en la Tabla 9.1.

Tabla 9.1: Cargas D. Fuente: elaboración propia.

Cargas D		
Peso propio chapa	0.06	kN/m ²
PP correas	0.09	kN/m

- II. Sobrecarga (Lr): se consideran las sobrecargas en la cubierta de la estructura, según el CIRSOC 101-2005. Los valores obtenidos para aplicar en las correas y en los pórticos se muestran en las Tablas 9.2. y 9.3.

Tabla 9.2: Cargas Lr para correas. Fuente: elaboración propia.

Correas cubierta		
Luz entre columnas	10	m
Separacion entre correas	1.25	m
Separación entre pórticos	5	m
Altura al alero	0.5	m
Area tributaria: At	6.25	m ²
R1	1	
F = 0.12 * pendiente cubierta	1.2	%
R2	1	
Sobrecarga de techo: Lr = 0.96 R1 R2	0.96	KN/m²

Tabla 9.3: Cargas Lr para pórticos. Fuente: elaboración propia.

Pórtico		
Luz entre columnas	10	m
Separación entre pórticos	5	m
Altura de los perfiles	0.5	m
Área tributaria: At	50	m ²
R1	0.662	
F = 0.12 * pendiente cubierta	1.2	%
R2	1	
Sobrecarga de techo: Lr = 0.96 R1 R2	0.64	KN/m²

- III. Carga de viento (W): Siguiendo el CIRSOC 102-2005, se aplica el procedimiento analítico (Cap. 5 – Método 2) para el análisis de cargas de viento. Se resume en la Tabla 9.4 los factores utilizados para obtener la presión dinámica del viento.

Tabla 9.4: Factores de viento. Fuente: elaboración propia.

Presión dinámica qh (h= 4.5m)		
Ubicación	Oliveros	
Velocidad del viento	51	m/s
Categoría del edificio	I	
Factor de importancia (I)	0.87	
Exposición (Kz)	C	
Coefficiente de exposición Kz <i>(Tabla 5)</i>	0.846	
Factor de direccionalidad (Kd)	0.85	
Factor topográfico (Kzt)	1	
Presión dinámica qh	997.80	N/m ²

Se determina por separado cargas para:

- Sistema principal resistente a la fuerza del viento (SPRFV): conjunto de elementos estructurales que soporta y da estabilidad a la estructura en su totalidad. Generalmente recibe las cargas de viento de más de una superficie.

Para el viento normal a la cumbrera se obtienen los resultados de las Tablas 9.5. y 9.6.

Tabla 9.5: Presión en paredes viento normal a la cumbrera (SPRFV). Fuente: elaboración propia.

Paredes viento normal a la cumbrera			
	Cp <i>(Figura 3)</i>	Presión de diseño [N/m ²]	
		$(p = q * G * Cp - qi * (GCpi))$ <i>(15)</i>	
		Gcpi (presión)	Gcpi (succión)
Laterales	-0.7	-773.294	-500.000
Barlovento	0.8	498.899	858.107
Sotavento //L/B entre 0-1	-0.5	-603.668	-500.000

Tabla 9.6: Presión en cubierta viento normal a la cumbrera (SPRFV). Fuente: elaboración propia

Cubiertas viento normal a la cumbrera			
$h/L < 0,5$	Cp (Figura 3)	Presión de diseño [N/m ²]	
		$(p = q \cdot G \cdot Cp - qi \cdot (GCpi))$ (15)	
		Gcpi (presión)	Gcpi (succión)
Cubierta (0-h)	-0.9	-942.920	-583.712
Cubierta (h-2h)	-0.5	-603.668	-500.000
Cubierta (>2h)	-0.3	-500.000	-500.000

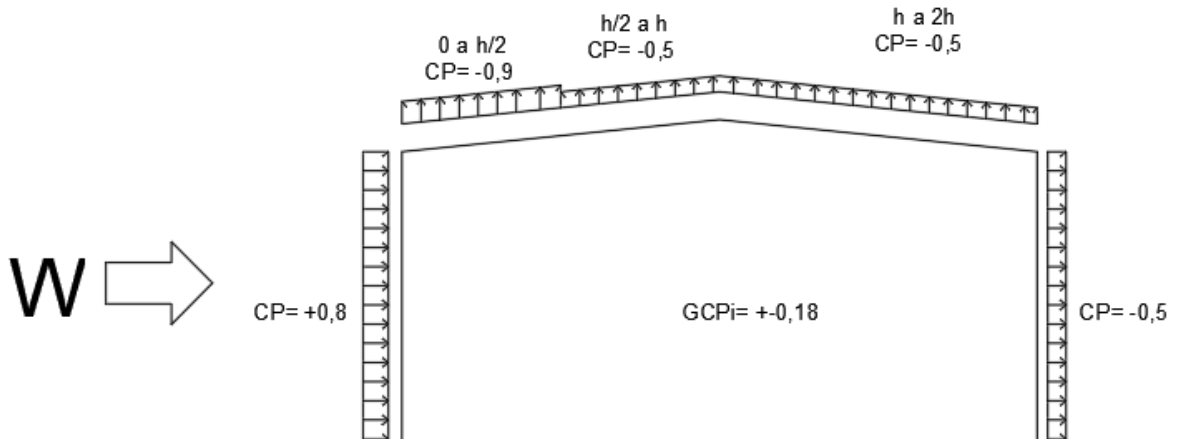


Figura 9.4: Esquema coeficientes corte transversal, viento normal a la cumbrera (SPRFV). Fuente: elaboración propia.

Para el viento paralelo a la cumbrera se obtienen los resultados de las Tablas 9.7. y 9.8.

Tabla 9.7: Presión en paredes viento paralelo a la cumbrera (SPRFV). Fuente: elaboración propia.

Paredes			
	Cp (Figura 3)	Presión de diseño [N/m ²]	
		$(p = q \cdot G \cdot Cp - qi \cdot (GCpi))$ (15)	
		Gcpi (presión)	Gcpi (succión)
Laterales	-0.7	-773.294	-500.000
Barlovento	0.8	498.899	858.107
Sotavento $//L/B > 4$	-0.20	-349.229	-500.000

Tabla 9.8: Presión en cubierta viento paralelo a la cumbrera (SPRFV). Fuente: elaboración propia.

Cubiertas			
$h/L \leq 0,5$	C_p (Figura 3)	Presión de diseño [N/m ²]	
		$(p = q \cdot G \cdot C_p - q_i \cdot (G C_{pi}))$ (15)	
		G _{cpi} (presión)	G _{cpi} (succión)
Cubierta (0-h)	-0.9	-942.920	-583.712
Cubierta (h-2h)	-0.5	-603.668	-500.000
Cubierta (>2h)	-0.3	-500.000	-500.000

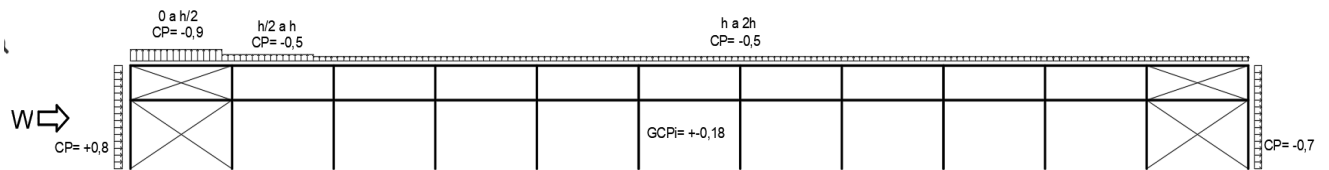


Figura 9.5: Esquema coeficientes corte transversal, viento paralelo a la cumbrera (SPRFV). Fuente: elaboración propia.

- Componentes y revestimientos (C&R): elementos que no forman parte de SPRFV. Como ser ventanas, chapas, marcos, dichos elementos se rompen localmente.

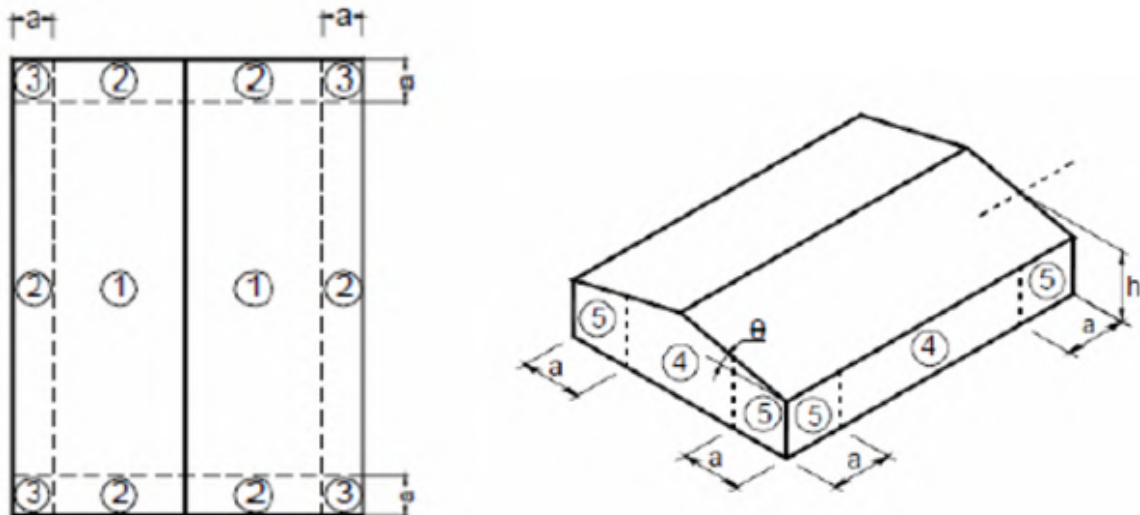


Figura 9.6: Esquema con zonas de componentes y revestimientos, con $a=1$ m. Fuente: CIRSOC 102.

Para las zonas 1, 2 y 3, indicados en la Figura 9.6, los resultados se muestran en la Tabla 9.9. Para las zonas 4 y 5 se muestran en la Tabla 9.10.

Tabla 9.9: Presión en cubierta CyR. Fuente: elaboración propia.

Zona 1 (Cubierta)				
	GCp Presion externa (no hay alero)		p = qh [(GCp) - (GCpi)] [N/m2]	
	Presión	Succión	Presión	Succión
Correas	0.22	-0.92	500.000	-1096.181
Chapa	0.30	-1.00	478.943	-1177.402
Zona 2 (Cubierta)				
	GCp Presion externa (no hay alero)		p = qh [(GCp) - (GCpi)] [N/m2]	
	Presión	Succión	Presión	Succión
Correas	0.22	-1.23	500.000	-1406.796
Chapa	0.30	-1.80	478.943	-1975.641
Zona 3 (Cubierta)				
	GCp Presion externa (no hay alero)		p = qh [(GCp) - (GCpi)] [N/m2]	
	Presión	Succión	Presión	Succión
Correas	0.22	-1.42	500.000	-1232.680
Chapa	0.30	-2.80	478.943	-2973.439

Tabla 9.10: Presión en frente, contrafrente y laterales CyR en Zona 4. Fuente: elaboración propia.

Zona 4 (Pared lateral)						
	Area efectiva [m2]		GCp Presion externa (no hay alero)		p = qh [(GCp) - (GCpi)] [N/m2]	
			Presión	Succión	Presión	Succión
Correas	$\max = (L*s ; L*L/3) =$	8.33	0.86	-0.95	1037.301	-767.896
Chapa	$\max (s*p ; s*s/3) =$	0.52	0.90	-0.99	1077.622	-1167.424
Zona 4 (Pared frontal)						
	Area efectiva [m2]		GCp Presion externa (no hay alero)		p = qh [(GCp) - (GCpi)] [N/m2]	
			Presión	Succión	Presión	Succión
Correas	$\max = (L*s ; L*L/3) =$	8.33	0.86	-0.95	1037.301	-767.896
Chapa	$\max (s*p ; s*s/3) =$	0.52	0.90	-0.99	1077.622	-1167.424

Tabla 9.10: Presión en frente, contrafrente y laterales CyR en Zona 5. Fuente: elaboración propia.

Zona 5 (Pared lateral)						
	Area efectiva [m2]		GCp Presion externa (no hay alero)		p = qh [(GCp) - (GCpi)] [N/m2]	
			Presión	Succión	Presión	Succión
Correas	max = (L*s ; L*L/3) =	8.33	0.86	-1.18	1037.301	-996.980
Chapa	max (s*p; s*s/3) =	0.52	0.90	-1.26	1077.622	-1436.830
Zona 5 (Pared frontal)						
	Area efectiva [m2]		GCp Presion externa (no hay alero)		p = qh [(GCp) - (GCpi)] [N/m2]	
			Presión	Succión	Presión	Succión
Correas	max = (L*s ; L*L/3) =	8.33	0.86	-1.18	1037.301	-996.980
Chapa	max (s*p; s*s/3) =	0.52	0.90	-1.26	1077.622	-1436.830

El desarrollo de las cargas de viento actuantes sobre la estructura se pueden encontrar en el ANEXO Va. CÁLCULO DE LAS CARGAS ACTUANTES SOBRE LA ESTRUCTURA METÁLICA

Es importante aclarar que no han sido tenidos en cuenta los efectos que tiene la temperatura sobre los materiales que conforman el galpón. Esto se debe a que a pesar de tener una variación de temperatura marcada entre el día y la noche, no es lo suficientemente amplia como para afectar el comportamiento de la estructura.

9.3.1 Combinación de cargas en Estado Límite de Servicio (ELS)

Las combinaciones de cargas se obtienen a partir de lo establecido en el apéndice L del Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para Edificios CIRSOC 301 2005.

- I. D + W
- II. D + Lr
- III. D + 0.7 (Lr ± W)

9.3.2 Combinación de cargas en Estado Límite de Último (ELU)

Las combinaciones de cargas se obtienen a partir de lo establecido en el capítulo A del Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para Edificios CIRSOC 301 2005.

- IV. 1.4 D
- V. 1.2 D + 1.6 Lr
- VI. 1.2 D + 1.6 Lr ± 0.8 W
- VII. 1.2 D + 0.5 Lr ± 1.5 W
- VIII. 0.9 D ± 1.5 W

9.4 Dimensionamiento elementos

Se encuentran los siguientes elementos dimensionados en el *PLANO 07.a, b y c GALPÓN DE ALMACENAMIENTO - ESTRUCTURA*.

9.4.1 Chapas

Tanto para la cubierta como para las paredes laterales y frontales se utilizan chapas **T101** de **0.71 mm de espesor** apoyadas cada **1,25 metros** tanto en la cubierta como en las paredes laterales y frontales, las cuales llaman como CH. Estas presentan una forma trapezoidal que debido a su elevado momento de inercia, constituyen un excelente recurso para la construcción reduciendo los puntos de apoyo intermedios.

Considerando el espesor de la chapa, el sistema de apoyo y la distancia entre apoyos se verifica que la carga de servicio (q_s) resulte menor que la carga admisible ($q_s \text{ adm}$) obtenida a partir de las tablas de siderar. El procedimiento de verificación se puede encontrar en el ANEXO Vb. DIMENSIONAMIENTO COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA METÁLICA.

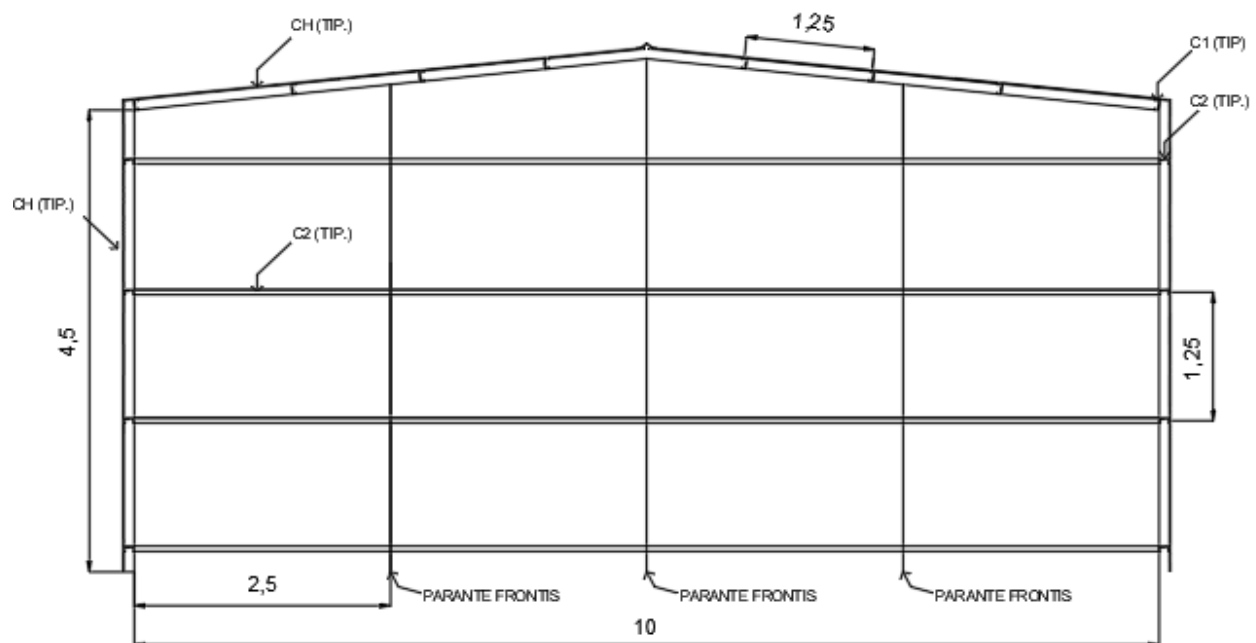


Figura 9.7: Corte con chapas T101 de 0.71 mm de espesor (CH) apoyadas cada 1,25 m, unidades en metros. Fuente elaboración propia.

9.4.2 Correas

Las chapas están vinculadas a las correas (C1 Y C2) y estas son las encargadas de transmitir las cargas al sistema principal. Tanto las correas de techo como las de pared se materializan a través de perfiles tipo C de chapa galvanizada conformados en frío (Figura 9.7.) ya que estos combinan eficiencia estructural, facilidad de montaje y bajo costo, lo que los hace ideales para este tipo de elementos estructurales. La unión de las chapas a estas correas se realizará mediante el uso de tornillos autoperforantes, los cuales requieren poca mano de obra y son de fácil colocación por ser autoperforantes y

autorroscantes. El procedimiento de cálculo se puede encontrar en el ANEXO Vb. DIMENSIONAMIENTO COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA METÁLICA.

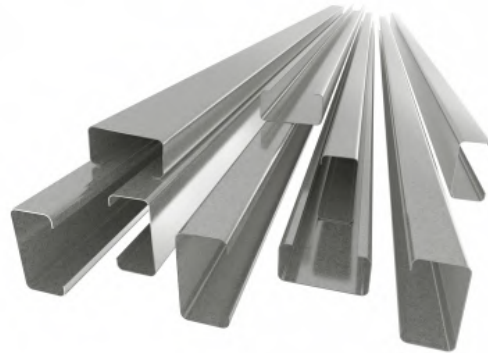


Figura 9.8: perfiles metálicos tipo C. Fuente: Ivanar.

Tabla 9.11: Resultados cálculo correas. Fuente: elaboración propia.

Correas			
Correas	Perfil	Luz	Separación
cubierta (C1)	180-70-25-3.2	5.00	1.25
paredes de frente (C2)	120-50-20-3.20	2.50	1.25
paredes laterales (C2)	180-70-25-3.2	5.00	1.25

Se ha optado por la colocación de tillas para las correas de la cubierta con el objetivo de disminuir la longitud L_b e impedir la rotación del perfil (pandeo lateral torsional). La misma se debe colocar lo más abajo posible ya que busca retener el desplazamiento del ala inferior (Figura 9.9).

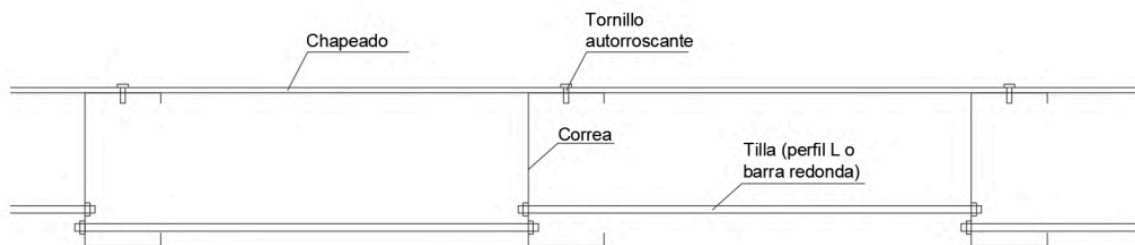


Figura 9.9: disposición de las tillas. Fuente elaboración propia.

Las tillas trabajan a tracción, es decir cuando el ala inferior de la correa tiende a desplazarse hacia la derecha, trabaja la tira izquierda y lo mismo hacia el otro sentido. La

carga para verificar la sección de la tilla está definida como 1% de la carga máxima que produce el pandeo.

Para materializarla se utilizarán barras redondas ya que estas son más eficientes que perfiles L al trabajar a tracción y pueden materializarse con secciones relativamente pequeñas y con el objetivo de vincular las tillas en sus extremos se plantea el uso de anclajes con perfiles L abulonados a las correas como se observa en la figura 9.10.

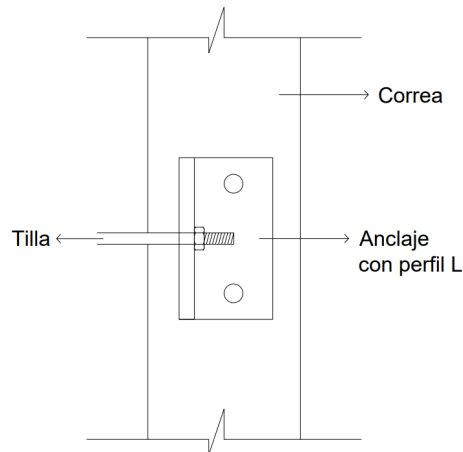


Figura 9.10: vinculación de las tillas a las correas. Fuente elaboración propia.

9.4.3 Viga dintel

La viga dintel, indicada en la Figura 9.11 como VD, le provee el sostén necesario a los portones, los cuales se colocan colgados a la viga dintel. Esta recibe cargas tanto verticales, de peso propio, como horizontales, debidas al viento actuante en la mitad superior del portón, por lo cual está sometida a flexión en ambos sentidos. Se adoptan perfiles W para la viga dintel y se colocará el alma del perfil en el plano horizontal, ya que en este sentido se encuentran las mayores cargas. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 9.12. El procedimiento de cálculo se puede encontrar en el ANEXO Vb. DIMENSIONAMIENTO COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA METÁLICA.

VISTA LATERAL

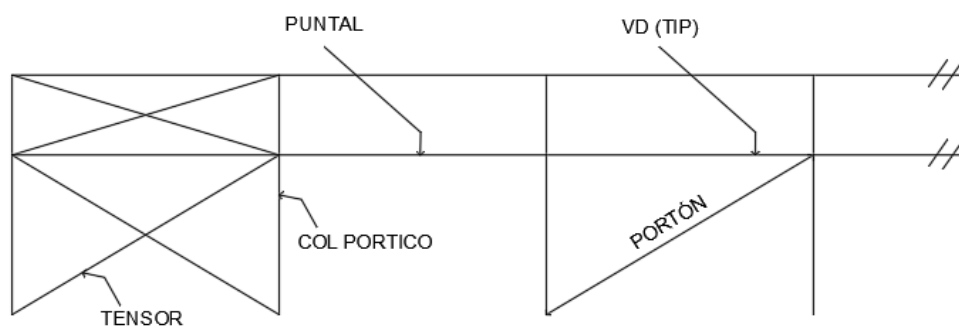


Figura 9.11: Viga dintel. Fuente elaboración propia.

Tabla 9.12: Resultados cálculo Viga Dintel. Fuente: elaboración propia.

Elemento	Perfil adoptado	Lx [cm]	Ly [cm]	λ_x	λ_y	Lb [cm]	Lp [cm]	Lr [cm]
Viga Dintel	W 150 x 18,0	500	250	78.9	107.8	500	88.82	243.73

Elemento	Mux [kNm]	Muy [kNm]	Mdx [kNm]	Mdy [kNm]	f [cm]	f adm [cm]
Viga Dintel	5.44	0.788	16.95	11.504	0.50	3.1

9.4.4 Parantes frontis

Para el diseño de los parantes de frontis se utilizaran perfiles tipo W. Posicionados de forma perpendicular a las columnas del pórtico principal.

Las cargas actuantes son de tipo superficial, originadas por la acción del viento sobre el frontis y por el peso propio de la cubierta. Para esto se definen sus respectivas áreas superficiales, demarcadas en Figuras 9.12. y 9.13.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 9.13. El procedimiento de cálculo se puede encontrar en el ANEXO Vb. DIMENSIONAMIENTO COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA METÁLICA.

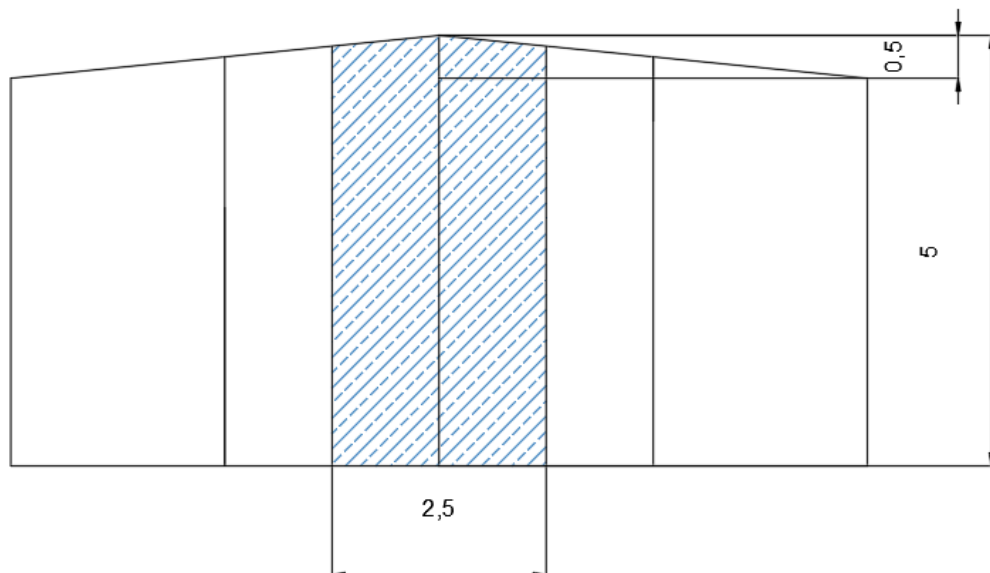


Figura 9.12: Área de influencia parante de frontis. Fuente: elaboración propia.

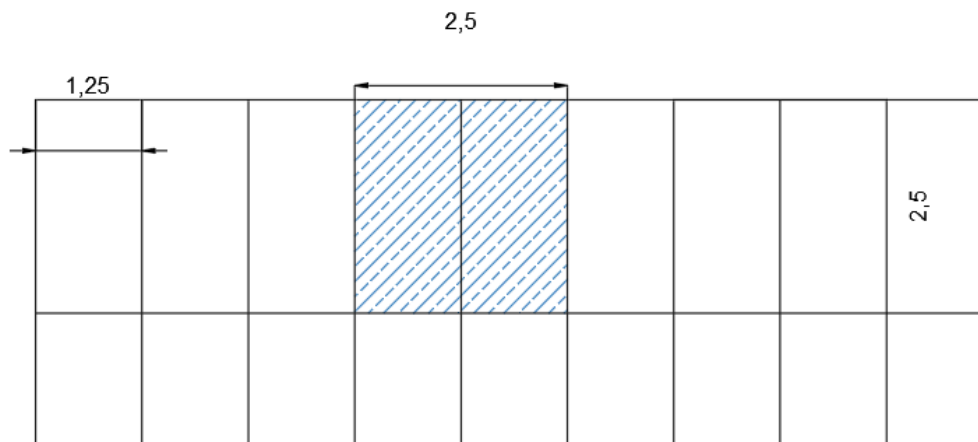


Figura 9.13: Área de influencia parante de cubierta. Fuente: elaboración propia

Tabla 9.13: Resultados cálculo parante frontis. Fuente: elaboración propia.

Elemento	Perfil adoptado	Lx [cm]	Ly [cm]	λ_x	λ_y	Lb [cm]	Lp [cm]	Lr [cm]
Parante Central	W 150 x 22,5 (H)	500	500	76.8	137.0	125	139.73	339.15

Elemento	Combinación de cargas	Mu [kNm]	Pu [kN]	f [cm]	f adm [cm]
Parante Central	1,4 D	0.00	5.62	0	3.13
Parante Central	1,2 D+1,5 W	10.06	0.86	0.71	3.13

9.4.5 Sistema de contraviento

El sistema de contraviento se materializa con puntales, 2 perfiles en L empresillados en cruz, y tensores, barras redondas. Los puntales reciben las acciones del viento de los parantes o las columnas del frontis a barlovento, funcionando a compresión, y a sotavento, funcionando a tracción. Los tensores se colocan en X en ambos frentes. Para el dimensionamiento de los mismos, se decidió adoptar una misma sección para todos los arriostramientos longitudinales de la cubierta y luego una sección distinta para todas las diagonales de la cubierta. El mismo criterio se adoptó para el dimensionamiento de los puntales y los tensores de las paredes laterales. En las Figuras 9.14; 9.15. y 9.16. se muestran la ubicación y enumeración de los puntales y los tensores.

El procedimiento de cálculo se puede encontrar en el ANEXO Vb. DIMENSIONAMIENTO COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA METÁLICA.

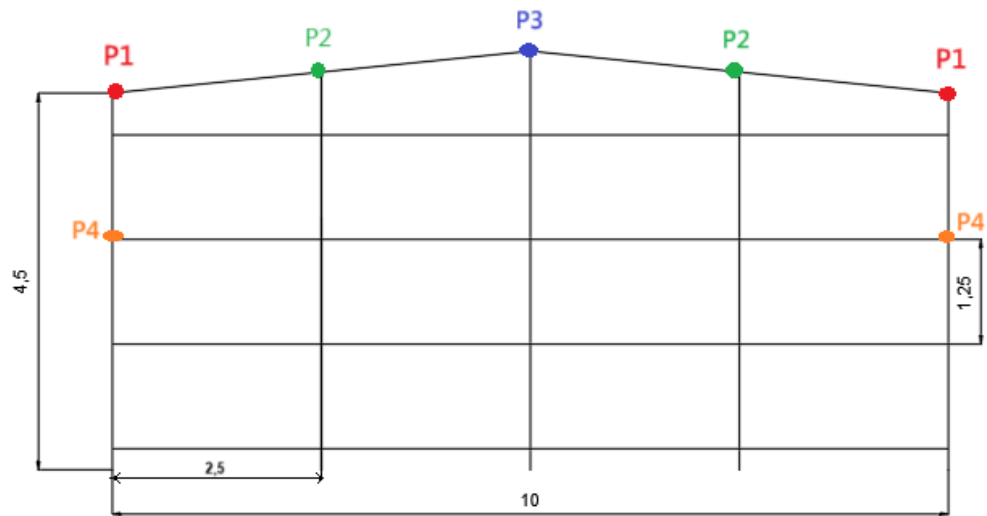


Figura 9.14: Vista de Frontis con enumeración de puntales, unidades en metros. Fuente: elaboración propia.

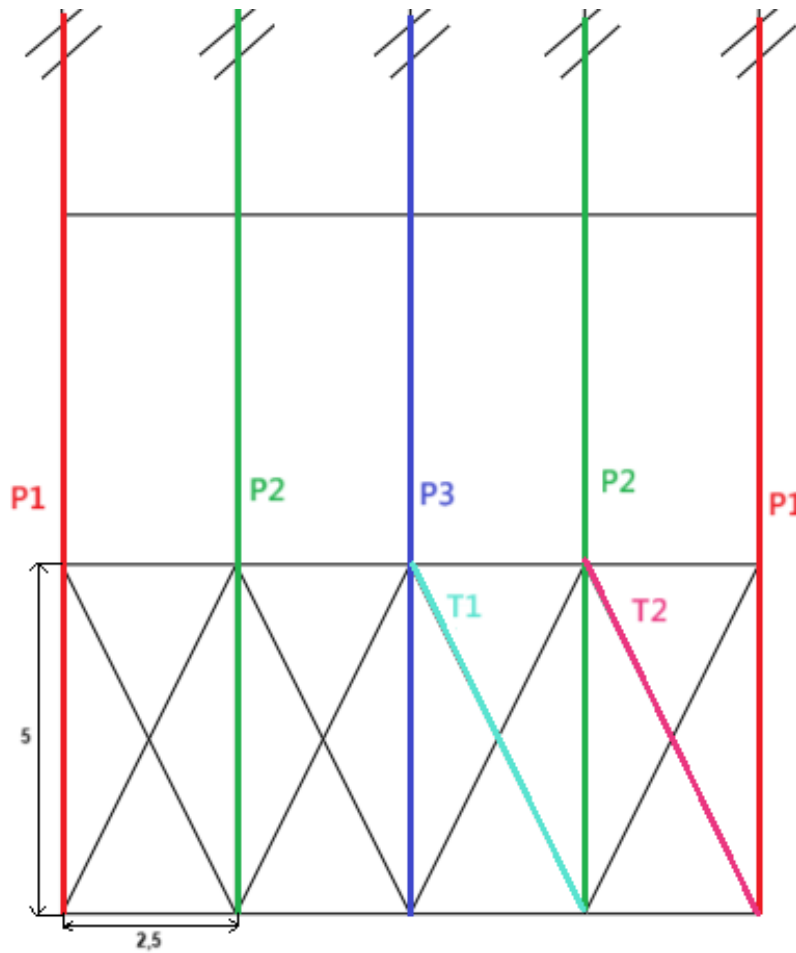


Figura 9.15: Vista de cubierta con enumeración de puntales y tensores, unidades en metros. Fuente: elaboración propia.

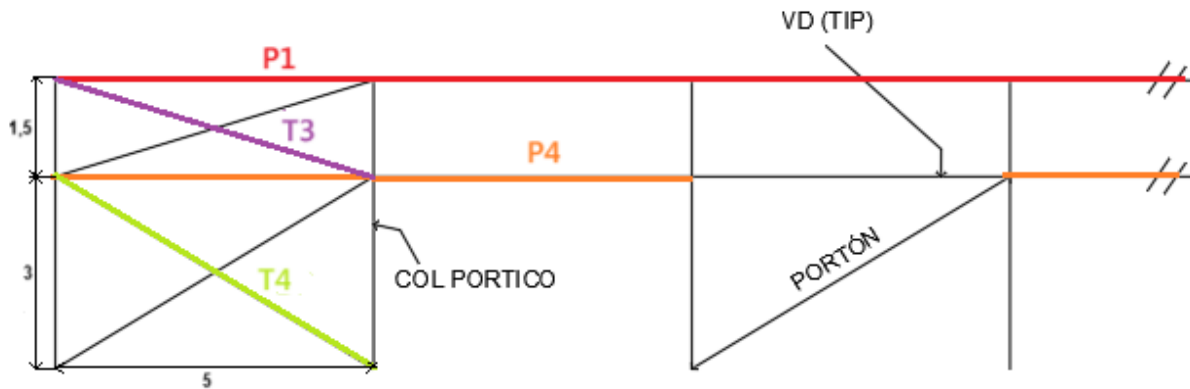


Figura 9.16: Vista del lateral con enumeración de puntales y tensores, unidades en metros. Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos se muestran en las Tablas 9.14; 9.15; 9.16. y 9.17.

Tablas 9.14: Resultados cálculo puntales de cubierta. Fuente: elaboración propia.

Puntales de cubierta					
Perfil adoptado 2L Empresillados en X	λ	a/ri	$3/4*(kL/r)$	Pu [kN]	Pd [kN]
L 76x76x6,4	170	86.806	127.715	19.63	95.70

Tablas 9.15: Resultados cálculo tensores de cubierta. Fuente: elaboración propia.

Tensores de cubierta			
Diámetro adoptado	Tu [kN]	Td fluencia [kN]	Td rotura [kN]
3/4"	10.27	60.28	1858.71

Tablas 9.16: Resultados cálculo puntales de pared lateral. Fuente: elaboración propia.

Puntales de pared lateral					
Perfil adoptado 2L Empresillados en X	λ	a/ri	$3/4*(kL/r)$	Pu [kN]	Pd [kN]
L 76x76x6,4	170	86.806	127.715	23.30	95.704

Tablas 9.17: Resultados cálculo tensores de pared lateral. Fuente: elaboración propia.

Tensores de pared lateral			
Diámetro adoptado	Tu [kN]	Td fluencia [kN]	Td rotura [kN]
7/16"	13.28	20.50	26.90

9.4.6 Pórtico

Los pórticos, ubicados cada 5 metros, están conformados por columnas y vigas. Estos elementos se dimensionaron utilizando perfiles W orientados para aprovechar su mayor inercia en el plano del pórtico. Para obtener sus esfuerzos y deformaciones máximas se lo modeló en el programa Staad Pro, cargando sus respectivas cargas y combinaciones anteriormente mencionadas. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 9.18. El procedimiento de cálculo se puede encontrar en el ANEXO Vb. DIMENSIONAMIENTO COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA METÁLICA.

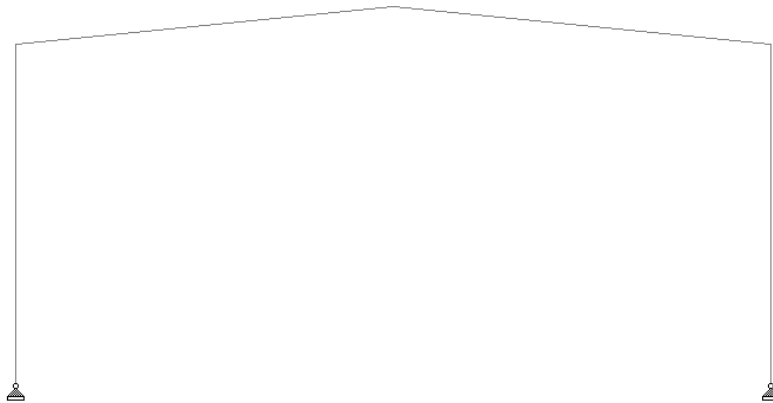


Figura 9.17: Pórtico modelado en el programa Staad Pro. Fuente: elaboración propia.

Tabla 9.18: Resultados cálculo pórtico. Fuente: elaboración propia.

Elemento	Perfil adoptado	Lx [cm]	Ly [cm]	λ_x	λ_y	Lb [cm]	Lp [cm]	Lr [cm]
Columna de pórtico	W 310 x 52,0	450	450	33.8	115.1	450	149.69	307.53
Viga de pórtico	W 250 x 89,0 (H)	502.49	251.25	22.5	38.5	251.25	249.60	824.77

Elemento	Pu max [kN]	Tu max [kN]	Vu max [kN]	Mu max [kN]	f [cm]	fadm [cm]
Columna de pórtico	67.02	60.76	36.28	69.31	2.14	2.81
Viga de pórtico	32.37	32.37	58.98	104.88	0.26	2.79

9.4.7 Placa base

Las columnas metálicas del pórtico se apoyan sobre bases metálicas que se comportan como un apoyo fijo. Se muestran en la Tabla 9.19. las características geométricas de la placa base. El procedimiento de cálculo se puede encontrar en el ANEXO Vb. DIMENSIONAMIENTO COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA METÁLICA y en PLANO 07.c GALPÓN DE ALMACENAMIENTO - BASES.

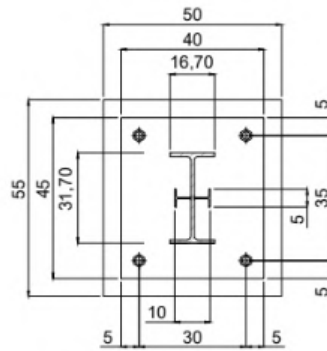


Figura 9.18: Placa base, unidades en cm. Fuente: elaboración propia.

Tabla 9.19: Dimensiones de la placa base metálica. Fuente: elaboración propia.

Placa Base		
Perfil de columna pórtico	W 310 x 52,0	
	hf [cm]	31.70
	bf [cm]	16.70
Base H ^e	AF [cm]	55.00
	BF [cm]	50.00
Placa metálica	A [cm]	45.00
	B [cm]	40.00
	tp[cm]	3
	L [cm]	5.00
	D [cm]	35
	H [cm]	30.00
Nariz de corte	IPN 100	
	An [cm]	5.0
	Bn [cm]	10.0
	Profundidad P [cm]	15.00
	G [cm]	5
Pernos	Diametro [pulg]	7/8
	Longitud [cm]	110.00

9.5 Fundaciones

El pórtico de la estructura se lo dimensionó como apoyado-apoyado en sus columnas, de esta forma las reacciones de apoyo tendrán esfuerzos normales y de corte. Se obtienen de esta forma 3 situaciones críticas a analizar: máximo normal de tracción, máximo normal de compresión y máximo corte, cada uno de ellos con sus esfuerzos concomitantes. El corte en el plano del pórtico se terminará equilibrando a través de una cupla en los pilotes del cabezal. Se muestran en la Tabla 9.20. y 9.21. las reacciones máximas obtenidas a través del programa Staad Pro para las combinaciones en servicio y últimas.

Tabla 9.20: Reacciones en ELS de los apoyos de las columnas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

Reacciones pórtico ELS		
Compresión máxima	Ps max	28.625
	Vs	-6.272
Tracción máxima	Ts max	-16.339
	Vs	-16.071
Corte máximo	Ps	28.625
	Vs max	6.272

Tabla 9.21: Reacciones en ELU de los apoyos de las columnas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

Reacciones pórtico ELU		
Compresión máxima	Pu max	67.018
	Vu	31.723
Tracción máxima	Tu max	-26.378
	Vu	-23.658
Corte máximo	Pu max	55.491
	Vu max	36.28

Se definió la geometría de los pilotes verificando la capacidad por punta y por fricción con los esfuerzos obtenidos en ELS, tanto para la máxima compresión como para la máxima tracción. Luego con los esfuerzos obtenidos en ELU, sumándole el peso propio del cabezal y del pilote, se dimensionan las armaduras necesarias para los pilotes. Además se propusieron las dimensiones de cabezal siguiendo las recomendaciones de Jimenez Montoya y se realizaron sus respectivos cálculos de armaduras. Se muestra en la Tabla 9.22. la geometría de los pilotes y el cabezales y en Tabla 9.23. los resultados del cálculo de sus armaduras respectivas. El procedimiento de cálculo se puede encontrar en el ANEXO Vc. DIMENSIONAMIENTO DE FUNDACIONES.

Tabla 9.22: Geometría de pilotes y cabezales. Fuente: elaboración propia.

Dimensiones columna	
h [cm]	31.70
b [cm]	16.70
Dimensiones pilote	
Cantidad de pilotes	2.00
Φ pilote [cm]	50.00
Profundidad hp [m]	6.00
Cabezal	
s: separacion pilotes	125.00
h adop [cm]	90.00
d [cm]	83.00
B1 [cm]	70.00
A1 [cm]	195.00
Dimensiones del cabezal [cm]	195 x 70 x 90

Tabla 9.23: Resultados cálculos de armaduras de pilotes y cabezales. Fuente: elaboración propia.

Pilotes	
Armadura principal	
5 barras de $db \geq 16$ mm	
As adop [cm ²]	10.05
Estribos	
Zuncho en espiral de diámetro 6 mm y separación vertical 50 cm	
Cabezal	
Armadura principal	
1 $\Phi 12$	
As adop [cm ²]	1.130
Armadura superior	
1 $\Phi 12$	
Asup adop [cm ²]	1.130
Estribos	
1 $\Phi 8$ c/15cm	
Armadura de piel	
1 $\Phi 10$	
As piel adop [cm ²]	0.790

10. CAMINOS DE ACCESO Y CIRCULACIÓN

Como parte del diseño integral de la planta de tratamiento de líquidos cloacales y aprovechamiento energético, se realizará el análisis de la circulación vehicular tanto para el acceso a la planta como el movimiento dentro de la misma.

Se deberá plantear en primera instancia el acceso vehicular a la planta de tratamiento, que consiste en un camino que une la planta con la R.N.N°11 y por el cual circularán tanto camiones atmosféricos como recolectores de basura y vehículos particulares. Garantizar una conectividad adecuada con la red vial existente reviste de fundamental importancia para asegurar un ingreso y egreso de vehículos de manera fluida, como así también evitar el deterioro prematuro de los caminos y asegurar la operatividad continua del sistema.

Por otro lado también se deberán diseñar los caminos internos por los cuales circulan los camiones en dirección hacia la descarga de líquidos a las lagunas como así también hacia el depósito de la materia orgánica en los galpones de procesamiento. Asimismo se diseñará un playón de estacionamiento necesario para la espera o detención temporaria de los mismos, como así también para la estadía de los vehículos particulares de los operarios de la planta. Una circulación interna correctamente planificada permite organizar de manera eficiente los flujos de vehículos, evitando maniobras innecesarias y riesgos de accidentes.

Considerar estos aspectos desde el inicio permite asegurar un funcionamiento seguro y ordenado, y también la posibilidad de escalar el sistema a futuro sin afectar el servicio prestado.

10.1. Determinación de solicitudes

Para la determinación de las cargas actuantes se consideran los siguientes vehículos tipo:

- **Automóviles:** vehículos de ejes S1-S1 (ejes simples con ruedas simples).

Se considera la circulación de **40 autos particulares diarios** (ida y vuelta) debido al acceso de empleados y vecinos de la zona que utilicen este camino.

- **Camiones atmosféricos:** vehículos de eje S1-D1 (eje simple ruedas simples-eje simple con ruedas duales). En la Figura 10.1 se observa un ejemplo de este tipo de vehículo.

A partir de los datos de la cantidad de camiones atmosféricos y su frecuencia de la recolección de los líquidos cloacales, considerando que pueden ser llenados hasta el 80% de su capacidad, se estima que circularán **26 camiones por día** (teniendo en cuenta la ida y vuelta de los 13 camiones a la planta).

- **Camiones recolectores de residuos:** vehículos de ejes S1-D2 (eje simple ruedas simples-eje tandem ruedas duales). En la Figura 10.2 se observa un ejemplo de este tipo de vehículo.

Se supone la circulación de 10 camiones recolectores diarios (considerando ida y vuelta de los mismos).



Figura 10.1: Ejemplo de camión atmosférico de 8m³ de capacidad. Fuente: Google Imágenes.



Figura 10.2: Ejemplo camión recolector de residuos de la zona. Fuente: Google Imágenes.

A partir de la sumatoria de vehículos de cada tipo que circulan diariamente por este camino, se estima un valor de **Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) de 76 vehículos**.

10.2. Dimensionamiento de caminos

10.2.1. Camino de acceso

En la Figura 10.3 puede observarse demarcado el camino de acceso hacia la planta de tratamiento. Este camino cuenta con una longitud de aproximadamente 2,25 kilómetros, extendiéndose desde la R.N.N°11 hacia la tranquera de ingreso de la propiedad privada ubicada sobre el Río Carcarañá. El acceso correspondiente a la planta de tratamiento se encuentra aproximadamente en el km 1,70 del mismo.



Figura 10.3: Ubicación camino de acceso. Fuente: elaboración propia.

En la actualidad este camino se categoriza dentro de la categoría rural, resultando en un camino de tierra no pavimentado. Las fotografías que se muestran a continuación en las Figuras 10.4 y 10.5 reflejan la situación actual del camino, denotando una evidente falta de mantenimiento, ausencia de cunetas y una calzada irregular.



Figura 10.4: Situación actual de camino de acceso a planta de tratamiento hacia sentido Este. Fuente: elaboración propia.



Figura 10.5: Situación actual de camino de acceso a planta de tratamiento hacia sentido Oeste. Fuente: elaboración propia.

Con el objetivo de mejorar las condiciones del camino de acceso, se propone la ejecución de un **enripiado**, aplicando técnicas de mejoramiento sostenible. Esta intervención consistirá en el mejoramiento del trazado actual mediante la mezcla del suelo existente con material granular, lo cual permitirá aumentar su capacidad resistente, reduciendo la susceptibilidad a deformaciones y fallas estructurales causadas por el tránsito pesado. Además se proyecta la incorporación de banquetas verdes y empastado de cunetas a ambos lados del camino. Esta técnica sostenible por un lado facilita el escurrimiento superficial del agua de lluvia, contribuyendo al drenaje vertical y evitando la erosión, y asimismo funcionan como elementos de contención lateral, brindando mayor estabilidad al perfil del camino y favoreciendo su integración con el entorno rural.

Según planilla de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), el camino se enmarca dentro de la categoría V (dado que el valor de TMDA es menor a 150 vehículos por día) y topografía de tipo llanura.

A continuación se muestra en la Figura 10.6 el Plano de Perfil de Obra Básica para el camino de acceso, extraído del *PLANO 05.a PERFIL DE OBRA BÁSICA Y PAVIMENTOS* adjuntado al final del presente informe.

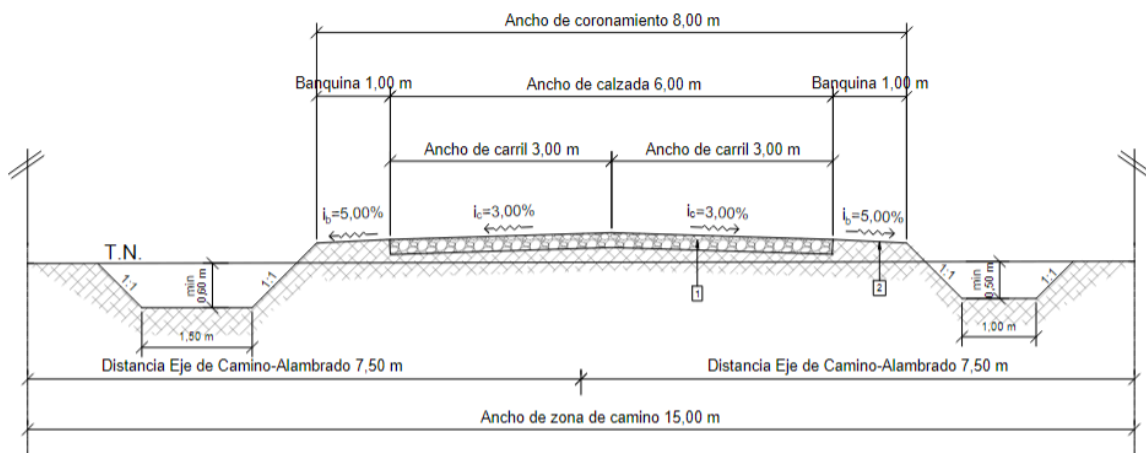


Figura 10.6: Croquis perfil transversal camino vecinal. Fuente: elaboración propia.

Ciertos elementos del perfil de obra básica del camino vecinal de acceso se vieron alterados debido a las características del camino, como son un ancho de camino reducido, baja densidad vehicular y circulación a bajas velocidades. Esto influyó en una disminución de las medidas a adoptar, como se detallan a continuación:

- *Banquinas*. Ancho requerido: 1,50m. Ancho adoptado: 1,00m.
- *Taludes*. Valor requerido: relación 1:2. Valor adoptado: relación 1:1.
- *Veredas*. Ancho mínimo: 1,00m. Ancho adoptado: 0,30m.

Por otro lado para la conformación del camino se deberá ejecutar una limpieza de suelo vegetal de la superficie del camino en un espesor aproximado de 20 cm y una compactación de la base de asiento del terraplén representando una reducción del perfil en aproximadamente 5 cm.

10.2.2. Caminos internos

Los caminos internos serán aquellos por donde se realizará la circulación dentro de la planta de tratamiento. Será importante entonces realizar un diseño adecuado de los mismos, considerando la dirección propicia de cada tipo de vehículo y sus condiciones correspondientes, permitiendo el acceso adecuado hacia cada sector de la planta de tratamiento.

10.2.2.1. Distribución de caminos internos

La circulación interna en la planta se encuentra diferenciada según el destino a alcanzar por cada tipo de vehículo.

Por un lado se tendrán camiones atmosféricos que ingresarán a la planta y se dirigirán hacia el sector de descarga en las lagunas de estabilización (en dirección Norte de la planta). Por otro lado, los camiones recolectores de residuos orgánicos ingresarán y se dirigirán hacia el sector de almacenamiento en los galpones, para su posterior separación de fracción orgánica y tratamiento en el biodigestor (en dirección Este de la planta). Por último también se tendrá en cuenta el sector de estacionamiento para todos los vehículos implicados, tanto los camiones atmosféricos y recolectores, como los vehículos particulares de operarios de la planta (dirección Oeste de la planta).

La distribución general de los distintos caminos se encuentra desarrollada en el *PLANO 05.a PERFIL DE OBRA BÁSICA Y PAVIMENTOS*, adjuntado al finalizar el presente informe.

En la siguiente figura 10.7 puede observarse el sentido de circulación de cada tipo de vehículo descrito anteriormente.

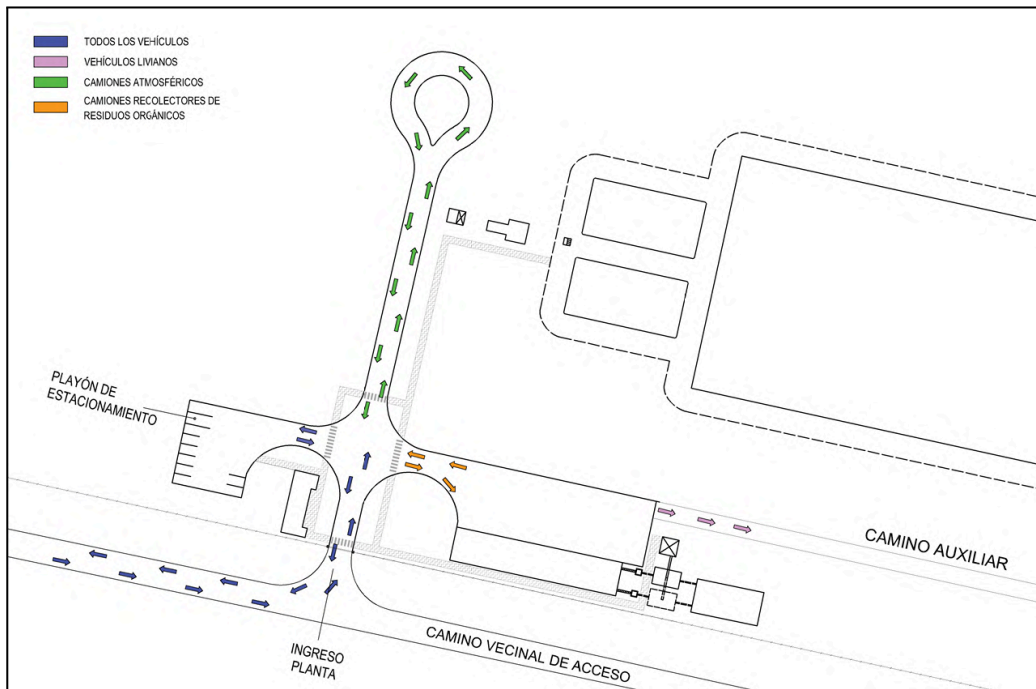


Figura 10.7: Croquis sentido de circulación vehículos considerados. Fuente: elaboración propia.

La circulación interna consistirá entonces en un camino principal de dos carriles, uno destinado a la entrada a la planta y que permitirá acceder al sector de descarga de líquidos cloacales, y otro destinado a la salida del predio. Una vez realizada la descarga correspondiente, el camión podrá retornar a través de una rotonda sin salida al final del camino.

Se dimensiona el Cul-de-Sac según las normas establecidas por AASHTO para el vehículo seleccionado (en este caso, vehículo tipo de ejes S1-D1), siendo el radio de giro correspondiente a la rueda externa de 13,19m, como puede observarse en la Figura 10.8.

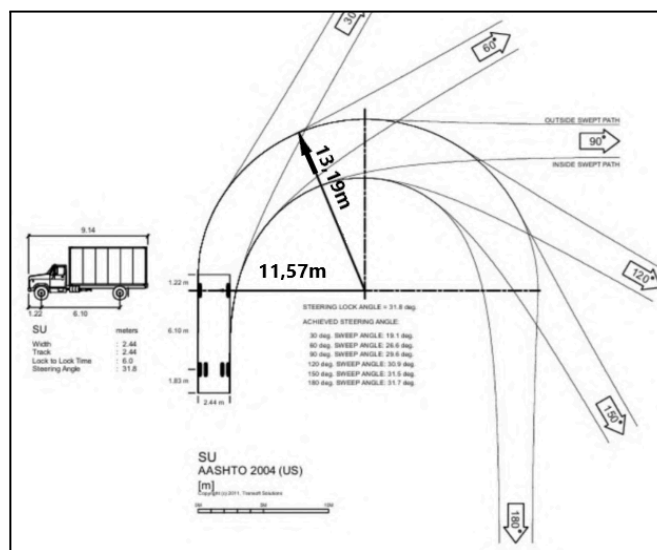


Figura 10.8. Radio de giro para vehículo de ejes S1-D1. Fuente: AASHTO.

El diseño de la rotonda en cuestión se muestra en la Figura 10.9.

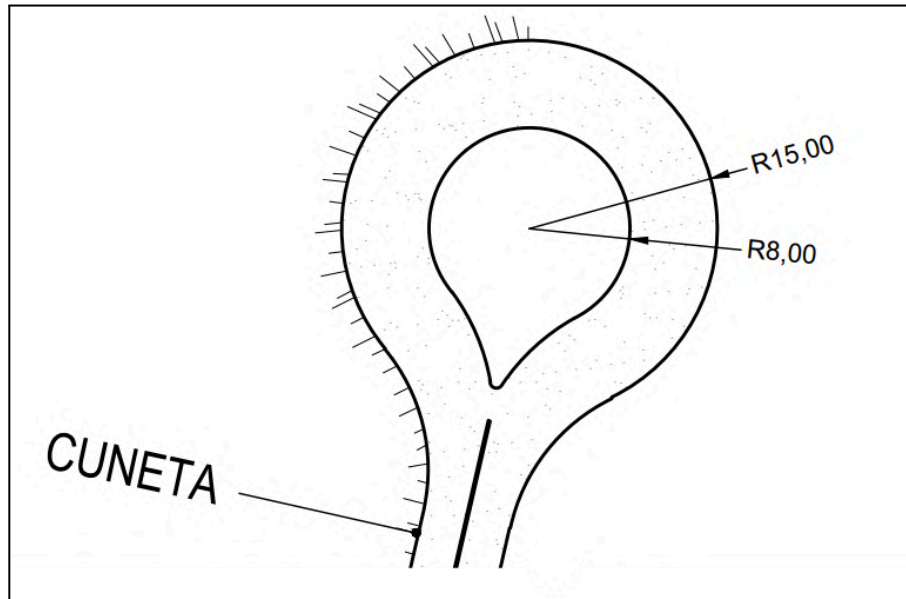


Figura 10.9. Rotonda sin salida dimensionada. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, los camiones recolectores de basura orgánica se dirigirán hacia la zona de los galpones, inmediatamente a la derecha del ingreso a la planta. Para ello se considera la vinculación de un playón de maniobras adyacente al galpón de almacenamiento con el camino principal de acceso. El playón es destinado para realizar las maniobras correspondientes para la descarga de los camiones y su posterior reincorporación hacia el camino principal, ya sea dirigido al playón de estacionamiento o hacia la salida del predio. Además el playón también permitirá el acceso de camiones similares para la carga y descarga de garrafas de gas de 10kg en el sector de post tratamiento de biogás.

Estos elementos serán dimensionados a partir de considerar el radio de giro correspondiente para vehículos de ejes S1-D2, siendo igual a 14,46m tal como se detalla en la Figura 10.10.

A su vez se plantea un playón de estacionamiento ubicado detrás del núcleo administrativo de la planta. El diseño del mismo se hará también en función al radio de giro del vehículo con ejes S1-D2, ya que presenta el mayor radio de giro entre los vehículos analizados y por ende las mayores exigencias a cumplir. Esto es para permitir el ingreso y la detención de todos los vehículos que ingresarán a la planta, desde vehículos particulares de operarios como también aquellos camiones que decidan estacionarse luego de realizada la descarga correspondiente.

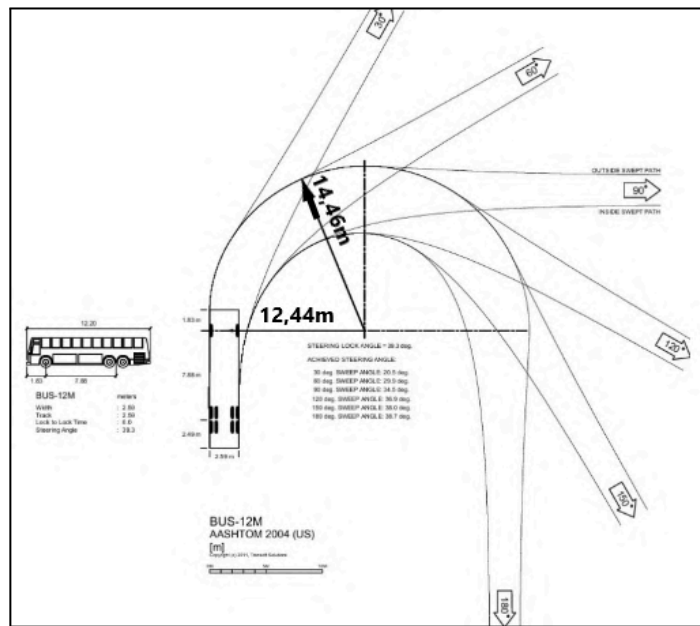


Figura 10.10. Radio de giro para vehículos de ejes S1-D2. Fuente: AASHTO.

Por último, se proyecta la ejecución de un camino interno de estabilizado granular (idénticamente al planteado para el camino de acceso) que recorrerá longitudinalmente toda la planta. Esta vía se considera necesaria debido a las grandes dimensiones del predio, ya que permitirá acceder con vehículos particulares de menor porte a distintos sectores operativos, como las lagunas de estabilización o el canal de descarga. En caso de presentarse alguna falla, emergencia o necesidad de supervisión puntual, este camino facilitará una respuesta rápida y eficiente, mejorando la operatividad y el mantenimiento general del sistema.

10.2.2.2. Diseño de caminos internos

Si bien para estos caminos se podría realizar un enripiado al igual que el camino de acceso, se decide descartar esta opción ya que, a diferencia del camino anterior, los vehículos circulan a bajas velocidades, incluyendo giros y detenciones correspondiente a la descarga de materia orgánica o líquidos cloacales, lo que puede generar deformaciones en el camino. Además se considera la posibilidad que ocurran derrames de los líquidos transportados, lo que implicaría una absorción por parte del suelo y un potencial deterioro del mismo, además del impacto ambiental que podría generar esto.

Considerando las cuestiones planteadas anteriormente, se decide optar por un **pavimento rígido** para materializar los caminos internos de la planta. Este tipo de paquete estructural ofrece mayor capacidad resistente frente a las cargas provistas por el movimiento y la detención de los camiones, además de ofrecer resistencia frente al agua y sustancias contaminantes, y la posibilidad de limpieza y descontaminación ante el derrame de los mismos.

Para continuar con el dimensionamiento del paquete estructural a implementar en los caminos internos, en primera instancia resulta necesario contar con una **caracterización de la subrasante** sobre la cual se emplazarán estos caminos. Para ello se cuenta con un estudio del perfil estratigráfico del suelo de la zona (Torres y Vercelli

SRL. “Estudio geotécnico Timbúes”), pero no así con la capacidad resistente del suelo. El estudio se encuentra en la sección ANEXO VII. ESTUDIO DE SUELOS.

A partir del estudio de suelos brindado se puede estimar la capacidad resistente del suelo para obras viales, mediante una relación entre los distintos tipos de suelos establecidos por SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y los valores de CBR característicos para cada uno. Estos valores son brindados por el Instituto del Cemento Portland Argentina (ICPA) tal como se detalla en la tabla 10.1.

Tabla 10.1: Correlación Clasificación SUCS - CBR. Fuente: Instituto Cemento Portland Argentina.

Clasificación AASHTO	Descripción	SUCS	% CBR
A-4	Limo / Mezclas limo-arena-grava	ML, OL	4 - 15
A-5	Limo mal graduado	MH	4 - 8
A-6	Arcilla plástica	CL	5 - 15
A-7-5	Arcilla elástica moderadamente plástica	CL, OL	4 - 15
A-7-6	Arcilla muy plástica	CH, OH	3 - 5

Considerando un paquete estructural de espesor de 40 cm tentativo, el mismo se estaría apoyando en una subrasante ubicada en las primeras capas formadas por limos de baja plasticidad y arcilla de alta plasticidad, por lo que se adopta un valor promedio de CBR de 5% para caracterización de la subrasante considerando un suelo tratado con cal.

Además en la Tabla 10.1 se obtiene el correspondiente espectro de cargas, es decir la cantidad de ejes de cada tipo cada 1000 vehículos que circularán en la planta de tratamiento.

Tabla 10.2: Espectro de carga resultante. Fuente: elaboración propia.

Tipo de vehículo	Composición	S1 (A)	S1 (B)	D1	D2	D3
S1-S1	53%	2	0	0	0	0
S1-D1	34%	0	1	1	0	0
S1-D2	13%	0	1	0	1	0
	Espectro de cargas (/1000)	1060	470	340	130	0

Resulta importante mencionar que se tendrán en cuenta los vehículos livianos en la determinación de las sollicitaciones de diseño, procediendo a diferenciar los ejes tipo S1 correspondientes a éstos vehículos con respecto a los vehículos de carga pesada. Es por ello que se contabilizan los ejes S1(A) (con una carga de 1 tn) y los ejes S1(B) (con una carga de 6 tn).

Considerando esta información y una confiabilidad del 80%, los parámetros a tener en cuenta para el dimensionamiento del pavimento rígido son los que detallan a continuación en la Tabla 10.3.

Tabla 10.3. Parámetros para dimensionamiento de pavimento rígido. Fuente: elaboración propia.

PARÁMETROS DE ESTUDIO	
Generales	
Pavimento	Rígido
Tráfico	
Período de diseño	30 años
TMDA	76
Tasa de crecimiento	0%
Distribución direccional y de carriles	50%
Serviciabilidad final	15%
Subrasante	
CBR diseño	5%
Capa de rodamiento	
Hormigón	H-30
Espesor	A determinar
Resistencia a flexión	4,5 MPa

Cabe aclarar que con respecto a la tasa de crecimiento se decide optar por un valor de 0% ya que a futuro si bien aumentará la cantidad de camiones recolectores de residuos orgánicos, por otro lado la cantidad de camiones atmosféricos disminuirá debido a la concreción del proyecto de cloacas, por lo que entre ambos valores se equilibran y se supone que no habrá crecimiento en cuanto al volumen vehicular.

El dimensionamiento del pavimento rígido para caminos internos se realiza a través del Método de la Portland Cement Association (PCA 1984).

El paquete estructural de pavimento rígido propuesto para la circulación interna es el siguiente, detallado en la Tabla 10.4:

Tabla 10.4. Paquete estructural propuesto para pavimento rígido de caminos internos. Fuente: elaboración propia.

Losas de hormigón, espesor = 18cm
Suelo estabilizado con cemento, espesor = 15cm
Subrasante de suelo del lugar

La verificación estructural del paquete diseñado se detalla en la sección “ANEXO VI. PAVIMENTO RÍGIDO”.

En la Figura 10.11 se observa un croquis del perfil transversal del camino interno.

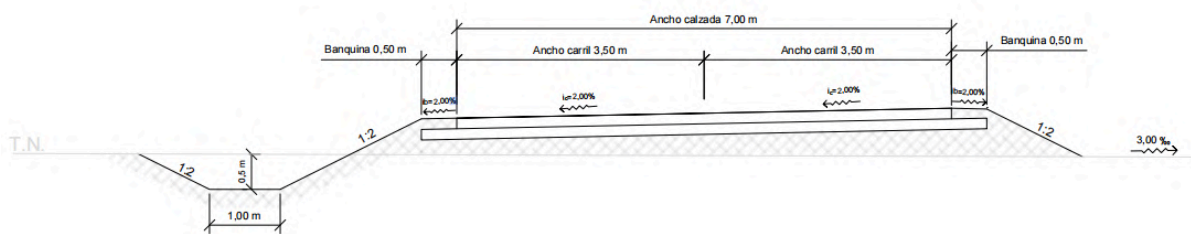


Figura 10.11: Croquis perfil transversal camino interno. Fuente: elaboración propia.

El plano con el Perfil Tipo de Pavimento se encuentra graficado y desarrollado en el PLANO 05.a PERFIL DE OBRA BÁSICA Y PAVIMENTOS, adjuntado al finalizar el presente informe. Además, en este plano también se encuentra representado el Perfil Tipo del camino auxiliar.

10.3.2.2. Diseño de juntas para el pavimento rígido

La máxima separación entre juntas se calcula en función del espesor de la losa y el tipo de subbase a partir de la siguiente ecuación:

$$ML = H * C$$

Siendo:

- ML = Máxima longitud entre juntas.
- H = Espesor de la losa.
- C = 24 para bases granulares = 21 para bases estabilizadas u hormigón pobre

Resultando entonces:

$$ML = 0,18 \text{ m} * 21 = 3,78 \text{ m}$$

Considerando un ancho de calzada igual a 7,00 m se propone una separación máxima de 3,50m.

Además de verificar esta separación máxima, también se corrobora que la relación Largo/Ancho sea menor o igual a 1,25. Calculando entonces 3,50m dividido 1,25 se obtiene un valor de 2,80m, siendo ésta la mínima separación permitida entre juntas.

El plano correspondiente al diseño de juntas se adjunta al final del presente informe bajo el nombre *PLANO 05.b DISEÑO DE JUNTAS PAVIMENTO RIGIDO*.

11. DESARROLLO DEL NÚCLEO ADMINISTRATIVO

Se proyecta el diseño de un núcleo administrativo que integra distintos espacios necesarios para el desarrollo de actividades de control, administración y operación de la planta. Estas intervenciones no solo permiten optimizar la logística y el funcionamiento diario de la planta, sino que también fortalecen las condiciones de control y vigilancia del establecimiento.

Los distintos espacios con los que va a contar este edificio son los siguientes:

Garita de vigilancia y seguridad:

Este espacio estará destinado para el control y vigilancia del predio. Se encontrará ubicado sobre el lado sur del edificio, de forma tal de ubicarse lo más cerca posible al portón de ingreso al predio. Su superficie es de $8,75 m^2$.

Oficina técnica 1:

Se destinará este espacio para la utilización del encargado general o director de la planta, donde llevará a cabo la administración y gestión de la planta de tratamiento. Su superficie es de $15,40 m^2$.

Oficina técnica 2:

Este espacio será destinado a la realización de tareas administrativas y de gestión auxiliar para la planta de tratamiento. Su superficie es de $8,75 m^2$.

Cocina:

Espacio destinado para cocina, equipado con cocina a garrafa, heladera y microondas. Contará con una barra que conecte con el comedor. Su superficie es de $12,00 m^2$.

Comedor y espacio común:

Espacio para desarrollo de actividades y/o descanso destinado a los operarios de la planta. Su superficie es de $28,6 m^2$.

Baños:

Sector de sanitarios con accesos tanto por dentro como por fuera del edificio. Contará con 2 cubículos con dimensiones normalizadas más 1 cubículo dimensionado para ser utilizado por personas discapacitadas. Su superficie es de $18,00 m^2$.

Se proponen como tabiques portantes de mampostería de 0,25 m y tabiques divisorios internos de 0,15 m.

Las dimensiones propuestas fueron obtenidas a partir de la bibliografía "Arte de proyectar en arquitectura" de Ernst Neufert.

Todo lo descrito en esta sección puede observarse en el *PLANO 08 NÚCLEO ADMINISTRATIVO*.

12. ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL

12.1. Objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

Los fuertes cambios ambientales y el constante deterioro que sufre el planeta lleva a repensar la manera en que se realizan los diferentes proyectos de infraestructura. Es por esto que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) propone los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) los cuales resultan ser una herramienta de planificación y seguimiento para los países, tanto a nivel nacional como local. Gracias a su visión de largo plazo, constituirán un apoyo para cada país en su senda hacia un desarrollo sostenido, inclusivo y en armonía con el medio ambiente, a través de políticas públicas e instrumentos de planificación, presupuesto, monitoreo y evaluación.



Imagen 11.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por la Organización de las Naciones Unidas.
Fuente: www.un.org

El *Anteproyecto Integral Oliveros* tiene por objetivo proponer obras de saneamiento y aprovechamiento energético para contribuir al desarrollo sostenible de la comunidad. Su implementación se relaciona fuertemente con los siguientes objetivos y metas planteadas por la ONU.

- **ODS 3: Salud y bienestar.**
- **ODS 6: Agua limpia y Saneamiento.**
- **ODS 7: Energía asequible y no contaminante.**
- **ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles.**

A continuación se enumera y describe cada una de ellas en función de su importancia y relevancia específica para la propuesta presentada.

6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO



“**6.3** De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.”

“**6.6** De aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.”

“**6.b** Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento.”

Uno de los beneficios más importantes del proyecto será la reducción de la contaminación de las fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas. Actualmente, la descarga descontrolada de líquidos cloacales sin tratamiento representa una amenaza constante para pozos de agua y napas freáticas, como también del cuerpo receptor. Mediante el tratamiento en cuestión, los efluentes pasarán por un proceso natural de depuración que permitirá eliminar organismos patógenos y reducir significativamente la carga orgánica y química. Esto se traduce en un ambiente con agua más saludable para el consumo, el riego y otras actividades cotidianas.

3 SALUD Y BIENESTAR



“**3.3** Para 2030, poner fin a las epidemias del SIDA, la tuberculosis, la malaria y las enfermedades tropicales desatendidas y combatir la hepatitis, las enfermedades transmitidas por el agua y otras enfermedades transmisibles.”

“**3.9** Para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo.”

El proyecto de tratamientos de efluentes cloacales mediante lagunas de estabilización permitirá reducir de manera significativa la presencia de agentes patógenos en el mismo. Esto disminuirá el riesgo de enfermedades infecciosas transmitidas por el agua contaminada, como son la hepatitis A, cólera y gastroenteritis, que afectan especialmente a los grupos más vulnerables como niños, adultos mayores y personas con enfermedades preexistentes.⁷

⁷ Para visualizar la referencia dirigirse al link publicado en la sección 13. BIBLIOGRAFÍA.

Además, al evitar la contaminación de suelos y fuentes de agua, se garantiza el acceso a un ambiente más limpio y seguro, favoreciendo así la calidad de vida de los habitantes. También se reducirá la proliferación de insectos transmisores de enfermedades, y se eliminarán los malos olores que afectan el confort cotidiano de las familias.

Una de las consecuencias fundamentales al mejorar la salud pública de forma directa, es reducir la presión sobre los sistemas de atención médica y mejorar la calidad de vida de toda la comunidad.



“7.2 De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.”

La instalación de un biodigestor que utiliza como “alimento” los residuos orgánicos de la localidad permitirá generar biogás, una fuente renovable de energía. Este producto podrá ser envasado y distribuido a la comunidad para su aprovechamiento.



“11.1 De aquí a 2030, asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales.”

El proyecto contribuirá a un modelo de desarrollo más sostenible, disminuyendo la huella ecológica de la localidad y sentando las bases para una mejor relación entre la comunidad y su entorno natural. Este enfoque también puede abrir nuevas oportunidades para la educación ambiental, la participación comunitaria y la generación de empleos verdes vinculados al manejo y tratamiento de residuos.

El tratamiento de los residuos cloacales resulta ser un servicio básico al cual deberían poder acceder todas las personas. Este proyecto permitirá un correcto tratamiento de los mismos para todas las personas de la zona, generando un entorno más sostenible.

12.2. Impactos positivos

Beneficios ambientales

- Disminución de la contaminación ambiental: al mejorar las condiciones del líquido a verter sobre el cuerpo receptor se busca evitar el agotamiento de oxígeno en el

mismo, lo que previene la muerte de fauna acuática y el deterioro de los ecosistemas acuáticos.

Beneficios socioeconómicos

- Generación de empleo: tanto la construcción de la planta de tratamiento de líquidos cloacales como su conducción abrirán la posibilidad de generar puestos de trabajo en distintas áreas.
- Concientización ambiental: se desarrollará un plan que tiene como objetivo promover el consumo responsable y la reducción, reutilización y reciclaje de los residuos en las escuelas mediante el establecimiento de sistemas de separación en origen y recolección diferenciada.

Beneficios para la salud pública

- Reducción de enfermedades: el agua contaminada utilizada para consumo, recreación o riego, podría producir enfermedades tales como Hepatitis A, Gastroenteritis bacteriana y viral, Cólera. Al disminuir la contaminación del curso de agua se reducen las posibilidades de contraer dichas enfermedades.

12.3 Impactos negativos

Impacto ambiental durante la construcción

- Al realizarse la construcción en un espacio natural se pueden generar alteraciones temporales del suelo, pérdida de vegetación y afectación de la fauna local.
- Emisiones de polvo y ruidos molestos debido al trabajo que realizan las maquinarias.

Emisión de malos olores

- Ante un mantenimiento inadecuado o fallos en el sistema las lagunas de estabilización podrían generar olores desagradables. Para no permitir que esto suceda debe evitarse la acumulación excesiva de lodos, respetando la frecuencia de extracción. Como posible medida de mitigación podría plantearse la colocación de barreras forestales, es decir, plantar árboles nativos que ayuden a dispersar y filtrar posibles olores.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El anteproyecto desarrollado en esta etapa para la localidad de Oliveros se considera un importante avance en cuanto a sistemas de saneamiento, aprovechamiento energético y educación ambiental. Mediante un enfoque interdisciplinario, se ha desarrollado un diseño que contempla la construcción de una planta con lagunas de estabilización, un biodigestor, un galpón de almacenamiento, y la infraestructura vial y administrativa necesaria para el buen funcionamiento de la planta.

A través de un análisis detallado del contexto local, la situación actual evidencia la ausencia de red cloacal sumamente necesaria, el uso extendido de pozos ciegos y la dependencia de un relleno sanitario con múltiples denuncias por contaminación. Estos factores refuerzan la necesidad de adoptar alternativas descentralizadas y sostenibles que garanticen la protección del ambiente y de la salud pública.

La falta de infraestructura sanitaria básica representa una deuda histórica para los habitantes de la región, que sufren en primera persona las consecuencias directas del vertido de los líquidos cloacales sin previo tratamiento sobre el Río Carcarañá y cunetas cercanas. Llevar a cabo este tratamiento resulta fundamental para garantizar un entorno saludable no solo para las generaciones presentes sino también para las futuras.

Por otra parte, el proyecto visibiliza la problemática relacionada con la generación de residuos. Actualmente se generan grandes volúmenes de desechos que son destinados a rellenos sanitarios que se encuentran saturados y sobrecargados, como es el caso del relleno ubicado en la localidad de Ricardone. El anteproyecto busca disminuir dicho volumen promoviendo la separación de residuos en origen, especialmente la fracción orgánica, y que como consecuencia permita obtener energía a través del biodigestor. Para lograr dicho objetivo resulta fundamental impulsar la participación ciudadana, para esto se desarrollarán proyectos educativos y culturales que tengan como objetivo enseñar sobre clasificación de residuos y reciclaje.

Una de las pautas fundamentales del proyecto es que el mismo resulta replicable y una oportunidad para un nuevo paradigma de gestión. Si bien la planta de tratamiento de líquidos cloacales y el biodigestor se desarrollaron para la localidad de Oliveros, la misma podría servir de referencia para ciudades o pueblos que se encuentren en una situación similar. Además es importante destacar que la materialización del proyecto no requiere grandes inversiones en tecnología ni mano de obra especializada.

La ejecución de este anteproyecto ha representado una experiencia desafiante pero muy enriquecedora tanto a nivel técnico como interdisciplinario, donde se logró integrar conocimientos de diversas áreas para desarrollar una propuesta integral acorde a las necesidades de la localidad de Oliveros.

Recomendaciones a considerar

➤ Lagunas de estabilización

Dentro de las recomendaciones de proyecto, surge la posibilidad de analizar una opción diferente a las lagunas de estabilización, como lo son los lechos percoladores. Si bien el sistema de lagunas resulta adecuado para contextos comunales o rurales debido a su bajo costo de implementación y mantenimiento, la eficiencia depuradora de las mismas

presenta ciertas limitaciones frente a tecnologías más avanzadas en la actualidad como por ejemplo los lechos percoladores.

En particular, las lagunas requieren mayores extensiones de terreno, dependen fuertemente de las condiciones climáticas y presentan ciertas dificultades para cumplir de forma continua con normativas de vuelco más exigentes. Por el contrario, los lechos percoladores, si bien presentan mayores requerimientos técnicos y operativos, ocupan menor espacio en superficie, permiten una remoción más eficiente de carga orgánica y una mejor adaptación a variaciones de caudales, optimizando así el rendimiento del sistema en escenarios de crecimiento poblacional o mayores limitaciones ambientales. Por su parte, también resulta fácilmente adaptable a los sistemas de red cloacal, tal como se supone su ejecución a futuro en Oliveros.

Por lo tanto, si bien la propuesta actual es viable para la situación inicial de Oliveros, resulta necesario considerar a futuro una posible evolución hacia tecnologías de mayor eficiencia conforme se amplíe la cobertura cloacal y la carga contaminante aumente.

Por otra parte en caso que se desee avanzar con el aprovechamiento del biogás generado por las lagunas, será necesario recalcular y replantear las mismas orientadas a cumplir la doble funcionalidad requerida: depurar el líquido cloacal y generar un volumen de biogás suficiente que justifique la inversión. Para ello será fundamental que se dimensionen para albergar los volúmenes correspondientes y además garantizar las condiciones suficientes suponiendo su comportamiento como un biodigestor, con una profundidad y tiempo de retención adecuados que aseguren la eficiencia en la producción de biogás.

➤ Estudio geotécnico

Además, en caso de avanzar con la ejecución del proyecto se recomienda fervientemente realizar un estudio de suelo específico del terreno donde se implantará la obra. Si bien el anteproyecto se apoya en estudios realizados en una zona cercana, resulta fundamental contar con un relevamiento detallado del sitio de implantación. Esto se debe a la necesidad de contar con datos que reflejen adecuadamente las características estratigráficas, la capacidad portante del suelo y la profundidad de la napa freática, a fin de garantizar la estabilidad, seguridad y durabilidad de las obras.

Por otra parte, si bien se determinó que el coeficiente de permeabilidad del suelo es lo suficientemente bajo para evitar revestir la superficie de las lagunas se recomienda incorporar medidas de pretratamiento con el objetivo de evitar que estos líquidos, que aún no han sido completamente tratados, se infiltren en el terreno y contaminen la napa freática.

➤ Biodigestor

El correcto funcionamiento del sistema de biodigestión se encuentra fuertemente vinculado a una gestión apropiada y eficiente por parte del gobierno comunal. Por un lado será necesario establecer medidas para lograr concientizar a los habitantes acerca de la separación de la fracción orgánica en los hogares y los resultados que esto implica, fundamentalmente el desarrollo social involucrado.

Por otro lado también será fundamental una adecuada capacitación del personal destinado al manejo de este sector, en pos de garantizar las condiciones necesarias para

la alimentación, operación y gestión del sistema. Cualquier acción equivocada o accidental por ejemplo en la carga del biodigestor o el mezclado de los sustratos puede alterar severamente el funcionamiento del proceso de biodigestión, lo que podría ocasionar fallas en la obtención final de biogás y por ende implicaría el reinicio de su puesta en marcha.

En cuanto a las cuestiones constructivas del mismo, el biogás puede resultar muy tóxico y corrosivo, por lo que es necesario dimensionar una estructura que resulte lo más hermética posible. Esto se logra por medio del revestimiento con materiales adecuados, y además garantizando una condición estructural tal que evite las fugas o escapes del mismo, mediante un cálculo de armaduras y espesores correctos que eviten la fisuración del recinto. Además se recomienda garantizar una correcta ventilación y seguridad en el sector de post-tratamiento del biogás, debido al alto potencial explosivo que presenta el mismo.

14. BIBLIOGRAFÍA

- ENOHS. (2001). *Guía para el diseño de lagunas de estabilización*. Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (2005). *Reglamento CIRSOC 201: Proyecto de estructuras de hormigón armado*. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (2005). *Reglamento CIRSOC 102: Acciones en las estructuras*. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (2018). *Reglamento CIRSOC 301: Proyecto de estructuras de acero*. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.
- Ley Provincial 11.220: “Prestación y regulación de los servicios sanitarios - Anexo B” (1994).
- Resolución N° 1089/82: “Reglamento para el control del vertimiento de líquidos residuales”. Santa Fe, Argentina.
- Proyecto II, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA), Universidad Nacional de Rosario (UNR). “Crecimiento de la Población”
- Ingallinella, Fernández, et al (1999). “*Lagunas de estabilización para descarga de líquidos de camiones atmosféricos*”. Centro de Ingeniería Sanitaria. Universidad Nacional de Rosario.
- Fernández Rubén, “Tratamiento de Líquidos Cloacales: Lagunas de Estabilización”. Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA), Universidad Nacional de Rosario (UNR).
- Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA), Universidad Nacional de Rosario (UNR). “Residuos Sólidos Urbanos”.
- ERA Verde, Silvio Méndez (3 de octubre, 2018). “Cómo Cerrito pasó a producir 33.000 garrafas de biogás”.
<https://eraverde.com.ar/como-cerrito-paso-a-producir-33-000-garrafas-de-biogas/>
- Colombo Clara Victoria y Soldano Silvio (2024). “Diseño de biodigestores - Biblogas”
- Colombo Clara Victoria y Soldano Silvio (2024). “Tipos de biodigestores - Biblogas”
- Riquelme Monar Castillo, Ulises (2009). “Diseño de un Biodigestor para una Finca del Recinto San Luis de las Mercedes del Cantón LAs Naves - Provincias de Bolívar” www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13521/4/D-42656.pdf
- Baez Cazares y Benitez Olives (2015). “Diseño y construcción de un biodigestor tipo campana flotante con la utilización de desechos porcinos para la finca El Recuerdo”.
dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11470/3/UPS-KT01209.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Buenos Aires, Argentina (2019). “GUÍA TEÓRICO-PRÁCTICA SOBRE EL BIOGÁS Y LOS BIODIGESTORES”
- Martínez Meyer, Marcela Raquel (2008). “*Análisis comparativo de las lagunas de estabilización de la EAP, bajo condiciones anaeróbicas con fines energéticos*”. Universidad de Zamorano, Honduras.
bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/a1e7a81f-e4e3-4f5d-9207-1644ae498bed/content
- Naciones Unidas (2015). “Objetivos de desarrollo sostenible”.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Orsolini, H.E; Zimmerman, E.D; Basile, P.A. (2000) “Hidrología: procesos y métodos”. Universidad Nacional de Rosario, Argentina.

- Pilatti, M. A.; Alesso, Carlos Agustín ; Felli, O.; Gasparotti, E (2014). "Uso de lodos de depuradora sobre suelos de baja productividad en Santa Fe (Argentina)". Universidad Nacional del Litoral, Argentina.
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/8952>
- Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) (2023). "Agua para consumo humano"
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Duque Escobar, Gonzalo y Escobar P., Carlos Enrique. Universidad Nacional de Colombia (2016). "Anexo: Tablas y Cuadros de Geomecánica"
https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57121/anexo.tablasycuadrosdegeomec%C3%A1nica.pdf?utm_source=chatgpt.com
- IRE (12/09/2015). "Oliveros: cada vez más cerca el servicio de cloacas".
<https://www.informacionregional.com.ar/oliveros/oliveros-cada-vez-mas-cerca-el-servicio-de-cloacas-2568.html>
- INFO+ Noticias (27/11/2023). "Oliveros: Chiminello presento el proyecto para financiar la obra de cloacas".
<https://infomasnoticias.com/index/2023/11/27/oliveros-chiminello-presento-el-proyecto-para-financiar-la-obra-de-cloacas/>.
- Taller Ecologista (13/08/2023). "Cartón lleno: el relleno de Ricardone libera líquidos contaminantes al ambiente".
<https://tallerecologista.org.ar/carton-lleno-el-relleno-de-ricardone-libera-liquidos-contaminantes-al-ambiente/>
- Taller Ecologista (12/12/2024). "El oficialismo sigue postergando compromisos concretos para enterrar menos residuos".
<https://tallerecologista.org.ar/el-oficialismo-sigue-postergando-compromisos-concretos-para-enterrar-menos-residuos/>.
- Taller Ecologista (30/04/2025). "El basural de Ricardone continua contaminando el ambiente y las autoridades siguen sin reaccionar".
<https://tallerecologista.org.ar/el-basural-de-ricardone-continua-contaminando-el-ambiente-y-las-autoridades-siguen-sin-reaccionar/>
- Radio UNR (05/05/2025). "Advierten que el basural de Ricardone continúa contaminando el ambiente".
<https://radio.unr.edu.ar/2025/05/05/advierten-que-el-basural-de-ricardone-continua-contaminando-el-ambiente/>
- El Ciudadano (06/05/2025). "Alertan por contaminación desde el basural de Ricardone hacia arroyos y el Paraná".
<https://elciudadanoweb.com/alertan-por-contaminacion-desde-el-basural-de-ricardone-hacia-arroyos-y-el-parana/>
- B. M. Das, "Fundamentos de ingeniería de cimentaciones", 7ª ed., México, D.F.: Cengage Learning Editores (2012).
- Brinch Hansen, J, "A revised and extended formula for bearing capacity", Danish Geotechnical Institute, Copenhagen (1970).
- Bowles, j. e., "Foundation analysis and design", 5th edition, McGraw-Hill. (1997).
- Ing. O. Moller, "Hormigón Armado. Conceptos básicos y diseño de elementos con aplicación del reglamento CIRSOC 201-2005".
- Ley Provincial N° 11730: "Áreas de riesgo hídrico" (2000).

15. LEGAJO DE PLANOS

PLANO 01: UBICACIÓN DEL ANTEPROYECTO.

PLANO 02: LAYOUT GENERAL.

PLANO 03: DINÁMICA HÍDRICA.

PLANO 04: TRATAMIENTO DE LÍQUIDOS CLOACALES.

PLANO 05.a: PERFIL TIPO DE OBRA BÁSICA Y PAVIMENTOS.

PLANO 05.b: DISEÑO DE JUNTAS - PAVIMENTO RÍGIDO.

PLANO 06.a: BIODIGESTOR - PLANO DE DETALLE.

PLANO 06.b: BIODIGESTOR - PLANO DE ARMADURAS.

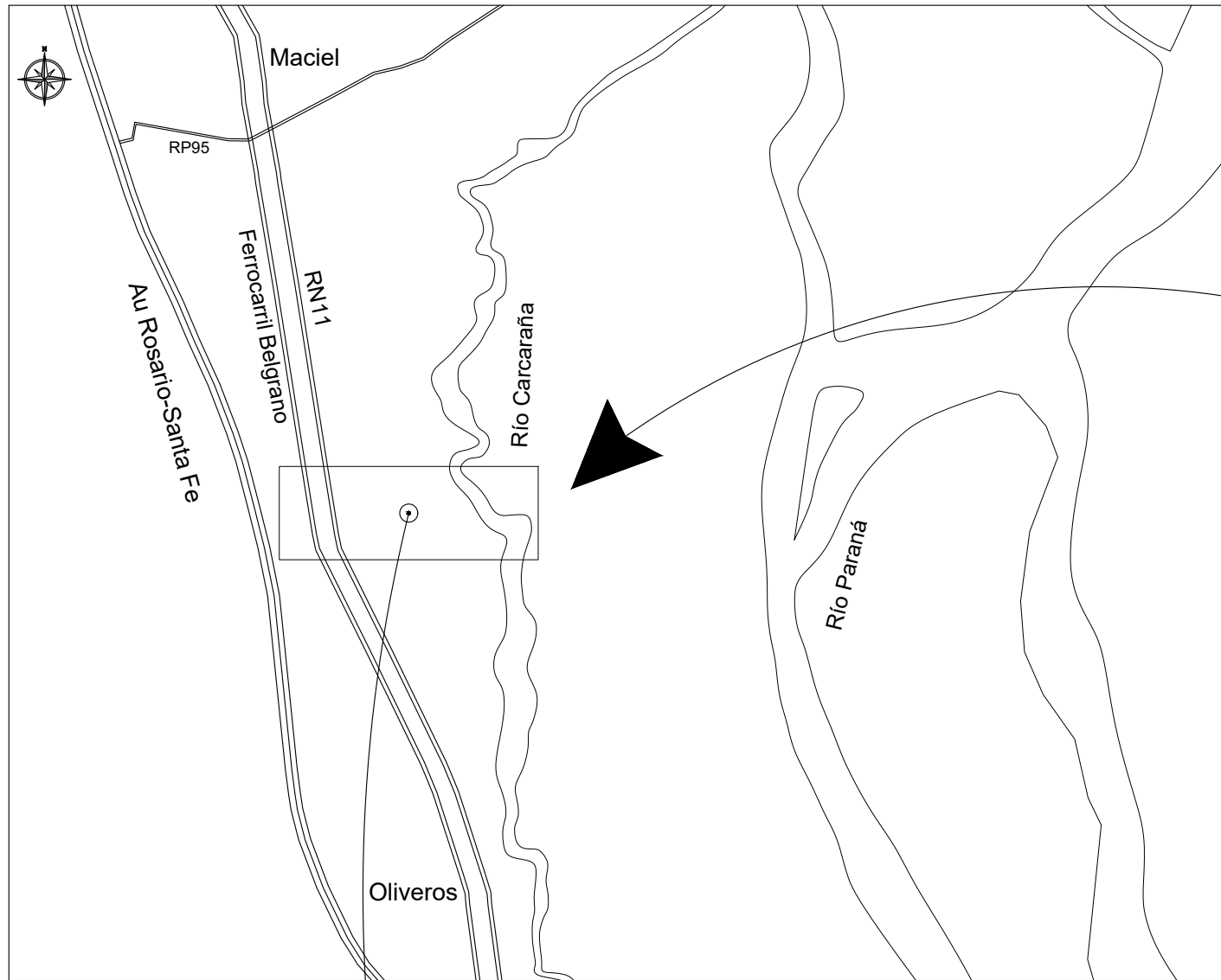
PLANO 07.a: GALPÓN DE ALMACENAMIENTO - ESTRUCTURA.

PLANO 07.b: GALPÓN DE ALMACENAMIENTO - ESTRUCTURA.

PLANO 07.c: GALPÓN DE ALMACENAMIENTO - BASES.

PLANO 07.d: GALPÓN DE ALMACENAMIENTO - ESTRUCTURA.

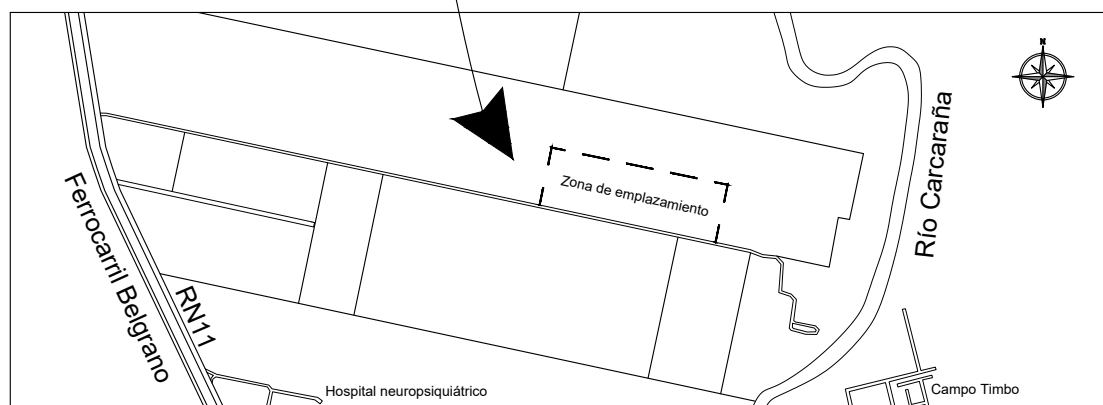
PLANO 08: NÚCLEO ADMINISTRATIVO.



UBICACIÓN DEL TERRENO. Escala 1:125000



PROVINCIA DE SANTA FE. Escala 1:8000000





ZONA DE EMPLAZAMIENTO DE LA OBRA. Escala 1:24000

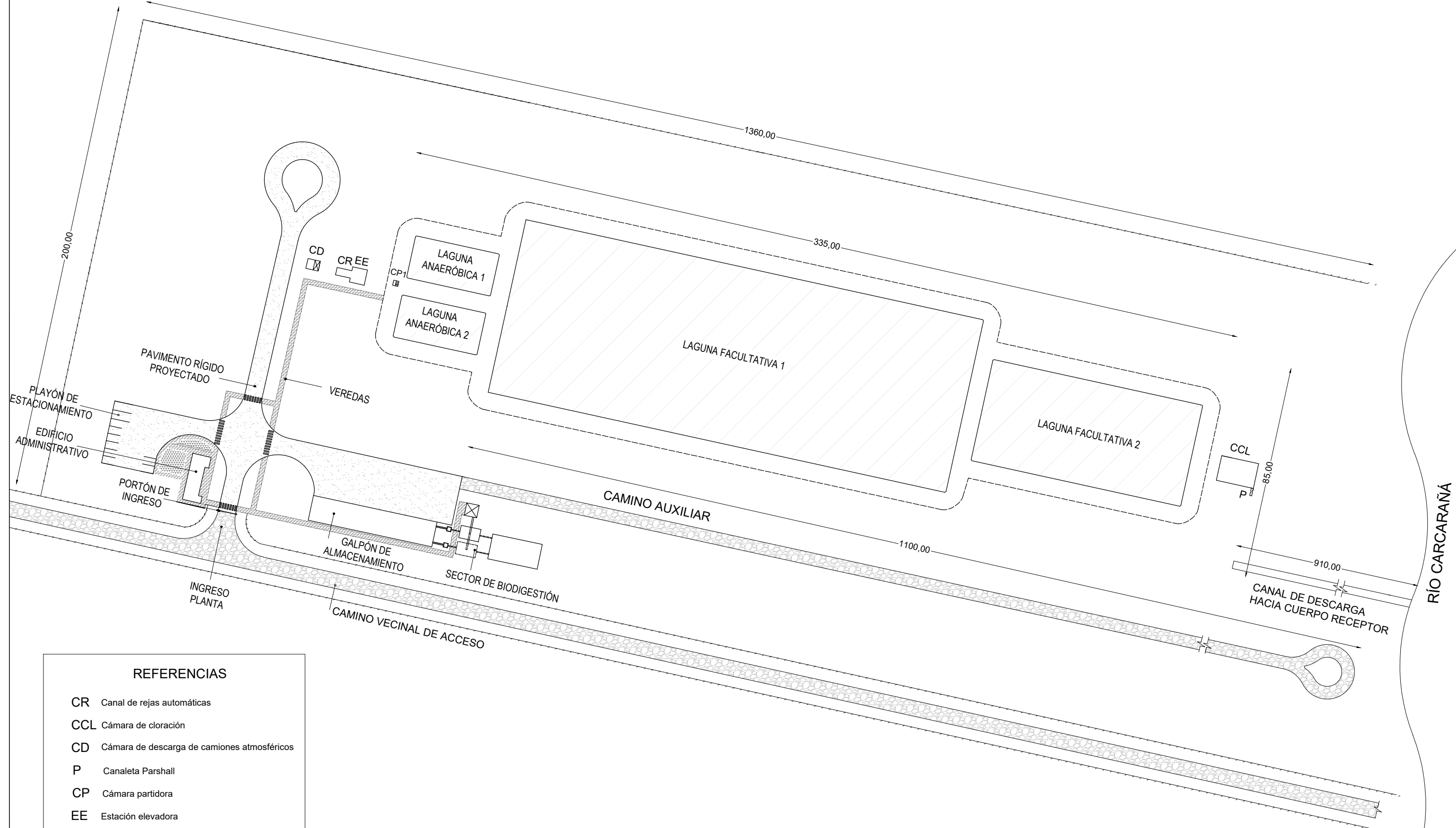


IMAGEN SATELITAL DE LA ZONA. Escala 1:37000



LISTADO DE PLANOS:

- PLANO 01: UBICACIÓN DEL TERRENO
- PLANO 02: LAYOUT GENERAL
- PLANO 03: DINÁMICA HIDRÁULICA
- PLANO 04: TRATAMIENTO DE LÍQUIDOS CLOCALES
- PLANO 05: PAVIMENTO Y PERFILES TIPO
- PLANO 06: BIODIGESTOR
- PLANO 07: GALPONES DE ALMACENAMIENTO
- PLANO 08: NÚCLEO ADMINISTRATIVO

		PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD DE ROSARIO		
		PROYECTO INTEGRAL OLIVEROS Obras de saneamiento y aprovechamiento energético		
PLANO N° 01	UBICACIÓN DEL ANTEPROYECTO			
FECHA 25/07/2025	ESCALA Indicadas	REVISIÓN R02		

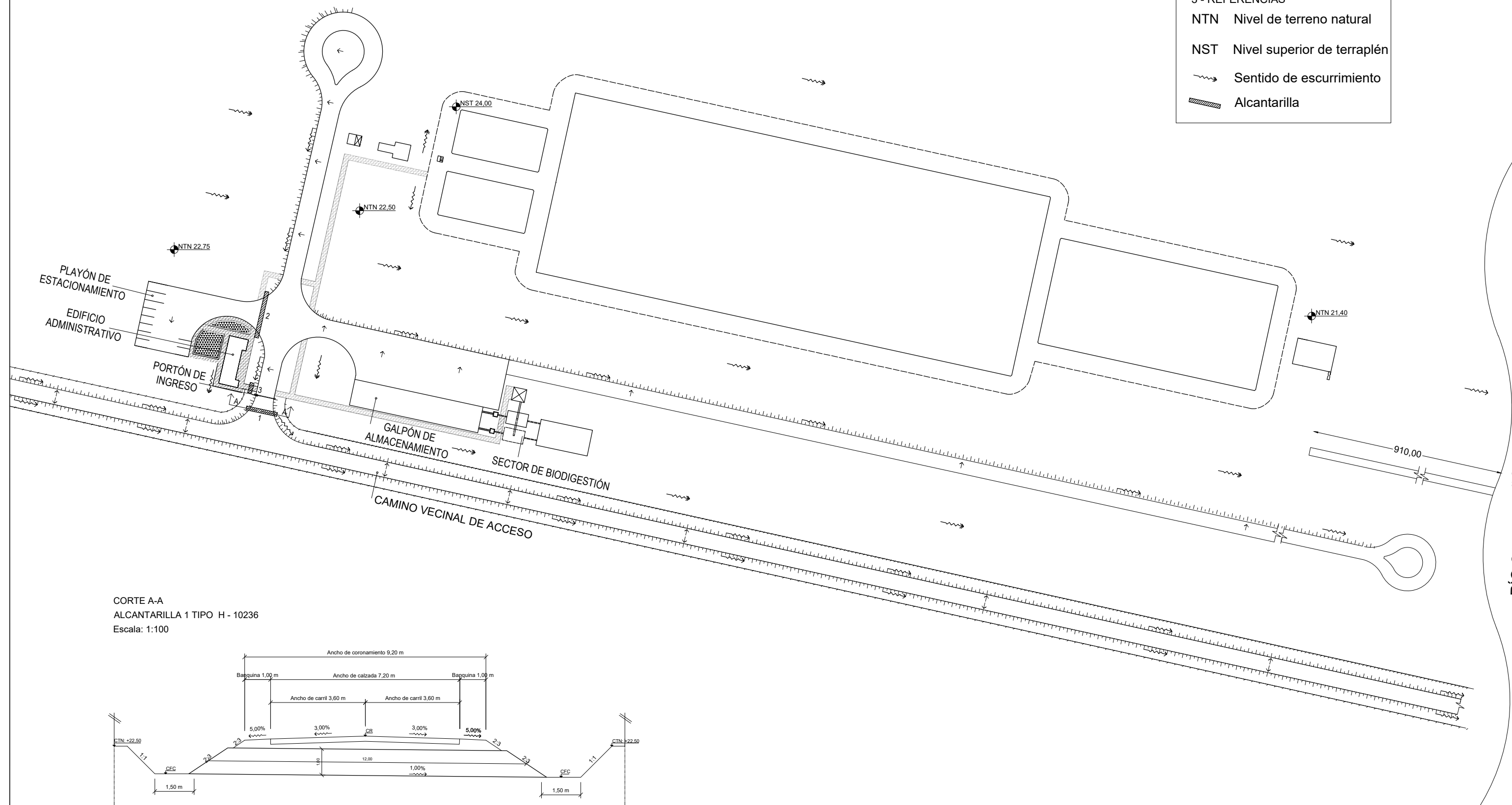


REFERENCIAS	
CR	Canal de rejas automáticas
CCL	Cámara de cloración
CD	Cámara de descarga de camiones atmosféricos
P	Canaleta Parshall
CP	Cámara partidora
EE	Estación elevadora

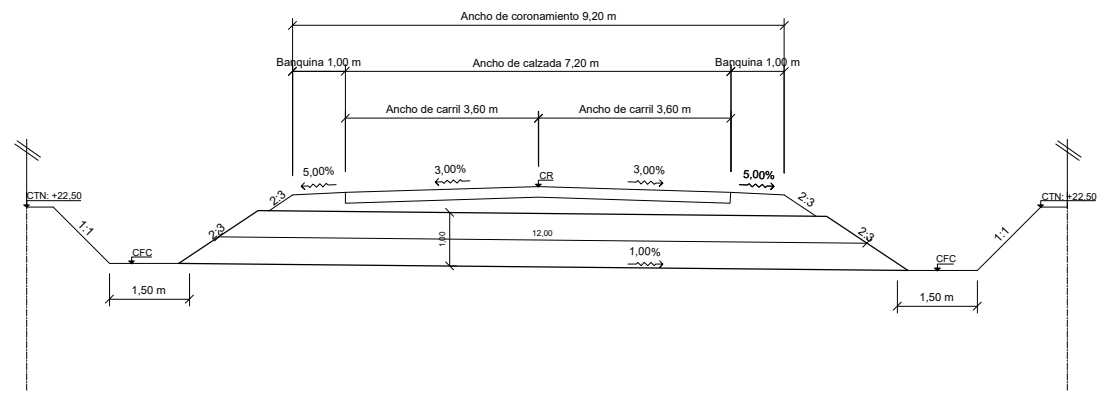
 PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD DE ROSARIO		
ANTEPROYECTO INTEGRAL OLIVEROS Obras de tratamiento de líquidos cloacales y aprovechamiento energético mediante biodigestores.		
PLANO N° 02	LAYOUT GENERAL	INTEGRANTES -Demestri, Lara Belén -Fassina, Joaquín -Abalachiño, Manuel -Pieroli, Clara
FECHA 25/07/2025	ESCALA 1:1000	REVISIÓN R02



NOTAS	
1 -	MEDIDAS EN METROS
2 -	COTAS REFERENCIADAS AL IGN
3 -	REFERENCIAS
NTN	Nivel de terreno natural
NST	Nivel superior de terraplén
	Sentido de escurrimiento
	Alcantarilla



CORTE A-A
 ALCANTARILLA 1 TIPO H - 10236
 Escala: 1:100



CORTE A-A

	PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD DE ROSARIO		
	ANTEPROYECTO INTEGRAL OLIVEROS Obras de tratamiento de líquidos cloacales y aprovechamiento energético mediante biodigestores.		
PLANO N° 03	FECHA 25/07/2025	ESCALA 1:1000	REVISIÓN R02
INTEGRANTES -Demestri, Lara Belén -Fassina, Joaquín -Abelachino, Manuel -Pieroli, Clara			

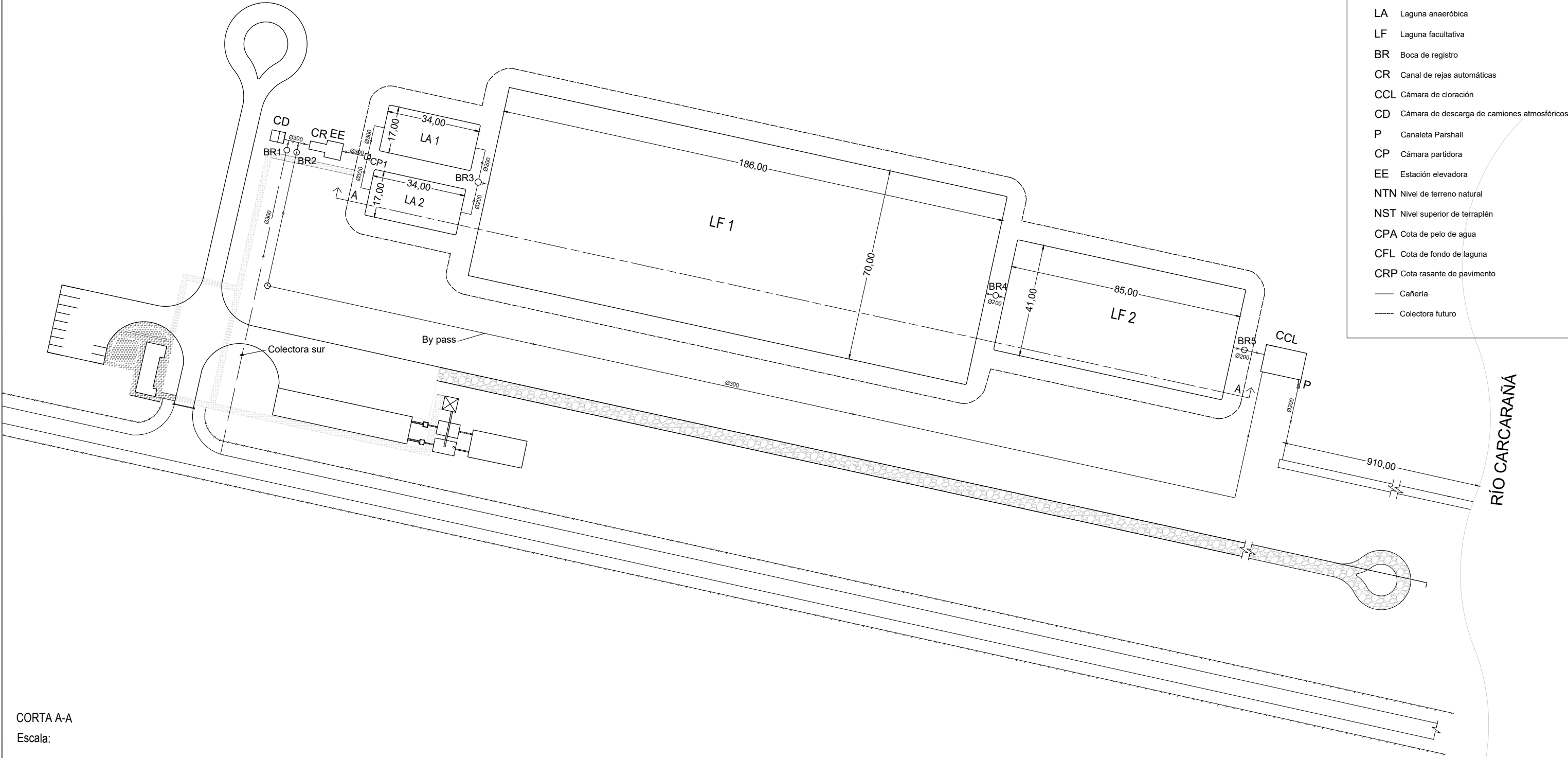


NOTAS

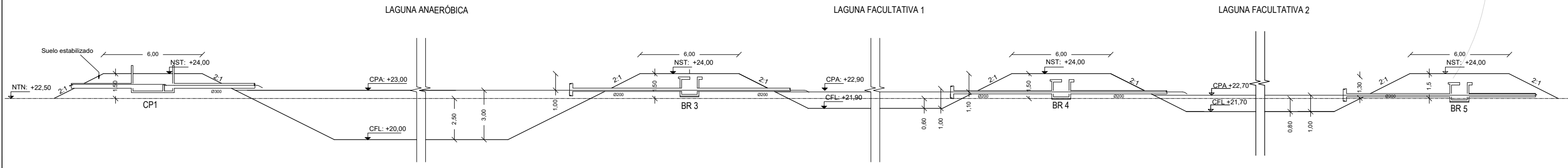
1 - MEDIDAS EN METROS

2 - REFERENCIAS

- LA Laguna anaeróbica
- LF Laguna facultativa
- BR Boca de registro
- CR Canal de rejas automáticas
- CCL Cámara de cloración
- CD Cámara de descarga de camiones atmosféricos
- P Canaleta Parshall
- CP Cámara partidora
- EE Estación elevadora
- NTN Nivel de terreno natural
- NST Nivel superior de terraplén
- CPA Cota de pelo de agua
- CFL Cota de fondo de laguna
- CRP Cota rasante de pavimento
- Cañería
- - - Colectora futuro

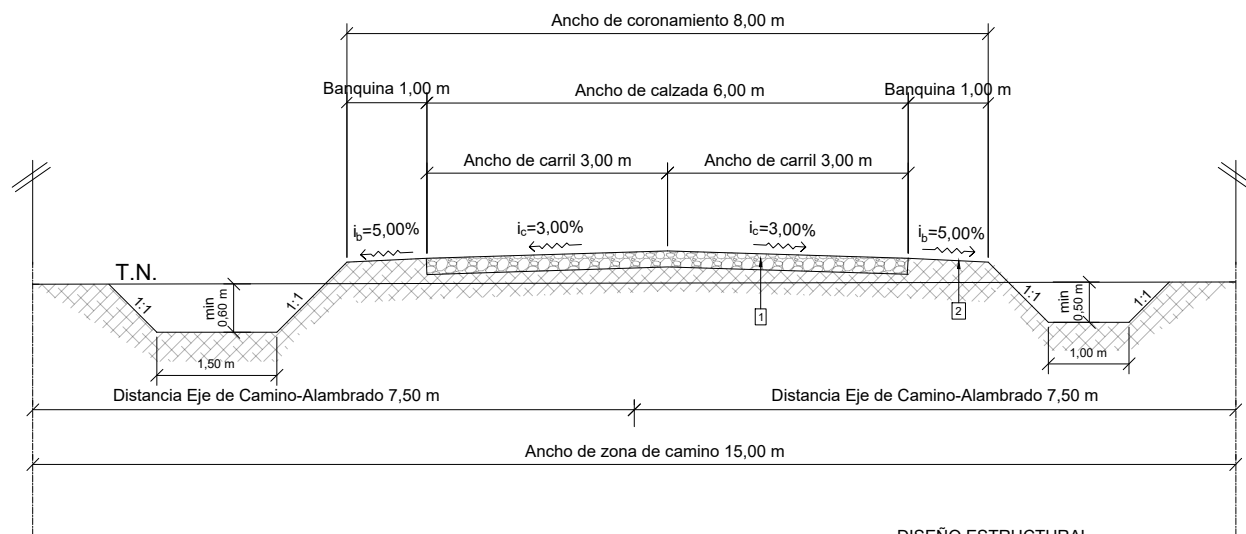


CORTA A-A
Escala:



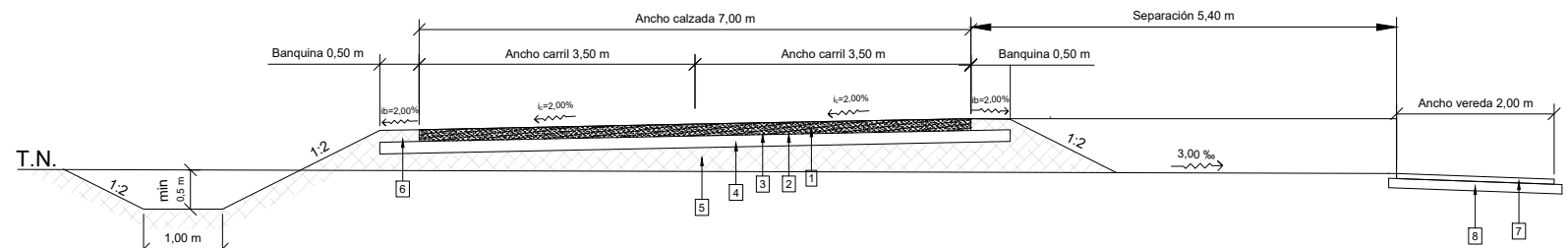
PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD DE ROSARIO				
ANTEPROYECTO INTEGRAL OLIVEROS Obras de tratamiento de líquidos cloacales y aprovechamiento energético mediante biodigestores.				
PLANO N° 04	DINÁMICA HÍDRICA	FECHA 25/07/2025	ESCALA 1:1000	
		REVISIÓN R02	INTEGRANTES -Demestri, Lara Belén -Fassina, Joaquín -Abelachino, Manuel -Pieroli, Clara	

CORTE A-A



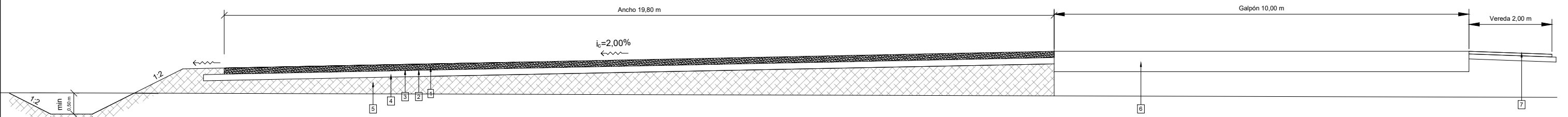
- DISEÑO ESTRUCTURAL
- 1 ENRIPIADO, ESPESOR 0,15M.
 - 2 EMPASTADO VERDE DE BANQUINAS Y CUNETAS.

CORTE B-B



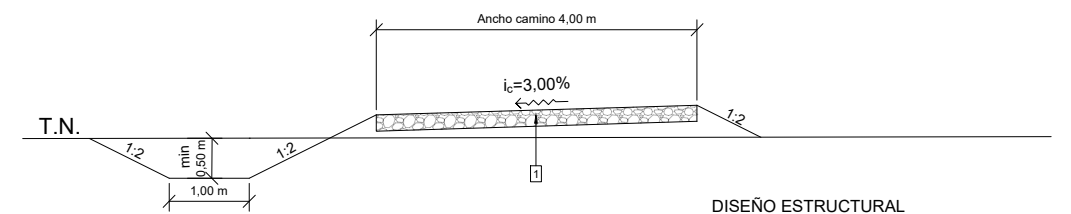
- DISEÑO ESTRUCTURAL
- 1 LOSA DE HORMIGÓN H-30, RESISTENCIA A FLEXIÓN 4,5 MPA, ANCHO 7.00 M, ESPESOR 0.18 M.
 - 2 MEMBRANA ANTIADHERENTE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD
 - 3 RIEGO DE CURADO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA RÁPIDA A RAZÓN DE 1L/M2, ANCHO 8.00 M/10.00 M
 - 4 ESTABILIZADO SUELO-CEMENTO, ANCHO 8.00 M, ESPESOR 0.15 M.
 - 5 SUBRASANTE DE SUELO TRATADO CON CAL
 - 6 BANQUINA DE SUELO COMPACTADO, ANCHO 1.00 M
 - 7 VEREDA DE HORMIGÓN H-20, ANCHO 2.00 M, ESPESOR 0.08 M.
 - 8 BASE GRANULAR DE VEREDA, ANCHO 2.20 M, ESPESOR 0.12 M.

CORTE C-C



- DISEÑO ESTRUCTURAL
- 1 LOSA DE HORMIGÓN H-30, RESISTENCIA A FLEXIÓN 4,5 MPA, ANCHO 7.00 M, ESPESOR 0.18 M.
 - 2 MEMBRANA ANTIADHERENTE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD
 - 3 RIEGO DE CURADO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA RÁPIDA A RAZÓN DE 1L/M2, ANCHO 8.00 M/10.00 M
 - 4 ESTABILIZADO SUELO-CEMENTO, ANCHO 8.00 M, ESPESOR 0.15 M.
 - 5 SUBRASANTE DE SUELO SELECCIONADO CON COMPACTACIÓN ESPECIAL
 - 6 PISO GALPÓN DE ALMACENAMIENTO
 - 7 VEREDA DE HORMIGÓN H-20, ANCHO 2.00 M, ESPESOR 0,08 M.
 - 8 BASE GRANULAR DE VEREDA, ANCHO 2.20 M, ESPESOR 0,12 M.

CORTE D-D



- DISEÑO ESTRUCTURAL
- 1 ENRIPIADO, ESPESOR 0,15M.

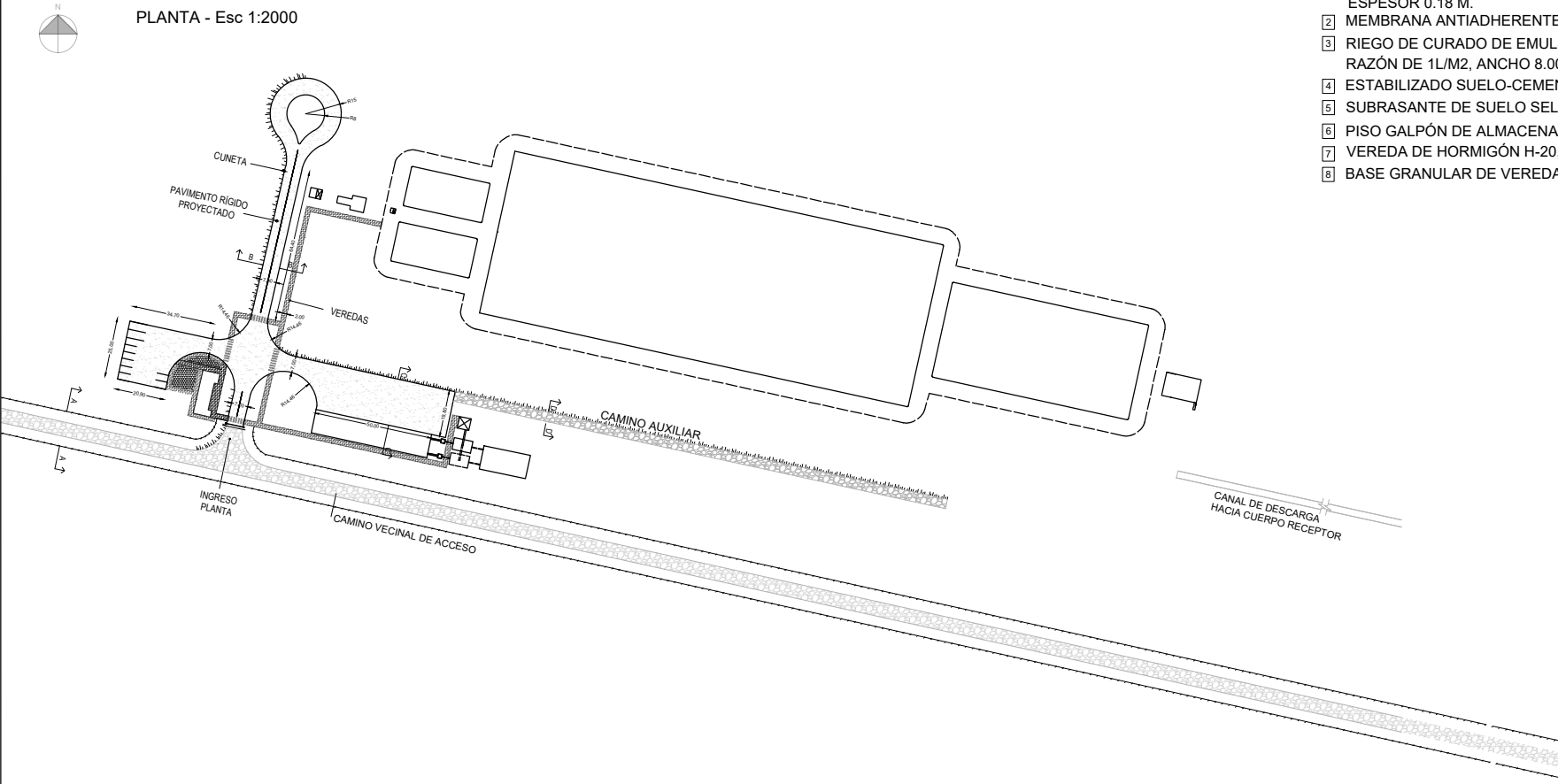
NOTAS

- 1 - MEDIDAS EN METROS
- 2- PROFUNDIDAD DE CUNETAS FIJA

REFERENCIAS

- HORMIGÓN H-30, RESISTENCIA A FLEXION 4,5 MPa
- ENRIPIADO

PLANTA - Esc 1:2000



PROYECTO IV
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA
UNIVERSIDAD DE ROSARIO

ANTEPROYECTO INTEGRAL OLIVEROS
Obras de tratamiento de líquidos cloacales y aprovechamiento energético mediante biodigestores.

INTEGRANTES
-Demestri, Lara Belén
-Fassina, Joaquín
-Abelascino, Manuel
-Pieroli, Clara

PLANO Nº **05.a**

FECHA 25/07/2025 ESCALA 1:100 REVISIÓN R02

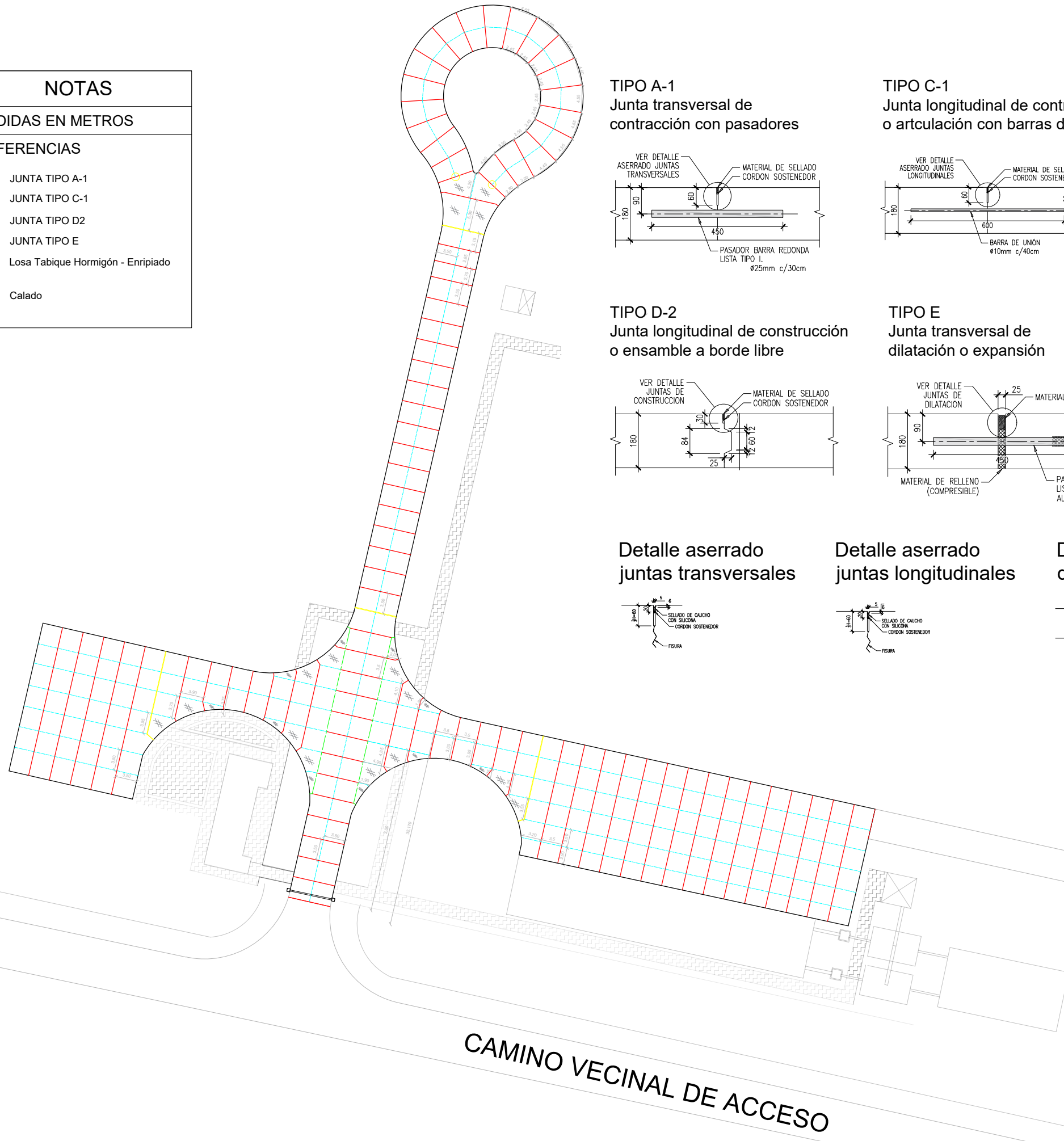
FCEIA

NOTAS

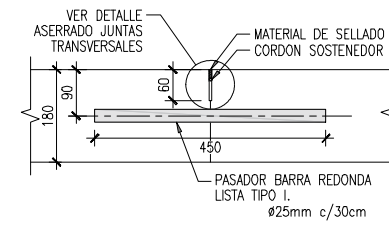
1 - MEDIDAS EN METROS

2 - REFERENCIAS

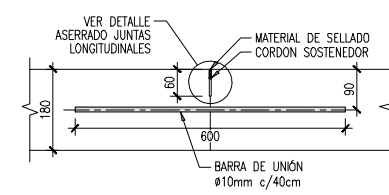
- JUNTA TIPO A-1
- JUNTA TIPO C-1
- JUNTA TIPO D2
- JUNTA TIPO E
- Losa Tabique Hormigón - Enripiado
- Calado



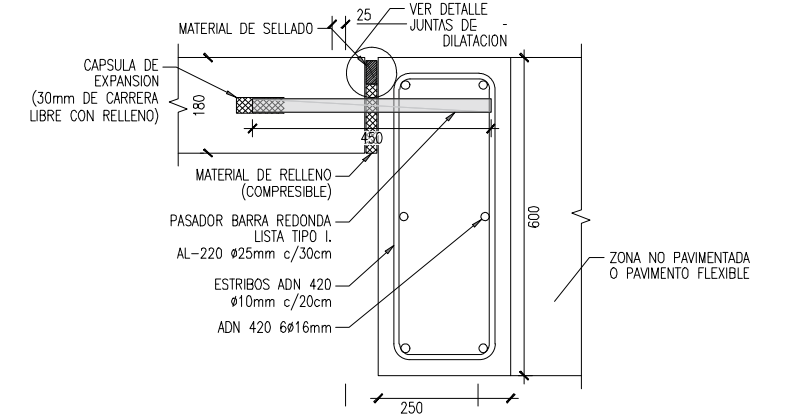
TIPO A-1
Junta transversal de contracción con pasadores



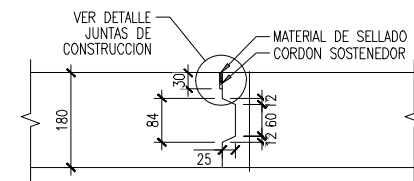
TIPO C-1
Junta longitudinal de contracción o articulación con barras de unión



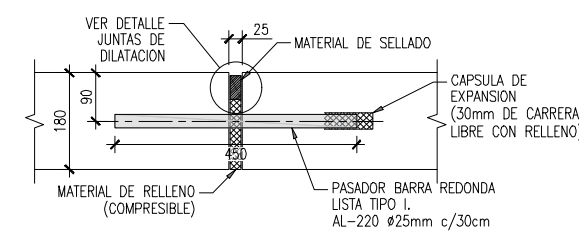
LOSA TABIQUE
Contra calzada no pavimentada



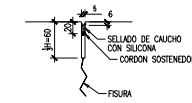
TIPO D-2
Junta longitudinal de construcción o ensamble a borde libre



TIPO E
Junta transversal de dilatación o expansión



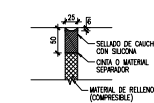
Detalle aserrado juntas transversales



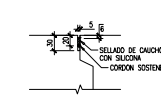
Detalle aserrado juntas longitudinales



Detalle juntas de dilatación



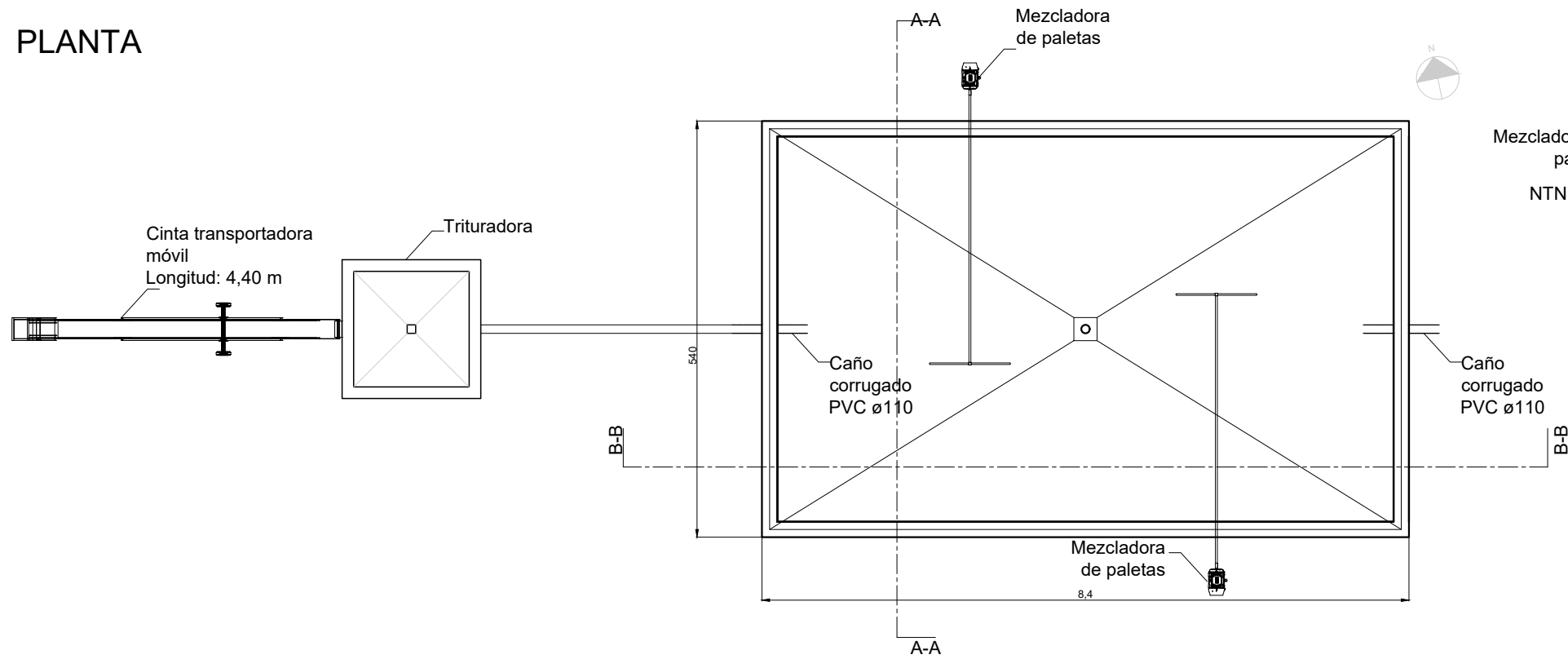
Detalle juntas de construcción



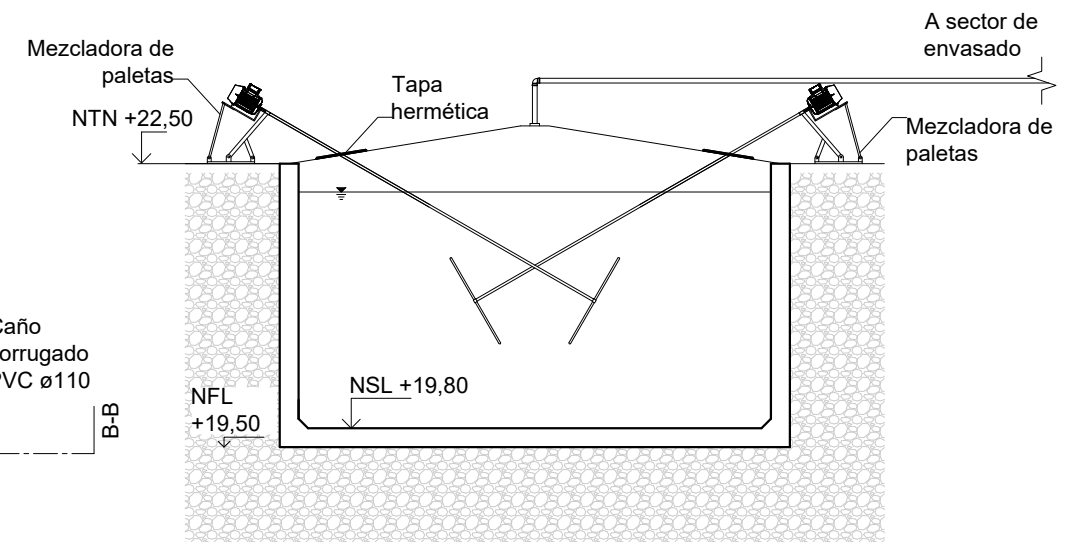
CAMINO AUXILIAR

CAMINO VECINAL DE ACCESO

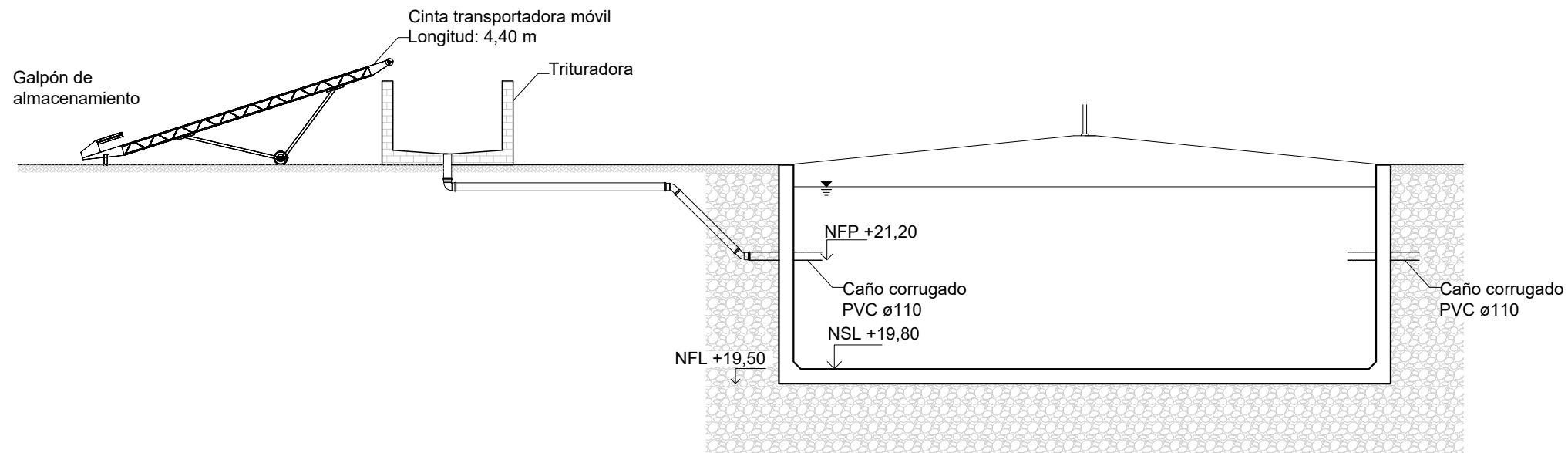
PLANTA





CORTE A-A

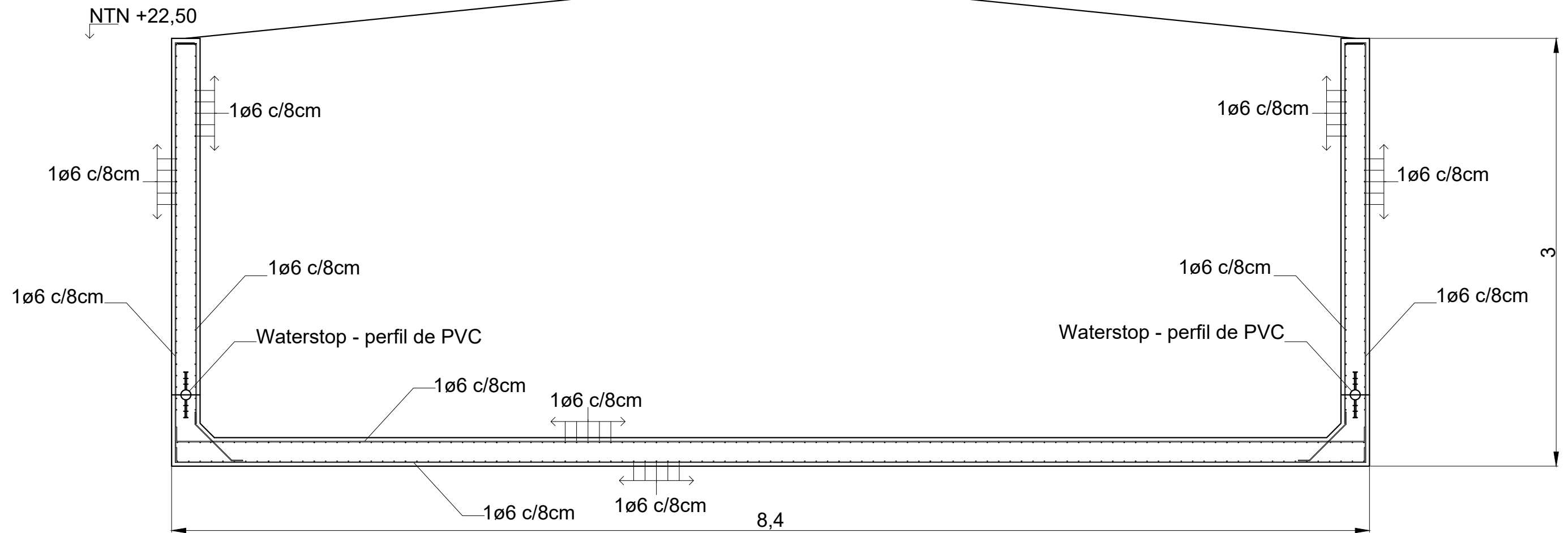


CORTE B-B



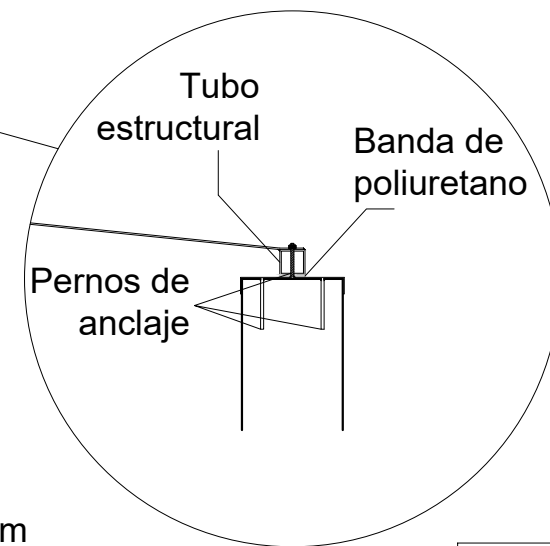
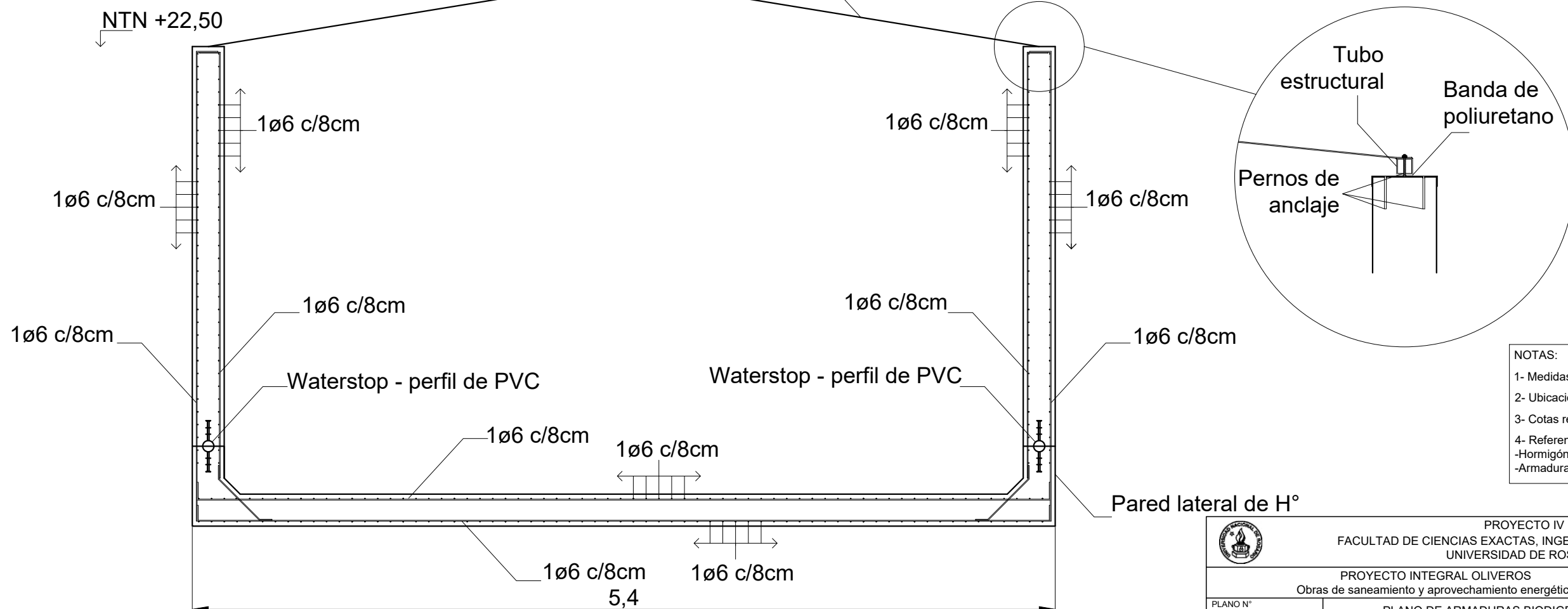
- NOTAS:**
- 1- Medidas en metros.
 - 2- Ubicación: "Sector de biodigestión" Plano 02.
 - 3- Cotas referidas al IGN.
 - 4- Referencias:
-Hormigón H-30.
-Armaduras de acero ADN420.

 PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD DE ROSARIO			
PROYECTO INTEGRAL OLIVEROS Obras de saneamiento y aprovechamiento energético			
PLANO N°	PLANO DE DETALLE BIODIGESTOR		
06.a	FECHA 25/07/2025	ESCALA 1:80	REVISIÓN R02
			INTEGRANTES -Demestri, Lara Belén -Fassina, Joaquín -Molachino, Manuel -Premoli, Clara





Cubierta de chapa galvanizada

DETALLE 1

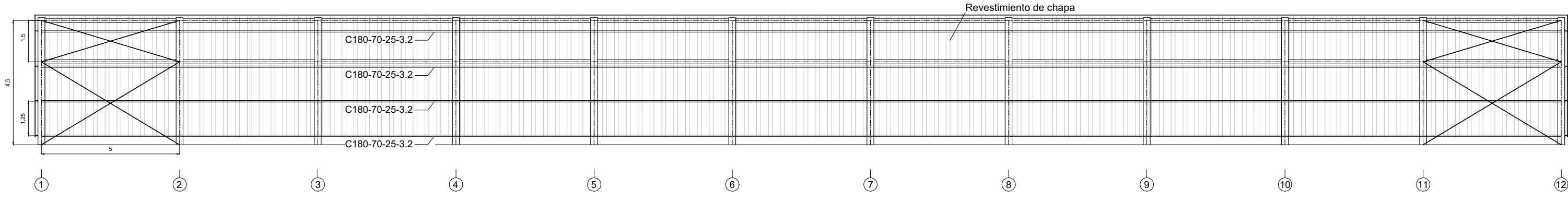


- NOTAS:
- 1- Medidas en metros.
 - 2- Ubicación: "Sector de biodigestión" Plano 02.
 - 3- Cotas referidas al IGN.
 - 4- Referencias:
-Hormigón H-30.
-Armaduras de acero ADN420.

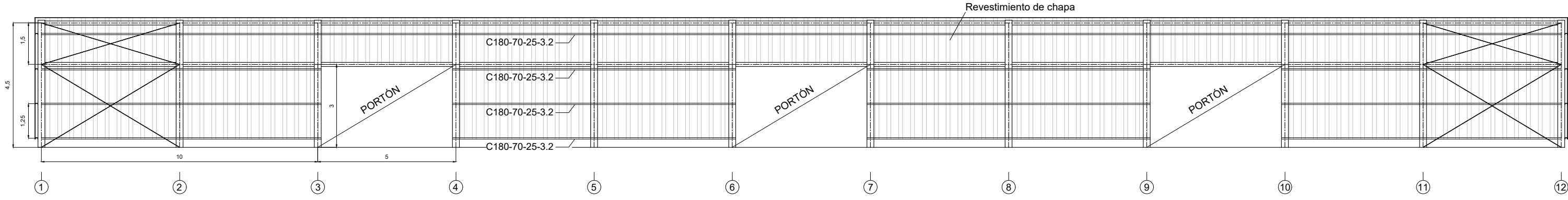
		PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD DE ROSARIO		
PROYECTO INTEGRAL OLIVEROS Obras de saneamiento y aprovechamiento energético		INTEGRANTES -Demestri, Lara Belén -Fassina, Joaquín -Molachino, Manuel -Premoli, Clara		
PLANO N° 06.b	FECHA 25/07/2025	ESCALA 1:30	REVISIÓN R02	PLANO DE ARMADURAS BIODIGESTOR



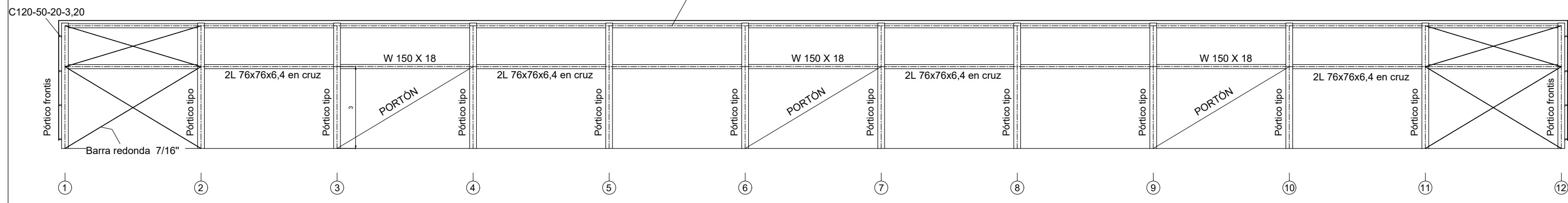
VISTA LATERAL



VISTA LATERAL



CORTE LATERAL



- REFERENCIAS:**
- (A) Eje de columna de frontis
 - (1) Eje de columna de pórtico principal

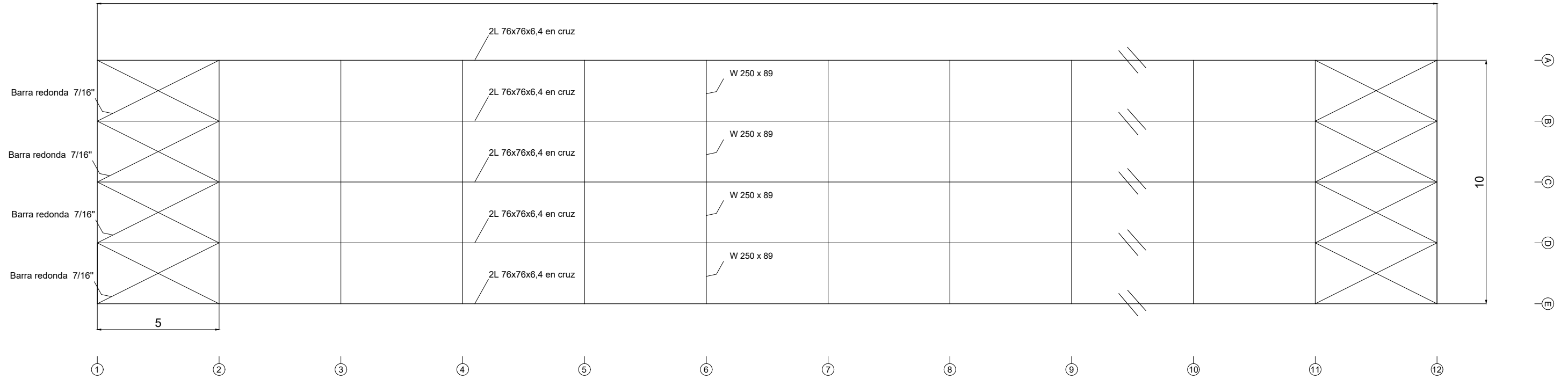
NOTAS:
 Ubicación: "Galpón de almacenamiento" - Plano 02.
 Medidas en metros
 Perfiles de acero calidad F-36
 Perfiles conformados (correas)
 Chapa trapezoidal T101 - espesor: 0,70 m

		PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD DE ROSARIO		
		PROYECTO INTEGRAL OLIVEROS Obras de saneamiento y aprovechamiento energético		
PLANO N° 07.a	FECHA 25/07/2025	ESCALA 1:150	REVISIÓN R02	GALPÓN DE ALMACENAMIENTO - ESTRUCTURA

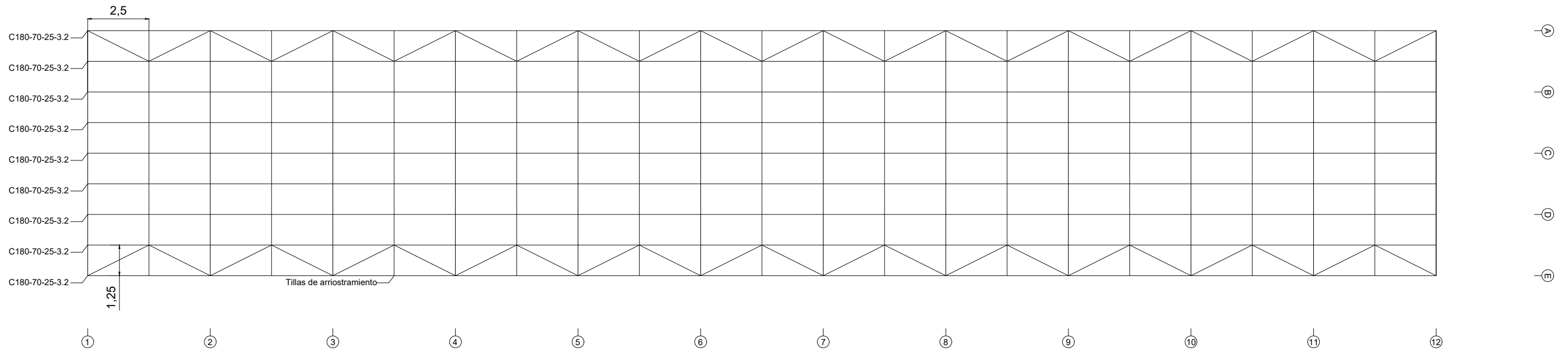


PLANTA

55



PLANTA



REFERENCIAS:

- (A) Eje de columna de frontis
- (1) Eje de columna de pórtico principal

NOTAS:

Ubicación: "Galpón de almacenamiento" - Plano 02.
 Medidas en metros
 Perfiles de acero calidad F-36
 Perfiles conformados (correas)
 Chapa trapezoidal T101 - espesor: 0,70 m

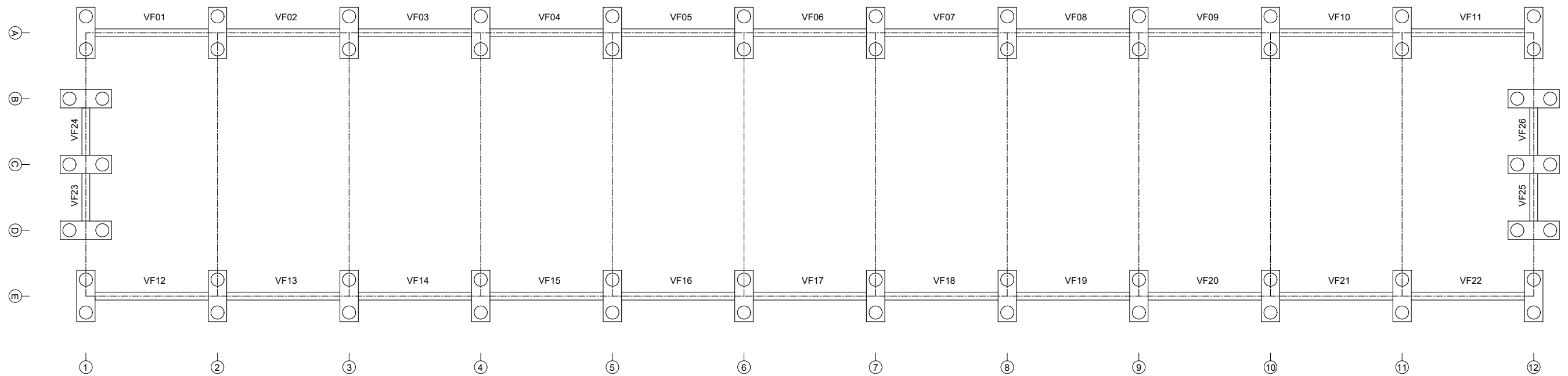


PROYECTO IV
 FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA
 UNIVERSIDAD DE ROSARIO

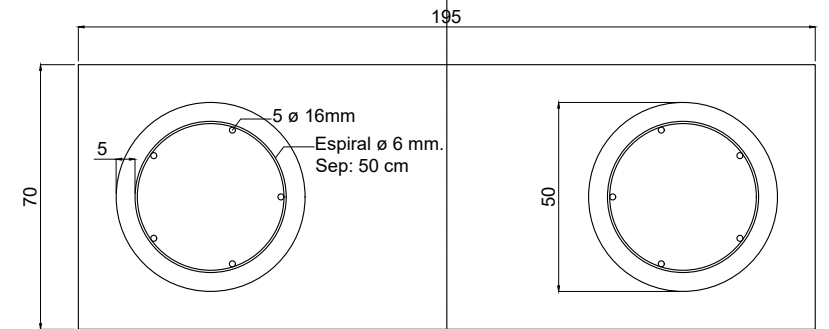
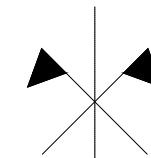
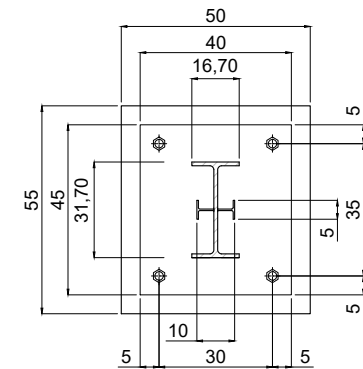
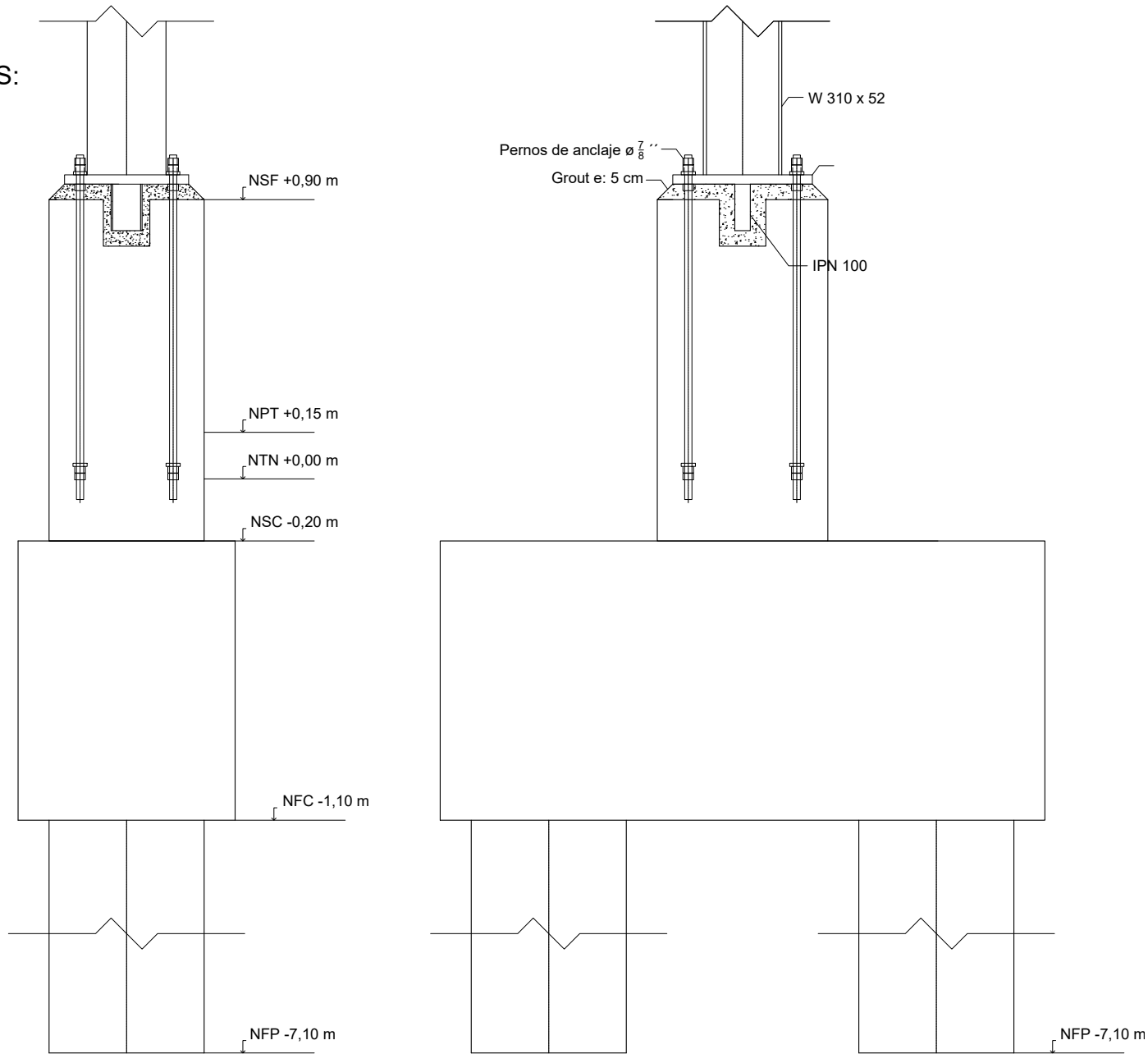


PROYECTO INTEGRAL OLIVEROS Obras de saneamiento y aprovechamiento energético		INTEGRANTES	
PLANO N° 07.b	GALPÓN DE ALMACENAMIENTO - ESTRUCTURA	-Demestri, Lara Belén -Fassina, Joaquín -Molachino, Manuel -Premoli, Clara	
FECHA 25/07/2025	ESCALA 1:150	REVISIÓN R02	

PLANO DE FUNDACIONES: Escala 1:150





DETALLES BASES:
Escala 1:20

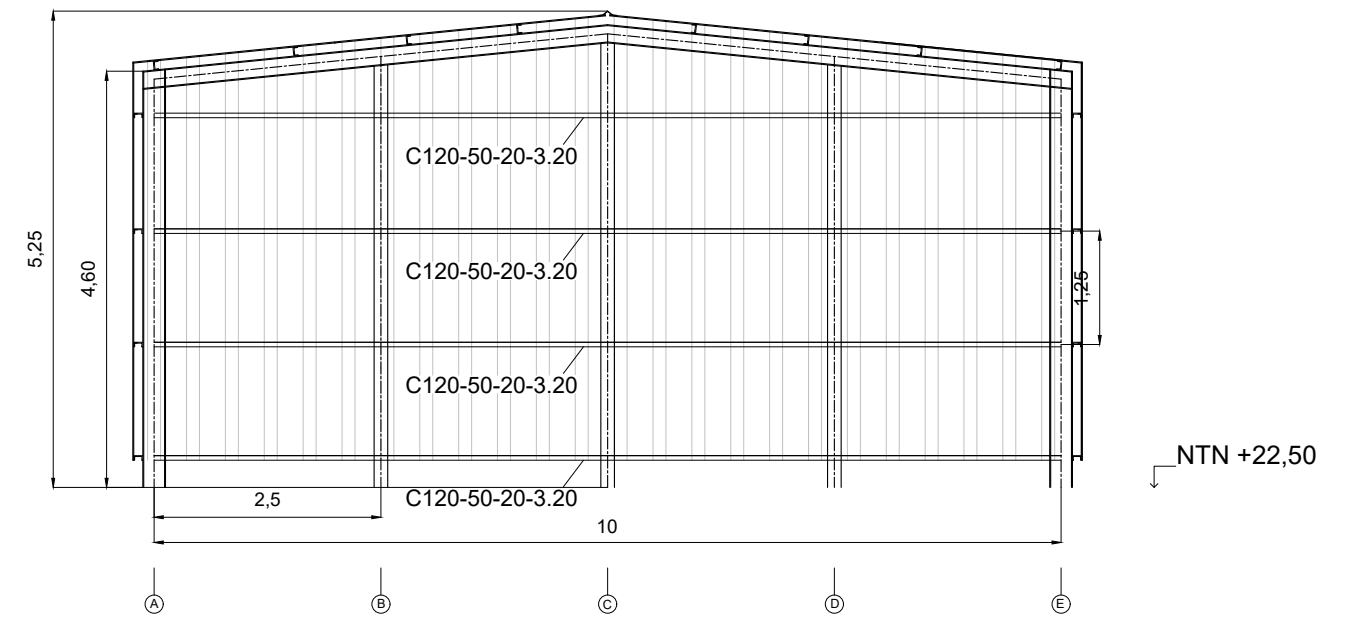
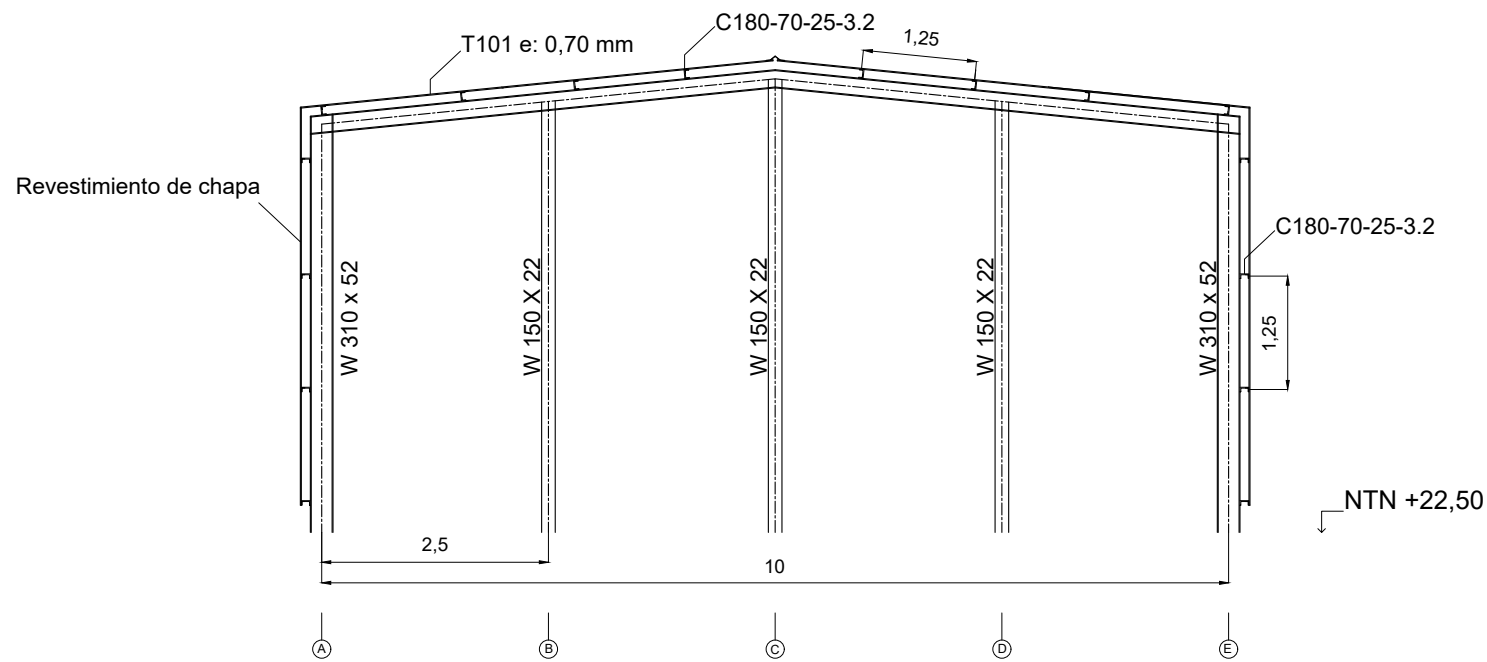


- REFERENCIAS:
- Ⓐ Eje de columna de frontis
 - ① Eje de columna de pórtico principal
 - NSF Nivel sobre fuste
 - NPT Nivel piso terminado
 - NTN Nivel terreno natural
 - NSC Nivel sobre cabezal
 - NFC Nivel fondo de cabezal
 - NFP Nivel fondo de pilote

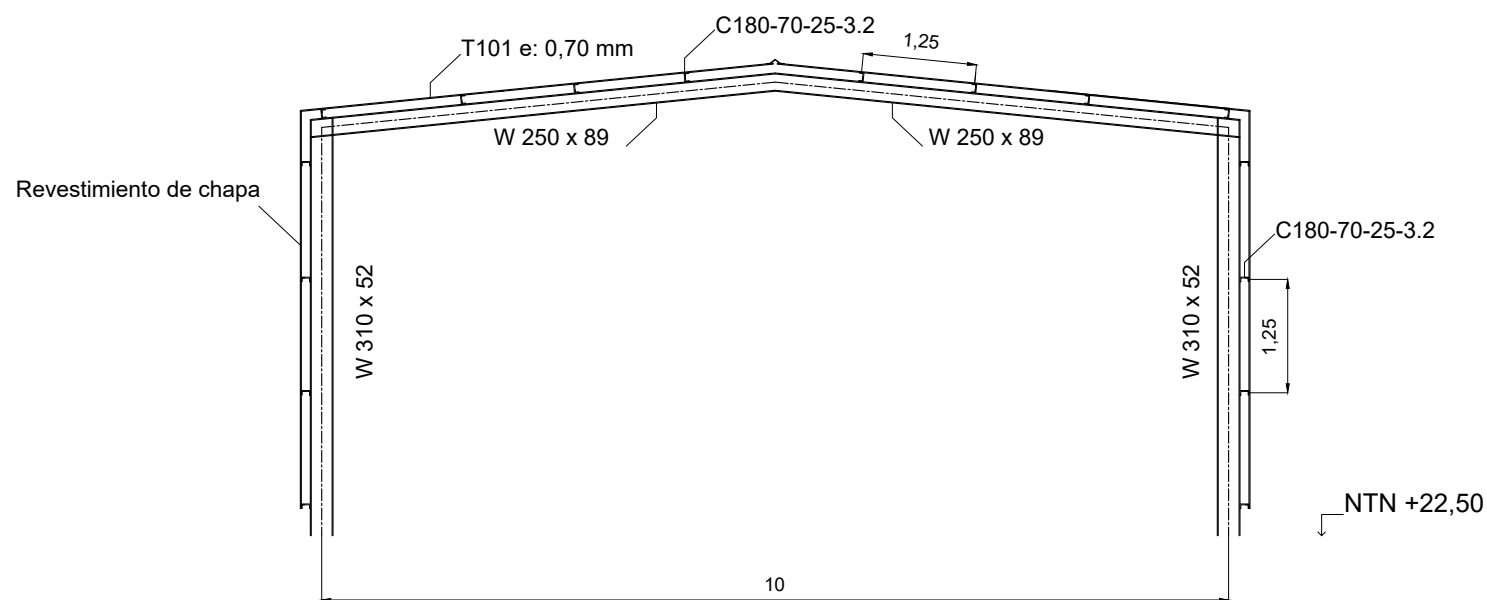
- NOTAS:
- Ubicación: "Galpón de almacenamiento" - Plano 02.
 - Medidas en metros
 - Perfiles de acero calidad F-36
 - Perfiles conformados (correas)
 - Chapa trapezoidal T101 - espesor: 0,70 m

 PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD DE ROSARIO				
PROYECTO INTEGRAL OLIVEROS Obras de saneamiento y aprovechamiento energético				INTEGRANTES -Demestri, Lara Belén -Fassina, Joaquín -Molachino, Manuel -Premoli, Clara
PLANO N° 07.c	FECHA 25/07/2025	ESCALA Indicadas	REVISIÓN R02	GALPÓN DE ALMACENAMIENTO - BASES

PÓRTICO FRONTIS




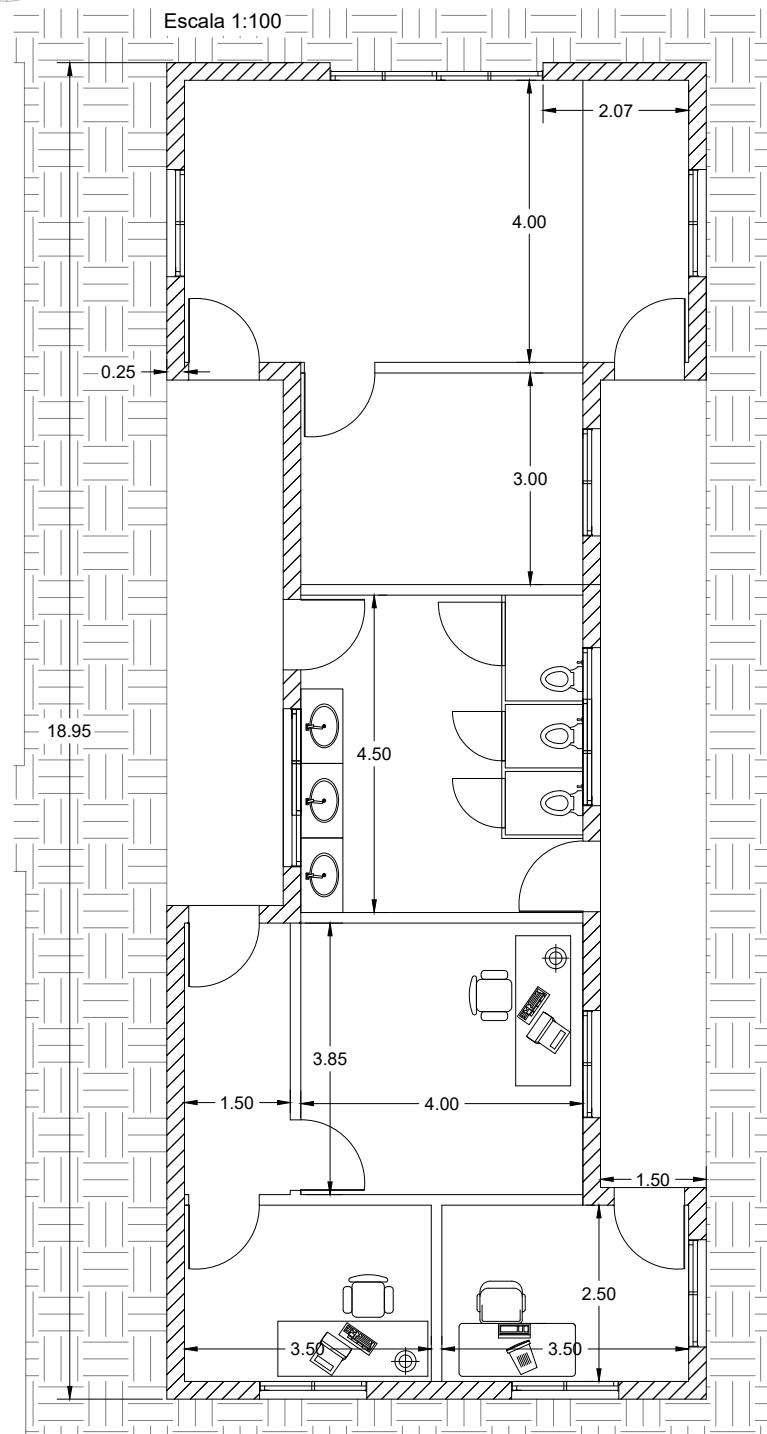
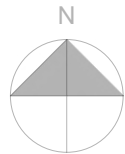
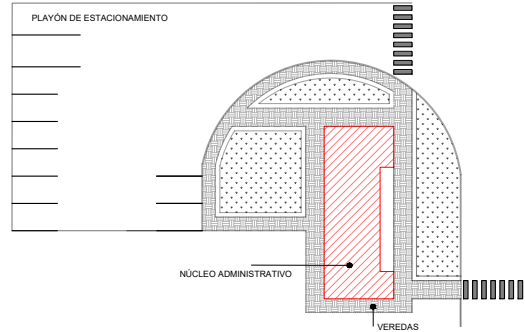
PÓRTICO TIPO



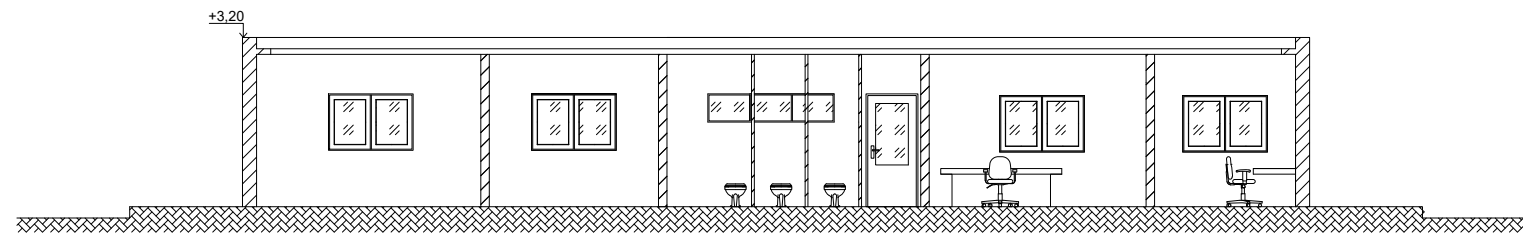
- REFERENCIAS:
- Ⓐ Eje de columna de frontis
 - ① Eje de columna de pórtico principal

- NOTAS:
- Ubicación: "Galpón de almacenamiento" - Plano 02.
 - Medidas en metros
 - Cotas referenciadas al IGN.
 - Perfiles de acero calidad F-36
 - Perfiles conformados (correas)
 - Chapa trapezoidal T101 - espesor: 0,70 m

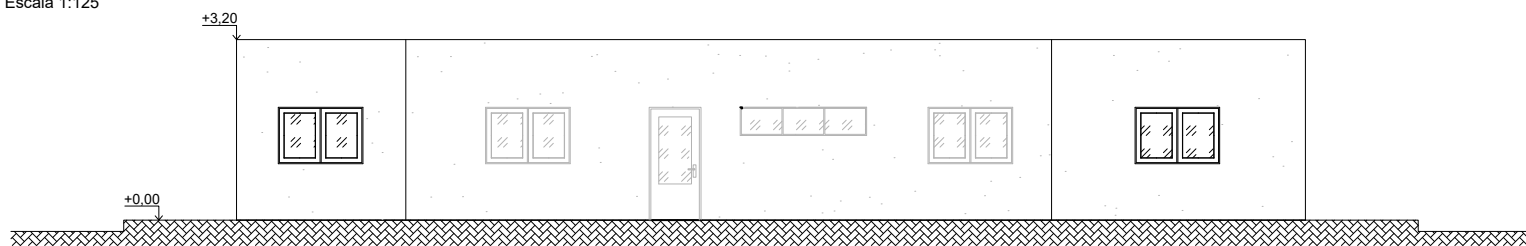
		PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD DE ROSARIO			
PROYECTO INTEGRAL OLIVEROS Obras de saneamiento y aprovechamiento energético					
PLANO N° 07.d		GALPÓN DE ALMACENAMIENTO - ESTRUCTURA		INTEGRANTES -Demestri, Lara Belén -Fassina, Joaquín -Molachino, Manuel -Premoli, Clara	
FECHA 25/07/2025		ESCALA 1:80		REVISIÓN R02	



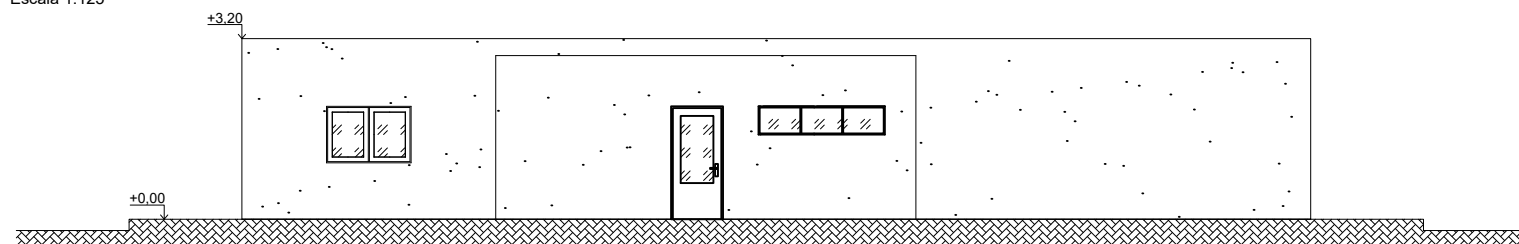
CORTE A-A
Escala 1:125



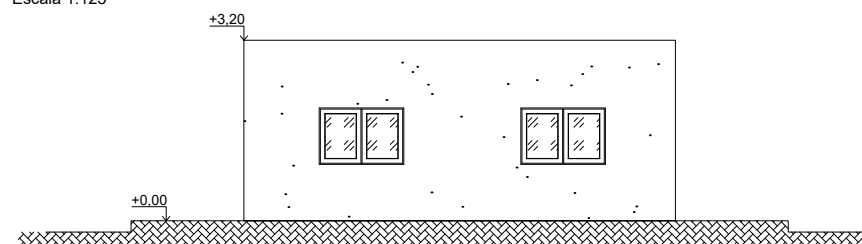
FACHADA ESTE
Escala 1:125



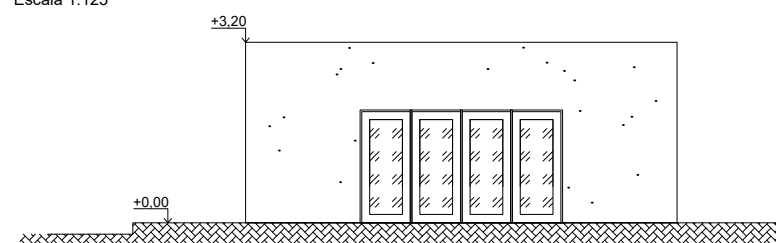
FACHADA OESTE
Escala 1:125



FACHADA SUR
Escala 1:125



FACHADA NORTE
Escala 1:125



NOTAS:

Las cotas están referidas al cero local
Medidas en metros

	PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD DE ROSARIO			
	ANTEPROYECTO INTEGRAL OLIVEROS Obras de tratamiento de líquidos cloacales y aprovechamiento energético mediante biodigestores.			
PLANO N° 08	FECHA 25/07/2025	ESCALA	REVISIÓN R02	NÚCLEO ADMINISTRATIVO

16. ANEXOS

ANEXO I - CÁLCULO DE POBLACIÓN.

ANEXO II - ESTUDIO HIDRÁULICO.

ANEXO IIa. - CÁLCULO HIDROLÓGICO.

ANEXO IIb. - DIMENSIONAMIENTO DE CUNETAS.

ANEXO III - CÁLCULO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.

ANEXO IIIa. - DIMENSIONAMIENTO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.

ANEXO IIIb. - CÁLCULO DE LODOS DEPOSITADOS.

ANEXO IIIc. - CÁLCULO DE VOLUMEN.

ANEXO IV - CÁLCULO DE BIODIGESTOR.

ANEXO V - DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA METÁLICA DEL GALPÓN DE ALMACENAMIENTO.

ANEXO Va. - CÁLCULO DE LAS CARGAS ACTUANTES SOBRE LA ESTRUCTURA METÁLICA.

ANEXO Vb. - DIMENSIONAMIENTO COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA METÁLICA.

ANEXO Vc. - DIMENSIONAMIENTO DE FUNDACIONES.

ANEXO VI - DIMENSIONAMIENTO PAVIMENTO RÍGIDO.

ANEXO VII - ESTUDIO DE SUELOS.

ANEXO VIII - PLANO TIPO H - 10236.

ANEXO I. CÁLCULO DE POBLACIÓN

Método de Incremento Aritmético

El cálculo de la población futura mediante este método se efectúa agregando a la población actual ó a aquella que se considere como básica, un incremento fijo de población por unidad de tiempo, a lo largo del período de diseño. El crecimiento es aritmético si el incremento de población en el intervalo de tiempo es invariable e independiente del tamaño de la población.

La población a futuro se obtiene entonces a partir de la siguiente ecuación:

$$P = P_0 + k_A \times (t - t_0)$$

Siendo:

- k_A : constante de proporcionalidad. $k_A = (P_2 - P_1) / (t_2 - t_1)$
- P : población futura de la localidad en el año t .
- P_0 : población de la localidad en el año t_0 , considerado origen de la proyección.
- P_1 : población de la localidad según censo realizado en el año t_1 .
- P_2 : población de la localidad según censo realizado en el año t_2 .

Los resultados obtenidos pueden observarse en la siguiente Tabla I.1:

Tabla I.1: Proyección de población de Oliveros obtenida según método de Incremento Aritmético.

MÉTODO DE INCREMENTO ARITMÉTICO		
k_{A1}	2,33	
k_{A2}	86,75	
P	Año	Habitantes
P_a	2025	6096
P_0	2027	6269
P_{n1}	2037	7137
P_{n2}	2047	8004

Método de Incremento Geométrico

En dicho método, el crecimiento de la población en el intervalo de tiempo es proporcional al tamaño de la población. El crecimiento se acelera conforme la población crece. El cálculo de la población a futuro se realiza con la siguiente fórmula:

$$P = e^{\ln P_0 + k_G \times (t - t_0)}$$

Siendo:

- kG: factor de proporcionalidad. $kG = (\ln P_2 - \ln P_1) / (t_2 - t_1)$.
- P: población futura de la localidad en el año t.
- P0: población de la localidad en el año t0, considerado origen de la proyección.
- P1: población de la localidad según censo realizado en el año t1.
- P2: población de la localidad según censo realizado en el año t2.

Los resultados obtenidos pueden observarse en la Tabla I.2:

Tabla I.2: Proyección de población de Oliveros obtenida según método de Incremento Geométrico.

MÉTODO DE INCREMENTO GEOMÉTRICO		
kG1	0,0004878	
kG2	0,0163758	
P	Año	Habitantes
Pa	2025	6129
P0	2027	6333
Pn1	2037	7460
Pn2	2047	8787

Método de las Tasas Anuales Decrecientes

La tasa media anual para la proyección de la población se define en base al análisis de las tasas medias anuales de los dos últimos períodos intercensales. Se determinan las tasas medias anuales de variación poblacional de los dos últimos períodos intercensales en base a datos oficiales de los tres últimos censos de población y vivienda realizados. Estas tasas se calculan con las siguientes ecuaciones:

$$i_{1-2} = [P_2 / P_1]^{1/N1-2} - 1$$

$$i_{2-3} = [P_3 / P_2]^{1/N2-3} - 1$$

Siendo:

- i1-2: tasa media anual de variación de la población urbana de la localidad durante el penúltimo período entre censos.
- i2-3: tasa media anual de variación de la población urbana de la localidad durante el último período entre censos.

Una vez calculadas estas tasas medias anuales, el cálculo de la proyección de la población se calcula de la siguiente forma:

$$P_A = P_3 \times (1 + i_1)^{n_A}$$

$$P_0 = P_A \times (1 + i_1)^{n_0}$$

$$P_{n1} = P_0 \times (1 + i_1)^{n1}$$

Siendo:

- PA: población existente a la fecha de ejecución del proyecto.
- P0: población prevista para el año de habilitación de la obra.
- Pn1: población final del primer subperíodo de años.
- nA: cantidad de años entre el último censo y el año de ejecución del proyecto.
- n0: cantidad de años entre el de ejecución del proyecto y el año de habilitación de la obra.
- n1: cantidad de años del primer subperíodo de diseño
- Se consideran $i_1 = i_{2-3}$

Para el segundo subperíodo de años, se determina la tasa media anual de proyección obtenida a partir del promedio de las tasas históricas.

$$i_2 = (i_{1-2} + i_{2-3}) / 2$$

Así entonces se calcula la población final esperada de la siguiente manera:

$$P_f = P_{n1} \times (1 + i_2)^{n2}$$

Siendo:

- Pf: población final del segundo subperíodo de n2 años.
- n2: cantidad de años desde el final del período de diseño y el primer subperíodo de n1 años.

Los resultados obtenidos pueden observarse en la Tabla I.3:

Tabla I.3: Proyección de población de Oliveros obtenida según método de Tasas Anuales Decrecientes.

MÉTODO DE TASAS ANUALES DECRECIENTES		
i 1-2	0,00049	
i 2-3	0,01651	
i2	0,00850	
P	Año	Habitantes
Pa	2025	6129
P0	2027	6334
Pn1	2037	7462
Pn2	2047	8122

ANEXO II. ESTUDIO HIDROLÓGICO

ANEXO IIa. CÁLCULO HIDROLÓGICO

Método Racional

El Método Racional es ampliamente utilizado en hidrología para calcular el caudal máximo de escorrentía superficial generado por una lluvia sobre una cuenca pequeña o subcuenca. Es especialmente útil en áreas urbanas, rurales o de proyectos de ingeniería civil donde se diseñan obras de drenaje pluvial. El método se basa en una relación directa entre la intensidad de la lluvia, la superficie del terreno y la capacidad del suelo para generar escorrentía.

El caudal generado por la cuenca se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C * i(D,R) * A}{3,6}$$

Siendo:

- A: Área de la superficie de la subcuenca correspondiente [km²].
- C: Coeficiente de escurrimiento.
- I: Intensidad de lluvia [mm/h].

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$I = \frac{\alpha}{(\beta + D)^{\gamma}}$$

Adoptando la duración de lluvia de diseño igual a la suma del tiempo de concentración mantiforme y del tiempo de concentración del flujo encauzado.

Siendo:

- L: longitud máxima del cauce [m].
- v: velocidad de recorrido del agua [m/s].

Cálculo del caudal de aporte de las subcuencas 3 y 4:

En la Tabla IIa.1 se observa el cálculo del caudal de aporte de ambas subcuencas utilizando el Método Racional.

Tabla IIa.1: Cálculo caudal de aporte subcuenca 3 y 4.

	SUBCUENCA 3	SUBCUENCA 4
Recurrencia	2 años	2 años
C	0,25	0,25
I [mm/h]	71,03	59,76
A [km ²]	0,083	0,188
Q [m³/s]	0,41	0,78

La determinación del coeficiente de escurrimiento C necesario para el cálculo del caudal se obtiene de la Tabla IIa.2. El recuadro verde indica el valor del coeficiente para la subcuenca 3 mientras que el azul corresponde al de la subcuenca 4.

Tabla IIa.2: Coeficiente C según Austin, Texas para recurrencia y características del terreno seleccionado.
Fuente: "Hidrología: procesos y métodos" (2000).

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
<i>Área de cultivos</i>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<i>Pastizales</i>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Bosques</i>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Nota: Los valores de la tabla son los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas. Utilizada con Autorización.

El cálculo de la intensidad de lluvia se observa en la Tabla IIa.3.

Tabla IIa.3: Cálculo de la intensidad de lluvia para una recurrencia de 2 años para las subcuencas 3 y 4.

	SUBCUENCA 3	SUBCUENCA 4
α	2503	2503
β	22,98	22,98
D [min]	32	43
γ	0,889	0,889
I [mm/h]	71,03	60,40

Para la determinación de los parámetros α , β y γ necesarios para el cálculo de la intensidad de lluvia, se utiliza la Tabla IIa.4. Se adopta una recurrencia de lluvia de dos años para el diseño de obras de arte en zonas de cultivo ya que se acepta un cierto grado de riesgo de falla ocasional, debido a que el daño económico y social puede ser menor que en zonas urbanas.

Tabla IIa.4: Valores de α, β, γ para recurrencia seleccionada, según curvas IDR parametrizadas para Rosario, Santa Fe. Fuente: "Hidrología: procesos y métodos" (Basile et al., 2012).

k	R (años)	α	β	γ	Rango D (min.)
1	2	2503.797	22.997	0.889587	5 < D < 2880
2	5	1849.402	17.280	0.807910	5 < D < 7200
3	10	2049.965	18.197	0.801054	5 < D < 7200
4	20	2199.949	18.576	0.794053	5 < D < 7200
5	50	2299.979	18.120	0.782692	5 < D < 7200
6	100	2400.000	15.004	0.776693	15 < D < 7200
7	500	2399.942	17.011	0.753355	60 < D < 7200
8	1000	2399.963	14.860	0.743670	60 < D < 7200
9	5000	2400.081	9.774	0.724910	60 < D < 7200
10	10000	2400.095	8.800	0.717432	60 < D < 7200

El valor de la duración de la lluvia se observa en la Tabla IIa.5. Para el valor de la velocidad de recorrido mantiforme del agua se adopta 0,10 m/s, ya que corresponde a flujo no concentrado en campos, zonas verdes, parques y jardines. Por otra parte para flujo encauzado en zanjas y canales excavados se adopta un valor de velocidad de 1,1 m/s. Estos valores se obtuvieron del Decreto 4841/2012, Ley N° 13.246, Provincia de Santa Fe.

Tabla IIa.5: Cálculo de D para las subcuencas 3 y 4.

SUBCUENCA 3		SUBCUENCA 4	
Cálculo tc mantiforme		Cálculo tc mantiforme	
L [m]	130	L [m]	170
v [m/s]	0,1	v [m/s]	0,1
tc [min]	22	tc [min]	28
Cálculo tc encauzado		Cálculo tc encauzado	
L [m]	645	L [m]	1020
v [m/s]	1,1	v [m/s]	1,1
tc [min]	10	tc [min]	15
D [min]	32	D [min]	43

Cálculo del caudal de aporte de la subcuenca 2.

Tabla IIa.6: Cálculo caudal de aporte subcuenca 2.

MÉTODO RACIONAL	
Recurrencia	2 años
C	0,25
I [mm/h]	56,10
A [km ²]	0,180
Q [m³/s]	0,70

La determinación del coeficiente de escurrimiento C necesario para el cálculo del caudal se obtiene de la Tabla IIa.2

Tabla IIa.7: Cálculo de la intensidad de lluvia para una recurrencia de 2 años para la subcuenca 2.

Cálculo I	
α	2503
β	22,98
D [min]	49
γ	0,889
I [mm/h]	56,10

Para la determinación de los parámetros α , β y γ necesarios para el cálculo de la intensidad de lluvia, se utiliza la Tabla IIa.3 considerando una recurrencia de dos años

Tabla IIa.8: Cálculo de D para la subcuenca 2.

Cálculo tc mantiforme	
L [m]	205
v [m/s]	0,1
tc [min]	34
Cálculo tc encauzado	
L [m]	960
v [m/s]	1,1
tc [min]	15
D [min]	49

Cálculo del caudal de aporte de la subcuenca Oeste del terreno :

En la Tabla IIa.1 se observa el cálculo del caudal de aporte de ambas subcuencas utilizando el Método Racional.

Tabla IIa.9: Cálculo caudal de aporte subcuenca del terreno.

MÉTODO RACIONAL	
Recurrencia	2 años
C	0,4
I [mm/h]	120,58
A [km ²]	0,009
Q [m³/s]	0,12

La determinación del coeficiente C se realiza en función del porcentaje de área que ocupa cada tipo de superficie. Se utilizan los valores de la Tabla IIa.2.

Tabla IIa.10: Coeficiente C

Coeficiente C		
Característica	Área	Coeficiente
Cultivo	0,7	0,25
Hormigon	0,3	0,75
	0,4	

El cálculo de la intensidad de lluvia se observa en la Tabla IIa.7.

Tabla IIa.11: Cálculo de la intensidad de lluvia para una recurrencia de 2 años

Cálculo I	
α	2503
β	22,98
D [min]	7
γ	0,889
I [mm/h]	120,58

Donde el valor del tiempo de concentración se encuentra en la Tabla II.12.

Tabla II.12: Cálculo de D

Cálculo tc mantiforme	
L [m]	44
v [m/s]	0,1
tc [min]	7

ANEXO II b. DIMENSIONAMIENTO DE CUNETAS

En el dimensionamiento de cunetas, uno de los factores a considerar es la resistencia que ofrece el canal al flujo del agua. Esta resistencia se expresa a través del coeficiente de rugosidad, un parámetro que refleja las características físicas del material que recubre la cuneta, como su textura, forma, vegetación o irregularidades. Dicho coeficiente es obtenido en la Tabla IIb.

Tabla IIb.1: Coeficiente de rugosidad.

TABLA N° 1 COEFICIENTES DE RUGOSIDAD

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

n: coeficiente de Manning

ANEXO III. CÁLCULO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

ANEXO IIIa. DIMENSIONAMIENTO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

Tanto las lagunas anaeróbicas como facultativas se dimensionan a través de métodos empíricos.

Dimensionamiento de lagunas anaeróbicas

Para el dimensionamiento de las lagunas anaeróbicas trabajando en paralelo los datos de partida corresponden a la carga orgánica de ingreso y la DBO de entrada, calculadas en la Tabla III.1. Por otra parte, el valor de la carga orgánica volumétrica admisible sugerida (λ_v) se obtiene a partir de la tabla III.2 en función de la temperatura media mínima de la zona.

Tabla III.1: Datos de entrada para dimensionamiento de lagunas anaeróbicas. Fuente: elaboración propia.

Laguna Anaeróbica		
Carga Org. Ingreso	174	kg DBO / día
DBO entrada	900	mg/l
λ_v	0,10	kg DBO/m ³ día
Cantidad lagunas	2	

Tabla III.2: Cargas orgánicas volumétricas admisibles sugeridas para lagunas anaeróbicas.

Fuente: Fernández, Rubén. "Tratamiento de líquidos cloacales: Lagunas de Estabilización".

Temperatura	Valor de λ_v (g DBO / m ³ día)	Eficiencia (%)
< 10	100	40
10 - 20	20 T - 100	2 T + 20
> 20	300	60

Para determinar las dimensiones en primer lugar se calcula el volumen necesario como $Vol_{nec} = \frac{Carga\ Org\ Ing}{\lambda_v}$ y posteriormente se propone el largo, ancho y profundidad de la misma teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones (ENOHSA, 2001):

- Relación de lados 2:1 a 3:1 con el fin de favorecer el flujo hidráulico longitudinal, evitando zonas muertas y cortocircuitos.
- Tirante entre 2 y 5 metros.

Las lagunas dimensionadas quedan detalladas en la Tabla III.3 a continuación:

Tabla III.3: Dimensionamiento de lagunas anaeróbicas. Fuente: elaboración propia.

Dimensionamiento Lagunas 1 y 2		
Carga Org. Ingreso	174	kg DBO / dia
Volumen necesario	1740	m3
Tirante	3,00	m
Superficie	580	m2
Relación lados	1:2	
Lado A	17	m
Lado B	34	m

Según la tabla 3.7 la eficiencia de remoción de carga orgánica corresponde a un 40% por lo que se calcula a continuación la DBO y carga orgánica de salida que será utilizada como datos de entrada para las lagunas facultativas. Los resultados obtenidos se encuentran detallados en la Tabla resumen III.4.

$$DBO\ salida = DBO\ entrada * (1 - eficiencia) = 900 \frac{mg}{l} * (1 - 0,4) = 540 \frac{mg}{l}$$

$$Carga\ Org.\ salida = Carga\ Org.\ entrada * (1 - eficiencia) = 174 \frac{kgDBO}{dia} * (1 - 0,4) = 104 \frac{kgDBO}{dia}$$

Tabla III.4: Datos de salida laguna anaeróbica. Fuente: elaboración propia.

Eficiencia	40%	
DBO salida	540	mg/l
Carga Org. Salida	104	kg DBO / dia

Dimensionamiento de lagunas facultativas

Laguna facultativa 1

Los datos de partida coinciden con la carga orgánica de salida y la DBO de salida de la laguna anaeróbica, calculadas en la Tabla III.4. Por otra parte, el valor de la carga orgánica superficial admisible (λ_s) sugerida se obtiene a partir de la Tabla III.5 en función de la temperatura media mínima de la zona.

Tabla III.5: Cargas orgánicas superficiales admisibles sugeridas para lagunas facultativas.

Fuente: Fernández, Rubén. "Tratamiento de líquidos cloacales: Lagunas de Estabilización".

En función de:	Ecuación empírica	referencia
Radiación solar (S)	$\lambda s = 1.07 \times S$	Mara, 1976
Latitud (8 a 36 N)	$\lambda s = 375 - 6.25 L$	Arceivala, 1963
Temperatura	$\lambda s = 20T - 120$	Mara, 1976
Temperatura	$\lambda s = 357 (1.085)^{\exp(T-20)}$	Bartone, 1985
Temperatura	$\lambda s = 350 (1.107 - 0.002 T)^{\exp(T-25)}$	Mara, 1987

Tabla III.6: Datos de entrada dimensionamiento de laguna facultativa 1. Fuente: elaboración propia.

Laguna Facultativa 1		
Carga Org. Ingreso	104	kg DBO / día
DBO entrada	540	mg/l
λs	80	kg DBO/Ha día

Para obtener las dimensiones de la laguna se determinó en primer lugar la superficie necesaria como $Sup\ nec: \frac{Carga\ Org\ Ing}{\lambda s} * 10000$ y se propusieron los lados de la laguna a partir de las siguientes consideraciones (ENOHSA, 2001):

- Relación de lados entre 1:2 y 1:5. Se decidió adoptar una relación de lados de 1: 2,5.
- Tirante entre 1 y 2 metros. Se decidió adoptar tirantes entre 1 y 1,5 metros.

Se calculan las dimensiones de la primera laguna facultativa detalladas en la Tabla III.7.

Tabla III.7: Dimensionamiento laguna facultativa 1. Fuente: elaboración propia.

Dimensionamiento Laguna		
Superficie necesaria	13052	m ²
Relación lados	1:2,5	
Tirante	1	m
Lado A	70	m
Lado B	186	m

Considerando una eficiencia de remoción del 80% se calculan los datos de salida. Se observa en la Tabla III.8 que el valor de la DBO resulta mayor a 50 mg/l por lo que es

necesario la construcción de una segunda laguna facultativa para lograr los valores que cumplan las condiciones de vuelco de la Ley Provincial 11.220.

$$DBO\ salida = DBO\ entrada * (1 - eficiencia) = 540 \frac{mg}{l} * (1 - 0,8) = 108 \frac{mg}{l}$$

$$Carga\ Org.\ salida = Carga\ Org.\ salida * (1 - eficiencia) = 104 \frac{kgDBO}{dia} * (1 - 0,8) = 21 \frac{kgDBO}{dia}$$

Tabla III.8: Datos de salida laguna facultativa 1. Fuente: elaboración propia.

Eficiencia	80%	
DBO salida	108	mg/l
Carga Org. Salida	21	kg DBO / dia

Laguna facultativa 2

El dimensionamiento de la laguna facultativa 2 se realiza con el mismo método que la laguna facultativa 1, donde los datos de ingreso corresponden a los de la Tabla II.8 y el valor de λs corresponde a un 75% de la carga orgánica superficial admisible de la laguna facultativa 1. Esto se detalla en la Tabla III.9.

Tabla III.9: Datos de entrada dimensionamiento de laguna facultativa 2. Fuente: elaboración propia.

Laguna Facultativa 2		
Carga Org. Ingreso	21	kg DBO / dia
DBO entrada	108	mg/l
λs	60	kg DBO/Ha día

Se calculan las dimensiones de la segunda laguna facultativa detalladas en la Tabla III.10 a continuación.

Tabla III.10: Dimensionamiento laguna facultativa 2. Fuente: elaboración propia.

Dimensionamiento Laguna		
Superficie necesaria	3480	m2
Relación lados	1:2	
Tirante	1	m
Lado A	41	m
Lado B	85	m

Considerando una eficiencia de remoción del 70% se calculan los datos de salida. Se observa en la Tabla III.11 que el valor de la DBO resulta menor a 50 mg/l, por lo que el líquido tratado cumple con la normativa para ser volcado al cuerpo receptor.

$$DBO\ salida = DBO\ entrada * (1 - eficiencia) = 108 \frac{mg}{l} * (1 - 0,7) = 32,4 \frac{mg}{l}$$

$$Carga\ Org.\ salida = Carga\ Org.\ salida * (1 - eficiencia) = 21 \frac{kgDBO}{día} * (1 - 0,7) = 6 \frac{kgDBO}{día}$$

Tabla III.11: Datos de salida laguna facultativa 1. Fuente: elaboración propia.

Eficiencia	70%	
DBO salida	32,4	mg/l
Carga Org. Salida	6	kg DBO / día

ANEXO IIIb. CÁLCULO DE LODOS DEPOSITADOS

A partir de las estimación del aporte de sólidos tanto de camiones como del sistema cloacal es posible calcular la altura de los barros depositados en el fondo de la laguna para un día, seis meses y un año, y de esta manera organizar cada cuanto tiempo es recomendable realizar la limpieza de las lagunas. (Cita: Ingallinella et al., sf y Fernandez Ruben, sf).

$$Total\ barros\ por\ día \left[\frac{m^3\ barro}{día} \right] = caudal \left[\frac{m^3\ liquido}{día} \right] * aporte\ sólidos \left[\frac{m^3\ barro}{m^3\ liquido} \right]$$

$$Espesor\ por\ día\ [cm] = Total\ barros\ por\ día \left[\frac{m^3\ barro}{día} \right] \div Área\ laguna\ anaeróbica\ [m^2] * \frac{100\ cm}{1\ m}$$

Luego para convertir los valores a semestrales o anuales simplemente se multiplica el valor diario por la cantidad de días que corresponda.

En las Tablas III.12, III.13 y III.14 se detalla el cálculo de lodos obtenidos para cada año de modulación.

Tabla III.12: Espesores de barro para el año de habilitación de obra (2027). Fuente: elaboración propia.

Laguna anaeróbica			
Tirante	3	m	
Lado A	17	m	
Lado B	34	m	
Situación actual: 2027 (habilitación planta)			
Solo transporte de camiones			
Caudal	83,20	m3/día	
Aporte sólidos	0,02	m3/m3 líquido	
Por día	Total barros	1,66	m3 barro/día
	Espesor	0,29	cm/día
6 meses	Total barros	303,68	m3 barro
	Espesor	52,35	cm
1 año	Total barros	607,36	m3 barro
	Espesor	104,70	cm

Tabla III.13: Espesores de barro para el año de finalización primera modulación (2037). Fuente: elaboración propia.

Situación futura: 2037			
30% sist. cloacal + 70% recolección camiones			
Cloacal	Población	7462	hab
	Aporte sólidos	0,04	m3/hab año
	Total barros	298,48	m3/año
0,82		m3/día	
Camiones	Caudal	70	m3/día
	Aporte sólidos	0,02	m3/m3 líquido
	Total barros	1,41	m3 barro/día
Por día	Total barros	2,23	m3 barro/día
	Espesor	0,38	cm/día
6 meses	Total barros	406,20	m3 barro
	Espesor	70,02	cm
1 año	Total barros	812,40	m3 barro
	Espesor	140,05	cm

Tabla III.14: Espesores de barro para el año de finalización segunda modulación (2047). Fuente: elaboración propia.

Situación futura: 2047			
60% sist. cloacal + 40% recolección camiones			
Cloacal	Población	8122	hab
	Aporte sólidos	0,04	m3/hab año
	Total barros	324,88	m3/año
0,89		m3/día	
Camiones	Caudal	45	m3/día
	Aporte sólidos	0,02	m3/m3 líquido
	Total barros	0,90	m3 barro/día
Por día	Total barros	1,79	m3 barro/día
	Espesor	0,31	cm/día
6 meses	Total barros	325,96	m3 barro
	Espesor	56,19	cm
1 año	Total barros	651,92	m3 barro
	Espesor	112,38	cm

El valor de aporte de sólidos por parte del sistema cloacal se obtiene a partir de material educativo (Fernandez, "Tratamiento de líquidos cloacales: lagunas de estabilización"), mientras que el valor de aporte de sólidos por parte de camiones atmosféricos se obtiene a partir del informe "Lagunas de estabilización para descarga de líquidos de camiones atmosféricos" (Fernandez, ET AL, 1999).

Analizando los valores obtenidos, se recomienda realizar una limpieza de lodos cada 6 meses en la primera etapa, y a futuro dado que este espesor irá en aumento (debido a un mayor aporte de sólidos por parte del sistema cloacal), resultará conveniente disminuir el tiempo de limpieza a 4 meses.

ANEXO IIIb. CÁLCULO DE VOLUMEN

Se calculan los volúmenes a excavar para cada una de las lagunas considerandolas como cuencos trapezoidales en las tablas Tabla III.15.

Tabla III.15: Volúmenes a excavar. Fuente: elaboración propia.

EXCAVACIÓN LAGUNA ANAERÓBICA 1 y 2						
Niveles	Cota [m]	h	Ancho [m]	Largo [m]	Área [m ²]	Volumen [m ³]
CF	-2,50	0	17	34	578	2162
NTN	0	2,5	27	44	1188	
NST	2,00	4	33	50		
EXCAVACIÓN LAGUNA FACULTATIVA 1						
Niveles	Cota [m]	h	Ancho [m]	Largo [m]	Área [m ²]	Volumen [m ³]
NF	-0,6	0	70	186	13020	7997
NTN	0	0,6	72	188	13640	
NST	0,9	1,5	76	192		
EXCAVACIÓN LAGUNA FACULTATIVA 2						
Niveles	Cota [m]	h	Ancho [m]	Largo [m]	Área [m ²]	Volumen [m ³]
NF	-0,5	0	41	85	3485	1806
NTN	0	0,5	43	87	3741	
NST	1	1,5	47	91		

- Volumen total a excavar en condición in situ: 14.128 m³.
- Volumen total a excavar en condición in compactada: $0,8 * 14.128 \text{ m}^3 = 12.009 \text{ m}^3$.

Por otra parte se calculan los volúmenes de los terraplenes a ejecutar en la Tabla III.16.

Tabla III.16: Volúmenes a terraplenar. Fuente: elaboración propia.

TERRAPLÉN LAGUNA ANAERÓBICA 1					
Niveles	Cota [m]	Ancho [m]	Área corte [m ²]	Perímetro [m]	Volumen [m ³]
NTN	0	10	10,5	174	1827
NS	1,50	4			
TERRAPLÉN LAGUNA ANAERÓBICA 2					
Niveles	Cota [m]	Ancho [m]	Área corte [m ²]	Perímetro [m]	Volumen [m ³]
NTN	0	10	10,5	122	1281
NS	1,50	4			
TERRAPLÉN LAGUNA FACULTATIVA 1					
Niveles	Cota [m]	Ancho [m]	Área corte [m ²]	Perímetro [m]	Volumen [m ³]
NTN	0	10	10,5	466	4893
NS	1,50	4			
TERRAPLÉN LAGUNA FACULTATIVA 1					
Niveles	Cota [m]	Ancho [m]	Área corte [m ²]	Perímetro [m]	Volumen [m ³]
NTN	0	10	10,5	235	2468
NS	1,50	4			

➤ Volúmen total a terraplenar: 10.469 m².

ANEXO IIIb. DIMENSIONAMIENTO DE CAÑERÍAS

a - Cañería de ingreso a laguna anaeróbica y bypass:

Se dimensionan las cañerías a partir del caudal máximo horario (Q_e) en la tabla Tabla III.17: y se verifica que el caudal máximo que podría circular, Tabla III.18:, resulte mayor a este.

Tabla III.17: Caudal Q_e cañería de ingreso. Fuente: elaboración propia.

Cañería de ingreso	
Año de diseño	2047
Q _c [l/h]	67683
Q _c [m ³ /s]	0,0188
α	2,38
Caudal máximo horario Q _e	0,045

Tabla III.18: Caudal máximo cañería de ingreso. Fuente: elaboración propia.

Cálculo caudal	
n	0,011
D [m]	0,3
A	0,071
P [m]	0,942
R [m]	0,08
S	0,005
Q [m ³ /s]	0,081

b - Cañerías de interconexión entre lagunas

Se dimensiona la cañería a partir del caudal medio diario anual (Qc) en la tabla Tabla III.19: y se verifica que el caudal máximo que podría circular, Tabla III.20:, resulte mayor a este.

Tabla III.19: Caudal Qc cañería de interconexión. Fuente: elaboración propia.

Cañería de interconexión	
Año de diseño	2047
Qc [l/h]	67683
Qc [m ³ /s]	0,0188

Tabla III.20: Caudal máximo cañería de interconexión. Fuente: elaboración propia.

Cálculo caudal	
n	0,011
D [m]	0,20
A	0,031
P [m]	0,628
R [m]	0,05
S	0,005
Q [m ³ /s]	0,027

ANEXO IV. CÁLCULO ESTRUCTURAL DE BIODIGESTOR

En la siguiente etapa se desarrollarán todos los cálculos estructurales necesarios para la construcción del biodigestor y otros aspectos constructivos a tener en cuenta.

En primera instancia se modeliza el biodigestor mediante 5 losas para luego con el uso de la función *Plate Mesh* del programa Staad Pro se realiza una discretización de esas losas en elementos más pequeños de 20x20 centímetros, como se observa en la Figura IV.1, para luego obtener mejores resultados en cada punto de los elementos.

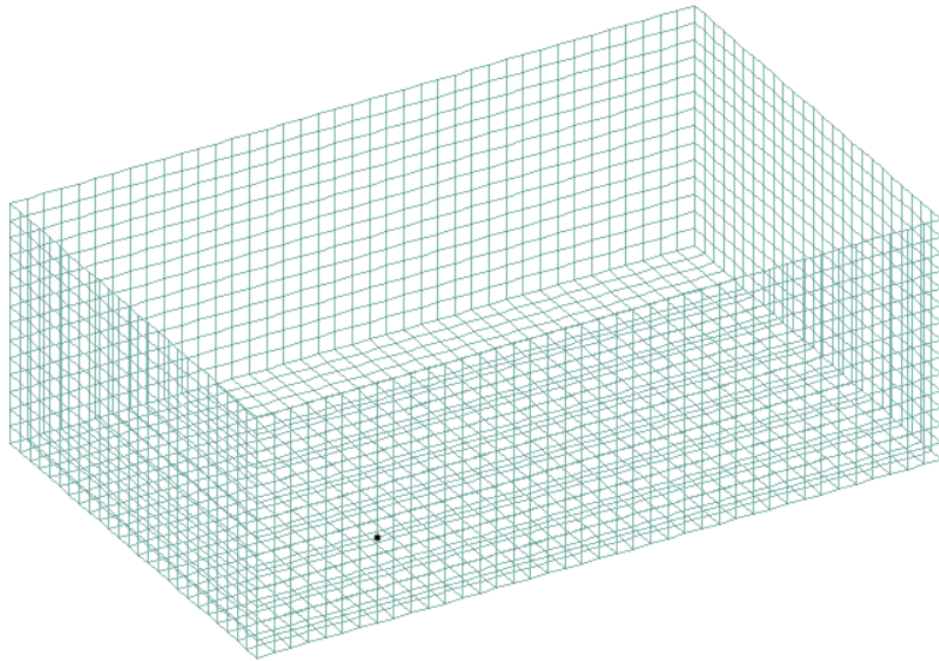


Figura IV.1: estructura discretizada en Staad del biodigestor. Fuente: elaboración propia.

Luego se determinan las propiedades del sistema en el software Staad Pro, de uso libre, para ejecutar el análisis de esfuerzos.

Se propone una sección uniforme en todos los elementos del biodigestor de hormigón armado de 20 centímetros de espesor.

Por otro lado, para representar la vinculación entre la losa de fondo y el suelo se debe determinar el coeficiente de balasto del terreno mediante el uso de la siguiente correlación empírica (Foundation Analysis and Design. Bowles, J. E. (1997)) y los datos obtenidos del estudio de suelo. Este es un parámetro que representa la rigidez del suelo frente a deformaciones provocadas por cargas aplicadas superficialmente.

$$K_s = \frac{3}{0.0254} * q_{adm}$$

Donde:

- K_s : coeficiente de balasto del suelo.
- q_{adm} : capacidad de carga admisible del suelo.

Se procede a determinar la capacidad de carga admisible del suelo mediante el uso de la siguiente tabla que relaciona números de golpes de un suelo según un ensayo de penetración estándar o SPT según sus siglas en inglés y la carga admisible del mismo.

Tabla IV.1: Capacidad de carga admisible del suelo según el tipo. Fuente: *Foundation Analysis and Design*. Bowles, J. E. (1997).

Consistency		N'_{70}	q_u , kPa	Remarks
Very soft	NC	0-2	< 25	Squishes between fingers when squeezed
Soft		3-5	25- 50	Very easily deformed by squeezing
Medium	Increasing OCR	6-9	50- 100	??
Stiff		10-16	100- 200	Hard to deform by hand squeezing
Very stiff		17-30	200- 400	Very hard to deform by hand squeezing
Hard	Aged/ cemented	>30	> 400	Nearly impossible to deform by hand

* Blow counts and OCR division are for a guide—in clay “exceptions to the rule” are very common.

Donde según el estudio de suelos se tiene que:

$$N_{prom} = 13,4 \text{ golpes}$$

Por lo que mediante una interpolación se llega a:

$$q_u = 156,67 \text{ kPa} = 156,67 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Entonces el coeficiente de balasto vertical es:

$$K_s = \frac{3}{0.0254} * 156,67 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 18504,33 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Posteriormente se definen los estados de cargas. Para la determinación de los empujes horizontales del suelo que actúan sobre las paredes laterales de la estructura se procede según la Teoría de Rankine donde:

$$\sigma_v = \gamma d * H$$

Siendo:

- σ_v : empuje vertical del suelo.
- γd : densidad del suelo seco.
- H : profundidad de las paredes laterales del biodigestor.

Entonces según el estudio de suelos y el dimensionamiento del biodigestor se tiene que:

$$\sigma_v = 15,74 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * 3 \text{ m} = 47,22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Luego, según la Teoría de Rankine el coeficiente de presión lateral activo es:

$$K_a = \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)$$

Donde:

➤ ϕ : ángulo de fricción del suelo.

Entonces según el estudio de suelos:

$$Ka = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{9,7^\circ}{2}\right) = 0,71$$

Por lo que el empuje horizontal activo del suelo será:

$$\sigma_v = Ka * \sigma_v = 0,71 * 47,22 \frac{kN}{m^2} = 33,61 \frac{kN}{m^2}$$

La acción del agua sobre la losa de fondo se plantea como una carga uniforme obtenida mediante el producto entre el peso específico y la altura máxima del pelo de agua:

$$q = 9,81 \frac{kN}{m^3} * 2,8 m = 27,468 \frac{kN}{m^2}$$

Para representar el efecto de la carga hidrostática sobre las paredes se utiliza una distribución lineal que varía desde $0 \frac{kN}{m^2}$ a $27,468 \frac{kN}{m^2}$.

Por último, se considera el peso propio de toda la estructura mediante el uso de la función del software, Self-Weight.

Para ello se utilizaron las siguientes combinaciones de cargas en ELU:

- I. 1,4 (D+F)
- II. 1,2 (D+F) + 1,6 H
- III. 0,9D + 1,6 H

Definidos todos los parámetros se procede a procesar la estructura. De todos los resultados obtenidos, los más importantes para luego determinar las armaduras necesarias serán los momentos tanto en X como en Y que actúan en cada losa. Se pueden ver en las Figuras IV.2 a IV.5 los valores de estos momentos mediante una escala de colores que muestra las zonas más críticas.

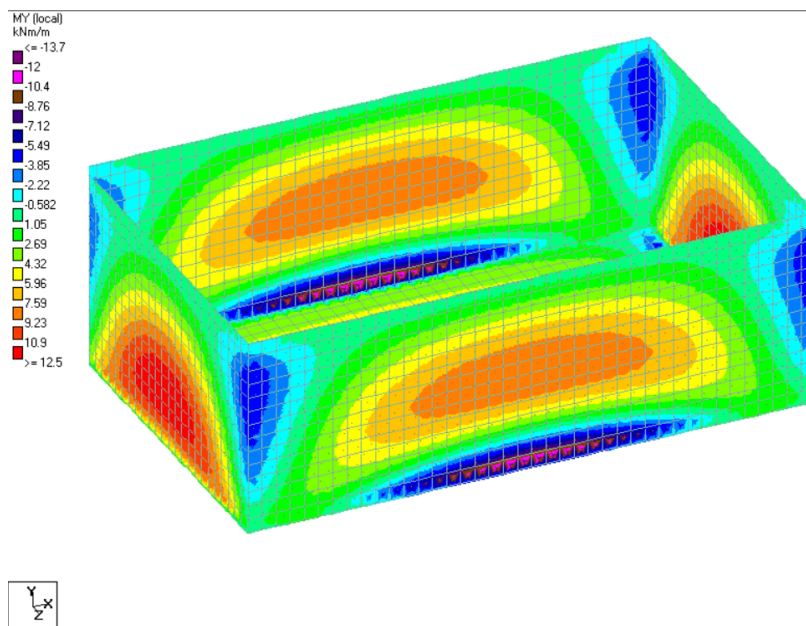


Figura IV.2: momentos según Y con el biodigestor lleno de agua. Fuente: elaboración propia.

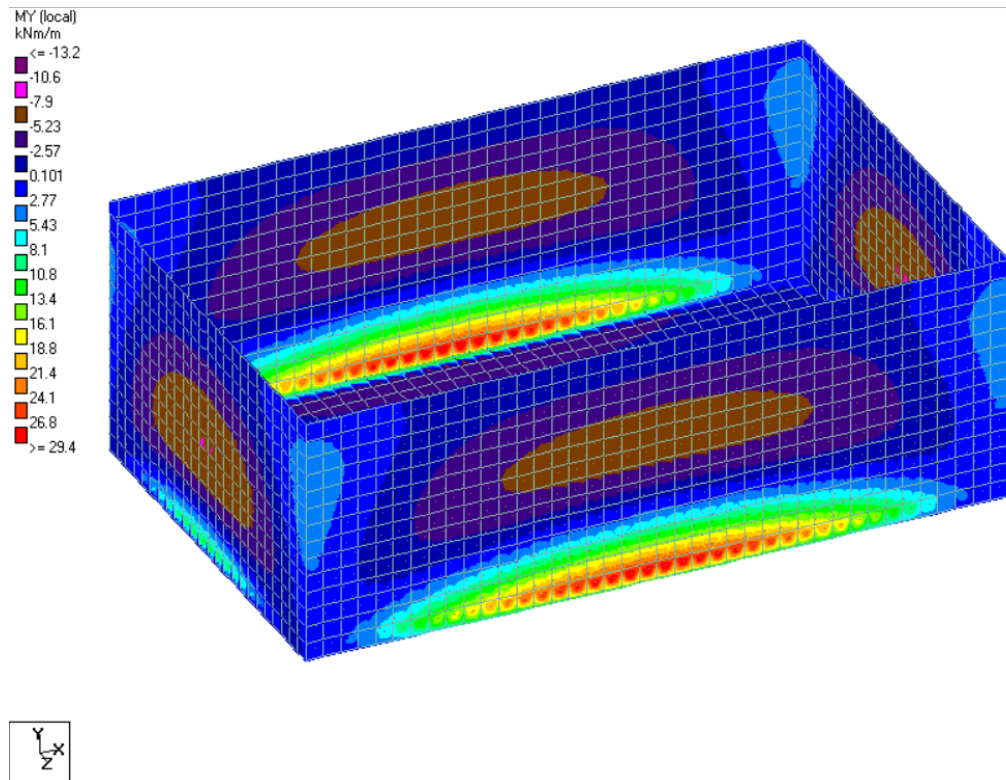


Figura IV.3: momentos según Y con el biodigestor vacío. Fuente: elaboración propia.

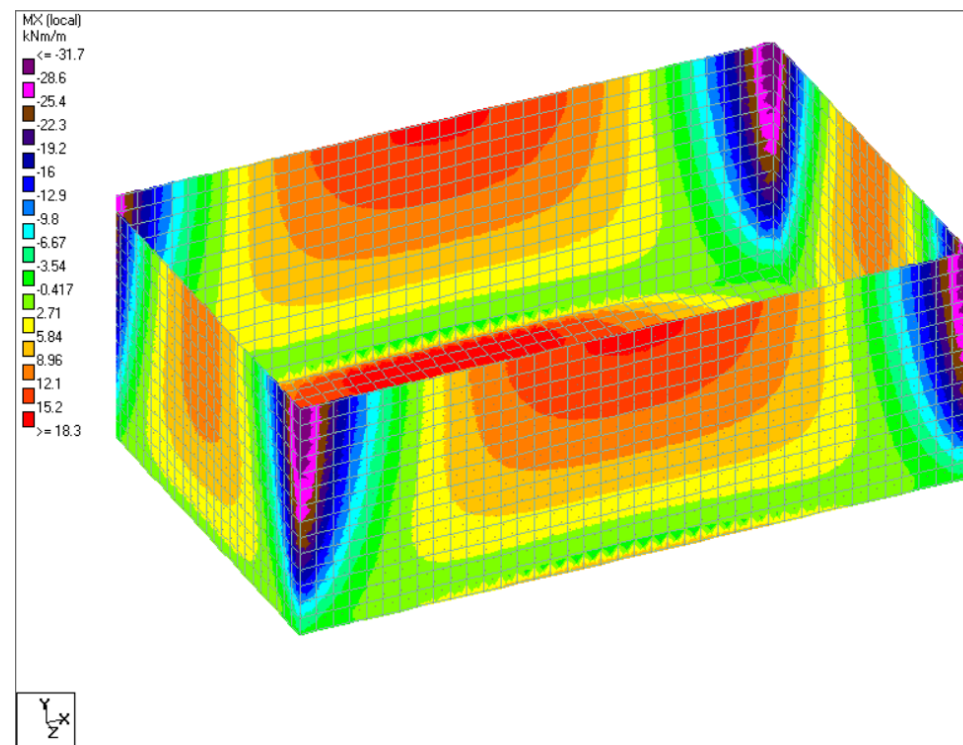


Figura IV.4: momentos según X con el biodigestor lleno. Fuente: elaboración propia.

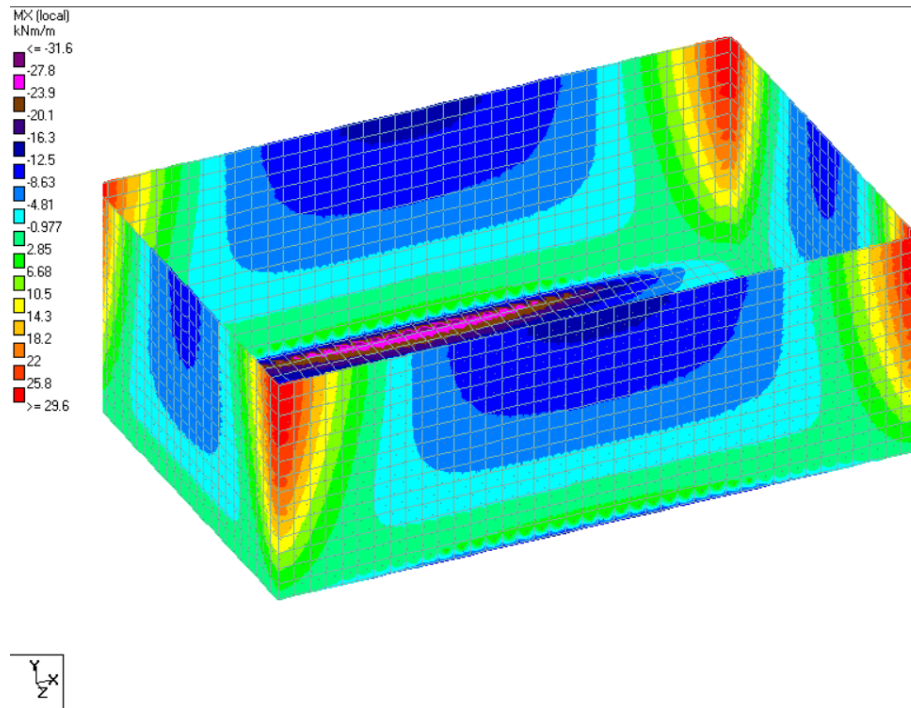


Figura IV.5: momentos según X con el biodigestor vacío. Fuente: elaboración propia.

En la Tabla IV.2 se puede observar los momentos máximos y mínimos en cada elemento de la estructura para ambos estados de carga.

Tabla IV.2: resumen de momentos máximos y mínimos en cada losa. Fuente: elaboración propia.

Elemento	MÁX		MÍN	
	Mx [kNm/m]	My [kNm/m]	Mx [kNm/m]	My [kNm/m]
Losa lat. menor	29,65	12,5	-31,682	-7,99
Losa lat. mayor	28,12	29,43	-29,89	-13,66
Losa de fondo	18,34	7,23	-31,6	-13,23

A partir de estos resultados se procede a hacer el dimensionamiento a flexión de las armaduras para las paredes y losa de fondo del biodigestor como se ve en la Tabla IV.3.

Tabla IV.3: dimensionamiento a flexión. Fuente: elaboración propia.

e[cm]	de[cm]	Mu [KNm/m]	Mn [KNcm/m]	mn	ω_e	a	c	ϕ	ξ_{te}	As [cm ² /m]	As min [cm ² /m]
Losa lateral menor											
20	17,5	29,65	3294	0,04	0,04	0,91	1,07	0,00	0,05	4,60	3,6
20	17	12,5	1389	0,02	0,02	0,39	0,46	0,01	0,11	1,97	3,6
20	17,5	31,682	3520	0,05	0,05	0,97	1,15	0,00	0,04	4,93	3,6
20	17	7,99	888	0,01	0,01	0,25	0,29	0,01	0,17	1,25	3,6
Losa lateral menor											
20	17,5	28,12	3124	0,04	0,04	0,86	1,01	0,00	0,05	4,36	3,6
20	17	29,43	3270	0,05	0,05	0,93	1,09	0,00	0,04	4,71	3,6
20	17,5	29,89	3321	0,04	0,04	0,92	1,08	0,00	0,05	4,64	3,6
20	17	13,66	1518	0,02	0,02	0,43	0,50	0,01	0,10	2,15	3,6
Losa lateral menor											
20	17,5	18,34	2038	0,03	0,03	0,56	0,66	0,00	0,08	2,82	3,6
20	17	7,23	803	0,01	0,01	0,22	0,26	0,01	0,19	1,13	3,6
20	17,5	31,6	3511	0,05	0,05	0,97	1,14	0,00	0,04	4,91	3,6
20	17	13,23	1470	0,02	0,02	0,41	0,48	0,01	0,10	2,08	3,6

A partir de estos resultados se pueden determinar los diámetros de las armaduras a emplear con las separaciones límites que establece el Reglamento. Las diferentes opciones se muestran en la Tabla IV.4, IV.5 y IV.6.

Tabla IV.4: determinación de armaduras losa lateral menor Fuente: elaboración propia.

Sep bar 6	Sep bar 8	Sep bar 10	Sep bar 12	Smax 6	Smax 8	Smax 10	Smax 12
Losa lateral menor							
6	10	17	24	15	20	25	30
7	13	21	31	15	20	25	30
5	10	15	22	15	20	25	30
7	13	21	31	15	20	25	30

Tabla IV.5: determinación de armaduras losa lateral mayor. Fuente: elaboración propia.

Sep bar 6	Sep bar 8	Sep bar 10	Sep bar 12	Smax 6	Smax 8	Smax 10	Smax 12
Losa lateral mayor							
6	11	18	25	15	20	25	30
6	10	16	24	15	20	25	30
6	10	16	24	15	20	25	30
7	13	21	31	15	20	25	30

Tabla IV.6: determinación de armaduras losa lateral de fondo. Fuente: elaboración propia.

Sep bar 6	Sep bar 8	Sep bar 10	Sep bar 12	Smax 6	Smax 8	Smax 10	Smax 12
Losa de fondo							
7	13	21	31	15	20	25	30
7	13	21	31	15	20	25	30
5	10	15	23	15	20	25	30
7	13	21	31	15	20	25	30

Antes de definir una armadura es necesario verificar el grado de abertura de las fisuras según el CIRSOC 201. Los límites reglamentarios se pueden ver en la Figura IV.6.

8.2.6. Abertura máxima de fisuras en estructuras que deben retener agua

En estructuras que deben almacenar, conducir o tratar agua o efluentes cuya exposición resulte **CL1, Q1 o Q2**, sólo se admitirán fisuras de abertura igual o menor que **0,15 mm**, que se auto sellen antes de la puesta en servicio de la estructura. En caso contrario las fisuras deben ser tratadas bajo presión hidrostática para eliminar el pasaje de agua.

En estructuras que deben almacenar, conducir o tratar agua o efluentes cuya exposición resulte **CL2, Q3 o Q4**, se admitirán fisuras de abertura igual o menor que **0,10 mm**.

Cuando se acepte una pequeña filtración y algunas manchas superficiales, se puede adoptar como límite máximo de abertura de fisura igual o menor que **0,20 mm**.

Figura IV.6: abertura máxima de fisuras según CIRSOC.

Podemos adoptar que nuestro caso acepta una pequeña filtración y algunas manchas superficiales por lo que el límite será de 0,20 mm. Para calcular el grado de abertura se utiliza la fórmula de Gergely y Lutz ("Hormigón armado: conceptos básicos y diseño de elementos con aplicación del reglamento CIRSOC 201-2005" O. Moller):

$$w = 0,0145 * f_s * \sqrt[3]{d_c * A}$$

Donde:

- w : apertura de la fisura [mm].
- f_s : tensión de servicio en la armadura [Mpa].
- $d_c = 2,5\phi$. Siendo ϕ el diámetro de la barra adoptada [m].
- $A = 2 * d_c * s$. Siendo s la separación entre ejes de barras.

Iterando se llega a que con un diámetro de 6 milímetros y una separación de 8 centímetros se logra obtener un grado de abertura máximo de 0,20 milímetros como estipula el reglamento.

Finalmente se adopta una armadura uniforme para todos los elementos de 1Ø6 c/8 cm siendo limitante el criterio de apertura de fisuras por sobre el esfuerzo a flexión actuante.

ANEXO V. DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA METÁLICA DE GALPÓN DE ALMACENAMIENTO

ANEXO Va. CÁLCULO DE LAS CARGAS ACTUANTES SOBRE LA ESTRUCTURA METÁLICA

Carga de viento (W)

Desarrollo metodología

El cálculo de la carga de viento (W) actuante sobre la estructura se realizó a partir del Reglamento CIRSOC 102-2005, se aplica el procedimiento analítico (Cap. 5 – Método 2).

En primer lugar se evaluó si se trataba de un edificio de baja altura. Para esto se obtuvo la altura medio de la cubierta, h, la cual se la define como el promedio entre el alero y el punto más elevado de la cubierta, a excepción del caso en el que el ángulo de inclinación de la cubierta sea menor o igual a 10° donde la altura media de la cubierta corresponde a la altura del alero. Se obtuvo como resultado que el galpon es un edificio de baja altura. Se presenta dicho desarrollo en la Tabla Va.1.

Tabla Va.1: Caracterización de altura del edificio. Fuente: producción propia.

DIMENSIONES DEL EDIFICIO		
Ángulo inclinación cubierta	5.711	°
Altura del alero	4.5	m
Altura total del edificio	5	m
Dimensión menor en planta	10	m
Dimensión mayor en planta	55	m
Como ángulo < 10 ° entonces h	4.5	m
EDIFICIO DE BAJA ALTURA		

Luego para aplicar el método analítico se comienza calculando la *presión de diseño* (p) por medio de la siguiente ecuación. (Cap 5.12. Reglamento CIRSOC 102-2005)

$$p = q * G * Cp - q_i * (GCp_i)$$

A continuación se definen los parámetros involucrados

a) *q*: Presión dinámica. (Cap 5.10. Reglamento CIRSOC 102-2005)

$$q = 0,613 * K_z * K_{zt} * K_d * V^2 * I$$

Donde:

- K_z = Coeficiente de exposición (Tabla 5. Reglamento CIRSOC 102-2005)
- K_{zt} = Factor topográfico. (Figura 2. Reglamento CIRSOC 102-2005)
- K_d = Factor de direccionalidad. (Tabla 6. Reglamento CIRSOC 102-2005)
- V = Velocidad según ubicación geográfica. (Figura 1. Reglamento CIRSOC 102-2005)
- I = Factor de importancia. (Tabla 1. Reglamento CIRSOC 102-2005)

Tabla Va.2: Cálculo presión dinámica. Fuente: elaboración propia.

Presión dinámica qh (h= 4.5m)		
Ubicación	Oliveros	
Velocidad del viento	51	m/s
Categoría del edificio	I	
Factor de importancia (I)	0.87	
Exposición (Kz)	C	
Coeficiente de exposición Kz (Tabla 5)	0.846	
Factor de direccionalidad (Kd)	0.85	
Factor topográfico (Kzt)	1	
Presión dinámica qh	997.80	N/m ²

b) G : Factor de ráfaga. (Cap 5.8. Reglamento CIRSOC 102-2005)

“Para las estructuras rígidas definidas en el Capítulo 2, el factor de efecto de ráfaga se debe adoptar igual a **0,85.**”

c) C_p : Coeficiente de presión externa. El mismo se obtiene de las Figuras 3, 5A Y 5B del Cap 5.11.2. Reglamento CIRSOC 102-2005, ingresando en cada caso con sus respectivas áreas tributarias.

d) $G C_{p_i}$: Coeficiente de presión interna. (Tabla 7. Reglamento CIRSOC 102-2005). Para edificios cerrados corresponde un valor de **+/- 0,18.**

Presión de viento para el sistema principal resistente (SPRFV).

Se diferencian dos tipos de casos según la dirección del viento:

a) Viento normal a la cumbrera

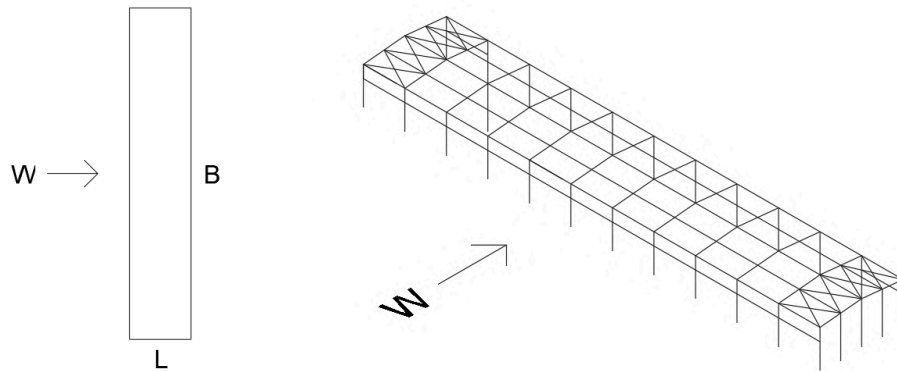


Figura Va.1: viento perpendicular a la cumbrera. Fuente: elaboración propia.

Tabla Va.3: Parámetros para calcular presión de diseño del sistema estructural con viento normal a la cumbrera. Fuente: elaboración propia.

VIENTO NORMAL A LA CUMBRERA		
Dimensión horizontal del edificio paralelo al viento L	10	m
Dimensión horizontal del edificio normal al viento B	55	m
h	4,5	m
L/B	0.182	
h/L	0.450	
GCpi (presión)	0.18	(Tabla 7)
GCpi (succión)	-0.18	(Tabla 7)

b) Viento paralelo a la cumbrera

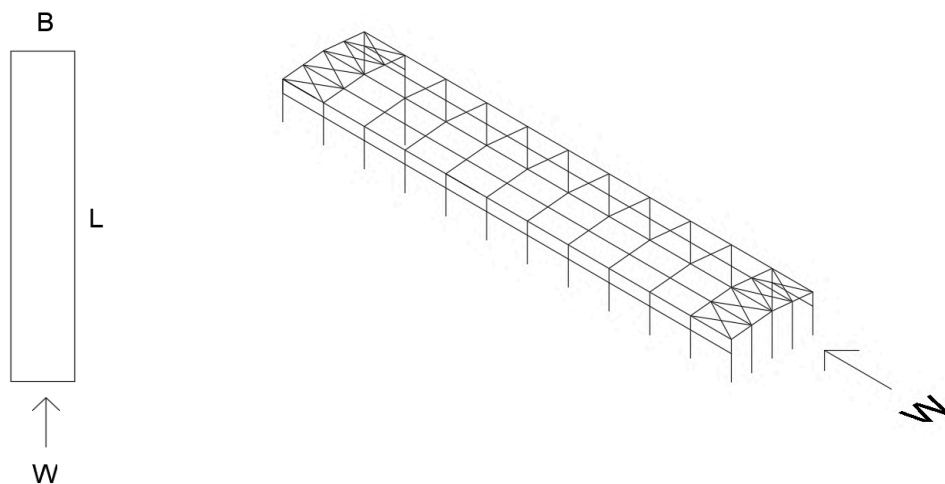


Figura Va 2: viento paralelo a la cumbrera. Fuente: elaboración propia.

Tabla Va.4: Parámetros para calcular presión de diseño del sistema estructural con viento paralelo a la cumbre. Fuente: elaboración propia.

VIENTO NORMAL A LA CUMBRERA		
Dimensión horizontal del edificio paralelo al viento L	10	m
Dimensión horizontal del edificio normal al viento B	55	m
h	4.500	m
L/B	0.182	
h/L	0.450	
GCpi (presión)	0.18	<i>(Tabla 7)</i>
GCpi (succión)	-0.18	<i>(Tabla 7)</i>

Presión de viento para componentes y revestimientos.

Tabla Va.5: Datos para el cálculo presión de diseño para componentes y revestimientos. Fuente: elaboración propia.

PRESIONES DE VIENTO DE DISEÑO PARA COMPONENTES Y REVESTIMIENTOS		
Lc= Luz de correas	5.00	m
s= Separación de correas	1.25	m
Mínimo entre 10% menor dimensión horizontal y 0,4 h	1.00	m
No menor que 4% menor dimensión horizontal y 1m	1.00	m
a= Longitud de separación de zonas	1.00	m
p= Paso chapa T101 N°22 e=0,7mm	0.253	m
Gcpi (presión)	0.18	<i>(Tabla 7)</i>
Gcpi (succión)	-0.18	<i>(Tabla 7)</i>
Área efectiva correas: $\max(L*s; L*L/3)$	8.33	m ²
Área efectiva chapas: $\max(s*p; s*s/3)$	0.52	m ²

ANEXO IVb. DIMENSIONAMIENTO COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA METÁLICA.

Chapas

En la tabla Vb.1 se observan los datos de las chapas según el catálogo de SIDERAR y variables constructivas que resultan fundamentales para la posterior verificación.

Tabla Vb.1: Datos chapas. Fuente: catálogo SIDERAR.

Datos de catálogo SIDERAR		
Tipo de chapa	T101	
Espesor	0.70	mm
Esquema de apoyos	4	apoyos
Ancho total (chapa)	1.1	m
L1: Dist entre apoyos en zona 1	1.25	m
L2: Dist entre apoyos en zona 2	1.25	m
L3: Dist entre apoyos en zona 3	1.25	m
L4: Dist entre apoyos en zona 4	1.25	m
L5: Dist entre apoyos en zona 5	1.25	m
D: Peso propio chapa	0.0595	kN/m ²
Lr: Sobrecarga de cubierta	0.64	kN/m ²
Flecha admisible	L/150	
θ inclinación cubierta	5.711	°
cos (θ)	0.995	
Q (D) normal a la chapa	0.059	kN/m ²
Q (Lr) normal a la chapa	0.629	kN/m ²

Para el cálculo de la carga de servicio (q_s) se consideran las combinaciones de la tabla Vb.2.

Tabla Vb.2: Combinaciones ELS. Fuente: elaboración propia.

Estados Límites de Servicio a considerar
D + L
D + W(+)
D + W(-)
D + 0,7(W + Lr)

Los valores de las cargas admisibles (Q_{sadm}) se obtienen a partir de la Tabla 3 de "PRODUCTOS CONFORMADOS" (SIDERAR) ingresando a ellas por medio del esquema de apoyo y la separación entre apoyos.

Tabla Vb.3: Verificación chapeado. Fuente: elaboración propia.

Verificación chapeado					
Frente y contrafrente (s=1.25 m)					
	Zona	Carga de viento W [kN/m ²]	Carga de servicio qs [kN/m ²]	Qs admisible [kN/m ²]	¿Qs adm>Qs ?
Presión Máx.	4	1.078	1.254	4.413	Verifica
	5	1.078	1.254	4.413	Verifica
Succión Máx.	4	-1.167	-1.108	4.065	Verifica
	5	-1.437	-1.378	4.065	Verifica
Laterales (s=1.25 m)					
	Zona	Carga de viento W [kN/m ²]	Carga de servicio qs [kN/m ²]	Qs admisible [kN/m ²]	¿Qs adm>Qs ?
Presión Máx.	4	1.078	1.254	4.413	Verifica
	5	1.078	1.254	4.413	Verifica
Succión Máx.	4	-1.167	-1.108	4.065	Verifica
	5	-1.437	-1.378	4.065	Verifica
Cubierta (s=1.25m)					
	Zona	Carga de viento W [kN/m ²]	Carga de servicio qs [kN/m ²]	Qs admisible [kN/m ²]	¿Qs adm>Qs ?
Presión Máx.	1	0.479	0.835	4.413	Verifica
	2	0.479	0.835	4.413	Verifica
	3	0.479	0.835	4.413	Verifica
Succión Máx.	1	-1.177	-1.118	4.065	Verifica
	2	-1.976	-1.916	4.065	Verifica
	3	-2.973	-2.914	4.065	Verifica

Correas cubierta

La verificación del perfil adoptado para materializar las correas de techo consiste:

- Verificación de la flecha.
- Verificación de la flexión.

Tabla Vb.4: Parámetros geométricos del perfil adoptado, correas de cubierta. Fuente: elaboración propia.

Dimensionamiento de las correas de frente - PCF		
Perfil adoptado	180-70-25-3.2	
ht (altura del perfil)	180	mm
bt (ancho total de la sección)	70	mm
dt (altura total del labio)	25	mm
t =ri (espesor del perfil)	3.2	mm
A (área del perfil)	11.17	cm ²
I _x (inercia con respecto al eje x)	549.38	cm ⁴
S _x (módulo elástico según eje x)	61.04	cm ³
r _x (radio de giro según x)	7.01	cm
I _y (inercia con respecto al eje y)	75.35	cm ⁴
S _{y1}	33.4	cm ³
S _{y2}	15.88	cm ³

Tabla Vb.5: Cargas en servicio para correas de cubierta. Fuente: elaboración propia

Cargas en servicio						
PP chapas (normal a la chapa)	0.059	kN/m ²				
PP correas (normal a la correa)	0.09	kN/m				
Lr en planta	0.96	kN/m ²				
	ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3	
W(+) (carga de presión de viento)	0.500	kN/m ²	0.500	kN/m ²	0.500	kN/m ²
W(-) (carga de succión de viento)	-1.096	kN/m ²	-1.407	kN/m ²	-1.233	kN/m ²
q _D (normal a correa)	0.160	kN/m	0.160	kN/m	0.160	kN/m
q _{Lr}	1.188	kN/m	1.188	kN/m	1.188	kN/m
q _{W(+)} = Presión x Separación entre correas	0.625	kN/m	0.625	kN/m	0.625	kN/m
q _{W(-)} =Succión x Separación entre correas	-1.370	kN/m	-1.758	kN/m	-1.541	kN/m

En primer lugar se realiza en ELS que la flecha máxima no supere la flecha admisible.

Tabla Vb.6: Flecha admisible. Fuente: elaboración propia.

Verificación flecha			
Flecha admisible según Reglamento CIRSOC 301			
flecha admisible (carga variable)	L/180	2.778	cm
flecha admisible (carga variable + D)	L/150	3.333	cm

Tabla Vb.7: Verificación de flecha para correas de cubierta. Fuente: elaboración propia.

Cálculo de la flecha para diferentes combinaciones en servicio												
Combinaciones ELS Cap B Cirsoc 301	Zona 1				Zona 2				Zona 3			
	D+0,7 (W(+)+Lr)	D+W(+)	D+W(-)	D+Lr	D+0,7 (W(+)+Lr)	D+W(+)	D+W(-)	D+Lr	D+0,7 (W(+)+Lr)	D+W(+)	D+W(-)	D+Lr
q [kN/m]	1.429	0.785	1.211	1.348	1.429	0.785	1.599	1.348	1.429	0.785	1.381	1.348
f [cm] = 5/384 (ql ⁴)/EI	1.058	0.581	0.897	0.998	1.058	0.581	1.184	0.998	1.058	0.581	1.023	0.998
Condición	Verifica	Verifica	Verifica	Verifica	Verifica	Verifica	Verifica	Verifica	Verifica	Verifica	Verifica	Verifica

En segundo lugar se verifica en ELU la flexión de las correas.

Tabla Vb.8: Combinaciones ELU. Fuente: elaboración propia.

Combinaciones ELU-Cap. B	Zona 1		Zona 2		Zona 3	
1,2 D + 1,6 Lr + 0,8 W(+) (B.2.3)	2.593	kN/m	2.593	kN/m	2.593	kN/m
1,2 D + 1,5 W(+) + 0,5 Lr (B.2.4)	1.723	kN/m	1.723	kN/m	1.723	kN/m
0,9 D + 1,5 W(+) (B.2.6)	1.081	kNm	1.081	kNm	1.081	kNm
0,9 D + 1,5 W(-) (B.2.6)	-1.912	kNm	-2.494	kNm	-2.168	kNm

Tabla Vb.9: Cargas mayoradas y cálculo del momento último (Mu) para correas de cubierta. Fuente: elaboración propia.

Cargas mayoradas y Momentos requeridos						
	Zona 1		Zona 2		Zona 3	
qu+ [kN/m]	2.593	kN/m	2.593	kN/m	2.593	kN/m
qu- [kN/m]	-1.912	kN/m	-2.494	kN/m	-2.168	kN/m
Mu + [kNm]	8.102	kNm	8.102	kNm	8.102	kNm
Mu - [kNm]	-5.974	kNm	-7.794	kNm	-6.774	kNm

Tabla Vb.10: Verificación correas de cubierta a flexión. Fuente: elaboración propia.

Dimensionamiento correas a flexión						
CASO C - Correa arriostrada en forma discontinua con tillas en ala comprimida (inferior) - 1 TILLA						
	Zona 1		Zona 2		Zona 3	
Mu -	5.974	kNm	7.794	kNm	6.774	kNm
Lb	2.5	m	2.5	m	2.5	m
Cb // apoyado-apoyado mitad diagrama	1.3		1.3		1.3	
Fe	45.615	kN /cm ²	45.615	kN/cm ²	45.615	kN/cm ²
Fc	22.374	kN/cm ²	22.374	kN/cm ²	22.374	kN/cm ²
Mn	13.657	kNm	13.657	kNm	13.657	kNm
Φ	0.9		0.9		0.9	
Md	12.292	kNm	12.292	kNm	12.292	kNm
Condición	VERIFICA		VERIFICA		VERIFICA	

Tabla Vb.11: Verificación correas de cubierta arriostradas con carga a presión. Fuente: elaboración propia.

Correa arriostrada con cargas de presión	
Todas las zonas	
Mu +	8.102
S	61.04
fy	23.5
Md	12.910
VERIFICA	

Correas de frontis

Tabla Vb.12: Parámetros geométricos del perfil adoptado, correas de frontis. Fuente: elaboración propia.

Dimensionamiento de las correas de frente - PCF		
Perfil adoptado	120-50-20-3.20	
ht (altura del perfil)	120	mm
bt (ancho total de la sección)	50	mm
dt (altura total del labio)	20	mm
t =ri (espesor del perfil)	3.2	mm
A (área del perfil)	7.65	cm ²
Ix (inercia con respecto al eje x)	164.28	cm ⁴
Sx (módulo elástico según eje x)	27.38	cm ³
rx (radio de giro según x)	4.63	cm
Iy (inercia con respecto al eje y)	26.15	cm ⁴
Sy1	15.23	cm ³
Sy2	7.96	cm ³

Tabla Vb.13: Cargas en servicio, correas de frontis. Fuente: elaboración propia.

Cargas en servicio				
	ZONA 4		ZONA 5	
W(+) (carga de presión de viento)	1.037	kN/m ²	1.037	kN/m ²
W(-) (carga de succión de viento)	-0.768	kN/m ²	-0.997	kN/m ²
qW(+) = Presión.Separación entre correas	1.297	kN/m	1.297	kN/m
qW(-)=Succión.Separación entre correas	-0.960	kN/m	-1.246	kN/m

Tabla Vb.14: Verificación flecha, correas de frontis. Fuente: elaboración propia.

Verificación flecha			
Flecha admisible según Reglamento CIRSOC 301 Apéndice L			
flecha admisible (carga variable)	L/180	1.39	cm
Combinaciones ELS Cáp B Cirsoc 301	Zona 4	Zona 5	
	W	W	
q	1.297	1.297	kN/m
$f = 5/384 (ql^4)/EI$	0.201	0.201	cm
Condición	VERIFICA	VERIFICA	

Tabla Vb.15: Cargas mayoradas y cálculo del momento último (M_u), correas de frontis. Fuente: elaboración propia.

Cargas mayoradas y Momentos requeridos				
	Zona 4		Zona 5	
qu+ [kN/m]	1.945	kN/m	1.945	kN/m
qu- [kN/m]	-1.440	kN/m	-1.869	kN/m
Mu + [kNm]	1.519	kNm	1.519	kNm
Mu - [kNm]	-1.125	kNm	-1.460	kNm

Tabla Vb.16: Verificación correas de frontis a flexión con cargas de presión. Fuente: elaboración propia.

Dimensionamiento correas a flexión				
CASO A - Correa arriostrada a chapeado con cargas de Presión				
	Zona 4		Zona 5	
Mu +	1.519	kNm	1.519	kNm
Mn	6.434	kNm	6.434	kNm
Φ	0.9		0.9	
Md	5.791	kNm	5.791	kNm
Condición	VERIFICA		VERIFICA	

Tabla Vb.17: Verificación correas de frontis a flexión con cargas de succión. Fuente: elaboración propia.

Dimensionamiento correas a flexión				
CASO B - Correa arriostrada a chapeado con cargas de Succión				
Mu -	1.125	kNm	1.460	kNm
R	0.7	// d= 160 mm	0.7	// d= 160 mm
Mn	4.504	kNm	4.504	kNm
ϕ	0.9		0.9	
Md	4.054	kNm	4.054	kNm
Condición	VERIFICA		VERIFICA	

Correas de pared lateral

Tabla Vb.18: Parámetros geométricos del perfil adoptado, correas de pared lateral. Fuente: elaboración propia.

Dimensionamiento de las correas de pared lateral - PCF		
Perfil adoptado	180-70-25-3.2	
ht (altura del perfil)	180	mm
bt (ancho total de la sección)	70	mm
dt (altura total del labio)	25	mm
t =ri (espesor del perfil)	3.2	mm
A (area del perfil)	11.17	cm ²
Ix (inercia con respecto al eje x)	549.38	cm ⁴
Sx (modulo elástico segun eje x)	61.04	cm ³
rx (radio de giro segun x)	7.01	cm
Iy (inercia con respecto al eje y)	75.35	cm ⁴
Sy1	33.4	cm ³
Sy2	15.88	cm ³

Tabla Vb.19: Cargas en servicio, correas de pared lateral. Fuente: elaboración propia.

Cargas en servicio				
	ZONA 4		ZONA 5	
W(+) (carga de presión de viento)	1.037	kN/m ²	1.037	kN/m ²
W(-) (carga de succión de viento)	-0.768	kN/m ²	-0.997	kN/m ²
qW(+) = Presión.Separación entre correas	1.297	kN/m	1.297	kN/m
qW(-)=Succión.Separación entre correas	-0.960	kN/m	-1.246	kN/m

Tabla Vb.20: Verificación flecha para correas de pared lateral. Fuente: elaboración propia.

Verificación flecha			
Flecha admisible según Reglamento CIRSOC 301 Apéndice L			
flecha admisible (carga variable)	L/180	2.778	cm
Combinaciones ELS Cáp L Cirsoc 301	Zona 4	Zona 5	
	W	W	
q	1.297	1.297	kN/m
$f [cm] = 5/384 (qL^4)/EI$	0.960	0.960	cm
Condición	VERIFICA	VERIFICA	

Tabla Vb.21: Cargas mayoradas y cálculo del momento último (Mu), correas de pared lateral. Fuente: elaboración propia.

Cargas mayoradas y Momentos requeridos				
	Zona 4		Zona 5	
qu+ [kN/m]	1.945	kN/m	1.945	kN/m
qu- [kN/m]	-1.440	kN/m	-1.869	kN/m
Mu + [kNm]	1.519	kNm	1.519	kNm
Mu - [kNm]	-1.125	kNm	-1.460	kNm

Tabla Vb.22: Verificación correas de pared lateral a flexión con cargas de presión. Fuente: elaboración propia.

Dimensionamiento correas a flexión				
CASO A - Correa arriostrada a chapeado con cargas de Presión				
	Zona 4		Zona 5	
Mu +	6.078	kNm	6.08	kNm
Mn	14.3	kNm	14.3	kNm
Φ	0.9		0.9	
Md	12.9	kNm	12.9	kNm
Condición	VERIFICA		VERIFICA	

Tabla Vb.23: Verificación correas de pared lateral a flexión con cargas de succión. Fuente: elaboración propia.

Dimensionamiento correas a flexión				
CASO B - Correa arriostrada a chapeado con cargas de Succión				
	Zona 4		Zona 5	
Mu -	4.50	kNm	5.84	kNm
R	0.7	// d= 160 mm	0.7	// d= 160 mm
Mn	10.04	kNm	10.04	kNm
Φ	0.9		0.9	
Md	9.04	kNm	9.04	kNm
Condición	VERIFICA		VERIFICA	

Viga dintel

Tabla Vb.24: Propiedades generales. Fuente: elaboración propia.

PROPIEDADES GENERALES	
L [m]	5
Ancho de infl. [m] (mitad de alt del portón)	1.500

Tabla Vb.25: Análisis de carga sobre la viga dintel. Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS DE CARGAS			
PARALELO A LA CUMBRERA			
CARGAS VERTICALES			
Carga	kN/m ²	kN/m	kN
PP viga (Perfil)	-	0.18	
CARGAS HORIZONTALES			
Carga	kN/m ²	kN/m	kN
qW (presión)	-0.77	-1.16	-5.80
qW (succión)	-0.50	-0.75	-3.75

Tabla Vb.26: Combinaciones de carga sobre la viga dintel. Fuente: elaboración propia.

CARGAS ÚLTIMAS VERTICALES (flexión en el eje débil)			
Cargas (W=0)	kN/m	kN	
E IV=1,4D	0.25	1.26	
E VIII=0,9D +1,5W (presión)	0.22	1.08	
CARGAS ÚLTIMAS HORIZONTALES (flexión en el eje fuerte)			
Carga (D=0)	kN/m ²	kN/m	kN
E VIII=0,9D +1,5W (presión)	-1.16	-1.74	-8.70

Tabla Vb.27: Reacciones últimas sobre la viga dintel. Fuente: elaboración propia.

REACCIONES ÚLTIMAS	
Combinación 1: 1,4D (Para dimensionar la menor inercia)	
R verticales extremos [kN]	0.63
Corte máximo [KN] (sentido vertical)	0.63
M Max y C verticales [KNm]	0.79
M Max x C horizontales [KNm]	0.00

Continuación Tabla Vb.27: Reacciones últimas sobre la viga dintel. Fuente: elaboración propia.

REACCIONES ÚLTIMAS	
Combinación 8: 1,2D +1,5W + f1Lr (Para dimensionar la mayor inercia)	
R horizontal extremos [kN]	-4.35
R vertical extremos [kN]	0.54
Corte máximo [KN] (sentido vertical)	0.54
Corte máximo [KN] (sentido horizontal)	-4.35
M Max y C verticales [KNm]	0.68
M Max x C horizontal [KNm]	-5.44

Tabla Vb.28: Esfuerzos últimos máximos viga dintel. Fuente: elaboración propia.

ESFUERZOS ÚLTIMOS MÁXIMOS
M Max producido por C verticales - Eje y - menor inercia [KNm]
0.79
M Max producido por C horizontal - Eje x- mayor inercia [KNm]
-5.44
Vmax [KN] - menor inercia
0.63
Vmax [KN] - mayor inercia
-4.35
Pu
0.00

Tabla Vb.29: Propiedades del perfil adoptado para la viga dintel. Fuente: elaboración propia.

PROPIEDADES			
PERFIL ADOPTADO			W 150 x 18,0
h [mm]	153.00		W 150 x 18,0
tw [mm]	5.80		
bf	102.00		
tf	7.10		
bf/2tf	7.18		
h/tw	20.48		
Area [cm ²]	23.40		
Aw [cm ²]	8.87		
Ix [cm ⁴]	939.00		
Sx [cm ³]	122.80		
rx [cm]	6.34		
Zx [cm ³]	139.40		
Iy [cm ⁴]	126.00		
Sy [cm ³]	24.70		
ry [cm]	2.32		
Zy [cm ³]	38.50		
J [cm ⁴]	4.34		
Lp [cm]	88.82	Carga Ala Superior	
Lr [cm]	243.73		
DEL MATERIAL			
Acero F-36			
Fy [Mpa]	345		
E [Mpa]	200000		
γ [KN/m ³]	77		
G [Mpa]	77200		

Tabla Vb.30: Verificación flecha viga dintel. Fuente: elaboración propia.

ESTADOS DE SERVICIO - HORIZONTAL (Long mas larga)		
Flecha máx : L/160 [cm]	3.1	
Inercia mínima [cm ⁴]	151	
Flecha máx p/perfil adoptado : L/XXX [cm]	0.50	L/995

Tabla Vb.31: Verificación Pandeo Local viga dintel. Fuente: elaboración propia.

Pandeo Local		
Verificación ala		
λp	9.15	Tabla B.4.1b Caso 11
bf/2tf	7.18	NO ABOLLA
λr	13.48	Tabla B.4.1a Caso 1
bf/2tf	7.18	NO ESBELTA
Qs	1	
Verificación alma		
λp	90.53	Tabla B.4.1b Caso 16
h/tw	20.48	NO ABOLLA
λr	35.87	Tabla B.4.1a Caso 1
h/tw	20.48	NO ESBELTA
Qa	1	
Q	1	

Tabla Vb.32: Verificación Pandeo Global viga dintel. Fuente: elaboración propia.

Pandeo Global		
Pandeo Eje X		
kx	1	VERIFICA <200
Lx [cm]	500	
λx	78.9	
Pandeo Eje Y		
ky	1	VERIFICA <200
Ly [cm]	250	
λy	107.8	

Tabla Vb.33: Verificación a compresión viga dintel. Fuente: elaboración propia.

Compresión	
λ_{det}	107.76
λ_c	1.42
Fcr [kN/cm ²]	14.75
ϕ	0.85
Pd [kN]	293
Pu [kN]	0.00

VERIFICA

Tabla Vb.34: Verificación a flexión viga dintel. Fuente: elaboración propia.

Flexión	
Plastificación según eje x (eje de mayor inercia) - Cargas longitudinales	
Mu [kNm]	0.00
Mp [kNm]	48.09
1,5 My [kNm]	63.55
Mpx [kNm]	48.09
Pandeo lateral torsional	
Mmax [kNm]	
MA [kNm]	-4.08
MB [kNm]	-5.44
MC [kNm]	-4.08
Cb	1.14
Lb [cm] (*)	500
Lp [cm]	88.82
Lr [cm]	243.73
Lb>Lr	
Fr [Mpa]	69
Mr [kNm]	33.89
X1 [Mpa]	22652
Mcr [kNm]	18.83

VERIFICA

Continuación Tabla Vb.34: Verificación a flexión viga dintel. Fuente: elaboración propia.

Flexión		VERIFICA
Estado límite de pandeo local del ala comprimida		
λ_{rf} (caso 11)	22.34	
$\lambda \leq \lambda_{rf}$		
Mn [kNm] (F.3.1)	50.21	
Flexión		
Mn [kNm]	18.83	
ϕ	0.9	
Mdx [kNm]	16.95	
Plastificación según eje y (eje de menor inercia) - Cargas gravitacionales		
Mu [kNm]		
Mp [kNm]	13.283	
1,5 My [kNm]	12.782	
Mp y [kNm]	12.782	
ϕ	0.900	
Mdy[kNm]	11.504	

Tabla Vb.35: Verificación Flexión Disimétrica. Fuente: elaboración propia.

VERIFICACIÓN COMBINADA - FLEXIÓN DISIMÉTRICA		VERIFICA
Combinación 1: 1.4D- Eje Y (CON P=0)		
Pu1 [kN]	0.00	
Pd [kN]	293.45	
Pu1/Pd	0.00	
Mu1 [kNm]	0.79	
Md [kNm]	11.50	
Mu1/Md	0.07	
Verificación combinada 1	0.07	

Continuación Tabla Vb.35: Verificación Flexión Disimétrica. Fuente: elaboración propia.

VERIFICACIÓN COMBINADA - FLEXIÓN DISIMÉTRICA		
Combinación 8: 1,2D +1,5W + f1Lr (succión) Eje X (CON P=0)		
Mux/Mdx + Muy/Mdy	0.06	VERIFICA

Parante de frontis

Tabla Vb.36: Propiedades generales del parante de frontis. Fuente: elaboración propia.

PROPIEDADES GENERALES	
L [m]	5
Ancho de influencia cubierta [m]	2.50
Largo de influencia cubierta [m]	2.50
Ancho de infl. frente[m]	2.50
Alto de infl. frente [m]	5.00
Area de influencia cubierta [m2]	6.25
Area de influencia frente [m2]	12.34

Tabla Vb.37: Análisis de carga sobre parante de frontis. Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS DE CARGAS			
Paralelo a la cumbrera			
Supondremos que la carga de viento actua en su mayor valor			
CARGAS VERTICALES → COMPRESIÓN → P			
Carga	kN/m2	kN/m	kN
qD chapas frontis (PP (siderar)*Ainf frente)	0.060	-	0.734
qD correas frontis (Peso Esp * Area perfil*cant correas*ancho frontis)	-	0.059	0.589
PP columna (S/perfil adoptado)	-	0.223	1.675
qD chapa cubierta (PP*Ainf cub)	0.060	-	0.372
qD correas cubierta (Peso esp*A perfil*cant correas*largo de inf)	-	0.086	0.645
qW pres int cubierta	0.30	-	1.875
qW succ int cubierta	-1.80	-	-11.250

Continuación Tabla Vb.37: Análisis de carga sobre parante de frontis. Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS DE CARGAS			
Paralelo a la cumbrera			
Supondremos que la carga de viento actúa en su mayor valor			
CARGAS HORIZONTALES → FLEXIÓN → F			
Viento	kN/m ²	kN/m	kN
qW(succión)	0.86	2.145	10.726
qW (presión)	0.50	1.247	6.236

Tabla Vb.38: Combinaciones de carga sobre parante de frontis. Fuente: elaboración propia.

ESTADOS DE CARGA ULTIMOS	
CARGAS ULTIMAS VERTICALES (generan compresión/tracción)	
Combinaciones (W=0)	[kN]
quIV=1,4D	5.62
quVI=1,2D +1,5W + 0,5Lr (succión)	-12.06

Tabla Vb.39: Reacciones últimas sobre parante de frontis. Fuente: elaboración propia.

CARGAS ULTIMAS HORIZONTALES (generan flexión)			
Carga (D=0)	kN/m ²	kN/m	kN
qu1=1,4D	0.00	0.00	0.00
qu8=1,2D +1,5W + f1Lr (succión)	1.29	3.22	15.88

Tabla Vb.40: Esfuerzos últimos máximos parante de frontis. Fuente: elaboración propia.

REACCIONES	
Combinación 1: 1,4D	
R verticales [kN]	5.62
R Horizontales [kN]	0.00
M Max [KNm]	0.00

Continuación Tabla Vb.40: Esfuerzos últimos máximos parante de frontis. Fuente: elaboración propia.

REACCIONES	
Combinación 8: 1,2D+1,5W + f1Lr (succión interna)	
R verticales [kN]	-12.06
R Horizontales inf [kN]	7.94
R Horizontales sup [kN]	7.94
Corte max [kN]	7.94
M Max [KNm]	10.06

Tabla Vb.41: Propiedades del perfil adoptado para parante de frontis. Fuente: elaboración propia.

Propiedades del Material		
PERFIL ADOPTADO		W 150 x 22,5 (H)
h [mm]	152.00	W 150 x 22,5 (H)
tw [mm]	5.80	
bf/2tf	11.52	
hw/tw	20.48	
Area [cm ²]	29.00	
Aw [cm ²]	8.82	
Ix [cm ⁴]	1229.00	
Sx [cm ³]	161.70	
rx [cm]	6.51	
Zx [cm ³]	179.60	
Iy [cm ⁴]	387.00	
Sy [cm ³]	50.90	
ry [cm]	3.65	
Zy [cm ³]	77.90	
J [cm ⁴]	4.75	
Lp [cm]	139.73	Carga Ala Superior
Lr [cm]	339.15	

Continuación Tabla Vb.41: Propiedades del perfil adoptado para parante de frontis. Fuente: elaboración propia.

Propiedades del Material			
DEL MATERIAL			
Acero F-36			
Fy [Mpa]	345		
E [Mpa]		200000	
γ [KN/m ³]		77	
Mr [kNm]		44.63	
G [Mpa]		77200	

Tabla Vb.42: Verificación flecha. Fuente: elaboración propia.

ESTADOS DE SERVICIO - Sentido horizontal			
Carga	kN/m ²	kN/m	kN
D+W (succión)	0.86	2.15	10.73
Flecha máx : H/160 [cm]		3.13	
Inercia mínima [cm ⁴]		279	
Flecha máx p/perfil adoptado : H/XXX [cm]	0.71		H/704

Tabla Vb.43: Verificación Pandeo Local. Fuente: elaboración propia.

Pandeo Local		
Verificación ala		
λ_p	9.15	Tabla B.4.1b Caso 11
bf/2tf	11.52	ALA NO COMPACTA
λ_r	13.48	Tabla B.4.1a Caso 1
bf/2tf	11.52	NO ESBELTA
Qs	1	
Verificación alma		
λ_p	91	Tabla B.4.1b Caso 16
hw/tw	20.48	ALMA COMPACTA
λ_r	35.87	Tabla B.4.1a Caso 1
hw/tw	20.48	NO ESBELTA
Qa	1	
Q	1	

Tabla Vb.44: Verificación Pandeo Global. Fuente: elaboración propia.

Pandeo Global		
Pandeo Eje X		
ky	1	VERIFIC A<200
Ly [cm]	500	
λ_y	137.0	

Tabla Vb.45: Verificación a compresión. Fuente: elaboración propia.

Compresión		
λ_{det}	136.99	VERIFICA
λ_c	1.81	
Fcr [kN/cm ²]	9.23	
ϕ	0.85	
Pd [kN]	227	
Pu [kN]	5.62	

Tabla Vb.46: Verificación corte. Fuente: elaboración propia.

Corte		
Vu [Kn]	7.94	VERIFICA
Aw = d x tw	8.82	
kv	5.00	
Cv	1	
Vn [KN]	182.49	
ϕ	0.9	
Vd [kN]	164.24	

Tabla Vb.47: Verificación a flexión. Fuente: elaboración propia.

Flexión	
Plastificación	
Mp [kNm]	62.0
1,5 My [kNm]	83.7
Mp [kNm]	62.0
Pandeo lateral torsional	
Cb	1.14
Lb [cm] (*)	125
Lp [cm]	139.73
Lr [cm]	339.15
Lb < Lp	
no hay pandeo lateral torsional	
Fr [Mpa]	69.00
Mr [kNm]	-
X1 [Mpa]	20035.2
Mcr [kNm]	-
<i>// carga aplicada en el ala superior</i>	
Mn	62.0
φ	0.9
Md [kNm]	55.77
Mu [kNm]	10.06

VERIFICA

Tabla Vb.48: Verificación Flexión Disimétrica. Fuente: elaboración propia.

Flexión Disimétrica	
Combinación 1	
Pu1 [kN]	5.62
Pd [kN]	227
Pu1/Pd	0.025
Mu1 [kNm]	0.00
Md [kNm]	55.8
Mu1/Md	0.00
Verificación combinada 1	0.01

VERIFICA

Continuación Tabla Vb.48: Verificación Flexión Disimétrica. Fuente: elaboración propia.

Flexión Disimétrica		
Combinación 8		
Pu8 [kN]	-12.06	VERIFICA
Pd [kN]	227	
Pu8/Pd	-0.053	
Mu8 [kNm]	10.06	
Md [kNm]	55.8	
Mu8/Md	0.18	
Verificación combinada 8	0.15	

Sistema de contraviento

Tabla Vb.49: Reacciones horizontales superiores de parantes de frontis. Fuente: elaboración propia.

REACCIONES HORIZONTALES							
BARLOVENTO				SOTAVENTO			
	quW [kNm2]	Área inf. [m2]	R [kN]		quW [kNm2]	Área inf. [m2]	R [kN]
Reacción columna pórtico sup	1.29	1.95	1.25	Reacción columna pórtico	0.75	1.95	0.73
Reacción parante central frontis	1.29	12.34	7.94	Reacción parante central frontis	0.75	12.34	4.63
Reacción parante lateral frontis	1.29	11.87	7.64	Reacción parante lateral frontis	0.75	11.87	4.45
Reacción columna pórtico P4	1.29	3.75	3.67	Reacción columna pórtico P4	0.75	3.75	2.14

Tabla Vb.50: Solicitaciones axiales de puntales. Fuente: elaboración propia.

SOLICITACIONES AXIALES EN PUNTALES			
L PUNTAL	L	5.00	m
TECHO	P1	7.94	kN
	P2	13.92	kN
	P3	19.63	kN
PARED LATERAL	P4	23.30	kN

Tabla Vb.51: Solicitaciones axiales de tensores. Fuente: elaboración propia.

SOLICITACIONES AXIALES EN DIAGONALES			
L DIAG T1 Y T2	L	5.59	m
L DIAG T3	L	5.22	m
L DIAG T4	L	5.83	m
TECHO (tensores)	T1	3.51	kN
	T2	10.27	kN
PARED (tensores)	T3	12.16	kN
	T4	13.28	kN

Tabla Vb.52: Perfil adoptado de puntales P1, P2 y P3. Fuente: elaboración propia.

PUNTALES P1, P2 y P3			
2L empresillados en X			
CARGA ÚLTIMA			
Pu	19.63	kN	
PERFIL ADOPTADO			L 76x76x6,4
Ag	9.43	cm ²	L 76x76x6,4
b	76.20	cm	
t	6.40	cm	
Iz	81.30	cm ⁴	
Iv	19.47	cm ⁴	
Ix = Iy	50.39	cm ⁴	
ex = ey	2.09	cm	
rv	1.44	cm	

Continuación Tabla Vb.52: Perfil adoptado de puntales P1, P2 y P3. Fuente: elaboración propia.

PUNTALES P1, P2 y P3	
2L empresillados en X	
DEL MATERIAL	
Acero F-24	
Fy [Mpa]	235
E [Mpa]	200000
γ [KN/m ³]	77
G [Mpa]	77200
Long. del Puntal [cm]	500

Tabla Vb.53: Dimensionamiento de puntales P1, P2 y P3. Fuente: elaboración propia.

DIMENSIONAMIENTO A COMPRESIÓN P1, P2 y P3		
Pandeo local		
λ_r	13.13	Tabla B.4.1 Caso 3
bf/tf	11.91	VERIFICA
Pandeo Global		
$I_p=2 \cdot I_z$	162.6	VERIFICA
A	18.86	
r _p	2.94	
L _p	500	
k (a _p - a _p)	1	
λ	170	
$\lambda < 200$	VERIFICA	
λ_c	1.86	
F _{cr}	5.97	
ϕ	0.85	
P _d [kN]	95.70	

Continuación Tabla Vb.53: Dimensionamiento de puntales P1, P2 y P3. Fuente: elaboración propia.

DIMENSIONAMIENTO A COMPRESIÓN P1, P2 y P3		
COMPORTAMIENTO LOCAL- Entre presillas		
rv [cm]	1.44	VERIFICA
Cantidad de presillas	4	
L puntal [cm]	500	
a [cm]	125	
k	1	
$\lambda_v = k \cdot a / r_v < 200$	86.8	
$\lambda < 200$	VERIFICA	
a/ri	86.806	
$3/4 \cdot (kL/r)$	127.715	

Tabla Vb.54: Perfil adoptado de tensores T1 y T2. Fuente: elaboración propia.

DIAGONALES T1 y T2			
Barras redondas			
CARGA ÚLTIMA			
Tu	10.27	kN	
PROPIEDADES			
PERFIL ADOPTADO			3/4"
d	1.905	cm	
Ag	2.85	cm ²	
Ip	1.29	cm ⁴	
DEL MATERIAL			
Acero F-24			
Fy [Mpa]	235		
E [Mpa]	200000		
γ [KN/m ³]	77		
G [Mpa]	77200		
Long. del Puntal [cm]	680		

Tabla Vb.55: Dimensionamiento de tensores T1 y T2. Fuente: elaboración propia.

DIMENSIONAMIENTO A TRACCIÓN T1 y T2		
Fluencia		VERIFICA
A [cm ²]	2.85	
Fy [kN/cm ²]	23.50	
Rn	66.98	
φ	0.90	
Rd	60.28	
Rotura		VERIFICA
An [cm ²]	2.85	
Fu [kN/cm ²]	37.00	
Rn	105.46	
φ	0.75	
Rd	79.09	

Tabla Vb.56: Perfil adoptado para puntal P4. Fuente: elaboración propia.

PUNTAL P4			
2L Empresillados en X			
CARGA ÚLTIMA			
Pu	23.30	kN	
PROPIEDADES			
PERFIL ADOPTADO			L 76x76x6,4
Ag	9.43	cm ²	L 76x76x6,4
b	76.2	cm	
t	6.4	cm	
Iz	81.3	cm ⁴	
Iv	19.47	cm ⁴	
Ix = Iy	50.39	cm ⁴	
ex = ey	2.09	cm	
rv	1.44	cm	

Continuación Tabla Vb.56: Perfil adoptado para puntal P4. Fuente: elaboración propia.

PUNTAL P4	
2L Empresillados en X	
DEL MATERIAL	
Acero F-24	
Fy [Mpa]	235
E [Mpa]	200000
γ [KN/m ³]	77
G [Mpa]	77200
Long. del Puntal [cm]	500

Tabla Vb.57: Dimensionamiento de puntales P4. Fuente: elaboración propia.

DIMENSIONAMIENTO A COMPRESIÓN P4		
Pandeo local		
λ_r	13.13	Tabla B.4.1 Caso 3
bf/tf	11.91	VERIFICA
Pandeo Global		
$I_p=2*I_z$	162.6	VERIFICA
A	18.86	
r _p	2.94	
L _p	500	
k (a _p - a _p)	1	
λ	170	
$\lambda < 200$	VERIFICA	
λ_c	1.858	
F _{cr}	5.970	
ϕ	0.850	
Pd [kN]	95.704	VERIFICA

Continuación Tabla Vb.57: Dimensionamiento de puntales P4. Fuente: elaboración propia.

DIMENSIONAMIENTO A COMPRESIÓN P4		
COMPORTAMIENTO LOCAL- Entre presillas		
rv [cm]	1.440	VERIFICA
Cantidad de presillas	4	
L puntal [cm]	500	
a [cm]	125	
k	1	
$\lambda_v = k \cdot a / r_v < 200$	86.806	
$\lambda < 200$	VERIFICA	
a/ri	86.806	
$3/4 \cdot (kL/r)$	127.715	

Tabla Vb.58: Perfil adoptado de tensores T3 y T4. Fuente: elaboración propia.

DIAGONALES T3 y T4			
Barras redondas			
CARGA ÚLTIMA			
Tu	13.28	kN	
PROPIEDADES			
PERFIL ADOPTADO			7/16"
d	1.111	cm	
Ag	0.97	cm ²	
Ip	0.15	cm ⁴	
DEL MATERIAL			
Acero F-24			
Fy [Mpa]	235		
E [Mpa]	200000		
γ [KN/m ³]	77		
G [Mpa]	77200		
Long. de diagonal [cm]	460		

Tabla Vb.59: Dimensionamiento de tensores T3 y T4. Fuente: elaboración propia.

DIMENSIONAMIENTO A TRACCIÓN T3 y T4		
Fluencia		VERIFICA
A [cm ²]	0.97	
Fy [kN/cm ²]	23.50	
Rn	22.78	
φ	0.90	
Rd	20.50	
Rotura		VERIFICA
An [cm ²]	0.97	
Fu [kN/cm ²]	37.00	
Rn	35.87	
φ	0.75	
Rd	26.90	

Pórticos

Se modeló a los pórticos en el programa Staad Pro apoyado-apoyado en sus columnas y con las cargas muertas, sobrecargas de techo y cargas de vientos correspondientes.

Tabla Vb.60: Cargas en ELS de los pórticos. Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS DE CARGAS				
	Carga (ELS)	Posición	kN/m ²	kN/m
Paralelo a la cumbrera	W1 (presión int)	Cubierta	-0.943	-4.715
		Laterales	-0.773	-3.866
	W2 (succión int)	Cubierta	-0.584	-2.919
		Laterales	-0.500	-2.500
Normal a la cumbrera	W3 (presión int)	Cubierta (0-h)	-0.943	-4.715
		Cubierta (h-2h)	-0.604	-3.018
		Barlovento	0.499	2.494
		Sotavento	-0.604	-3.018
	W4 (succión int)	Cubierta (0-h)	-0.584	-2.919
		Cubierta (h-2h)	-0.500	-2.500
		Barlovento	0.858	4.291
		Sotavento	-0.500	-2.500

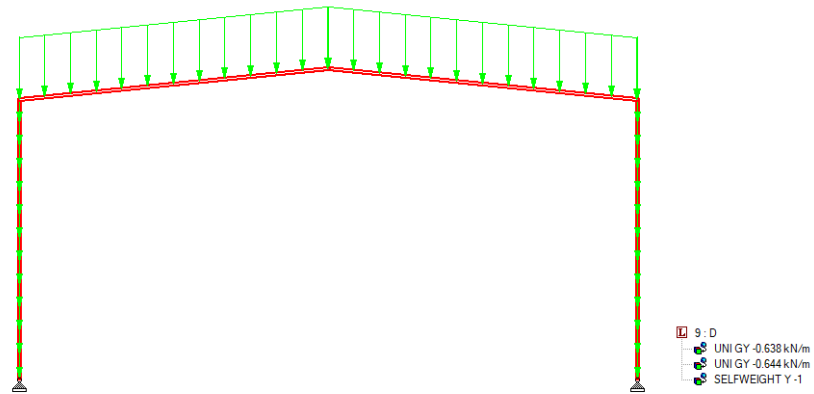


Figura Vb.1: Cargas muertas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

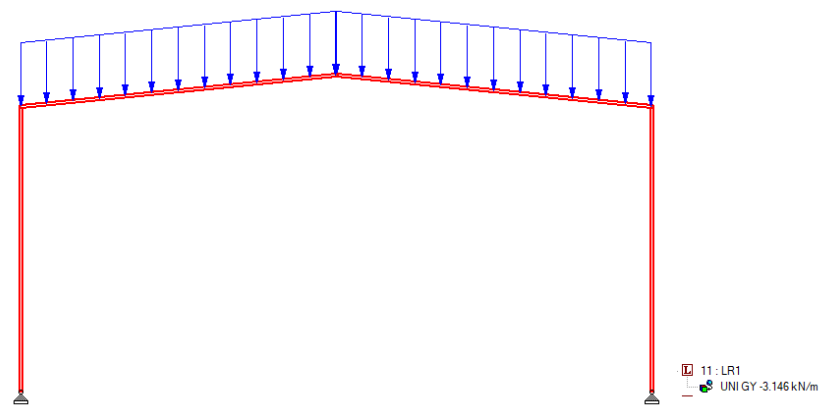


Figura Vb.2: Sobrecarga de cubierta Lr1 del pórtico. Fuente: elaboración propia.

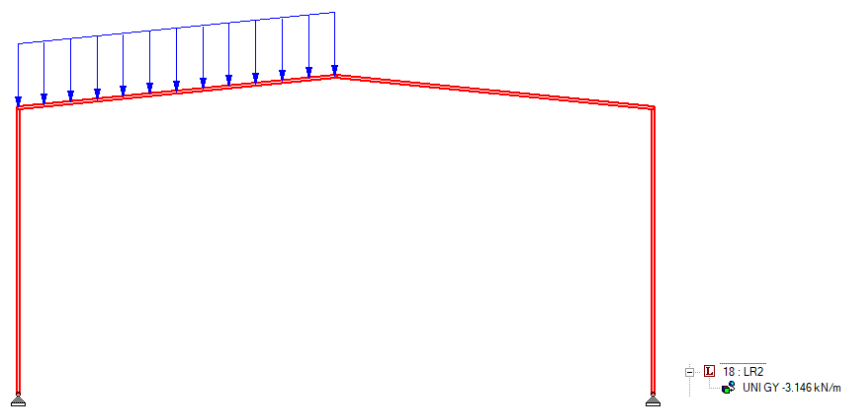


Figura Vb.3: Sobrecarga de cubierta Lr2 del pórtico. Fuente: elaboración propia.

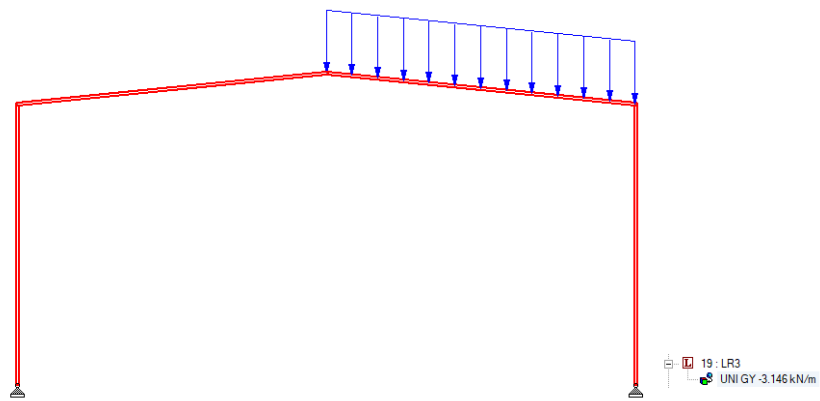


Figura Vb.4: Sobrecarga de cubierta Lr3 del pórtico. Fuente: elaboración propia.

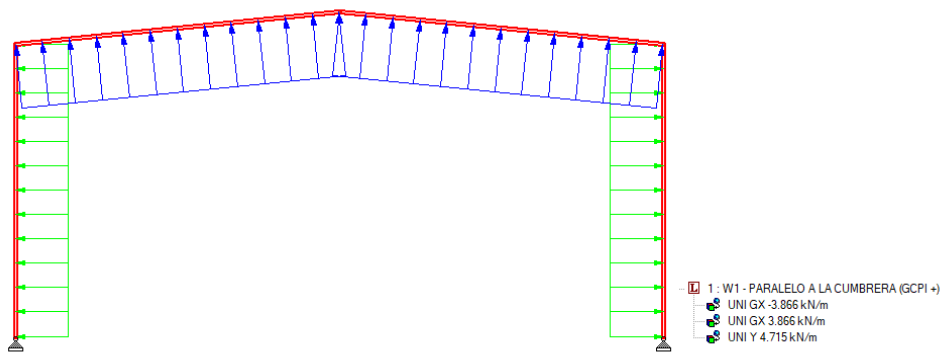


Figura Vb.5: Carga de viento paralelo a la cumbrera (presión) W1 del pórtico. Fuente: elaboración propia.

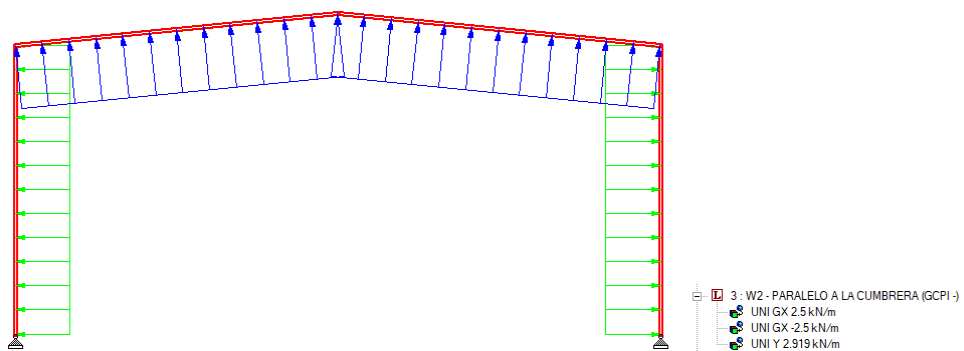


Figura Vb.6: Carga de viento paralelo a la cumbrera (succión) W2 del pórtico. Fuente: elaboración propia.

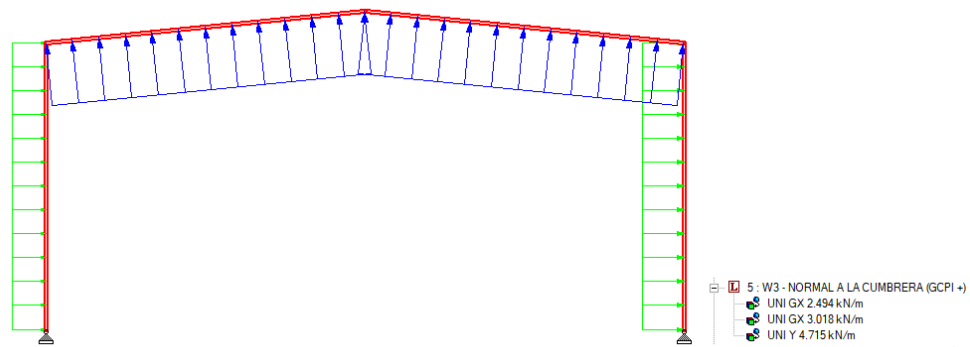


Figura Vb.7: Carga de viento normal a la cumbrera (presión) W3 del pórtico. Fuente: elaboración propia.

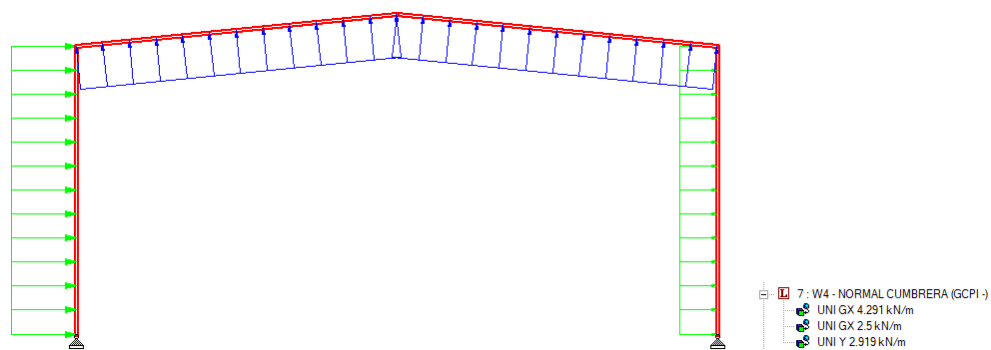


Figura Vb.8: Carga de viento normal a la cumbrera (succión) W4 del pórtico. Fuente: elaboración propia.

En primer lugar se dimensionó a las columnas de los pórticos con los esfuerzos y deformaciones máximos obtenidos en Staad Pro. Luego se propone un perfil W y se realizan todas sus respectivas verificaciones hasta encontrar el perfil que resulte más eficiente, esto es proceso iterativo en el que se elige el perfil, se lo carga al Staad Pro, se obtienen los resultados y se realizan las verificaciones.

Tabla Vb.61: Esfuerzos máximos de las columnas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

Esfuerzos máximos Staad - Columnas del pórtico						
Esfuerzos maximos Staad	Valor	Nº de barra	Estado de carga	Nodo	Mu asoc	Pu asoc
Carga máxima de compresión Pu	67.018	1	36	1	0	-
Carga máxima de tracción Tu	60.761	1	36	2	-104.875	-
Corte máximo Vu	36.28	1	69	1	0	55.491
Momento flector máximo Mu	69.312	1	44	2	-	25.364

Tabla Vb.62: Perfil adoptado para columnas pórtico. Fuente: elaboración propia.

PROPIEDADES		
PERFIL ADOPTADO		W 310 x 52,0
h [mm]	317.00	
tw [mm]	7.60	
bf	167.00	
tf	13.20	
bf/2tf	6.33	
h/tw	35.61	
Area [cm ²]	67.00	
Aw [cm ²]	24.09	
Ix [cm ⁴]	11909.00	
Sx [cm ³]	751.40	
rx [cm]	13.33	
Zx [cm ³]	842.50	
Iy [cm ⁴]	1026.00	
Sy [cm ³]	122.90	
ry [cm]	3.91	
Zy [cm ³]	188.80	
J [cm ⁴]	31.81	
Lp [cm]	149.69	Carga Ala Superior
Lr [cm]	307.53	
W 310 x 52,0		
DEL MATERIAL		
Acero F-36		
Fy [Mpa]	345	
E [Mpa]	200000	
γ [KN/m ³]	77	
G [Mpa]	77200	
Mr [kNm]	207.39	

Tabla Vb.63: Verificación flecha de columnas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

VERIFICACIÓN FLECHA (ELS)		
fmax [cm]	2.138	VERIFICA
fadm [cm]	2.813	

Tabla Vb.64: Verificación pandeo local de columnas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

Pandeo Local		
Verificación ala		
λ_p	9.15	Tabla B.4.1b Caso 11
bf/2tf	6.33	ALA COMPACTA
λ_r	13.48	Tabla B.4.1a Caso 1
bf/2tf	6.33	NO ESBELTA
Qs	1	
Verificación alma		
λ_p	91	Tabla B.4.1b Caso 16
hw/tw	35.61	ALMA COMPACTA
λ_r	35.87	Tabla B.4.1a Caso 1
h/tw	13.20	NO ESBELTA
Qa	1	
Q	1	

Tabla Vb.65: Verificación pandeo global de columnas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

Pandeo Global		
Pandeo Eje X		
kx	1	VERIFICA <200
Lx [cm]	450	
λ_x	33.8	
Pandeo Eje Y		
ky	1	VERIFICA <200
Ly [cm]	450	
λ_y	115.1	

Tabla Vb.66: Verificación a compresión de columnas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

Compresión		
λ_{det}	115.09	VERIFICA
λ_c	1.52	
Fcr [kN/cm ²]	13.07	
ϕ	0.85	
Pd [kN]	70	
Pu [kN]	67.02	

Tabla Vb.67: Verificación a tracción de columnas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

Tracción		
Tn [kN]	2311.5	VERIFICA
ϕ	0.9	
Td [kN]	2080.4	
Tu [kN]	60.76	

Tabla Vb.68: Verificación a corte de columnas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

Corte		
Vu [kN]	36.28	VERIFICA
Aw = d x tw	24.09	
kv	5.00	
Cv	1	
Vn [kN]	498.70	
ϕ	0.9	
Vd [kN]	448.83	

Tabla Vb.69: Verificación a flexión de columnas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

Flexión	
Plastificacion	
Mp [kNm]	290.7
1,5 My [kNm]	388.8
Mp [kNm]	290.7
Pandeo lateral torsional	
MA [kNm]	30.85
MB [kNm]	53.56
MC [kNm]	68.11
Cb	1.27
Lb [cm] (*)	450
Lp [cm]	149.69
Lr [cm]	307.53
Lb>Lr	
HAY PLT	
Fr [Mpa]	69.00
Mr [kNm]	207.4
X1 [Mpa]	16959.2
Mcr [kNm]	167.4
<i>// carga aplicada en el ala sup</i>	
Mn	167.4
φ	0.9
Md [kNm]	150.64
Mu [kNm]	69.31

VERIFICA

Tabla Vb.70: Verificación a flexión disimétrica de columnas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

Flexión disimétrica		
Combinacion 34		VERIFICA
Pu1 [kN]	25.36	
Pd [kN]	70	
Pu1/Pd	0.361	
Mu1 [kNm]	69.31	
Md [kNm]	150.6	
Mu1/Md	0.46	
Verificación combinada 1	0.77	

Luego se dimensionó la viga del pórtico.

Tabla Vb.71: Esfuerzos máximos de las vigas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

Esfuerzos máximos Staad						
Esfuerzos máximos Staad	Valor	Nº de barra	Estado de carga	Nodo	Mu asoc	Pu asoc
Carga máxima de compresión Pu	32.367	2	10	2	64.087	-
Carga máxima de tracción Tu	32.367	3	10	5	-64.087	-
Corte maximo Vu	58.978	2	36	2	104.875	20.86
Momento flector máximo Mu	104.875	2	36	2	-	20.86

Tabla Vb.72: Perfil adoptado para vigas pórtico. Fuente: elaboración propia.

PROPIEDADES		
PERFIL ADOPTADO		W 310 x 52,0
h [mm]	317.00	
tw [mm]	7.60	
bf	167.00	
tf	13.20	
bf/2tf	6.33	
h/tw	35.61	
Area [cm ²]	67.00	
Aw [cm ²]	24.09	
Ix [cm ⁴]	11909.00	
Sx [cm ³]	751.40	
rx [cm]	13.33	
Zx [cm ³]	842.50	
Iy [cm ⁴]	1026.00	
Sy [cm ³]	122.90	
ry [cm]	3.91	
Zy [cm ³]	188.80	
J [cm ⁴]	31.81	
Lp [cm]	149.69	Carga Ala Superior
Lr [cm]	307.53	
W 310 x 52,0		
DEL MATERIAL		
Acero F-36		
Fy [Mpa]	345	
E [Mpa]	200000	
γ [KN/m ³]	77	
G [Mpa]	77200	
Mr [kNm]	207.39	

Tabla Vb.73: Verificación flecha de vigas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

VERIFICACIÓN FLECHA (ELS)		
fmax [cm]	2.138	VERIFICA
fadm [cm]	2.813	

Tabla Vb.74: Verificación pandeo local de vigas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

Pandeo Local		
Verificación ala		
λ_p	9.15	Tabla B.4.1b Caso 11
$bf/2tf$	6.33	ALA COMPACTA
λ_r	13.48	Tabla B.4.1a Caso 1
$bf/2tf$	6.33	NO ESBELTA
Q_s	1	
Verificación alma		
λ_p	91	Tabla B.4.1b Caso 16
hw/tw	35.61	ALMA COMPACTA
λ_r	35.87	Tabla B.4.1a Caso 1
h/tw	13.20	NO ESBELTA
Q_a	1	
Q	1	

Tabla Vb.75: Verificación pandeo global de vigas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

Pandeo Global		
Pandeo Eje X		
k_x	1	VERIFICA <200
L_x [cm]	450	
λ_x	33.8	
Pandeo Eje Y		
k_y	1	VERIFICA <200
L_y [cm]	450	
λ_y	115.1	

Tabla Vb.76: Verificación a compresión de vigas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

Compresión		
λ_{det}	115.09	VERIFICA
λ_c	1.52	
Fcr [kN/cm ²]	13.07	
ϕ	0.85	
Pd [kN]	70	
Pu [kN]	67.02	

Tabla Vb.77: Verificación a tracción de vigas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

Tracción		
Tn [kN]	2311.5	VERIFICA
ϕ	0.9	
Td [kN]	2080.4	
Tu [kN]	60.76	

Tabla Vb.78: Verificación a corte de vigas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

Corte		
Vu [kN]	58.98	VERIFICA
Aw = d x tw	27.82	
kv	5.00	
Cv	1	
Vn [kN]	575.87	
ϕ	0.9	
Vd [kN]	518.29	

Tabla Vb.79: Verificación a flexión de vigas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

Flexión	
Plastificación	
Mp [kNm]	290.7
1,5 My [kNm]	388.8
Mp [kNm]	290.7
Pandeo lateral torsional	
MA [kNm]	30.85
MB [kNm]	53.56
MC [kNm]	68.11
Cb	1.27
Lb [cm] (*)	450
Lp [cm]	149.69
Lr [cm]	307.53
Lb>Lr	
HAY PLT	
Fr [Mpa]	69.00
Mr [kNm]	207.4
X1 [Mpa]	16959.2
Mcr [kNm]	167.4
<i>// carga aplicada en el ala sup</i>	
Mn	167.4
φ	0.9
Md [kNm]	150.64
Mu [kNm]	69.31

VERIFICA

Tabla Vb.80: Verificación a flexión disimétrica de vigas del pórtico. Fuente: elaboración propia.

Flexión disimétrica		
Combinacion 34		VERIFICA
Pu1 [kN]	25.36	
Pd [kN]	70	
Pu1/Pd	0.361	
Mu1 [kNm]	69.31	
Md [kNm]	150.6	
Mu1/Md	0.46	
Verificación combinada 1	0.77	

Placa base

Tabla Vb.81: Reacciones máximas de columna del pórtico. Fuente: elaboración propia.

REACCIONES	
COLUMNA	
Pu max (kN)	67.02
Tu max (kN)	60.76
Vu max (kN)	36.28

Tabla Vb.82: Características materiales de la placa base. Fuente: elaboración propia.

MATERIALES		
Hormigón H-25		
f'c	2.5	kN/cm2
Acero F-24		
Fy	23.5	kN/cm2
Fu	37	kN/cm2
E	20000	kN/cm2

Tabla Vb.83: Cálculo de la excentricidad. Fuente: elaboración propia.

Mu* [kNm]	362.8
e [cm]	5.97
A/6 [cm]	7.5
A/2 [cm]	22.5
Baja excentricidad	

Tabla Vb.84: Verificación de presiones verticales en el hormigón. Fuente: elaboración propia.

1.VERIFICACIÓN DE LA PRESIÓN BAJO LA PLACA		
fpu	0.06	kN/cm2
$f_{plast} = 0.60 \cdot 0.85 \cdot f'_c \cdot \sqrt{A_2/A_1}$	1.58	kN/cm2
$1,7 \cdot 0,6 \cdot f'_c$	2.55	kN/cm2
faplast	1.58	kN/cm2
A1=A*B	1800.00	cm2
A2=AF*BF	2750.00	cm2
fpu/faplas	0.04	< 1
Verifica		

Tabla Vb. 85: Verificación presiones horizontales en nariz de corte. Fuente: elaboración propia.

2.VERIFICACIÓN DE LA PRESIONES HORIZONTALES NARIZ DE CORTE		
ph	0.363	kN/cm2
φ	0.60	
$ph_{lim} = 0,85 \cdot 0,6 \cdot f'_c$	1.275	kN/cm2
Verifica		

Tabla Vb. 86: Verificación flexión en nariz de corte. Fuente: elaboración propia.

3.VERIFICACIÓN A FLEXIÓN EN NARIZ DE CORTE		
Mu	362.80	kNcm
Md	841.77	kNcm
Mu / Md	0.43	< 1

Tabla Vb.87: Verificación flexión placa por compresión de la placa base. Fuente: elaboración propia.

6.VERIFICACIÓN FLEXION POR COMPRESIÓN DE LA PLACA BASE		
n (dist y entre columna y filo de placa)	13.32	cm
m (dist x entre columna y filo de placa)	7.44	cm
$\lambda n'$	5.75	cm
l	13.32	cm
Mpl	5.69	kNcm
φ	0.90	
Md	47.59	kNcm
Mu / Md	0.12	< 1
Verifica		

Tabla Vb. 88: Verificación tracción pernos. Fuente: elaboración propia.

7. TRACCIÓN EN LOS PERNOS DE ANCLAJE		
Cant. pernos	4	unidades
Tu perno	15.19	kN
Td1 (rotura)	7911.51	kN
Td2 (fluencia)	8039.81	kN
Td	7911.51	kN
Tu perno / Td	0.002	< 1
Verifica		

ANEXO Vc. DIMENSIONAMIENTO DE FUNDACIONES

Se realiza en primer lugar el análisis en ELS, con los datos del estudio de suelo (ANEXO VII. ESTUDIO DE SUELO), adoptando los datos de la perforación 7, y siguiendo el método de Brinch-Hansen.

Tabla Vc.1: Datos de estudio de suelos. Fuente: elaboración propia.

Estudio de suelo (P7)					
Estrato	Cota	Profundidad [-m]	γ_h [kN/m ³]	c_u [kPa]	Φ [°]
CL	25.44	2.56	19.46	70	7

Tabla c.2: Valores numéricos de N_γ , N_q y N_c en función de ϕ . Fuente: Brinch Hansen (1970).

ϕ	N_γ	N_q	N_c
0.0°	0.0000	1.000	5.14
2.5°	0.0198	1.252	5.76
5.0°	0.0894	1.568	6.49
7.5°	0.229	1.966	7.34
10.0°	0.467	2.471	8.34
12.5°	0.844	3.11	9.54
15.0°	1.419	3.94	10.98
17.5°	2.275	5.01	12.71
20.0°	3.54	6.40	14.83
22.5°	5.39	8.23	17.45
25.0°	8.11	10.66	20.72
27.5°	12.12	13.94	24.85
30.0°	18.08	18.40	30.1
32.5°	27.04	24.58	37.0
35.0°	40.7	33.3	46.1
37.5°	61.9	45.8	58.4
40.0°	95.4	64.2	75.3
42.5°	149.9	91.9	99.2
45.0°	241.0	134.9	133.9

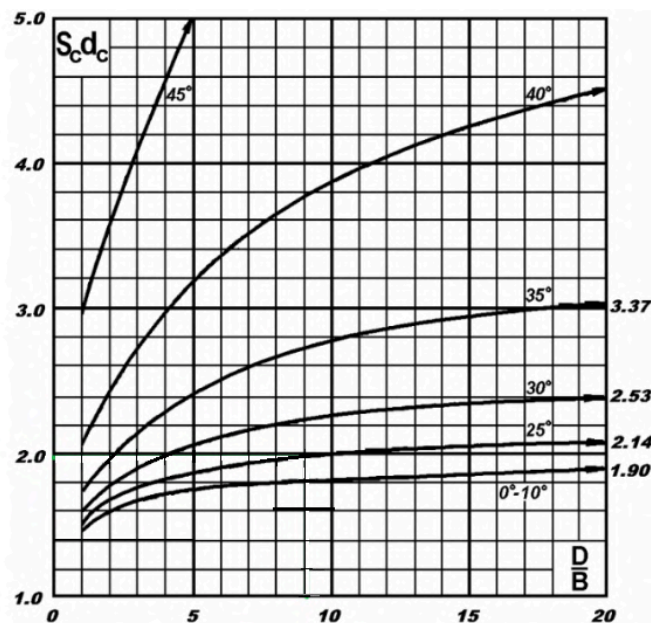


Figura Vc.1: Factores de corrección de forma y profundidad $s_c d_c$ según D/B y ϕ . Fuente: Brinch Hansen (1970).

Tabla Vc.3: Resistencia por punta de pilotes. Fuente: elaboración propia.

Resistencia por punta		
D': long del pilote en el estrato resistente	6.00	m
B: diámetro del pilote	0.50	m
$4*B*tg(45^\circ+\Phi/2)$	2.56	
$D' \geq 4*B*tg(45^\circ+\Phi/2)$	Verifica Brinch-Hansen	
Ap	0.20	m ²
Nq	1.89	
Nc	8.14	
$qp=c*Nc+q*Nq$	790.06	kN/m ²
D/B	12.00	
sc*dc	1.90	
$Qp=Ap*qp*sc*dc$	294.74	kN

Tabla Vc.4: el coeficiente de presión lateral, K. Fuente: Braja M. Das (2012).

Tipo de pilote	K
Perforado o hincado con ayuda de chorro de agua	$\approx K_o = 1 - \text{sen } \phi'$
Hincado de bajo desplazamiento	$\approx K_o = 1 - \text{sen } \phi'$ a $1.4K_o = 1.4(1 - \text{sen } \phi')$
Hincado de alto desplazamiento	$\approx K_o = 1 - \text{sen } \phi'$ a $1.8K_o = 1.8(1 - \text{sen } \phi')$

Tabla Vc.5: Resistencia por fuste de pilotes. Fuente: elaboración propia.

Resistencia por fuste		
c: cohesión del suelo	70.00	kN/m ²
K: coeficiente de presión lateral	0.88	
$\sigma_v(z)$: presión vertical efectiva media en el fuste	58.38	kN/m ²
δ : ángulo de roce entre pilote y suelo	4.67	°
qs	74.18	kN/m ²
$Qs=\pi*B*qs*prof \text{ estrato}$	699.17	kN

Tabla Vc. 6: Resistencia admisible de pilotes. Fuente: elaboración propia.

Resistencia fuste+punta		
Qu	993.92	kN
FS global	3.00	
Qadm1	331.31	kN
FS punta	4.00	
FS fuste	1.50	
Qadm2	539.80	kN
Qadm	331.31	kN

Finalmente se realiza en ELU el dimensionamiento de las armaduras de los pilotes y cabezales. La carga que llega a cada uno de los pilotes corresponde a la mitad de la compresión y tracción última de la columna, la mitad del peso propio del cabezal y el peso propio del pilote.

Tabla Vc.7: Cargas de cada uno de los pilotes. Fuente: elaboración propia.

Carga pilotes		
Compresión máxima	53.35	kN
Tracción máxima	6.65	kN

Tabla Vc.8: Dimensionamiento de armaduras de los pilotes. Fuente: elaboración propia.

Cálculo de armaduras		
Armadura principal		
Pu pil	52.48	kN
Ag nec	4.00	cm ²
Ag adop	1963.50	cm ²
As		
0,01*Ag nec	0.040	cm ²
0,005*Ag adop	9.82	cm ²
As adop	10.05	cm ²
Se adoptan al menos 5 barras de db >= 16 mm		
db	16	mm

Continuación Tabla Vc.8: Dimensionamiento de armaduras de los pilotes. Fuente: elaboración propia.

Cálculo de armaduras		
Estribos		
dbe	6	mm
12 db	19.20	cm
48 dbe	28.80	cm
Φ pilote	50.00	cm
s \geq	50.00	cm
Zuncho en espiral de dbe 6mm y s 50cm		
rec	5.00	cm
De= Φ -2rec	40.00	cm
$lv = ((\pi \cdot De)^2 + s^2)^{0.5}$	135.25	cm
$mv = (L - rec) / s$	0.02	
le	2.70491161	cm

Tabla Vc.9: Dimensionamiento de armaduras de los cabezales. Fuente: elaboración propia.

Cabezal		
As principal adop	1.130	cm ²
1 Φ 12		
As sup: 20% As	0.226	cm ²
As sup adop	1.130	cm ²
1 Φ 12		
Estribos	1 Φ 8 c/15cm	
Armadura de piel: 8% As	0.090	cm ²
As de piel adop	0.790	cm ³
1 Φ 10		

ANEXO VI. DIMENSIONAMIENTO PAVIMENTO RÍGIDO

A continuación se desarrolla el cálculo del paquete estructural del pavimento rígido mediante la utilización del software brindado por el ICPA.

La interfaz inicial debe ser completada con los siguientes parámetros y valores del proyecto a realizar y el tránsito que circulará por el camino en cuestión, tal como se detalla en las figuras VI.1, VI.2 y VI.3:

DATOS DEL PROYECTO		Reiniciar planilla
Obra:	Tramo de Acceso RUTA N° 11 - PLANTA DE TRATAMIENTO	
Categoría de vía:	Calle residencial	
Circulación:	Bidireccional	
Carriles por sentido:	1 carril	
Periodo de diseño:	30 años	
Espesor estimado:	180 mm	
Comitente:	GRUPO 1 - PROYECTO IV - 2025	
Ubicación:	Oliveros, Santa Fe	
Longitud:	2,30 km	
Descripción:		

Figura VI.1: Datos del proyecto a calcular. Fuente: software del ICPA.

DATOS DEL TRÁNSITO		
Tránsito medio diario anual (TMDA) para el año de habilitación:	76 V/día	
Porcentaje de vehículos pesados:	47%	
Tránsito pesado medio diario anual (TPMDA):	36 VP/día	
Tasa de crecimiento de vehículos pesados:	0,0%	
Factor de proyección	1,00	
Coef. de distribución por sentido de circulación:	50%	Sentido de circulación Bidireccional: sugerido 50%
Coef. de distribución por carril:	100%	(Para 1 carril, valor recomendado: 100%)
Espectro de cargas:	Ingrese AQUÍ el espectro de cargas	Datos OK
Total de ejes equivalentes estimados:	0,26 millones	

Figura VI.2: Datos del tránsito del camino correspondiente. Fuente: software del ICPA.

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
1	1060,0	18	130,0	0	0,0
11	340,0	0	0,0	0	0,0
6	470,0	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:	1870	Total dobles:	130,0	Total triples:	0

Figura VI.3: Espectro de cargas correspondiente. Fuente: software del ICPA.

Con respecto a la materialidad y el diseño del paquete estructural, se supone la ejecución de una capa de hormigón H-30 de espesor 18 cm, siendo este valor un tanto mayor al mínimo recomendable por cuestiones constructivas. Además se completará el software con las características tanto de la base como de la subrasante del camino. A partir de allí el software permitirá verificar si este espesor de hormigón seleccionado es apto para ser ejecutado bajo las condiciones de tránsito supuestas. Esto se detalla en las figura VI.4 a VI.9.

ESTRUCTURA Y MATERIALES

Hormigón de calzada

Resistencia media a flexión 28 días

Clase del hormigón:

Tipo de agregado: -----> MR: 4,7 MPa
z (90%) = 1,282 / CV = 0,1

Figura VI.4: Características del hormigón de la capa superior. Fuente: software del ICPA.

Subrasante y base	
Módulo de reacción subrasante o combinación subrasante/base:	Determinado por capas
Determinado por capas	
Subrasante	
Mód. de reacción de la subrasante:	Valor estimado por CBR
CBR de la subrasante:	5,00%
k de la subrasante:	37,5 MPa/m

Figura VI.5: Características de la subrasante del camino. Fuente: software del ICPA.

Base					
Módulo de reacción de la base:	Determinado por capas				
Cantidad de capas:	1 capa				
<i>Calzada de hormigón</i>					
<i>Capa superior</i>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Material:</td> <td style="padding: 5px;">Base tratada con cemento</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Espesor:</td> <td style="padding: 5px;">15 cm</td> </tr> </table>	Material:	Base tratada con cemento	Espesor:	15 cm
Material:	Base tratada con cemento				
Espesor:	15 cm				
k combinado subrasante/base:	81,6 MPa/m				

Figura VI.6: Características de la base del camino. Fuente: software del ICPA.

Transferencia de carga	
Juntas transversales con pasadores	SI
Banquina de hormigón vinculada	NO

Figura VI.7: Características constructivas del camino. Fuente: software del ICPA.

VERIFICACIÓN	
Datos del diseño	
k combinado subrasante-base:	81,6 MPa/m
Resist. a flexión del hormigón:	4,69 MPa
Juntas transversales con pasadores:	SI
Banquina de hormigón vinculada:	NO
Total de ejes equivalentes estimados:	0,26 millones
Modelo de Fatiga:	PCA '84
-----> Factor de seguridad de cargas <input type="text" value="1,0"/>	
Para bajo volumen de tránsito (< 100 VP/día) se recomienda FSC = 1	

Figura VI.8: Tabla resumen características del camino a ser verificado. Fuente: software del ICPA.

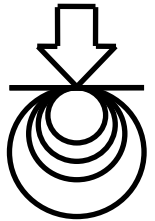
Espesor de calzada:	<input type="text" value="180 mm"/>	<-- Ingrese espesor a verificar en mm
Msg:	<input type="text"/>	<input type="button" value="Determinar espesor mínimo"/>
Consumo por Fatiga:	7,0%	VERIFICA
Consumo por Erosión:	4,7%	VERIFICA

Figura VI.9: Verificación del espesor de calzada propuesto. Fuente: software del ICPA.

El valor de espesor de 18 cm propuesto para la capa superior de hormigón es validado por el Método de Diseño, por lo que el paquete estructural planteado es válido para ser ejecutado como camino interno.

ANEXO VII. ESTUDIO DE SUELOS

TORRES y VERCELLI S.R.L.
CONSULTORES DE INGENIERIA



MECANICA DE SUELOS E INGENIERIA DE FUNDACIONES - MAIPU 548 - TEL/FAX (0341) 440 5979 - 424 1988 - S2000CGB ROSARIO
e-mail: tv@torresvercelli.com.ar Web site: www.torresvercelli.com.ar

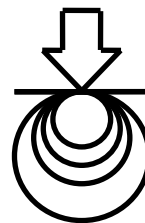
ESTUDIO GEOTÉCNICO

Comitente:
IETSA

Obra:
Acceso Ferroviario al Complejo Industrial Portuario Timbúes

Ubicación:
Timbúes.
Pcia. de Santa Fe.

Octubre de 2017



Contenido

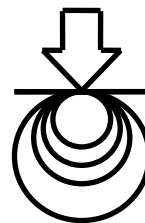
1. Alcance.....	3
2. Trabajos en el terreno.....	3
3. Ensayos de laboratorio.....	5
4. Resultados.....	5
5. Perfil del terreno.....	7
6. Nivel freático.....	8
7. Conclusiones.....	8

ANEXO I: Croquis de ubicación

ANEXO II: Planillas de perforaciones

ANEXO III: Perfiles geotécnicos

ANEXO IV: Resultados de ensayos sobre muestras de calicatas



1. Alcance

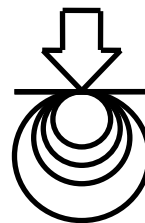
Este informe preliminar se refiere al estudio de geotécnico realizado para conocer las características del terreno y determinar su capacidad portante para la obra de referencia.

Esta obra consiste en un sector del ramal ferroviario para vincular: el enlace proyectado por el Estado Nacional que nace en el ramal principal F1 del ferrocarril Belgrano, perteneciente a la Empresa Belgrano Cargas y Logística (BCyLSA), con el complejo industrial portuario de Timbúes ubicado sobre la margen del Río Coronda.

2. Trabajos en el terreno

De acuerdo a lo establecido por el Comitente y en los lugares por él indicados se ejecutaron 15 perforaciones, cuya ubicación está indicada en el plano esquemático de planta con las designaciones P1 a P15 y 4 calicatas con designaciones CA2 a CA5, las que alcanzaron las siguientes cotas:

<u>Perforación</u>	<u>Cota superficie del terreno (m.)</u>	<u>Cota fondo perforación (m.)</u>	<u>Profundidad (m.)</u>
P1	+27,16	+21,91	5,25
P2	+27,19	+21,94	5,25
P3	+27,19	+21,94	5,25
P4	+27,13	+21,88	5,25
P5	+27,13	+21,88	5,25
P6	+26,87	+21,62	5,25
P7	+26,66	+21,41	5,25
P8	+26,73	+21,48	5,25
P9	+26,46	+21,21	5,25
P10	+26,53	+21,28	5,25

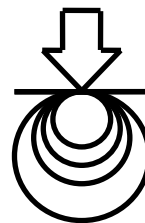


<u>Perforación</u>	<u>Cota superficie del terreno (m.)</u>	<u>Cota fondo perforación (m.)</u>	<u>Profundidad (m.)</u>
P11	+26,09	+20,84	5,25
P12	+26,78	+21,53	5,25
P13	+26,82	+21,57	5,25
P14	+26,57	+21,32	5,25
P15	+26,92	+21,72	5,20
CA2	+26,97	+25,77	1,20
CA3	+26,72	+25,52	1,20
CA4	+26,22	+25,02	1,20
CA5	+26,72	+25,52	1,20

Todas las cotas fueron suministradas por el Comite.

En todas las perforaciones se tomaron muestras de suelos realizando ensayos de penetración con intervalos de aproximadamente un metro. Estos ensayos se realizaron empleando el tomamuestras Terzaghi y el tomamuestras Moretto, siempre con caída de la pesa completamente libre, Los ensayos en los que se empleó el tomamuestras Terzaghi se realizaron de acuerdo a la norma ASTM D1586-11 del ensayo de penetración standard, Cuando se empleó el tomamuestras Moretto, se corrigió la energía del ensayo para tener en cuenta la mayor dimensión de este tomamuestras de modo de tener los mismos resultados que se obtienen con el tomamuestra standard.

Las calicatas se ejecutaron mediante excavación a cielo abierto hasta 1,20 m. de profundidad, con extracción de muestras alteradas y determinaciones de densidad natural. Además se extrajeron muestras grandes para la posterior ejecución de ensayos Proctor y CBR.



3. Ensayos de laboratorio

Con las muestras de suelo recuperadas se realizaron las determinaciones necesarias para poder proceder a su clasificación según el Sistema Unificado, a saber: límite líquido, límite plástico y porcentaje de partículas menores que las mallas de los tamices n° 40 y 200, mediante lavado, así como también humedad natural.

Con muestras que no presentan aspecto evidente de alteración y que se consideraron representativas del suelo del lugar, se realizaron ensayos de compresión triaxial, no consolidados, no drenados, tipo escalonado rápido, con determinación de pesos específicos.

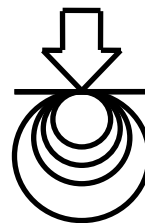
Con las muestras extraídas en la calicata se realizaron ensayos de compactación Proctor standard, norma ASTM D698 y ensayos de valor soporte CBR dinámico simplificado basado en la norma ASTM D4429.

4. Resultados

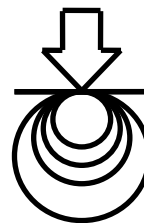
Los resultados de los ensayos realizados se presentan en los gráficos de las perforaciones, en los anexos correspondientes y en los valores que se detallan a continuación:

Ensayos de compresión triaxial, no consolidados no drenados realizados con muestra tomadas en ensayos de penetración con tomamuestras Moretto

<u>Muestra</u>	<u>Cota</u> (m)	ω (%)	γ_h (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	e	ϵ_r (%)	σ_3 (kPa)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)
P1 M2	+26,54	21,1	18,77	15,50	0,69	2,8	50	195	41	24°
						5,8	100	263		
						12,1	200	401		
P1 M3	+25,94	22,0	19,47	15,96	0,64	5,5	50	192	67	12°
						6,1	100	218		
						10,1	200	270		
P2 M2	+26,57	28,3	19,35	15,08	0,74	2,5	50	124	58	2°
						2,9	100	127		
						3,6	200	135		
P3 M3	+25,97	22,6	19,19	15,65	0,67	3,6	50	281	73	22°



<u>Muestra</u>	<u>Cota</u> (m)	ω (%)	γ_h (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	e	ϵ_r (%)	σ_3 (kPa)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)
						5,8	100	339		
						11,3	200	464		
P5 M2	+26,51	23,9	19,73	15,93	0,64	4,4	50	176	88	0°
						4,8	100	176		
						5,2	200	176		
P5 M4	+25,11	19,3	19,24	16,12	0,62	3,4	50	256	68	21°
						5,5	100	308		
						10,1	200	425		
P6 M3	+25,65	24,3	18,86	15,17	0,73	4,8	50	243	73	18°
						7,2	100	296		
						10,0	200	380		
P7 M3	+25,44	23,9	19,46	15,71	0,67	5,8	50	174	70	7°
						6,5	100	183		
						8,3	200	215		
P8 M3	+25,51	26,7	19,49	15,39	0,70	5,5	50	160	72	4°
						6,5	100	167		
						7,5	200	181		
P9 M3	+25,24	24,6	19,54	15,68	0,67	5,6	50	173	77	4°
						6,9	100	180		
						7,8	200	195		
P10 M3	+25,31	25,6	19,21	15,30	0,71	4,0	50	180	71	7°
						4,6	100	187		
						7,0	200	222		
P11 M3	+24,87	19,6	19,81	16,56	0,58	3,5	50	498	163	19°
						5,6	100	556		
						8,0	200	642		
P12 M3	+25,56	22,6	19,34	15,78	0,66	4,2	50	182	58	14°
						6,7	100	219		
						9,7	200	282		
P13 M2	+26,20	21,4	19,76	16,28	0,61	5,3	50	768	376	1°
						5,9	100	771		
						6,7	200	774		
P14 M2	+25,95	25,7	19,50	15,52	0,69	3,3	50	190	95	0°



<u>Muestra</u>	<u>Cota</u> (m)	ω (%)	γ_h (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	e	ϵ_r (%)	σ_3 (kPa)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)
						3,8	100	190		
						4,3	200	190		
P15 M2	+26,30	21,9	19,74	16,19	0,62	6,2	50	391	199	0°
						6,8	100	395		
						7,4	200	400		

ω : Contenido natural de humedad.

γ_h : Peso específico húmedo.

γ_d : Peso específico seco.

e : Relación de vacíos.

ϵ_r : Deformación específica de rotura.

σ_3 : Presión lateral de confinamiento.

$\sigma_1 - \sigma_3$: Presión axial adicional de rotura.

$c_u ; \phi_u$: Parámetros de corte.

5. Perfil del terreno

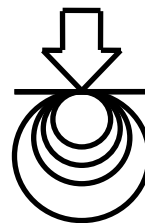
La descripción del perfil del terreno se detalla en los gráficos de las perforaciones, para cada lugar auscultado, donde figuran además los resultados de las determinaciones de plasticidad, granulometría y contenido natural de humedad, así como también los registros de los ensayos de penetración realizados.

En los perfiles geotécnicos se detalla el perfil del terreno y la distribución estratigráfica de los suelos que se encuentran en toda la zona auscultada.

A partir de la superficie y hasta unos 0,30 m. de profundidad, se encuentra suelo superficial limoso, color marrón oscuro o marrón negruzco, de baja plasticidad, con raicillas.

Entre de 0,30 m. y 1,00 m. de profundidad, se encuentra predominantemente arcillas de alta plasticidad (CH) y de consistencia media.

Por debajo de los suelos de alta plasticidad, continúan arcillas de baja plasticidad (CL), y limos de baja plasticidad (ML), de consis-



tencia media o firme en los niveles superiores y firmes o muy firmes en la parte más profunda de los niveles auscultados. En estos suelos se produjo un proceso de infiltración calcárea, con formación de nódulos resistentes y tosquillas.

6. Nivel freático

La napa de agua freática no fue encontrada en las perforaciones realizadas.

7. Conclusiones

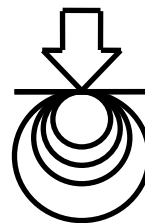
De acuerdo al estudio geotécnico realizado se observa que el apoyo de las vías sobre los suelos superficiales implica que el balasto se apoye sobre suelos cohesivos, principalmente arcillas de alta plasticidad (CH) y arcillas de plasticidad media o baja (CL). En algunas zonas estos suelos son de consistencia media, donde tuvimos registros en los ensayos de penetración $4 < N < 8$, y en otras zonas de consistencia firme los valores predominan entre $8 < N < 15$.

En la parte más profunda de las perforaciones, debajo de los suelos antes descritos, se encontraron arcillas limosas de plasticidad media o baja (CL) y limos algo arcillosos, también de plasticidad media o baja (ML), de consistencia firme ($8 < N < 15$) o muy firme ($N > 15$), con infiltración calcárea y formación de tosquillas.

En algunas perforaciones (P5, P6, P7, P8 y P10) los suelos cohesivos de consistencia media, es decir, de capacidad portante relativamente baja, se encuentran hasta 2,50 m. de profundidad.

En general, estos suelos no están saturados, pero varias muestras ensayadas en laboratorio están saturadas.

En base a los resultados del estudio realizado se pueden adoptar los siguientes valores de tensiones admisibles del suelo, para cada zona entre perforaciones, que corresponden a bases sobre las que actúan fuerzas estáticas verticales. El proyectista deberá evaluar la influencia de la acción dinámica de acuerdo a las características del proyecto.



Entre Perforaciones	Entre Profundidades (m)	σ_a (kPa)
P1 y P2	0,30 y 1,00	90
	1,00 y 1,80	120
P2 y P4	0,30 y 1,00	130
	1,00 y 2,00	130
P4 y P7	0,30 y 1,00	110
	1,00 y 1,50	110
P7 y P13	0,30 y 1,00	90
	1,00 y 2,50	90
P13 y P15	0,30 y 1,00	110
	1,00 y 1,50	110

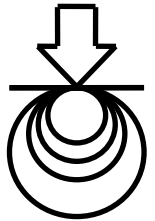
A los efectos de no afectar en algún modo el grado de seguridad y calidad de la fundación es muy importante que el proyecto de desagües asegure un buen funcionamiento de los mismos, evitando así el acumulación de agua de lluvias en los costados de las vías y la saturación del suelo de fundación.

Ing. Hugo J. Vercelli

Rosario, 19 de octubre de 2017

mmo/HJV

TORRES y VERCELLI S.R.L.
CONSULTORES DE INGENIERIA



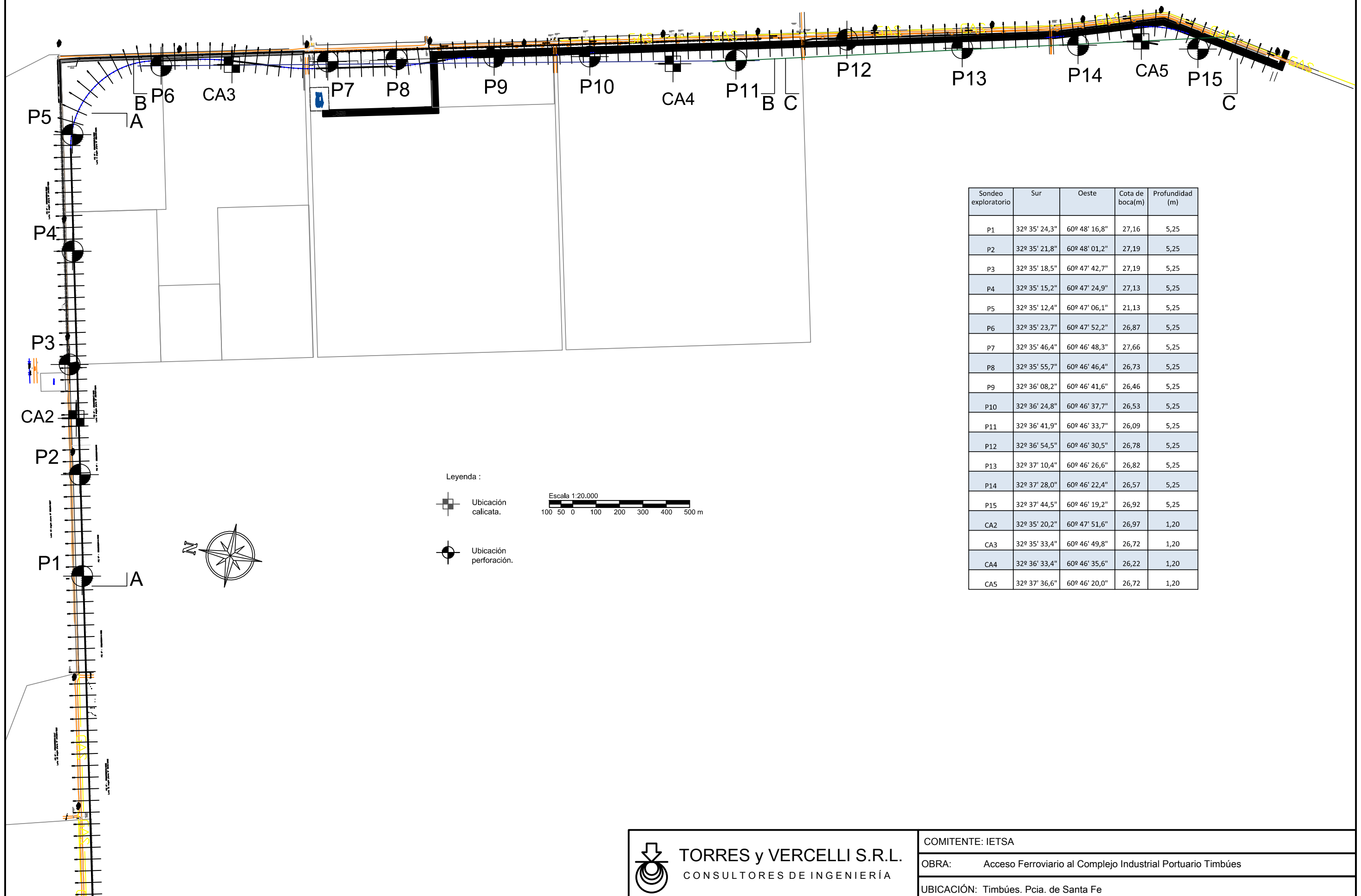
MECANICA DE SUELOS E INGENIERIA DE FUNDACIONES - MAIPU 548 - TEL/FAX (0341) 440 5979 - 424 1988 - S2000CGB ROSARIO
e-mail: tv@torresvercelli.com.ar Web site: www.torresvercelli.com.ar

ANEXO I

CROQUIS DE UBICACIÓN

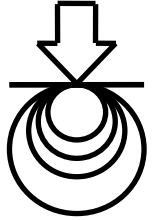
CROQUIS DE UBICACIÓN

Esc. 1:20000



Sondeo exploratorio	Sur	Oeste	Cota de boca(m)	Profundidad (m)
P1	32° 35' 24,3"	60° 48' 16,8"	27,16	5,25
P2	32° 35' 21,8"	60° 48' 01,2"	27,19	5,25
P3	32° 35' 18,5"	60° 47' 42,7"	27,19	5,25
P4	32° 35' 15,2"	60° 47' 24,9"	27,13	5,25
P5	32° 35' 12,4"	60° 47' 06,1"	21,13	5,25
P6	32° 35' 23,7"	60° 47' 52,2"	26,87	5,25
P7	32° 35' 46,4"	60° 46' 48,3"	27,66	5,25
P8	32° 35' 55,7"	60° 46' 46,4"	26,73	5,25
P9	32° 36' 08,2"	60° 46' 41,6"	26,46	5,25
P10	32° 36' 24,8"	60° 46' 37,7"	26,53	5,25
P11	32° 36' 41,9"	60° 46' 33,7"	26,09	5,25
P12	32° 36' 54,5"	60° 46' 30,5"	26,78	5,25
P13	32° 37' 10,4"	60° 46' 26,6"	26,82	5,25
P14	32° 37' 28,0"	60° 46' 22,4"	26,57	5,25
P15	32° 37' 44,5"	60° 46' 19,2"	26,92	5,25
CA2	32° 35' 20,2"	60° 47' 51,6"	26,97	1,20
CA3	32° 35' 33,4"	60° 46' 49,8"	26,72	1,20
CA4	32° 36' 33,4"	60° 46' 35,6"	26,22	1,20
CA5	32° 37' 36,6"	60° 46' 20,0"	26,72	1,20

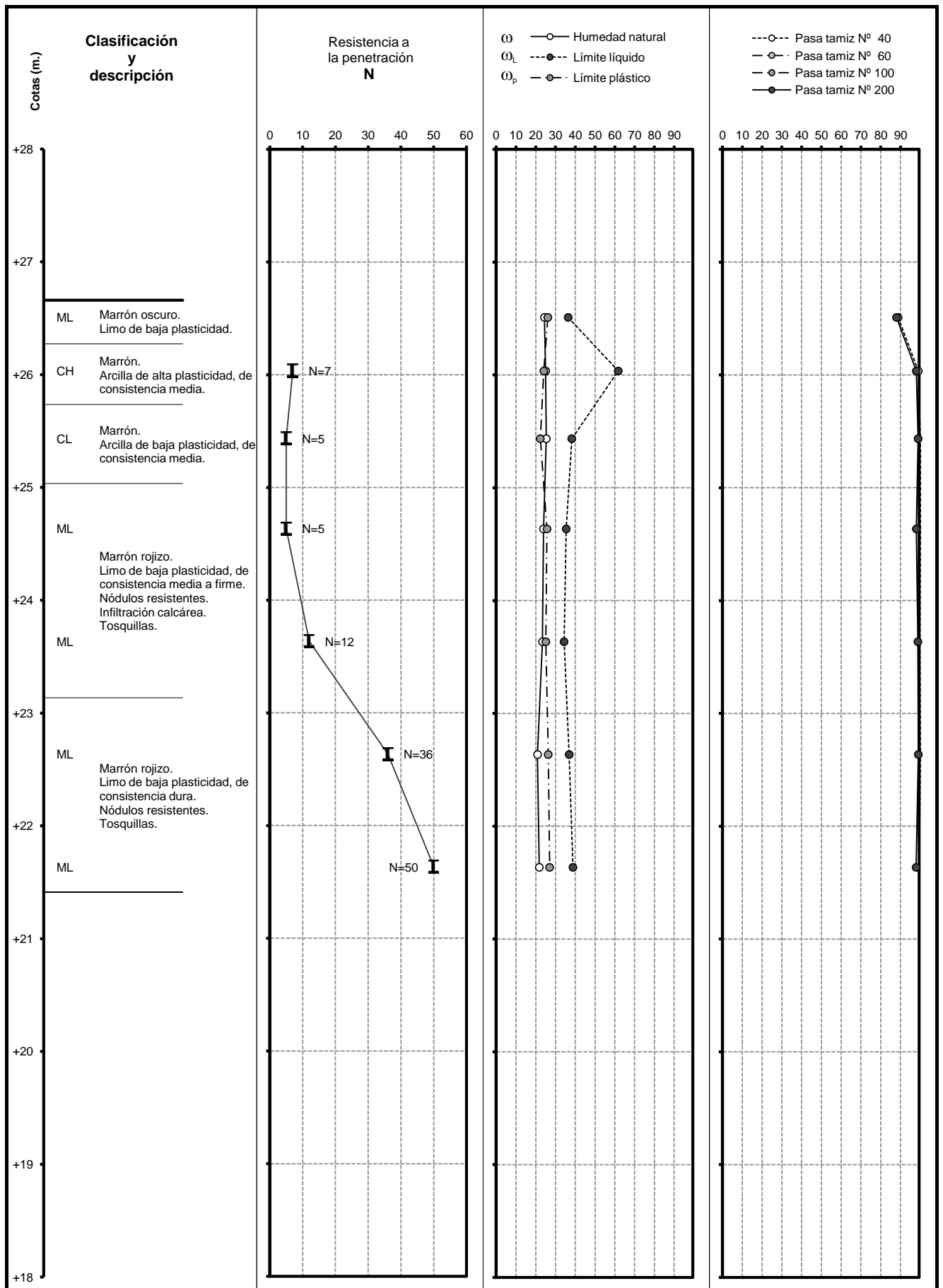
TORRES y VERCELLI S.R.L.
CONSULTORES DE INGENIERIA



MECANICA DE SUELOS E INGENIERIA DE FUNDACIONES - MAIPU 548 - TEL/FAX (0341) 440 5979 - 424 1988 - S2000CGB ROSARIO
e-mail: tv@torresvercelli.com.ar Web site: www.torresvercelli.com.ar

ANEXO II

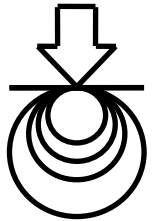
PLANILLAS DE PERFORACIONES



Cotas (m.)	Boca: +26,66 m. Fondo: +21,41 m.	Napa: ---	Perforación n°: P7
Operador: Troncoso, Norberto	Comienzo: 20/09/2017	Fin: 20/09/2017	Coord: S: 32° 35' 46,4"
Método: Percusión con recirculación de lodo	Diámetro Caño Camisa: 6 pulgadas		W: 60° 46' 48,3"
Diámetro de Perforación: 4 Pulgadas	Caño Camisa penetra hasta: +26,16 m.		Hoja: 1 de 1

TORRES y VERCELLI S.R.L.	Comitente: IETSA
	Obra: Acceso Ferroviario al Complejo Industrial Portuario Timbúes
	Ubicación: Timbúes. Pcia. de Santa Fe

TORRES y VERCELLI S.R.L.
CONSULTORES DE INGENIERIA



MECANICA DE SUELOS E INGENIERIA DE FUNDACIONES - MAIPU 548 - TEL/FAX (0341) 440 5979 - 424 1988 - S2000CGB ROSARIO
e-mail: tv@torresvercelli.com.ar Web site: www.torresvercelli.com.ar

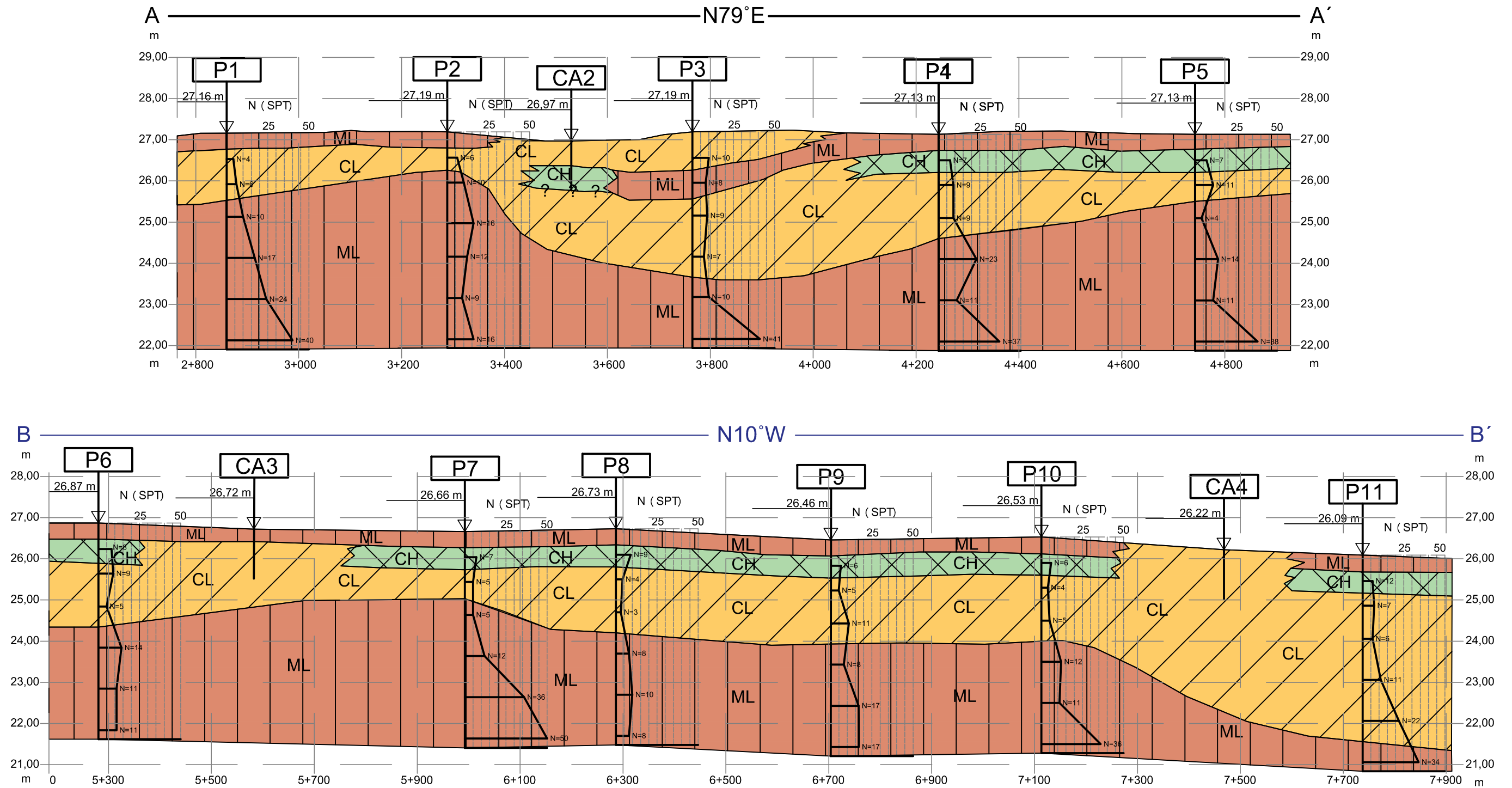
ANEXO III

PERFILES GEOTÉCNICOS

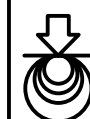
PERFIL GEOTÉCNICO Hoja 1 / 2

Escala vertical. 1:100

Escala horizontal 1:8000



Observación: La correlación geologica realizada entre los sondeos exploratorios es estimada y la misma puede variar.



TORRES y VERCELLI S.R.L.
CONSULTORES DE INGENIERÍA

COMITENTE: IETSA

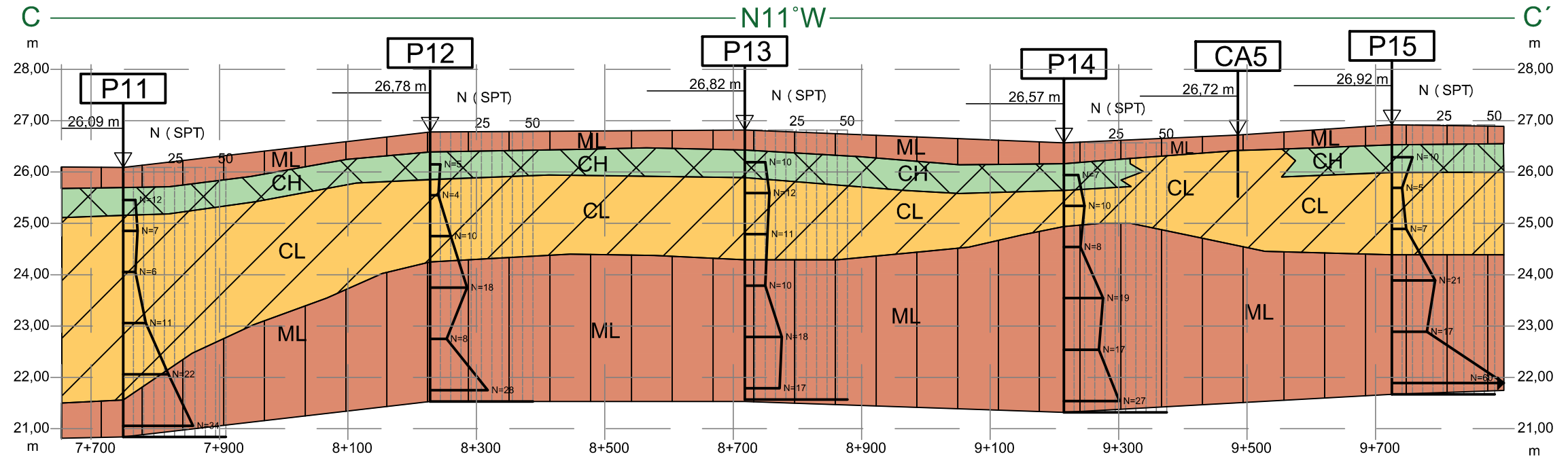
OBRA: Acceso Ferroviario al Complejo Industrial Portuario Timbúes

UBICACIÓN: Timbúes. Pcia. de Santa Fe




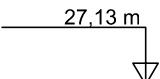
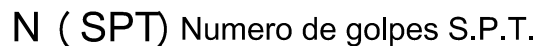
PERFIL GEOTÉCNICO Hoja 2 / 2

Escala vertical. 1:100

Escala horizontal 1:8000



Leyenda:

-  ML: Limo de baja plasticidad.
-  CL: Arcilla de baja plasticidad.
-  CH: Arcilla de alta plasticidad.
-  Cota sondeo exploratorio.
-  N (SPT) Numero de golpes S.P.T.

Escala Vertical 1:100.



Escala horizontal 1:8.000.



Observación: La correlación geologica realizada entre los sondeos exploratorios es estimada y la misma puede variar.



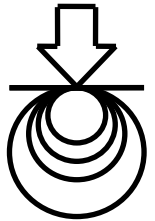
TORRES y VERCELLI S.R.L.
CONSULTORES DE INGENIERÍA

COMITENTE: IETSA

OBRA: Acceso Ferroviario al Complejo Industrial Portuario Timbúes

UBICACIÓN: Timbúes. Pcia. de Santa Fe

TORRES y VERCELLI S.R.L.
CONSULTORES DE INGENIERIA

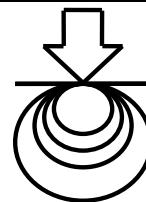


MECANICA DE SUELOS E INGENIERIA DE FUNDACIONES - MAIPU 548 - TEL/FAX (0341) 440 5979 - 424 1988 - S2000CGB ROSARIO
e-mail: tv@torresyvercelli.com.ar Web site: www.torresyvercelli.com.ar

ANEXO IV

RESULTADOS DE ENSAYOS SOBRE MUESTRAS DE CALICATAS

TORRES y VERCELLI S.R.L.



RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE MUESTRAS DE CALICATAS

Comitente : IETSA

Obra : Acceso Ferroviario al Complejo Industrial Portuario Timbúes

Ubicación : Timbúes. Pcia. de Santa Fe

Calicata: CA2

Profundidad: 1,20 m.

Fecha ejecución: 08-09-17

Cota terreno: +26,97 m.

Nivel freático: --

Coordenadas:

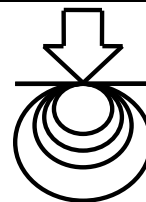
Cota fondo: +25,77 m.

S 32° 35' 20,2"

W 60° 47' 51,6"

Muestra	Cota (m.)	Perfil	Humedad, plasticidad y granulometría							δ_h (g/cm ³)	δ_s (g/cm ³)	SUCS	HRB	Descripción
			w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Pasa #10	Pasa #40	Pasa #200					
1	+26,97 /+26,37		24,8	40,5	25,0	15,5	100	100	99	-	-	CL	A-4 (8)	Marrón Negruzco. Arcilla algo limosa de baja plasticidad.
2	+26,37 /+25,77		31,5	56,6	25,6	31,0	100	100	99	1,710	1,336	CH	A-7-6 (20)	Marrón oscuro. Arcilla de alta plasticidad.

TORRES y VERCELLI S.R.L.



RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE MUESTRAS DE CALICATAS

Comitente : IETSA

Obra : Acceso Ferroviario al Complejo Industrial Portuario Timbúes

Ubicación : Timbúes. Pcia. de Santa Fe

Calicata: CA3

Profundidad: 1,20 m.

Fecha ejecución: 08-09-17

Cota terreno: +26,72 m.

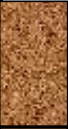


Nivel freático: --

Coordenadas:

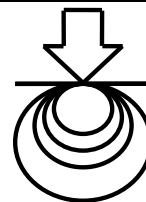
Cota fondo: +25,52 m.

S 32° 35' 33,4"

W 60° 46' 49,8"

Muestra	Cota (m.)	Perfil	Humedad, plasticidad y granulometría							δ_h (g/cm3)	δ_s (g/cm3)	SUCS	HRB	Descripción
			w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Pasa #10	Pasa #40	Pasa #200					
1	+26,72 /+26,42		21,0	33,6	24,7	8,9	100	100	99	-	-	ML	A-4 (8)	Marrón Negruzco. Arcilla algo limosa de baja plasticidad.
2	+26,42 /+26,12		23,1	46,4	21,0	25,4	100	100	99	-	-	CL	A-7-6 (16)	Marrón oscuro. Arcilla de baja plasticidad.
3	+26,12 /+25,52		22,8	45,6	21,7	23,9	100	100	98	1,816	1,456	CL	A-7-6 (15)	Marrón oscuro. Arcilla de baja plasticidad.

TORRES y VERCELLI S.R.L.



RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE MUESTRAS DE CALICATAS

Comitente : IETSA

Obra : Acceso Ferroviario al Complejo Industrial Portuario Timbúes

Ubicación : Timbúes. Pcia. de Santa Fe

Calicata: CA4

Profundidad: 1,20 m.

Fecha ejecución: 16-09-17

Cota terreno: +26,22 m.



Nivel freático: --

Coordenadas:

Cota fondo: +25,02 m.

S 32° 36' 33,4"

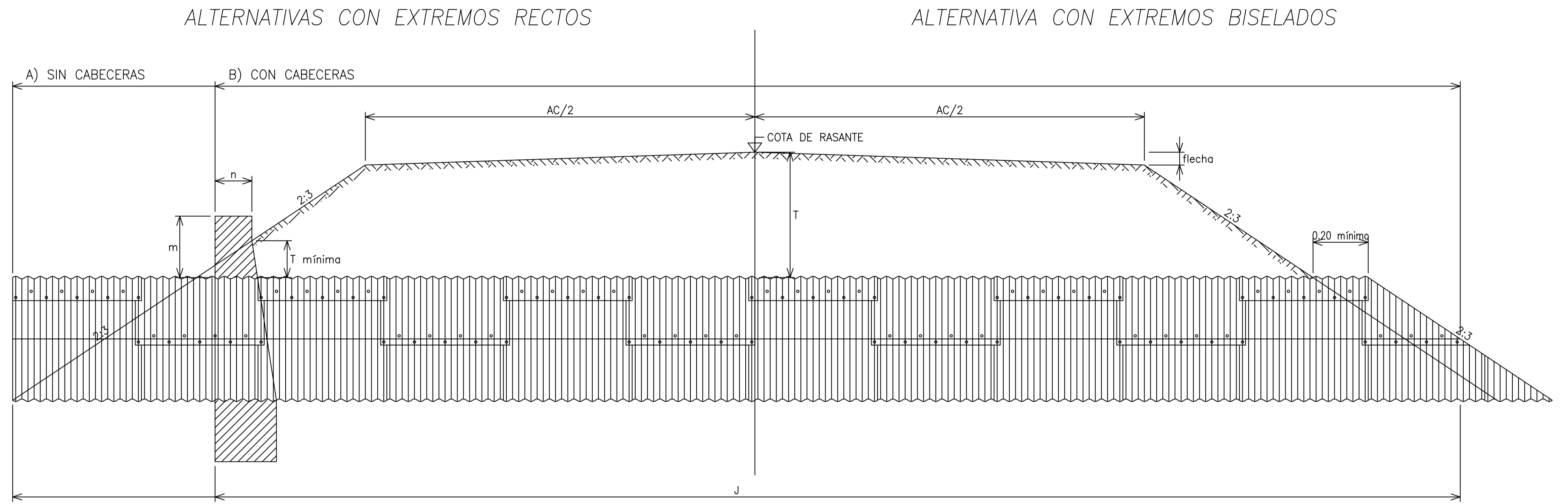
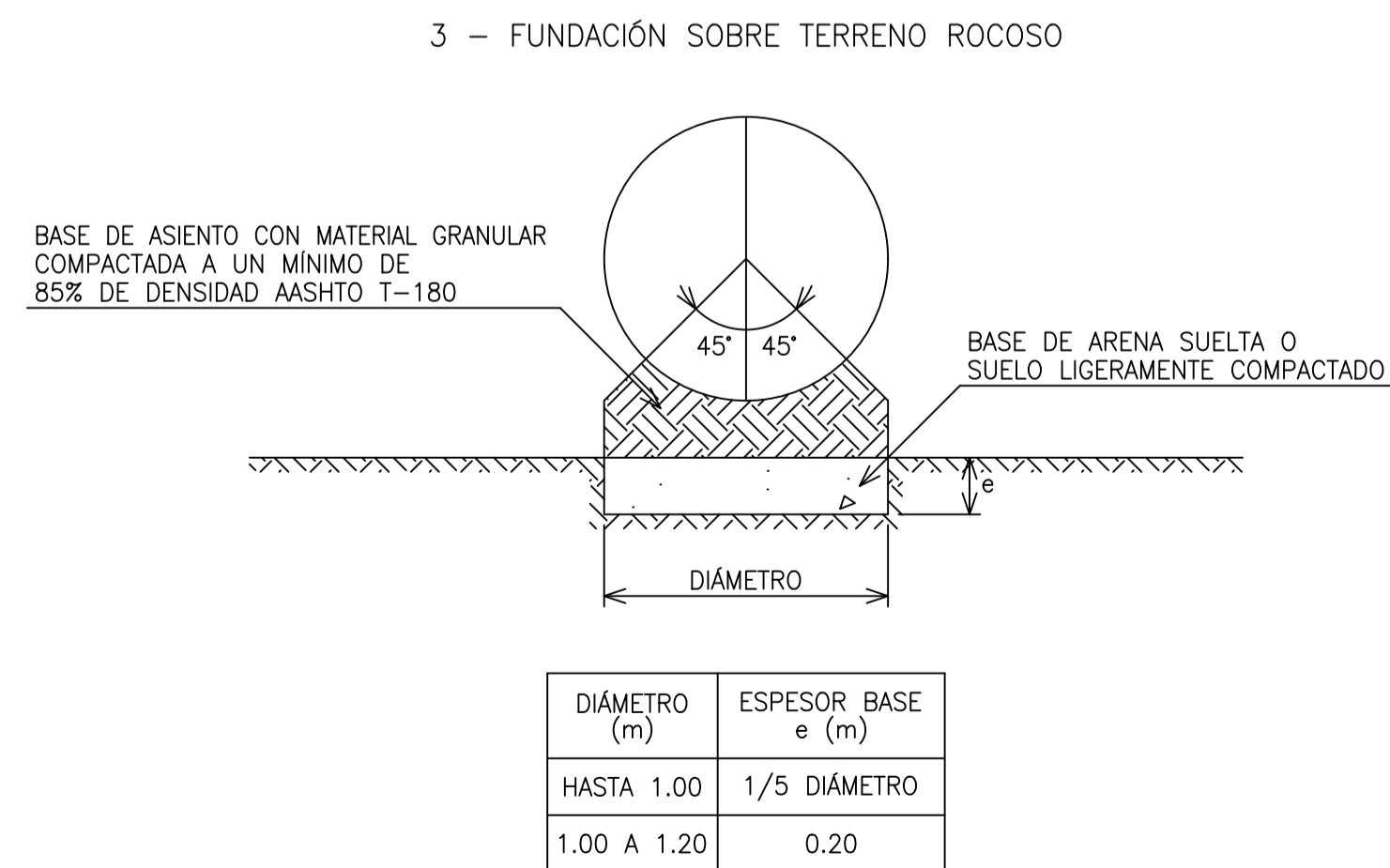
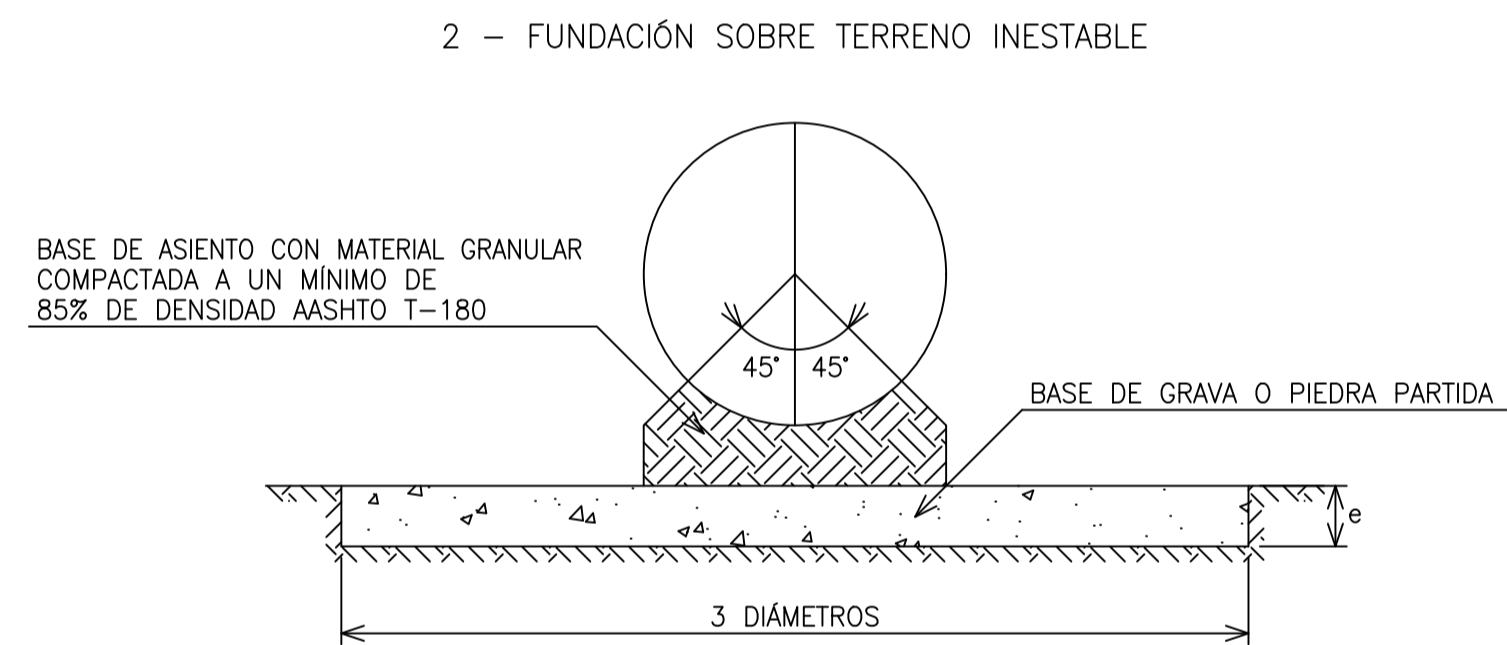
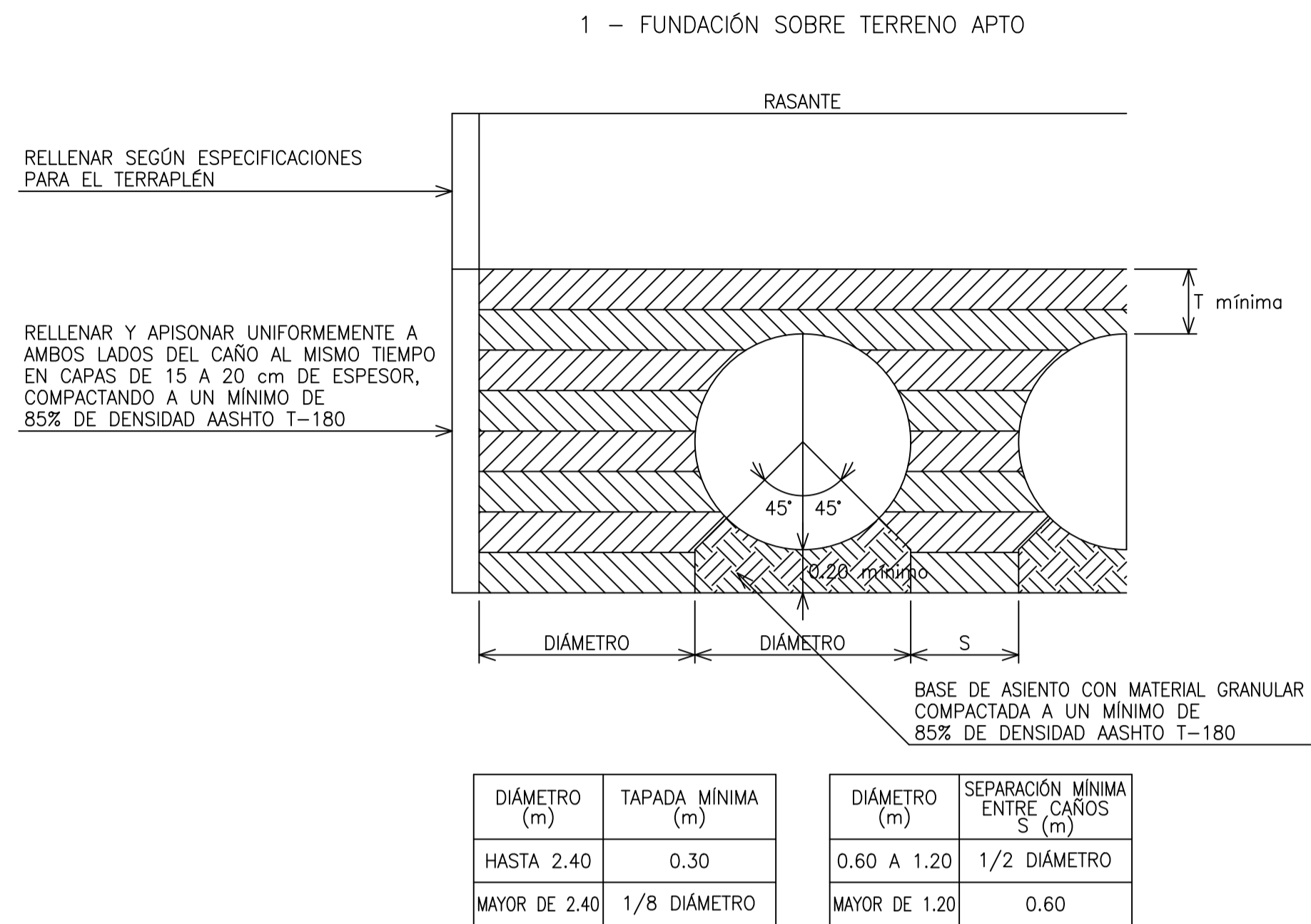
W 60° 46' 35,6"

Muestra	Cota (m.)	Perfil	Humedad, plasticidad y granulometría							δ_h (g/cm ³)	δ_s (g/cm ³)	SUCS	HRB	Descripción
			w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Pasa #10	Pasa #40	Pasa #200					
1	+26,22 /+25,92		22,3	37,3	23,8	13,5	100	100	99	-	-	CL	A-6 (10)	Marrón oscuro. Arcilla de baja plasticidad. Raicillas.
2	+25,92 /+25,02		24,7	45,0	23,8	21,2	100	100	100	1,807	1,440	CL	A-7-6 (14)	Marrón. Arcilla de baja plasticidad.

ANEXO VIII - PLANO TIPO H - 10236

INSTRUCCIONES PARA LA INSTALACIÓN

CORTE TRANSVERSAL – INDICACIONES SOBRE LA MEDICIÓN DE J



NOTA
LOS VALORES DE TAPADAS MÁXIMA ESTÁN CALCULADOS PARA UNA CARGA VIVA TIPO A-30 DE LA D.N.V. Y ESTÁN BASADOS EN QUE EL RELLENO SEA COMPACTADO A UN MÍNIMO DEL 85% DE LA DENSIDAD AASHTO T-180.

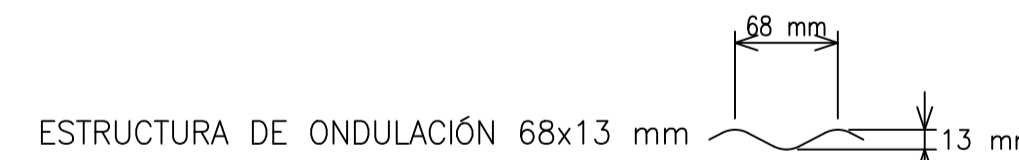
PARA PROYECTOS QUE REQUIERAN TAPADAS MAYORES A LAS MÁXIMAS INDICADAS CONSULTAR CON LA GERENCIA DE OBRAS Y SERVICIOS VIALES.

BULONERÍA
LA BULONERÍA CORRESPONDE A LAS NORMAS QUE SE INDICAN:
ONDULACIÓN 68x13 mm: AASHTO A-307
ONDULACIÓN 100x20 mm: AASHTO A-307
ONDULACIÓN 152x50 mm: AASHTO A-307
P/ESPESORES HASTA 2.50 mm: AASHTO A-307
P/ESPESORES MAYORES DE 2.50 mm: AASHTO A-325

CÁLCULO DE LA LONGITUD "J"
EXTREMO BISELADO SIN OBLICUIDAD: $J = AC + 3(T - f + \phi/2) + 0.40$ [m]
EXTREMO BISELADO CON OBLICUIDAD: $J = [AC + 3(T - f + \phi/2) + 0.40] / \text{sen } \alpha$ [m]
EXTREMO RECTO SIN OBLICUIDAD: $J = AC + 3[T - (m + f)] + 2n$ [m]
EXTREMO RECTO CON OBLICUIDAD: $J = [AC + 3[T - (m + f)] + 2n] / \text{sen } \alpha$ [m]

PARA CASOS DE CONDUCTO CON PENDIENTE, EL VALOR "J" SE ESTABLECERÁ GRÁFICAMENTE. EL VALOR DE LA LONGITUD "J" SE AJUSTARÁ DE ACUERDO AL MÚLTIPLO DE LA ESTRUCTURA.

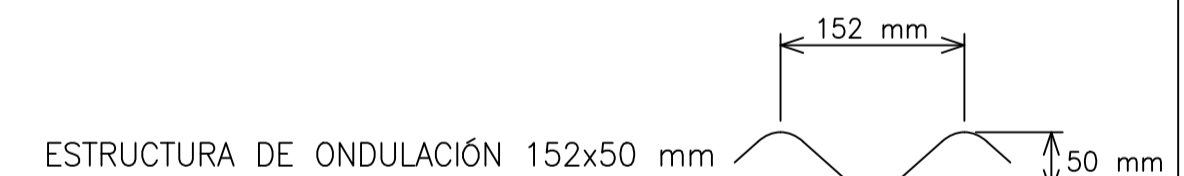
IMPORTANTE
LA LONGITUD DE LAS ESTRUCTURAS SE CALCULARÁN TENIENDO EN CUENTA LOS SIGUIENTES MÓDULOS PARA CADA UNA:
ONDULACIÓN 68x13 mm: 0.875 m
ONDULACIÓN 100x20 mm: 1.000 m
ONDULACIÓN 152x50 mm: 0.610 m



DIÁMETRO (m)	ÁREA (m ²)	PESO (kg/m)				TAPADA MÁXIMA (m)			
		ESPESOR (mm)				ESPESOR (mm)			
		1.60	2.00	2.50	3.20	1.60	2.00	2.50	3.20
0.60	0.28	33	41	50	63	19.3	24.9	24.9	54.9
0.70	0.38	38	47	58	73	16.5	21.3	21.3	47.1
0.80	0.50	42	53	65	82	14.5	18.6	18.6	41.2
0.90	0.64	47	59	73	92	12.9	16.6	16.6	36.6
1.00	0.79	52	65	80	101	11.6	14.9	14.9	32.9
1.10	0.95	56	70	88	110	10.5	13.5	13.5	29.9
1.20	1.13	61	76	95	120	9.6	12.4	12.4	27.4
1.30	1.33	68	82	103	129	8.9	11.4	11.4	25.3
1.40	1.54	74	88	110	139	8.3	10.6	10.6	23.5
1.50	1.77	80	95	117	148	7.8	9.9	9.9	21.9
1.60	2.01	87	102	125	157	7.4	9.3	9.3	20.6
1.70	2.27	94	110	133	167	7.0	8.7	8.7	19.3
1.80	2.54	101	118	141	179	6.7	8.3	8.3	18.3



DIÁMETRO (m)	ÁREA (m ²)	PESO (kg/m)				TAPADA MÁXIMA (m)			
		ESPESOR (mm)				ESPESOR (mm)			
		1.60	2.00	2.50	3.20	1.60	2.00	2.50	3.20
0.60	0.28	34	41	50	63	24.5	31.6	40.9	54.9
0.70	0.38	39	47	57	73	21.0	27.1	35.1	47.1
0.80	0.50	44	54	67	84	18.4	23.7	30.7	41.2
0.90	0.64	49	60	73	92	16.3	21.0	27.3	36.6
1.00	0.79	52	66	82	102	14.7	18.9	24.5	32.9
1.10	0.95	56	72	90	112	13.4	17.2	22.3	29.9
1.20	1.13	61	79	98	122	12.2	15.8	20.4	27.4
1.30	1.33	66	85	107	133	11.3	14.6	18.9	25.3
1.40	1.54	71	92	115	143	10.5	13.5	17.5	23.5
1.50	1.77	76	98	123	153	9.8	12.6	16.3	21.9
1.60	2.01	81	105	131	163	9.2	11.8	15.3	20.6
1.70	2.27	87	114	142	177	8.6	11.1	14.4	19.4
1.80	2.54	92	120	150	187	8.1	10.5	13.6	18.3
1.90	2.84	98	126	158	196	7.7	9.9	12.9	17.3
2.00	3.14	104	132	165	206	7.3	9.4	12.2	16.4
2.10	3.46	110	138	173	215	7.0	9.0	11.7	15.7
2.20	3.80	116	145	181	225	6.7	8.6	11.1	14.9
2.30	4.15	122	151	188	235	6.4	8.2	10.6	14.3
2.40	4.52	128	158	196	244	6.1	7.8	10.2	13.7
2.50	4.82	134	165	204	253	5.8	7.4	9.8	13.1
2.60	5.23	140	172	212	262	5.5	7.0	9.4	12.6
2.70	5.72	147	180	220	271	5.2	6.6	9.0	12.2
2.80	6.16	154	188	228	280	4.9	6.2	8.6	11.7
2.90	6.61	161	196	236	289	4.6	5.8	8.2	11.3
3.00	7.07	168	204	244	298	4.3	5.4	7.8	10.9



DIÁMETRO (m)	ÁREA (m ²)	PESO (kg/m)				TAPADA MÁXIMA (m)			
		ESPESOR (mm)				ESPESOR (mm)			
		2.50	3.20	4.75	6.35	2.50	3.20	4.75	6.35
1.50	1.82	147	188	271	355	25.7	34.6	56.6	75.8
1.75	2.69	179	229	328	431	22.1	29.6	48.5	64.9
2.00	3.08	191	245	353	463	19.3	25.9	42.4	56.8
2.25	4.11	223	286	410	538	17.1	23.0	37.7	50.5
2.50	5.27	249	319	459	602	15.4	20.7	33.9	45.4
2.75	5.91	268	343	492	646	14.0	18.8	30.8	41.3
3.00	7.29	294	376	541	710	12.9	17.3	28.3	37.9
3.25	8.04	307	393	565	742	11.9	15.9	26.1	34.9
3.50	9.66	338	433	623	818	11.0	14.8	24.2	32.4
3.75	11.43	370	474	680	893	10.3	13.8	22.6	30.3
4.00	12.36	383	490	705	925	9.6	12.9	21.2	28.4
4.25	14.31	408	524	753	989	9.1	12.2	19.9	26.7
4.50	16.44	441	564	811	1065	8.6	11.5	18.8	25.2
4.75	17.55	454	581	835	1097	8.1	10.9	17.8	23.9
5.00	19.88	481	621	893	1172	7.6	10.3	16.9	22.7
5.25	21.10	504	658	938	1244	7.1	9.8	16.1	21.6
5.50	23.67	531	698	993	1321	6.6	9.4	15.4	20.6
5.75	26.36	558	741	1053	1404	6.1	9.0	14.7	19.7
6.00	27.77	581	774	1105	1474	5.7	8.6	14.1	18.9
6.25	30.70	604	811	1163	1552	5.3	8.2	13.5	18.2
6.50	33.69	628	843	1221	1635	4.9	7.8	13.0	17.5

ES COPIA DEL PLANO H-10236 DE LA D.N.V. ADAPTADO EN TAMAÑO

ESTUDIO Y PROYECTO		ALCANTARILLA CAÑO DE CHAPA ONDULADA
ESCALAS	FECHA	
SIN ESCALA MEDIDAS EN METROS ORIGINAL A1		