

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



Proyecto de Grado
Carrera de Ingeniería Civil

**PROYECTO GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS CONSORCIO MICROREGIÓN 2D**
**Departamentos de San Martín y Castellanos, Provincia de
Santa Fe, Argentina**
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

ESTUDIANTES

BELTRAMONE, Ángela Luján	(LEGAJO N° B-6208/1)
RUBIOLO, Juana	(LEGAJO N° R-4379/6)
PIERONI, Sofía	(LEGAJO N° P-4690/6)

DIRECTORES:

ING. DE LA FUENTE, Sebastián
ING. LÓPEZ, Rubén

ASESORES:

ING. HAZAN, Andrés
ING. LUQUE, Analía
ING. CAUHAPE CASAUX, Marina
ING. FORESTIERI, Claudia
DR. ING. PORTAPILA, Margarita
ING. NAVARRO Raúl
MG. ARQ. CERVERA, Cristina

TITULAR DE CÁTEDRA: ING. RUBÉN LÓPEZ

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

Ingeniero Civil
Diciembre de 2023

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	3
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	4
1.1 Introducción	4
1.2 Marco Referencial	4
1.3 Objetivos	6
2. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO	6
3. POBLACIÓN ESTIMADA	8
3.1 Período de diseño	8
3.2 Proyección de la población	9
4. GESTIÓN DE RSU	12
4.1 Cálculo y proyección de la generación de RSU para el período de diseño	12
4.2 Maquinarias y Equipos del Consorcio para la gestión de RSU	14
5. DETERMINACIÓN DEL ÁREA NECESARIA PARA EL PREDIO GIRSU	14
6. SELECCIÓN DE LA ZONA DE EMPLAZAMIENTO	17
6.1 Logística	20
6.2 Áreas inundables	20
6.3 Rosa de los vientos	21
6.4 Accesibilidad	22
6.5 Distancia respecto a zonas pobladas	23
6.6 Distancias mayores a 3 km de aeropuertos habilitados	24
6.7 Distancias respecto a Rutas Nacionales y Rutas Provinciales mayores a 400 m	24
6.8 Análisis Multicriterio	25
7. RECORRIDOS DE RECOLECCIÓN	28
8. LAYOUT PROPUESTO	30
8.1 Planta de Separación y Reciclaje de Residuos	31
8.2 Cancha de compostaje.	33
8.3 Módulo de Relleno Sanitario	35
8.4 Laguna de Lixiviados	39
8.4.1 Caudal de líquidos lixiviados lixiviado	39
8.4.2 Sistema de lagunas para el tratamiento de lixiviados	41
8.4.3 Materialidad de las lagunas	44
8.4.4 Generación de lodos.	45
8.4.5 Conclusiones	45
8.5 Instalaciones complementarias.	46
8.5.1 Ordenanza N°8757: “Aspectos Higrotérmicos y Demanda Energética en las Construcciones”.	48
8.6 Caminos.	49
8.6.1 Circulación dentro del centro GIRSU.	49
8.6.2 Diseño de los caminos del centro GIRSU.	50
9. ESTRUCTURAS	53
9.1 Planta de tratamiento y separación de RSU	53
9.1.1 Cargas W, Lr, T	55
9.1.1.1 Cargas W	55
9.1.1.1.1 Cargas W - Estructura principal	56
9.1.1.1.2 Cargas W - Componentes y revestimientos	59

9.1.1.2 Cargas Lr	59
9.1.1.3 Cargas	60
9.1.2 Chapas	60
9.1.3 Correas	60
9.1 Cancha de compostaje	75
10. ESTUDIO HIDRÁULICO.	76
10.1 Introducción	76
10.2 Dinámica hídrica del predio y su entorno	76
10.3 Cálculos hidrológicos	80
10.4 Proyecto de obras hidráulicas	82
10.4.1 Diseño de obra de conducción interna	83
10.4.1.1 Cálculo de caudales requeridos por cuneta	83
10.4.1.2 Diseño y verificación de cunetas	84
10.4.2 Diseño de alcantarillas	84
10.4.3 Diseño de reservorio	86
10.4.4 Diseño de obras de regulación y descarga	87
10.4.4.1 Cálculo de obra de regulación para R=5 años	87
11. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	89
11. 1 Objetivos de Desarrollo Sostenible en Argentina (ODS)	89
11. 2 Objetivos de Desarrollo Sostenible del centro GIRSU.	90
11.2.1 ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles.	90
11.2.2 ODS 12: Producción y Consumo Responsables.	91
11.2.3 ODS 6: Agua limpia y Saneamiento.	94
11.2.4 ODS 13: Acción por el clima.	96
11.2.5 ODS 17: Ciudades y Comunidades Sostenibles.	97
11.3 Actividades que producen gases de efecto invernadero.	99
11.4 Análisis del Artículo 3 de la Ley Provincial N° 13055.	100
12. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	106
13. BIBLIOGRAFÍA	109
14. ANEXOS	110
14.1 ANEXO 1: "Ley Provincial N°13055".	110
14.2 ANEXO 2: "Cálculo y proyección de generación RSU".	110
14.3 ANEXO 3: "Geometría de los módulos".	110
14.4 ANEXO 4: "Localización del terreno - Análisis logístico".	110
14.5 ANEXO 5: "Dimensionamiento de Lagunas de Estabilización para Líquidos lixiviados"	110
14.6 ANEXO 6: "Dimensionamiento del Edificio de Ingreso".	110
14.7 ANEXO 7: "Planillas para la aplicación de la Ordenanza N°8757"	110
14.8 ANEXO 8: "Cálculo de la estructura de la Planta de Separación de Residuos".	110
14.9 ANEXO 9: "Cálculo hidráulico".	
14.10 ANEXO 10: Planos	110
14.11 ANEXO 11: Planos Tipo y Cartas Topográficas de San Jorge y Carlos Pellegrini.	110

AGRADECIMIENTOS

El trabajo que se presenta a continuación es el resultado de un gran esfuerzo colectivo y personal. El mismo nos permitió tratar una problemática de gran interés para nosotras, y, a su vez, desarrollar un proyecto integral en el que tuvimos la oportunidad de aplicar distintos conocimientos y herramientas adquiridas a lo largo de la carrera.

Queremos comenzar agradeciendo a la Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura, de la Universidad Nacional de Rosario, por habernos dado la oportunidad de formarnos como futuras profesionales de la Ingeniería Civil. Reconocemos la excelencia académica de nuestra Universidad pública y valoramos el trabajo y el esfuerzo de todos los docentes que nos han acompañado durante estos años.

Por otra parte, queremos darle las gracias al Ing. Sebastián De La Fuente, quien nos propuso encarar este proyecto y fue nuestro principal referente desde ese momento en adelante y, por supuesto también, a toda la cátedra de Proyecto IV que nos acompañó durante todos estos meses, atendiendo nuestras inquietudes y compartiendo este último tramo de la carrera con nosotras.

Finalmente, un especial agradecimiento a nuestras familias, a nuestros amigos y compañeros de la carrera, que nos acompañan siempre y que nos brindaron su apoyo y contención todo este tiempo para que podamos hoy estar escribiendo estas palabras.

Juana, Sofía y Ángela.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

El presente proyecto plantea una solución a la problemática de tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos del Consorcio denominado Microregión 2D, conformado por 14 localidades de los departamentos San Martín y Castellanos, de la provincia de Santa Fe, mediante un sistema de gestión integral de los residuos que permita la erradicación de los basurales a cielo abierto de la zona en estudio.

1.2 Marco Referencial

La gestión de los residuos generados por la actividad humana constituye una preocupación en el ámbito social y político a nivel mundial, debido a los efectos que generan sobre la calidad de vida y la salud del ser humano, como así también sobre el medio ambiente.

Como consecuencia del crecimiento de la población urbana a nivel mundial, se observa un incremento en la generación de residuos per cápita. Por lo cual, los gobiernos se ven obligados a abordar políticas de planificación sostenibles, que acompañen el crecimiento de las localidades, y que garanticen que los ciudadanos logren satisfacer sus necesidades en condiciones adecuadas, donde los recursos lleguen a todos por igual, independientemente de su lugar de residencia.

En Argentina, la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es de incumbencia municipal o comunal. Esto consiste en la recolección domiciliaria, barrido de calles, limpieza de otros sectores públicos, y disposición final de los residuos. Hoy en día, una gran parte de los RSU que se generan terminan en Basurales a Cielo Abierto (BCA) con escasos controles ambientales y técnicos, que como consecuencia, produce efectos negativos sobre la salud y el medio ambiente.

Potencialmente en los BCA se producen contaminaciones emergentes de los RSU mal gestionados: sobre el suelo en el que se depositan, en las aguas subterráneas y superficiales circundantes, por humos nocivos derivados de la combustión incompleta de los residuos quemados clandestinamente en los BCA, o emisiones de gases metánicos allí generados, por la acción de vectores biológicos, hídricos, eólicos o tróficos potenciales transmisores de enfermedades, el deterioro del paisaje, formas de vida humana no sostenibles para quienes habitan en las inmediaciones de los basurales o manipulan los residuos, además de otras variadas causas. ESTRATEGIA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Ministerio de Salud y Ambiente - Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (Septiembre 2005).

A la fecha, a nivel nacional, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, dependiente del Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación responde a la problemática de la gestión de RSU mediante el diseño de la **Estrategia Nacional de Gestión Integral de RSU (ENGIRSU)**: conjunto de medidas que tienden a implementar un Sistema de Gestión Integral de RSU en el territorio nacional.

Además, la Secretaría de Ambiente lleva adelante el **Plan GIRSU** que contempla el cierre y saneamiento de los BCA, de la mano de la construcción de centros ambientales y otros proyectos relacionados al tratamiento de residuos de manera controlada, entre otras medidas.

Si bien son las autoridades en cada localidad, las responsables directas de la gestión de RSU, abordar la problemática requiere el apoyo provincial en la planificación jurisdiccional del manejo de los RSU y al Estado Nación en la definición de las acciones estratégicas basadas en el concepto de la Gestión Integral de los RSU (GIRSU), contenidas en un adecuado marco jurídico-institucional, y fundamentadas en los principios del desarrollo sostenible. (*ENGIRSU*).

En la provincia de Santa Fe se encuentra vigente la **Ley Provincial N° 13.055**, sancionada en el año 2009, bajo el concepto de “Basura Cero” como principio fundamental para la gestión de residuos sólidos urbanos en su territorio. En el apartado [11.4 “Análisis del Artículo 3 de la Ley Provincial N° 13055”](#) del presente trabajo se estudia dicho principio para la situación particular de generación de basura en la Microregión 2D. Además, en el Anexo N°1 “Ley Provincial N° 13055”, se adjunta la Ley.

Con el objetivo de perseguir el principio de “Basura Cero”, la Ley plantea la necesidad de adoptar medidas orientadas a la reducción en la generación de residuos, la separación selectiva, la recuperación y el reciclado. A su vez toma como medida prioritaria la erradicación de los basurales a cielo abierto haciendo reemplazo por vertederos controlados o rellenos sanitarios y, la conformación de consorcios.

La Ley N° 13.055 establece entre sus principios básicos, la regionalización: se priorizará la posibilidad de obtener soluciones regionales a partir del tratamiento y la gestión mancomunada de los RSU en las distintas jurisdicciones implicadas.

En su Art. 15, la Ley plantea que las Municipalidades y Comunas podrán constituirse en Consorcios Regionales, organismos públicos supramunicipales, que los representen para la gestión integral y regional de sus RSU.

En su Art. 17, la Ley establece la creación del Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos de asistencia a Municipios y Comunas. A partir de esto, se conforman numerosos consorcios regionales, integrados por comunas y municipios de la provincia, respaldados desde el programa GIRSU, y con el objetivo de gestionar los RSU de forma integral. De esta forma, les permite a las localidades, abordar las inversiones iniciales requeridas para la infraestructura, abaratar costos posteriores de operación y mantenimiento, y obtener volúmenes de materiales recuperados interesantes para su comercialización.

En el marco de lo que establece la Ley Provincial N° 13.055, en el año 2012, se forma el Consorcio Microregión 2D, compuesto actualmente por 14 localidades de los departamentos San Martín y Castellanos de la provincia de Santa Fe, que buscan trabajar en conjunto para resolver la problemática de la gestión de RSU.

1.3 Objetivos

El objetivo del presente proyecto es brindar al Consorcio colaboración técnica para el avance de la gestión de residuos a nivel regional, en lo que respecta a un análisis logístico y técnico, considerando que se trata de un trabajo final de grado de carácter académico de la carrera de Ingeniería Civil.

En el **marco logístico** se desarrollará:

- Proyección de la población y de la generación de RSU en un período de 20 años.
- Estudio areal para determinar la localización más conveniente del terreno para el establecimiento del centro GRSU en función de la cantidad de residuos que genera cada localidad del Consorcio.
- Análisis multicriterio, contemplando características excluyentes para este tipo de proyecto establecidos por la Ley Provincial N° 13.055, estudios de inundabilidad, rosa de los vientos y accesibilidad.
- Planificación de recorridos y cantidad de equipos y camiones necesarios para un correcto funcionamiento del servicio.

En el **marco técnico** se incorporará el anteproyecto del predio elegido, que comprende:

- Superficie requerida.
- Dimensiones e impermeabilización de los módulos del relleno sanitario.
- Generación, gestión y tratamiento de líquidos lixiviados.
- Arquitectura y cálculo de la Planta de separación de residuos.
- Arquitectura de la Nave de Compostaje.
- Arquitectura y cálculo del edificio de Instalaciones Complementarias.
- Caminos para garantizar la adecuada circulación de camiones, maquinarias y vehículos dentro del predio.
- Estabilizado de caminos.

2. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO

El sitio de intervención corresponde a 14 localidades de los departamentos de Castellano y San Martín de la provincia de Santa Fe, Argentina.

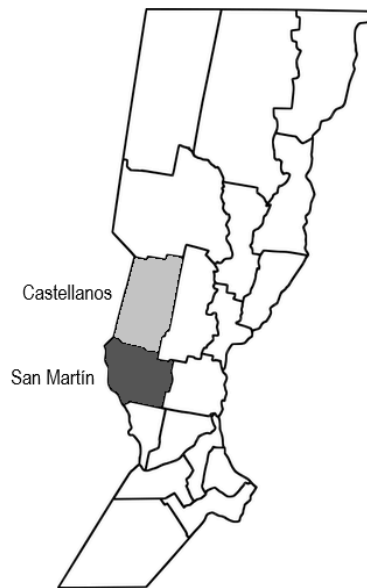


Figura 1. Departamentos Involucrados Microregión 2D - Provincia de Santa Fe.

El Consorcio GIRSU Microregión 2D está conformado por las localidades de Garibaldi y María Juana (Castellanos), Sastre y Ortiz, Colonia castelar, Crispi, Las Petacas, San Martín de las Escobas, San Jorge, Carlos Pellegrini, Piamonte, María Susana, Cañada Rosquín, El Trébol y Landeta (San Martín).



Figura 2. Localidades que conforman la Microregión 2D. Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior, se muestran las localidades conformantes del Consorcio, y los caminos pavimentados que las unen.

En la actualidad, la zona carece de un relleno sanitario controlados, lo que resulta en la proliferación de numerosos basurales a cielo abierto, tal como que indica en la Figura 3. Esta situación conlleva graves consecuencias, incluyendo problemas significativos de contaminación ambiental y riesgos para la salud de los residentes que habitan en este territorio.

A su vez la deposición final de los RSU se ve completamente en desequilibrio. Hay localidades que no tienen basurales, mientras que otras cuentan con más de un BCA. Para poder visualizar dicha problemática, se localizan en la Figura 3, mediante una visualización satelital, los BCA que se logran observar a simple vista haciendo uso de la herramienta Google Earth.



Figura 3. Basurales a cielo abierto en la Microregión 2D. Fuente: Elaboración propia.

3. POBLACIÓN ESTIMADA

3.1 Período de diseño

Para definir las dimensiones del relleno sanitario es necesario conocer la basura generada per cápita y por lo tanto la población a servir, es por eso que se determina una proyección de la población para los próximos 20 años. Dicho período se adopta en función de consideraciones técnicas, ambientales y económicas del relleno sanitario.

El período de diseño de 20 años se elige para que haya suficiente espacio para llenar varias celdas de disposición y permitir que el relleno sanitario funcione de manera efectiva a lo largo de este período. Elegir un período de diseño más corto puede resultar en la saturación del relleno sanitario antes de lo deseado, lo que requeriría la apertura de un nuevo sitio de disposición antes de lo previsto. Un período de diseño más largo minimiza la necesidad de abrir nuevos rellenos sanitarios con frecuencia.

Por otro lado, los rellenos sanitarios están sujetos a regulaciones ambientales estrictas que requieren medidas de mitigación y monitoreo a largo plazo. Un período de diseño de 20 años permite cumplir con estas regulaciones y garantizar que se realicen actividades de monitoreo ambiental durante y después de la operación del relleno.

A su vez, la inversión en un relleno sanitario es significativa, y el período de diseño se elige para permitir que las autoridades locales o las empresas que operan el relleno puedan recuperar su inversión y generar ingresos suficientes para cubrir los costos operativos, de mantenimiento y de cierre

3.2 Proyección de la población

A partir de los datos conocidos por el INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) correspondiente a los años 1991, 2001 Y 2010, se proyecta la población para el período de diseño definido.

Dicha proyección se calcula mediante los siguientes 3 métodos y se utiliza el que mejor se adapte a nuestro estudio:

- Método del Incremento Aritmético.
- Método del Incremento Geométrico.
- Método de Tasas Medias Anuales Decrecientes.

Datos disponibles:

Tabla 1. Población 1991, 2001, 2010. Datos INDEC e IntFormalities. Fuente: elaboración propia.

Localidad	Población		
	Censo 1991	Censo 2001	Censo 2010
Garibaldi	445	471	404
María Juana	4228	4707	5072
Sastre y Ortiz	5637	5521	5717
Colonia castelar	846	862	887
Crispi	776	656	591
Las Petacas	1256	1178	1031
San Martín de las Escobas	2377	2518	2683

Localidad	Población		
	Censo 1991	Censo 2001	Censo 2010
San Jorge	14884	16873	18056
Carlos Pellegrini	4802	5074	5311
Piamonte	3678	3615	3537
María Susana	3324	3423	3478
Cañada Rosquín	4714	5096	6985
El Trébol	9404	10506	11086
Landeta	1449	1449	1525

Luego de desarrollar la proyección de población mediante los tres métodos, se adoptan los valores obtenidos mediante el método del incremento geométrico, ya que resultan los más conservadores. En este método, el incremento de la población se acelera conforme la población crece, por lo que va a crecer indefinidamente con el transcurso del tiempo. Su formulación general es la siguiente:

$$P = P_0(1 + i)^{(t-t_0)}$$

$$k_g = \left(\frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1} \right)$$

Donde:

k_g : Factor de proporcionalidad.

i: Tasa de incremento.

P : Población futura de la localidad en el año t.

P_0 : Población de la localidad en el año t0, considerando origen de la proyección.

P_1 : Población de la localidad según censo realizado para el año t1

P_2 : Población de la localidad según censo realizado para el año t2

Para aquellas localidades que resultan tasas de crecimiento negativas se adopta la Tasa Media Provincial correspondiente a la provincia de Santa Fe, de 0,7%.

Al no contar con los datos censales 2022 de las localidades se realiza un análisis del crecimiento poblacional del distrito de San Martín del cual se conoce la población al año 2022, con el objetivo de evaluar si los resultados obtenidos mediante la proyección realizada resultan coherentes. Para esto, se determinó la tasa de crecimiento anual del departamento de San Martín y, se obtuvo que la misma es del 0,8%, coincidente con la tasa de crecimiento anual del departamento calculada como el promedio de las tasas anuales de crecimiento de cada una de las localidades.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos con el método mencionado para los años 2022, 2026, 2035 y 2045, para cada una de las localidades y para toda la Microregión 2D.

Tabla 2. Población proyectada. Fuente: elaboración propia.

Localidad	Población		Kg	i	Año			
	Censo 2001	Censo 2010			2022	2026	2035	2045
Garibaldi	471	404	-0,02	0,007	439	452	481	516
María Juana	4707	5072	0,01	0,008	5603	5792	6241	6781
Sastre y Ortiz	5521	5717	0,00	0,004	5989	6083	6299	6548
Colonia castelar	862	887	0,00	0,003	921	933	960	991
Crispi	656	591	-0,01	0,007	643	661	704	754
Las Petacas	1178	1031	-0,01	0,007	1121	1153	1227	1316
San Martín de las Escobas	2518	2683	0,01	0,007	2920	3003	3200	3434
San Jorge	16873	18056	0,01	0,008	19763	20368	21796	23500
Carlos Pellegrini	5074	5311	0,01	0,005	5644	5760	6029	6343
Piamonte	3615	3537	0,00	0,007	3846	3955	4211	4515
María Susana	3423	3478	0,00	0,002	3553	3578	3635	3700
Cañada Rosquín	5096	6985	0,04	0,036	10635	12235	16771	23807
El Trébol	10506	11086	0,01	0,006	11909	12197	12871	13663
Landeta	1449	1525	0,01	0,006	1633	1670	1758	1860
Población total	61949	66363			74620	77840	86183	97729

Se presentan a continuación los gráficos de tortas para los años 2026, que corresponde a la puesta en funcionamiento del GIRSU, y 2045, último año de vida útil del proyecto. Estos muestran qué porcentaje de la población total de la Microregión 2D corresponde a cada localidad y permite identificar cuáles de ellas son las que generarán la mayor cantidad de residuos.

Se destaca el hecho de que Cañada Rosquín es la localidad que mayor crecimiento presenta.

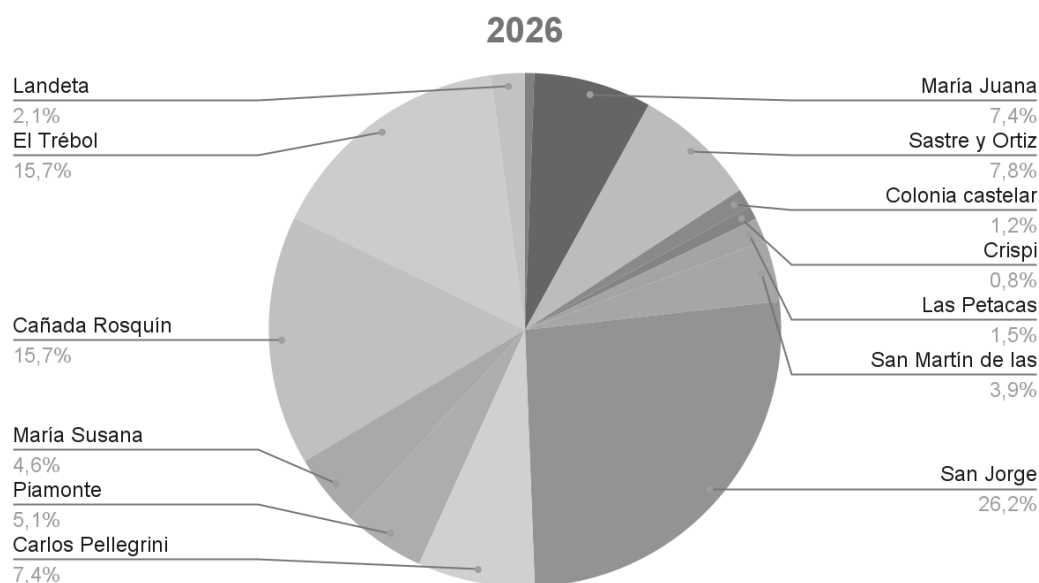


Figura 4. Distribución de la población estimada para el año 2026. Fuente: Elaboración propia.

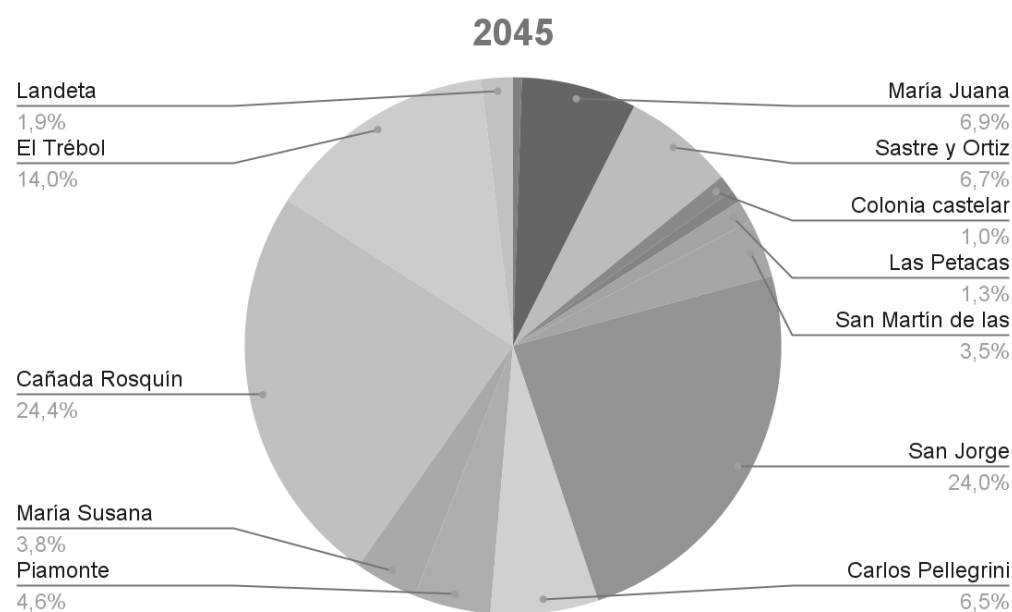


Figura 5. Distribución de la población estimada para el año 2045. Fuente: Elaboración propia.

4. GESTIÓN DE RSU

4.1 Cálculo y proyección de la generación de RSU para el período de diseño

En primer lugar, para llevar adelante el análisis logístico y el diseño del relleno sanitario es necesario conocer la generación per cápita de los habitantes a lo largo de los 20 años del período de diseño.

Para ello se realiza una proyección lineal a partir de dos valores de generación de basura per cápita conocidos:

Tabla 3. Producción de basura per cápita. Fuente: Secretaría de Ambiente de San Jorge.

Año	Producción per cápita (kg/hab.día)	Dato Brindado por
2009	0,82	Secretaría de ambiente de San Jorge
2023	1	Consorcio Microregión 2D

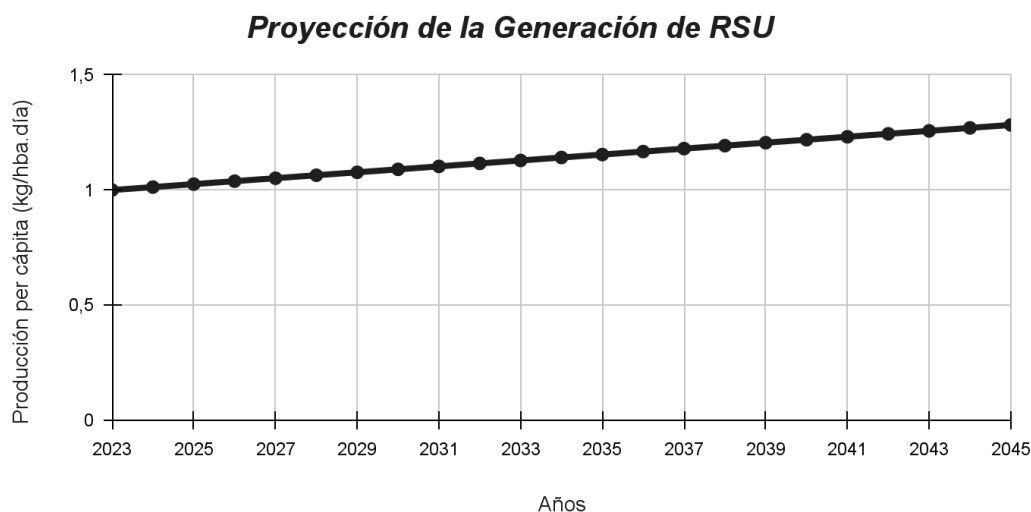


Figura 6. Proyección de la generación de RSU. Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior, se observa que para el año 2030 la producción alcanza 1,09 kg/(hab.día), y en el último año de estudio se alcanza una producción per cápita de 1,28 kg/(hab.día).

Por otro lado, de acuerdo al informe “What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050” elaborado por el Banco Mundial en el año 2018, como se puede observar en la Figura 7, se espera un crecimiento en el consumo per cápita de 1,11 kg/(hab.día) para 2030 y de 1,30 (kg/hab.día) para 2050, en Latinoamérica. Estos valores son coherentes con los obtenidos previamente en la proyección realizada a partir de los datos que se dispone, por lo que se decide trabajar con los mismos para el diseño del relleno sanitario.

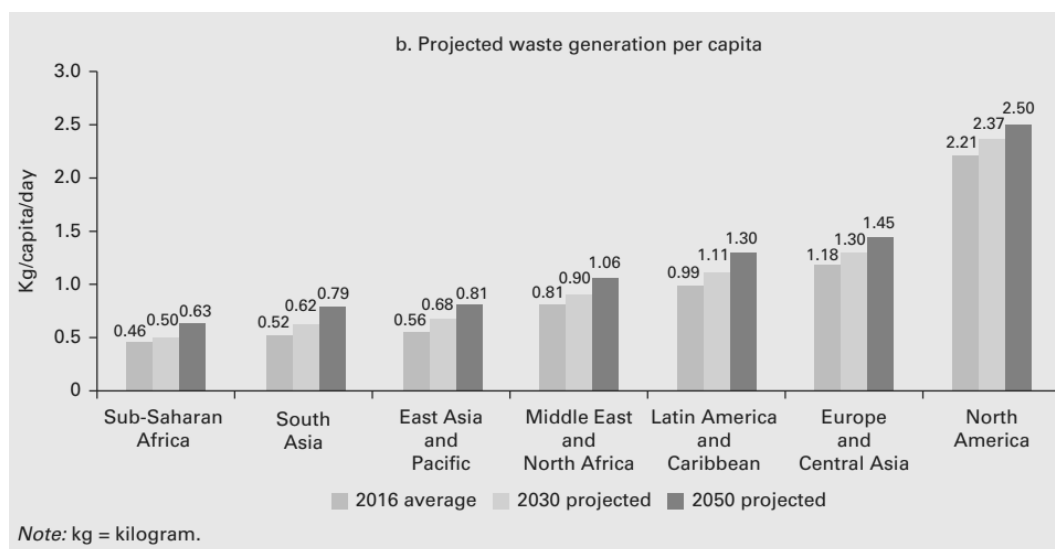


Figura 7. Proyección de la generación de basura per cápita. Fuente: Banco Mundial.

4.2 Maquinarias y Equipos del Consorcio para la gestión de RSU

Desde el Ministerio de Ambiente de La Nación, la región ha recibido equipamiento destinado a la organización de los predios, como carretones, camiones, palas frontales y excavadoras. Además, se han proporcionado recursos para facilitar las labores de tratamiento de residuos, tales como prensas, autoelevadores, minicargadoras y otros equipos. Estos recursos no solo contribuyen a mejorar la eficiencia operativa, sino que también desempeñan un papel crucial en las iniciativas de concientización. Sin embargo, en ocasiones, la escasez de recursos impulsa la versatilidad en el uso de las máquinas, y las mismas terminan siendo utilizadas para otros fines para los cuales no han sido diseñadas. Esto no solo puede dañar los equipamientos sino que también deja sin abordar una gestión adecuada de residuos, disminuyendo su disponibilidad para cumplir con su propósito original.

No se asignan maquinarias de manera permanente a los predios. En algunas localidades, existe una sola retroexcavadora utilizada para diversas tareas, no limitándose exclusivamente al manejo del basural, y su capacidad operativa es notablemente limitada. Por ejemplo, una pala retro pequeña montada sobre neumáticos, de capacidad operativa reducida, se utiliza para llevar a cabo diversas funciones como limpieza de zanjas, pavimentación y carga de materiales. No obstante, esta maquinaria está más tiempo desplazándose que ejecutando tareas operativas.

Uno de los problemas directos de la escasez de maquinarias es que, debido al tiempo asignado limitado (dos horas por semana) para cada predio, se presenta un problema con la acumulación de residuos. Cuando la maquinaria finalmente llega después de dos semanas, su potencia resulta insuficiente para manejar la gran cantidad de residuos acumulados. Esto da lugar a la formación de pilas de basura al aire libre y sin cobertura, las cuales pueden desencadenar incendios. Aunque se realizan esfuerzos para apagar y limpiar estos incendios, la situación persiste, convirtiéndose en un depósito de desechos a cielo abierto.

5. DETERMINACIÓN DEL ÁREA NECESARIA PARA EL PREDIO GIRSU

Como se explicó anteriormente, la proyección de la población y de la generación de residuos a lo largo del período de diseño de 20 años, son necesarias para el diseño geométrico de los módulos de disposición final, como así también, para determinar la superficie total necesaria para emplazar el centro GIRSU.

Habiendo estimado la población del Consorcio para cada año y la generación per cápita, es posible estimar la cantidad de residuos totales al final del período de diseño.

$$RSU \text{ totales al final del período} = \sum_{i=2024}^{2045} Población_i \cdot Generación \text{ per cápita}_i \cdot 365$$

$$RSU \text{ totales al final del período} = 741\,243 \text{ Tn}$$

Por otro lado, se debe adoptar la densidad de los RSU dispuestos en el relleno sanitario. La misma puede variar entre 0,6 y 1 tn/m³, dependiendo el valor final promedio del espesor de los residuos compactados, el peso del equipo compactador y el número de pasadas realizadas por cada capa compactada. En este caso, se adopta una densidad de 0,7 tn/m³ para los residuos compactados dispuestos en el relleno, dado que el Consorcio dispone una retroexcavadora para la compactación de los residuos y esta máquina no permite alcanzar densidades muy altas.

Finalmente, el volumen total necesario para almacenar la totalidad de los RSU es:

$$Volumen = \frac{RSU \text{ totales al final del período}}{Densidad RSU \text{ en el relleno}} = \frac{741243 \text{ Tn}}{0,7 \text{ Tn/m}^3} = 1\,058\,918 \text{ m}^3$$

En el Anexo N°2 “Cálculo y proyección de generación RSU” se presentan las tablas con las proyecciones de generación de RSU.

Un relleno sanitario generalmente se divide en módulos de disposición final, y a su vez, cada módulo se divide en celdas. Estas celdas deben llenarse gradualmente y luego sellarse de manera segura para evitar la contaminación del suelo y del agua subterránea.

La separación en módulos, y a su vez, de los módulos en celdas, permite la construcción en etapas del relleno sanitario, disminuyendo así los costos durante la ejecución de todo el predio. Además, construir todo el relleno sanitario en conjunto, requeriría de un mantenimiento extra de los módulos inutilizados, lo cual nuevamente, se traduce en costos innecesarios.

Se propone separar este volumen en cuatro módulos, los cuales tendrán una vida útil aproximada de cinco años.

$$Volumen \text{ de cada módulo} = \frac{1\,058\,918 \text{ m}^3}{4} = 264\,730 \text{ m}^3$$

Para determinar la geometría de cada módulo se deben también tener en consideración las exigencias que se expresan en la Ley Provincial 13.055 relativas al diseño del relleno:

- La base del relleno deberá estar a una distancia mínima de un metro y cincuenta centímetros (1,50 m) del nivel de la capa freática.
- Esparcimiento y compactación de los residuos sólidos urbanos. Deberán compactarse los residuos en capas cuyo espesor no supere los treinta centímetros (30 cm), considerándose óptima la compactación cada veinte centímetros (20 cm).
- Recubrimiento con tierra u otros materiales adecuados, las veces que sea necesario en función de la secuencia de operación presentada.
- Cubierta final de cierre con características de espesor y permeabilidad que impide la penetración de agua de lluvia en la masa de residuos.

La napa freática se ubica a -5 m según la información brindada por el consorcio y la altura máxima del relleno por sobre el nivel del terreno natural adoptada es de 10 m, por razones de impacto visual y riesgo geotécnico. Se adopta una pendiente de 3:1 para prevenir que la velocidad de escurrimiento del agua de lluvia sobre el relleno erosione la cobertura de los módulos.

Mediante un cálculo iterativo en el que se proponen las dimensiones a nivel del terreno natural del relleno sanitario, se llega a que el módulo que mejor se ajusta al volumen teórico es aquel de dimensiones 130 m x 240 m. En la Figura 8 se presenta un croquis donde puede apreciarse la geometría del módulo.

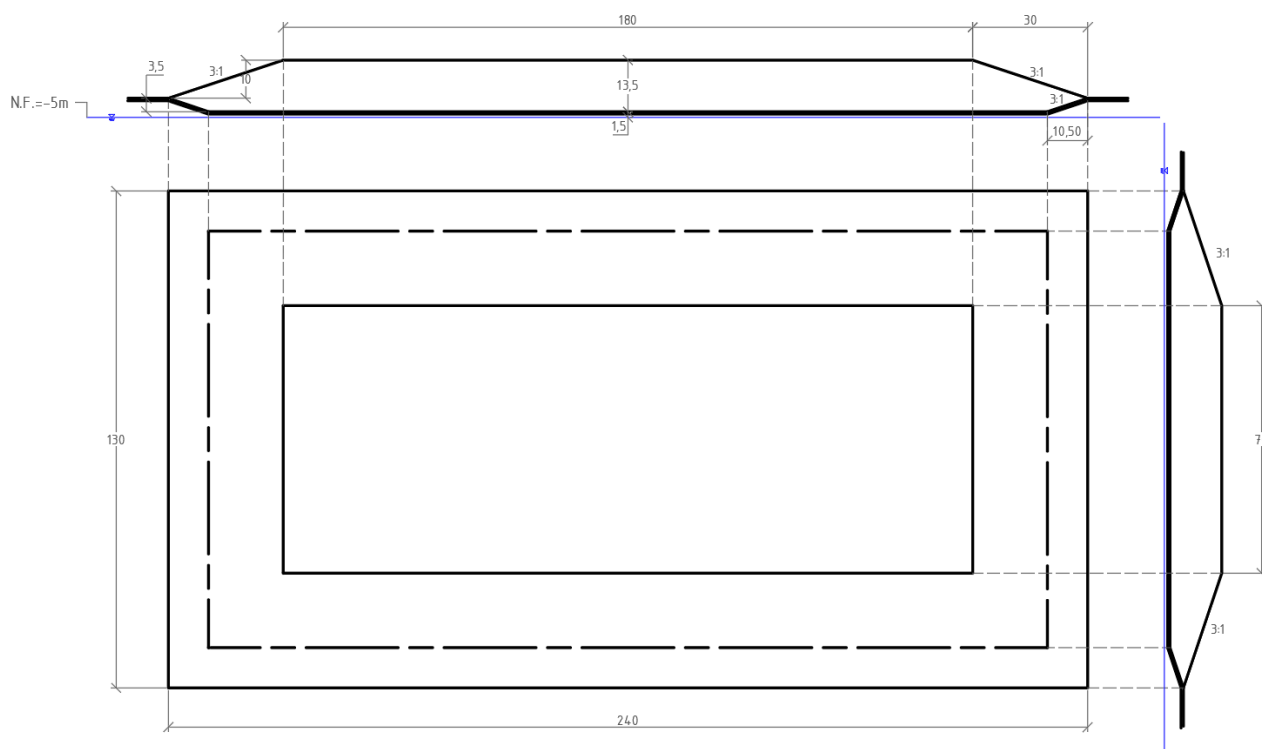


Figura 8. Geometría del módulo del relleno sanitario. Fuente: elaboración propia.

Para verificar que las dimensiones adoptadas son adecuadas desde el punto de vista estructural, se verifica que la presión producida por los residuos en la zona de mayor concentración de basura y menor área, sea inferior a 1 kg/cm² que es la capacidad de carga del suelo, dato brindado por el Consorcio.

$$\text{Presión de los residuos} = 0,95 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < \text{Capacidad de carga del suelo} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

En el Anexo N°3 “Geometría de los módulos” se presentan las tablas utilizadas y una mayor descripción de los cálculos realizados.

Ahora bien, para conocer la superficie total necesaria para el desarrollo de todas las actividades del centro GRSU debe considerarse, además de la superficie necesaria para cada módulo, un espacio perimetral interno de quince metros de ancho que actúe como control de propagación horizontal de fuego, según se indica en la Ley Provincial 13055, y también el espacio que se requerirá para el emplazamiento de la Planta de Separación de Residuos, de la Planta de Compostaje y de las oficinas. Esto es tenido en cuenta incrementando en un 30% la suma de las dos anteriores.

$$\text{Área requerida por los módulos} = 130 \cdot 240 \cdot 4 = 124\,800 \text{ m}^2$$

$$\text{Espacio perimetral interno} = 29100 \text{ m}^2, \text{ para un terreno de } 400 \times 600 \text{ m}^2$$

$$\text{Superficie total requerida} = 153900 \cdot 1,3 = 200\,070\,m^2 = 21\,Ha$$

Como conclusión de este análisis, se quiere destacar que los módulos fueron calculados suponiendo que la totalidad de los residuos que llegan al predio terminan en el vertedero, es decir, sin tener en cuenta el porcentaje de materia orgánica que se va a compostar ni tampoco el porcentaje de residuos que será reciclado. Esto es así, dado que a priori se desconocen estos valores ya que dependen de la calidad de la basura, de las maquinarias que disponga el consorcio, del personal que se encuentre trabajando en la planta, de los hábitos de separación de residuos de los habitantes, entre otras cosas. Sin embargo, en la situación deseada en la que sí se reduzca la cantidad de residuos que terminarán en el relleno sanitario, la vida útil de los módulos se extenderá. Por lo tanto, se considera que esta determinación del volumen de los módulos es adecuada y contempla todos los escenarios posibles.

6. SELECCIÓN DE LA ZONA DE EMPLAZAMIENTO

El desarrollo del proyecto no está pensado para ninguna localización en particular, por el contrario, es parte del mismo determinar cuáles serán zonas apropiadas para el emplazamiento del mismo y qué criterios entran en juego al momento de determinarlas.

Establecer el sitio de emplazamiento de las instalaciones es uno de los aspectos más críticos y complejos de una gestión integral de RSU. Esto se debe a que todas las localidades necesitan de un espacio de disposición final de residuos, pero ninguna de ellas desea que su disposición final se encuentre a la vista. Este fenómeno es comúnmente conocido como NIMBY cuyas siglas en inglés indican "Not In My Back Yard", es decir, "No en mi patio trasero".

El fenómeno NIMBY refleja la resistencia de las comunidades locales a albergar instalaciones de gestión de RSU, incluso cuando son esenciales para el tratamiento y disposición adecuada de los desechos que las propias comunidades generan. Este rechazo se basa en cierta preocupación por la salud pública y por cuestiones estéticas, ya que la presencia de instalaciones de eliminación de residuos podría percibirse como perjudicial para la calidad de vida de los residentes y la valoración de las propiedades cercanas.

Cabe destacar la paradoja que implica dicho fenómeno, dado que, la misma sociedad responsable de los residuos a depositar, se resiste frente a la aceptación de las instalaciones para su tratamiento en su entorno inmediato, lo cual muestra la despersonalización que presentan los individuos frente a la generación y gestión de sus propios desechos. Por lo tanto, es fundamental concientizar respecto al hecho de que la administración de los residuos es responsabilidad colectiva y una correcta selección del emplazamiento es esencial para garantizar una gestión efectiva y sostenible de los mismos.

En el proceso de selección del terreno intervienen aspectos técnicos, económicos, sociales, políticos e incluso éticos. Los criterios a considerar pueden diferenciarse en:

- Criterios de exclusión: son aquellos que inhabilitan a una posible localización como alternativa en caso de no cumplirse. Estos condicionamientos vienen determinados principalmente por la Ley Provincial N° 13.055. Se pueden mencionar:
 - Zonas de pozos importantes para el abastecimiento público
 - Recursos de aguas subterráneas importantes
 - Distancias a aeropuertos o pistas de aterrizaje
 - Fundamento inestable (pantanos)
 - Falta de suelos de buena permeabilidad como barrera natural o geológica contra infiltraciones
 - Áreas inundables
 - Parques nacionales, reservas importantes de fauna y flora, bosques naturales, otros patrimonios
 - Planes reguladores de uso del suelo
 - Aceptación política de radicación
- Criterios de evaluación: permiten determinar la mejor opción a partir de comparar distintas ubicaciones entre sí.
 - Distancia a la superficie de las aguas subterráneas
 - Aspectos meteorológicos (direcciones principales de viento), en cuanto a un área poblada
 - Cercanía con otras obras de infraestructura sanitaria (por ejemplo tratamiento de líquidos cloacales) o puntos críticos para el desarrollo urbanístico (cementeros, áreas industriales)
 - Aspectos de tráfico (conexión, pasos por poblaciones , etc.)
 - Accesos viales seguros (aún en condiciones de precipitaciones altas)
 - Vida útil o posibilidades de ampliación en el sector. Se sugiere no menos de 10 años siendo deseable 15 a 20 años con ingreso de la totalidad de los residuos generados
 - Distancia a cursos de agua principales
 - Distancia desde el origen de los residuos, volúmenes de residuos a disponer (Ley 13.055 regionalización de la GRSU)
 - Accesibilidad hacia vías de comunicación principales
 - Infraestructura disponible (electricidad para maquinaria, accesos)

Como punto de partida, se realiza un análisis logístico considerando la población de cada una de las localidades que integran el Consorcio y suponiendo que las mismas se concentran en el baricentro de las localidades. De esta manera, se aplica la misma metodología utilizada para calcular el centroide de una figura compuesta, pero en lugar de trabajar con áreas, se trabaja con población. En el Anexo N°4 “Localización del terreno - Análisis logístico” se presenta el cálculo correspondiente.

En la siguiente imagen se observa el punto que indica la localización más conveniente en relación a la generación de basura de cada localidad. Como era de suponer, la misma está entre San Jorge y El Trébol, las localidades que presentan la mayor cantidad de habitantes y por ende, las que producen la mayor generación de residuos. A su vez, se encuentra más próxima a San Jorge, dado que por encima de dicha localidad, está Sastre, que es la tercera localidad más grande en términos de habitantes.



Figura 9. Localización más conveniente según generación de RSU. Fuente: elaboración propia.

Luego, se analizan cuatro zonas, todas próximas a la ubicación ideal según logística, y se analiza cada una de ellas con los siguientes criterios:

- 1) Logística
- 2) Rosa de los vientos
- 3) Áreas inundables
- 4) Accesibilidad
- 5) Distancia respecto a zonas pobladas
- 6) Distancias mayores a 3km de aeropuertos habilitados
- 7) Distancias respecto a rutas nacionales y rutas provinciales mayores a 400m

Es importante remarcar que los criterios mencionados al inicio de esta apartado como excluyentes, fueron considerados previamente a la determinación de las zonas a estudiar. En particular, se observa que no estén próximas a ninguna planta de abastecimiento de agua mediante pozos ni a aeropuertos, como así también, que no se trate de áreas protegidas. A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de ellos.

6.1 Logística

Considera el centro geográfico del conjunto de localidades, en relación a la cantidad de residuos generados por las mismas y su ubicación. Se analiza la localización desde el punto de vista operativo, con el fin de optimizar el transporte de los RSU.

6.2 Áreas inundables

Esta temática reviste gran importancia al momento de la localización de la disposición final, por lo que se menciona dentro de los criterios de exclusión ya que proyectar una obra de saneamiento en una zona inundable puede causar serias complicaciones. Por lo tanto, debe analizarse esta variable y priorizar terrenos que se encuentren en buenas condiciones.

Luego de analizar la ubicación más conveniente desde el punto de vista logístico, se procede a trabajar en una zona limitada por las localidades de San Jorge y Carlos Pellegrini, con el fin de que el terreno a elegir se encuentre cercano a dicha localización. Por lo que, en la siguiente figura, se observan las curvas de nivel de la zona en estudio.

Se esquematiza con flechas, el escurrimiento y las alcantarillas sobre la R.P.Nº 13, por las cuales escurren los cursos existentes. El escurrimiento se esquematiza visualizando el valor y tendencia de las curvas de nivel.

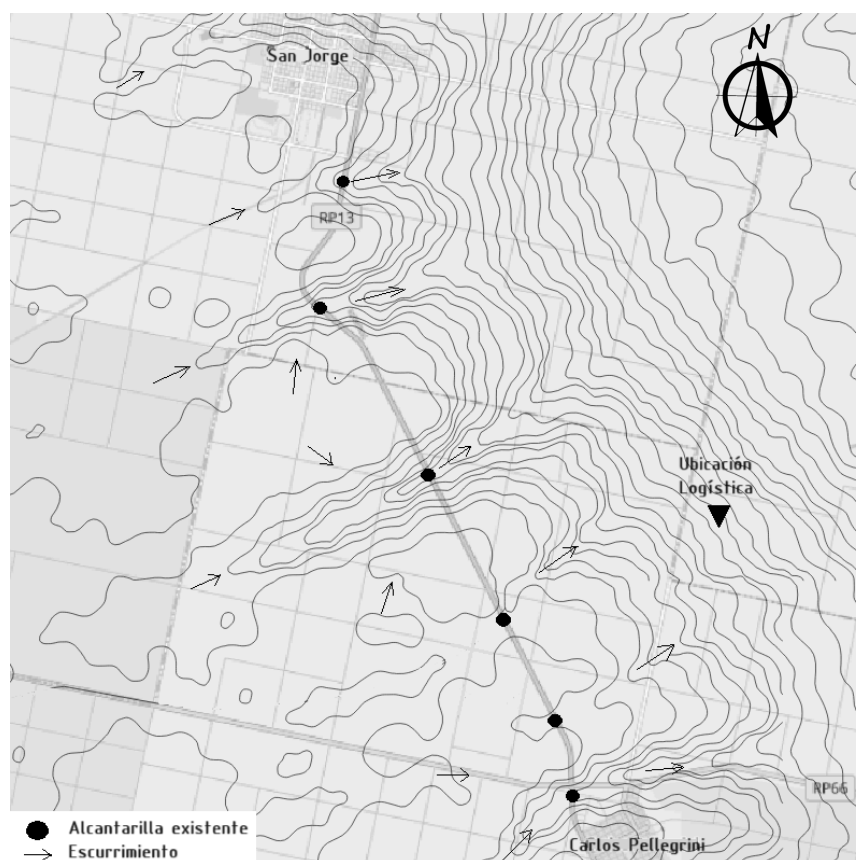


Figura 10. Dinámica hidráulica respecto a las curvas de nivel. Fuente: elaboración propia.

Sobre la R.P.Nº 13, se observan 4 zonas bajas, en correspondencia con alcantarillas, algunas de predominancia mayor que otras. A la hora de la elección del emplazamiento, se evita

ubicar el mismo sobre las zonas bajas mencionadas. Además, se observa que el escurrimiento se dirige hacia el lado este de la R.P.Nº 13.

6.3 Rosa de los vientos

Es fundamental analizar la dirección de los vientos predominantes para evitar que cualquier localidad perciba olores desagradables. Para esto, se obtuvo la Rosa de los Vientos de las localidades de San Jorge y Carlos Pellegrini, las localidades entre las cuáles se encuentran las diferentes zonas de análisis, con el servicio meteorológico online “Meteoblue”.

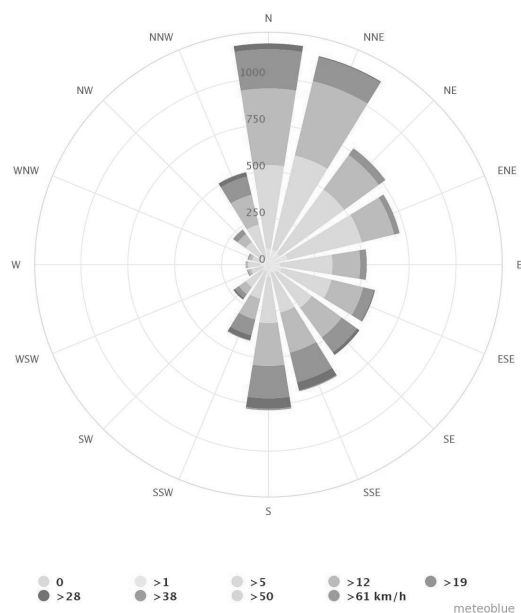


Figura 11. Rosa de los vientos San Jorge. Fuente: Meteoblue.

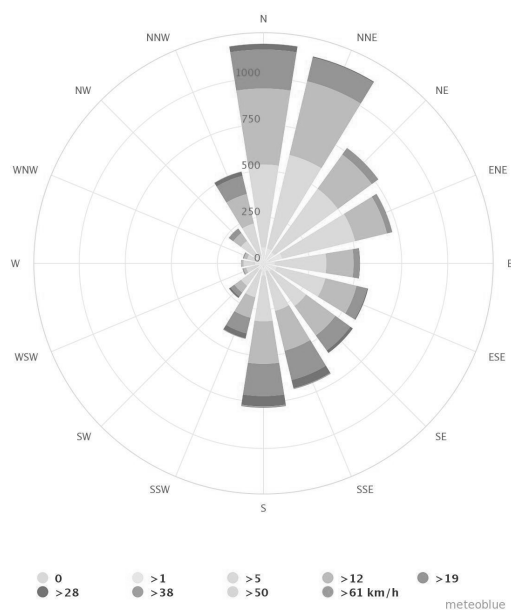


Figura 12. Rosa de los vientos Carlos Pellegrini. Fuente: Meteoblue.

De las mismas se observa que la mayor parte del año, los vientos poseen una dirección norte y norte-noroeste hacia el sur y sur-suroeste. Al momento de definir la ubicación del terreno,

se debe poner especial atención a que ninguna localidad cercana se ubique al sur o sureste del relleno sanitario, ya que de ese modo podría verse afectada por malos olores.

6.4 Accesibilidad

El acceso al predio debe estar garantizado para cualquier condición climática presente, asegurando condiciones de circulación seguras en todo momento. No se debe perder de vista el hecho de que van a circular vehículos pesados cargados, responsables del transporte de los residuos.

Cabe destacar que, es importante que el predio se encuentre en cercanía con la R.P.N° 13, ya que es el camino principal y de mayor jerarquía, que une al total de las localidades. Esto, repercute en el costo operativo del Consorcio a la hora de analizar los recorridos a realizar.

En la siguiente imagen se pueden visualizar todos los caminos que interceptan con la R.P.N° 13, en torno a la cual se proyecta la localización del terreno. Esto permitirá identificar posibles ubicaciones de terrenos, garantizando la posibilidad de acceder a los mismos.

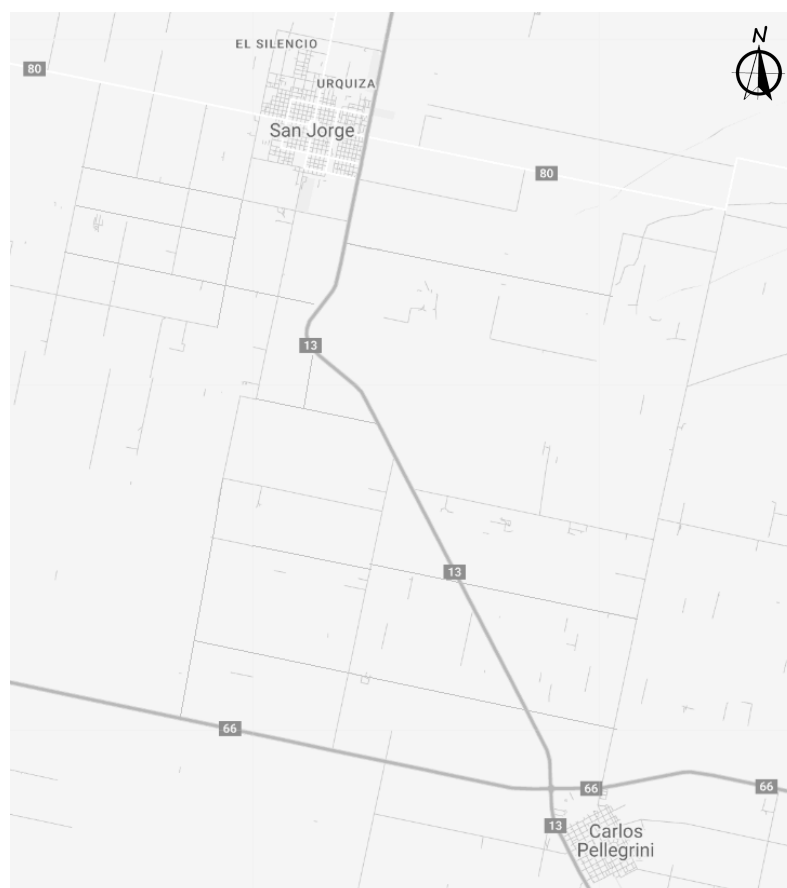


Figura 13. Caminos que intersectan la R.P. N°13. Fuente: elaboración propia.

Como opciones de accesibilidad al terreno, solo se tienen en cuenta las intersecciones con la R.P.N° 13, y no así los accesos privados.

6.5 Distancia respecto a zonas pobladas

Este apartado se refiere a la aceptación política y social de radicación. Como ya se ha mencionado anteriormente, nadie desea tener un centro de disposición final próximo a donde habita. Sin embargo, la distancia debe ser tal que los costos de transporte no resulten excesivos, por lo que se debe buscar un equilibrio entre estas dos variables. Por lo tanto, se intenta localizar un terreno que no se encuentre en la cercanía de las ciudades, alejándonos un radio de 3 km desde el centro de la localidad, tanto para San Jorge como para Carlos Pellegrini.

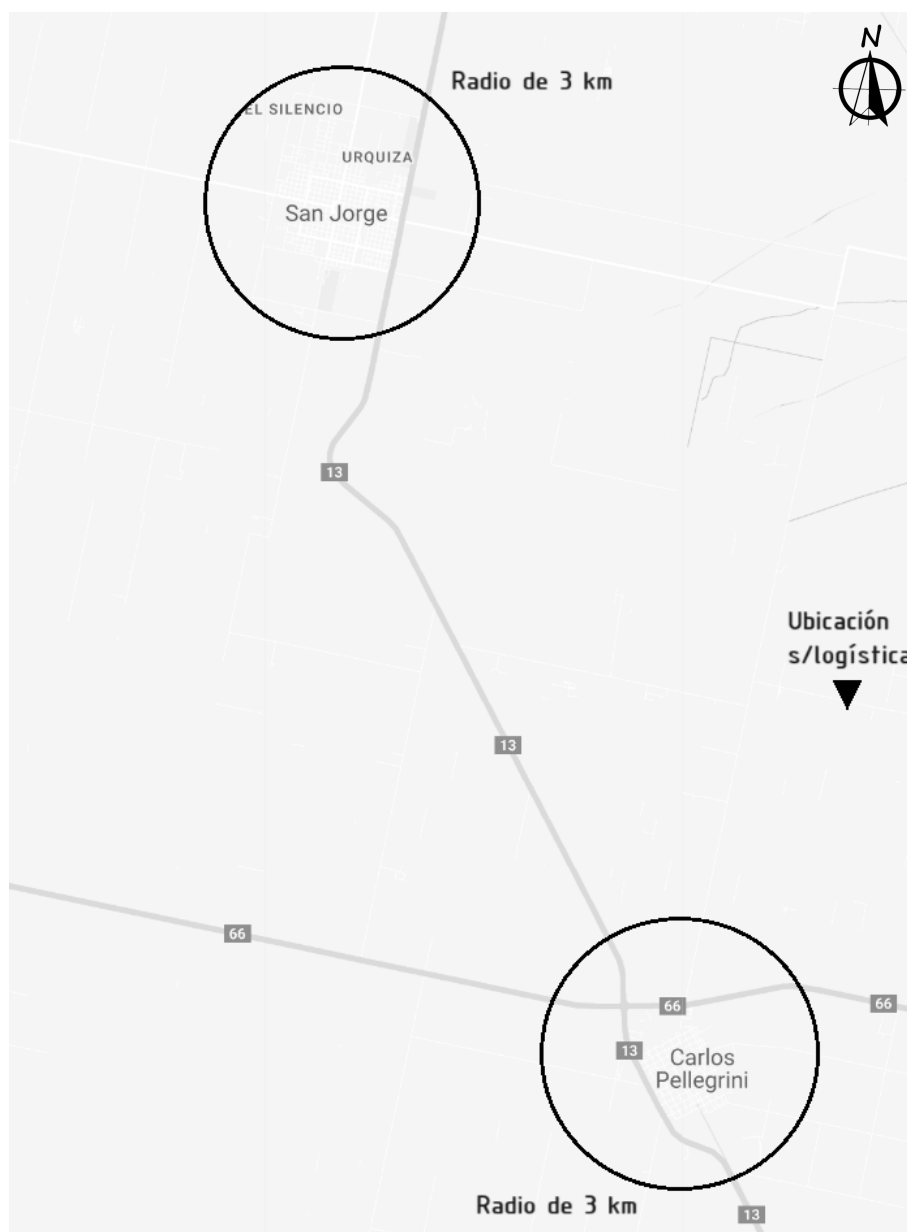


Figura 14. Radio de 3km sobre las localidades de Carlos Pellegrini y San Jorge. Fuente: elaboración propia.

6.6 Distancias mayores a 3 km de aeropuertos habilitados

La Ley N° 13.055 exige que el relleno sanitario se ubique a más de 3 km de aeropuertos o aeródromos, dado que este tipo de obras atrae aves, las cuales suponen un problema de inseguridad para el tráfico aéreo.

En la imagen que se presenta a continuación, se ubican los aeródromos más próximos a la localización logística. En particular, respecto a “Jorge Luis Bocca Servicios Aéreos”, hay 21.3 km de distancia, y 13.6 km respecto al Aeropuerto de San Jorge. Por lo tanto, se evitan los terrenos ubicados a menos de 3 km de dichos aeródromos.



Figura 15. Distancias a aeropuertos. Fuente: elaboración propia.

6.7 Distancias respecto a Rutas Nacionales y Rutas Provinciales mayores a 400 m

La Ley Provincial N° 13.055 exige que el terreno se encuentre a más de 400m de cualquier Ruta Nacional o Provincial, por lo que se trazan dos rectas paralelas a la R.P.N° 13, a una distancia de 400 m, para no considerar los terrenos que se encuentren dentro de estas delimitaciones. Este criterio se observa en la Figura 16.

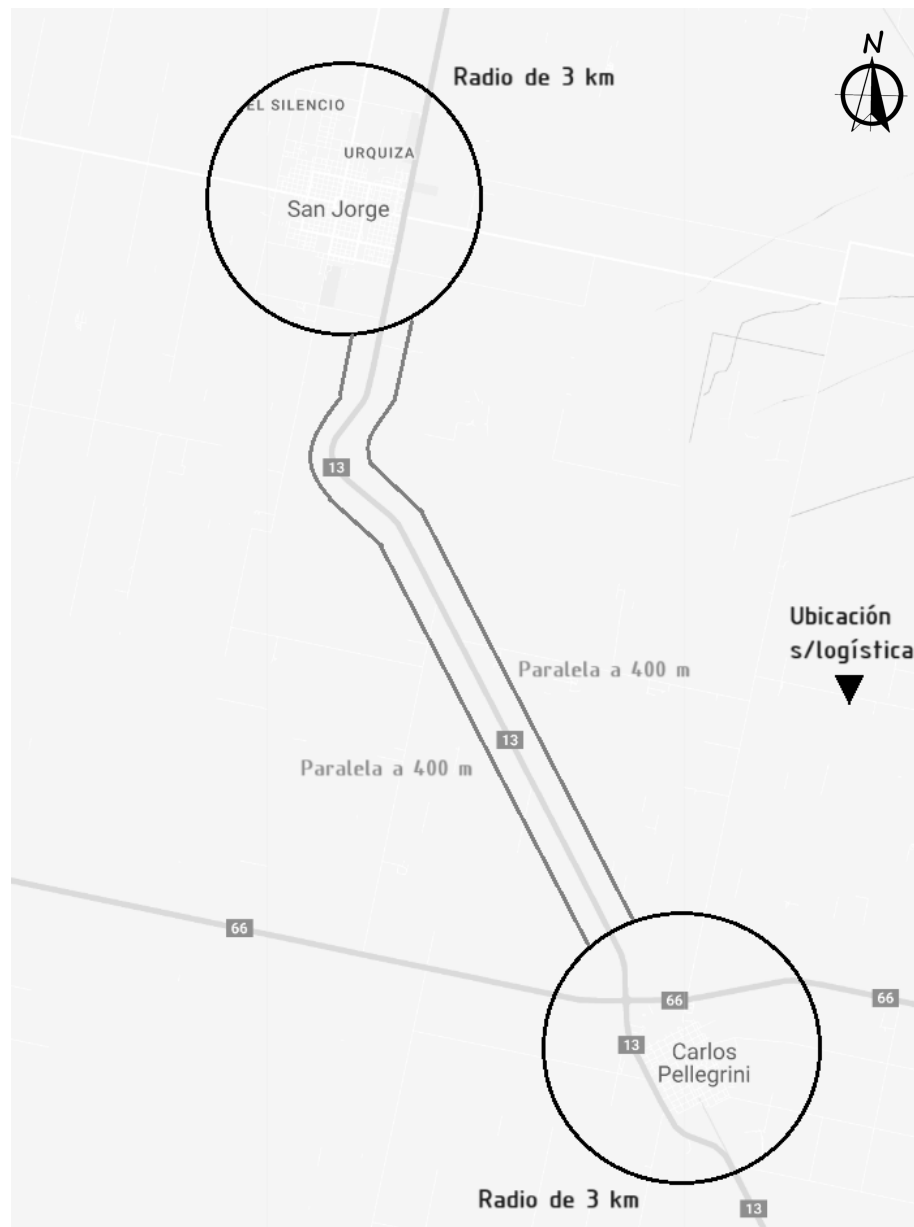


Figura 16. Delimitación de 400m de la R.P.N°13. Fuente: elaboración propia.

6.8 Análisis Multicriterio

Una vez definida la ubicación más conveniente desde el punto de vista logístico, se decide comparar, mediante un análisis multicriterio, cuatro zonas cercanas a la misma que nos permitan seleccionar un terreno acorde al proyecto.

Si bien el centro geográfico es nuestro punto de partida, las zonas elegidas se adoptan en torno a la R.P.N° 13, ya que es el camino principal que conecta a todas las localidades. Por lo tanto, la zona delimitada por las localidades de San Jorge y Carlos Pellegrini, queda dividida en 4 subzonas mediante una horizontal pasante por el punto geográfico, y la R.P.N° 13, como se observa en la Figura 17. Se descartan las zonas limitadas por las exigencias vistas en los ítems anteriores.

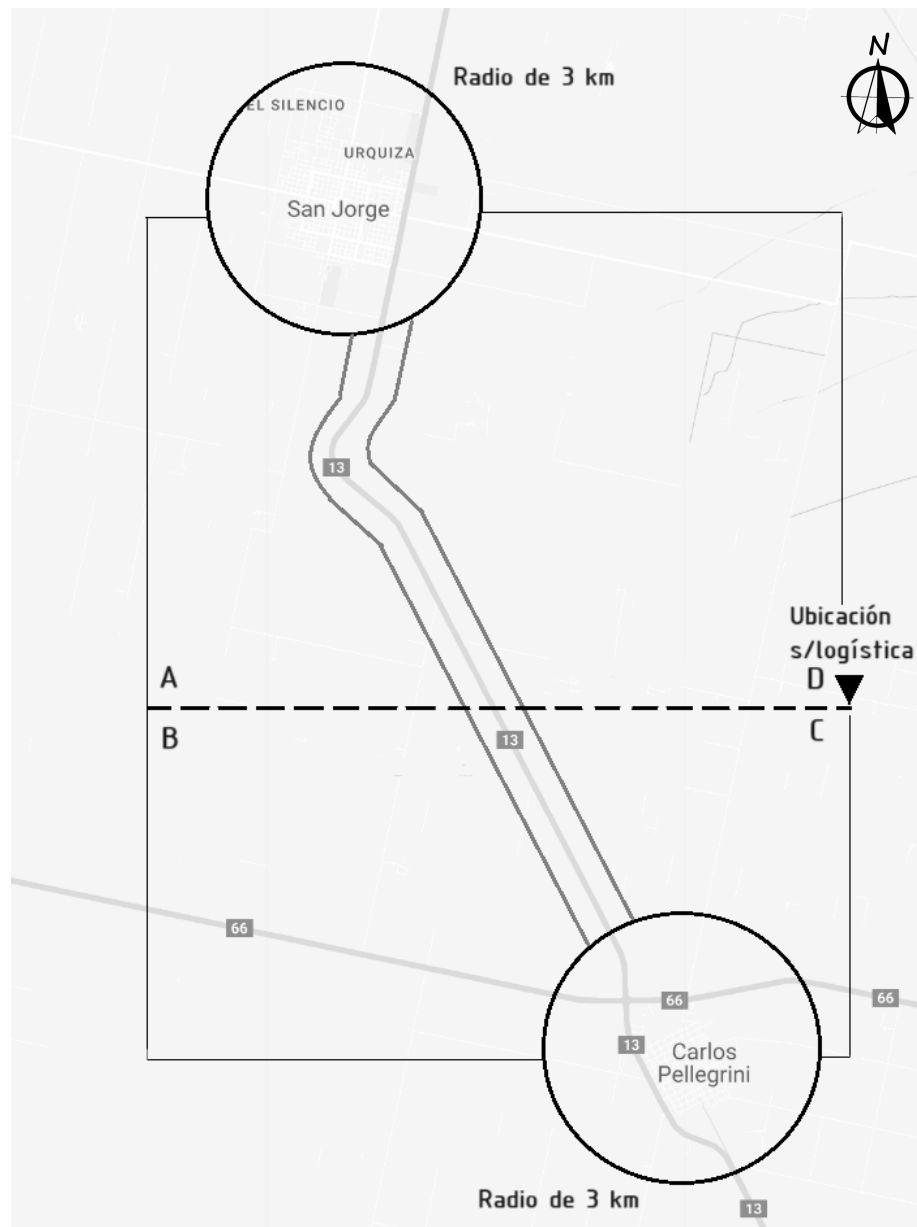


Figura 17. Subzonas entre Carlos Pellegrini y San Jorge. Fuente: elaboración propia.

La subzona D queda eliminada de la evaluación por tratarse de zonas muy bajas, por lo que se aplica el análisis multicriterio a las subzonas A, B y C:

Tabla 4. Análisis multicriterio. Fuente: elaboración propia.

Criterios		Importancia de cada criterio	Zonas		
			A	B	C
1	Logística	30	3	3	3
2	Áreas inundables	30	3	4	2
3	Rosa de los vientos	20	5	4	2
4	Accesibilidad	20	3	3	3
		Puntaje total	3	4	3

Rango de Puntajes	
Muy malo	1
Malo	2
Regular	3
Muy Bueno	4
Excelente	5

Si bien las subzonas no son arealmente similares, este simple análisis nos permite evaluar a las mismas por 5 criterios jerarquizados. Como la subdivisión se hace en torno al centro geográfico calculado, el criterio logístico tiene la misma puntuación para todas las zonas. El siguiente criterio más preponderante es el porcentaje de áreas inundables que tiene la zona. Lo que se puede observar en las figuras anteriores es que la zona B es la que mayor proporción de áreas altas tiene, por lo que resulta un puntaje mayor.

Con respecto al análisis de los vientos, según lo mencionado en el apartado [6.3 “Rosa de los vientos”](#), los vientos poseen una dirección norte y norte-noroeste hacia el sur y sur-suroeste, por lo que la zona en desventaja es la número 2, al ubicarse por encima de Carlos Pellegrini.

Por último, las 3 zonas poseen mismas cantidades de intersecciones con la R.P.Nº 13, por lo que en relación a este criterio no se encuentran diferencias.

Finalmente, la zona que resulta con mayor puntaje es la B. A partir de este punto, se procede a analizar con mayor detalle dicha zona, con el fin de localizar un terreno adecuado para emplazar la obra.

A continuación se presenta la ubicación del terreno elegido, los caminos no pavimentados de acceso desde la R.P.Nº 13 y los escurrimientos hacia cursos existentes en la zona B. Se busca que el terreno se encuentre en una zona alta, por lo que se evita ubicarlo sobre los dos bajos más pronunciados que se observan en la Figura 18. El mismo se encuentra a 770 m de la R.P.Nº 13, ingresando por un camino no pavimentado.

El terreno cuenta con una superficie de 400 x 622 m.

Mediante las curvas de nivel y los perfiles de nivelación que arroja Google Earth, se determina el curso sobre el que escurre el agua proveniente del terreno, y sobre qué alcantarilla desagua finalmente. Este análisis será de utilidad a la hora de realizar el estudio hidráulico del terreno en el apartado [10. ESTUDIO HIDRÁULICO](#).

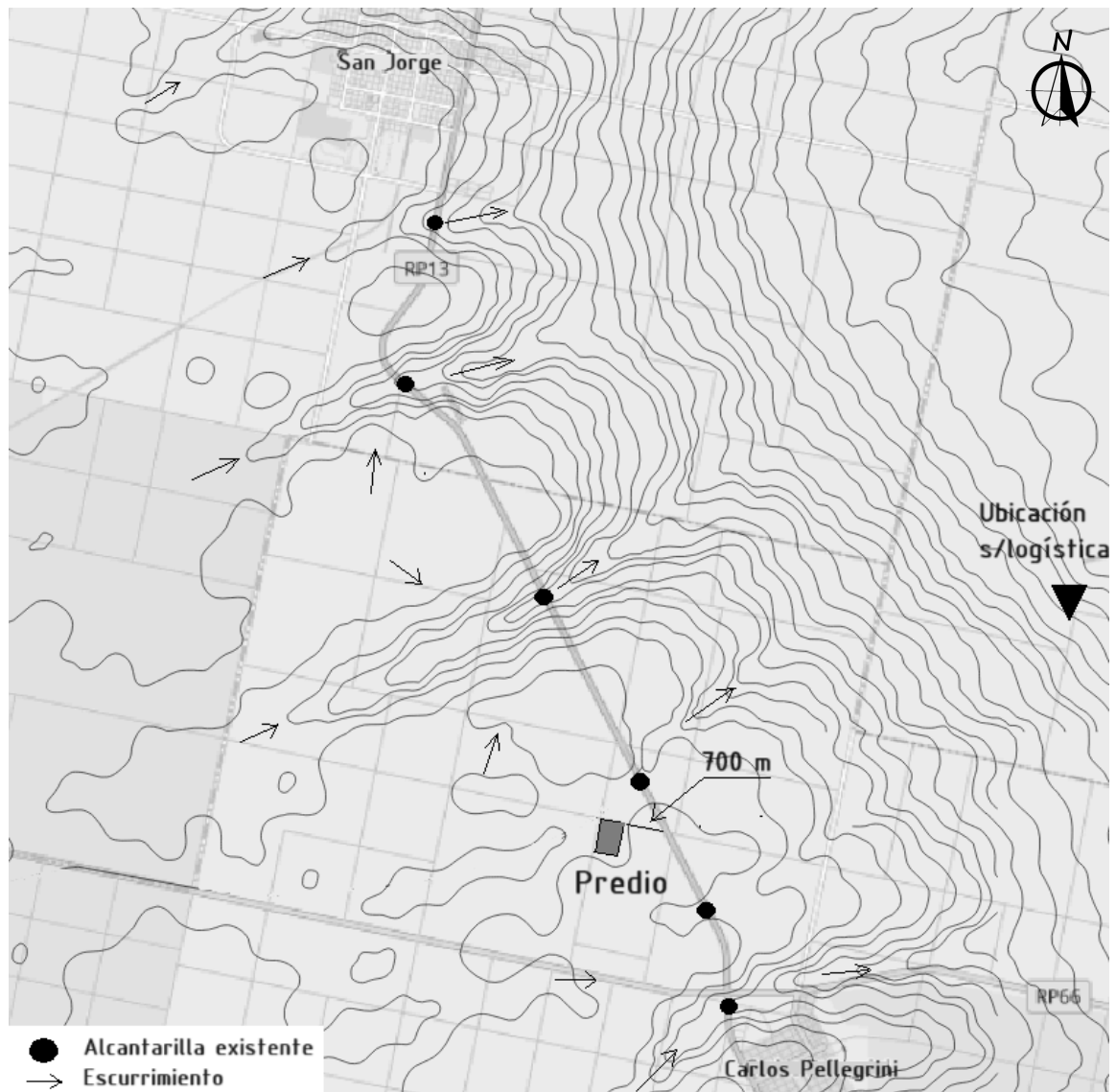


Figura 18. Localización del terreno. Fuente: elaboración propia.

En el Plano N°1 se presenta la localización del terreno elegido como así también, la localización más conveniente desde el punto de vista logístico.

7. RECORRIDOS DE RECOLECCIÓN

Se calcula la cantidad de camiones recolectores que requiere el Consorcio para su funcionamiento. Para ello, se supone la utilización de camiones de capacidad de 17 m³ y una densidad de compactación de 500 kg/m³. Además, se conoce la cantidad de RSU generados por localidad diariamente.

Tabla 5. Cantidad de camiones para la recolección. Fuente: elaboración propia.

Localidades	Pobl.	Generación (kg/día)	m3	m3 Acum. 1 día	m3/17tn	Camiones
Garibaldi	452	469,13	0,94	31,8	1,87	2
María Juana	5792	6.015,59	12,03			
Sastre y Ortiz	6083	6.317,40	12,63			
San Martín de las Escobas	3003	3.119,33	6,24			
Colonia castelar	933	969,24	1,94	5,7	0,34	c/3 días
Crispi	661	686,27	1,37			1
Las Petacas	1153	1.197,20	2,39			
San Jorge	20368	21.153,22	42,31	42,3	2,49	3
Carlos Pellegrini	5760	5.982,17	11,96	15,4	0,91	1
Landeta	1670	1.734,50	3,47			
Piamonte	3955	4.107,17	8,21	15,6	0,92	1
María Susana	3578	3.715,98	7,43			
Cañada Rosquín	12235	12.707,10	25,41	25,4	1,49	2
El Trébol	12197	12.667,77	25,34	25,3	1,49	2
Total	77840	80.842,07	161,68	161,7	9,51	12
Lunes, Miércoles y Viernes		12				

En conjunto, las 14 localidades generarían un total de 161,7m3 de basura diaria para el año 2026, lo que equivale a la necesidad de utilizar 10 camiones de 17m3 cada uno, diariamente, para abarcar toda la región. Sin embargo, es crucial tener en cuenta las distancias entre cada localidad y planificar rutas eficientes para los camiones, ya que omitir este factor podría resultar en mayores costos de combustible y tiempos de trabajo. Por este motivo, se propuso dividir la región en siete zonas, considerando tanto la cantidad diaria de generación de residuos como la optimización de las distancias y los tiempos de recorrido de los camiones

Tal como se observa en la Tabla 5 se plantea la recolección diaria en todas las localidades, excepto en el conjunto de conformado por Colonia Castelar, Las Petacas y Crispi, donde se establece recolección tres veces por semana de manera simultánea para las tres localidades, ya que la generación de RSU es pequeña y no se llega a ocupar la capacidad máxima de los camiones, por lo que no resulta eficiente una recolección diaria.

De esta manera concluimos que los Lunes, Miércoles y Viernes, los días que más residuos se recolectan, se necesitará realizar 12 camiones, el resto de los días se necesitan 11 camiones.

8. LAYOUT PROPUESTO

El centro GIRSU que se proyecta para el consorcio Microregión 2D comprende las siguientes instalaciones para su correcta operación:

1. Planta de separación de residuos
2. Cancha de compostaje
3. Módulo de relleno sanitario
4. Laguna de Lixiviados
5. Instalaciones complementarias
6. Caminos

A continuación se muestra un croquis de la zona de ingreso, las instalaciones, la Planta de Separación y la Cancha de Compostaje. En el Plano N°2 se puede observar el Layout de todo el predio.

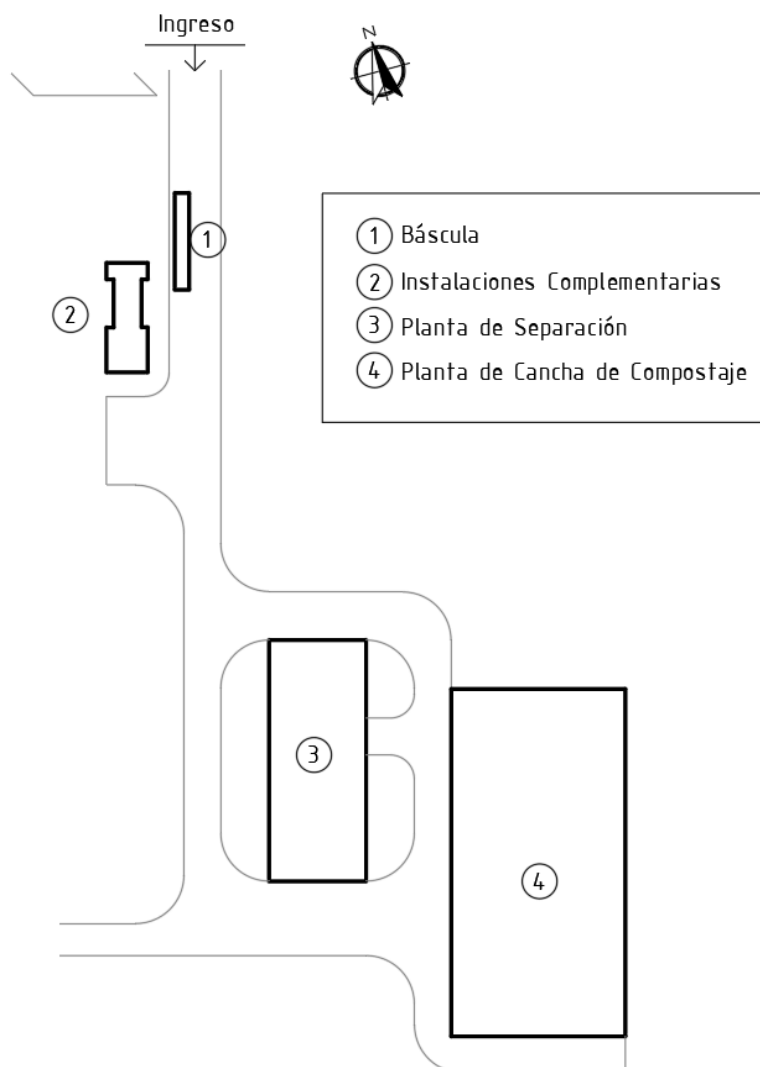


Figura 19. Distribución de las instalaciones en el predio. Fuente: elaboración propia.

8.1 Planta de Separación y Reciclaje de Residuos

Se prevé la construcción de una Planta de Separación de Residuos, con una capacidad de procesamiento de hasta 8 toneladas por hora de residuos generales.

Se proyecta una nave a realizarse en estructura metálica de dimensiones 20 m de ancho y 50 m de largo, con una superficie cubierta de 1000 m². La misma cuenta con las dimensiones suficientes para disponer de una línea de separación y a su vez contar con espacio suficiente para el acopio del material recuperado para reciclar.

Cabe aclarar que si bien la capacidad de procesamiento de la planta es inferior a la cantidad de toneladas diarias de residuos que se proyectan, no todos los camiones que transportarán los residuos al centro GIRSU podrán ser sometidos a un proceso de clasificación adecuado debido a la variabilidad en las características de los residuos y por lo tanto, muchos depositarán directamente los residuos en el vertedero.

Además, procesar una cantidad de residuos inferior a la máxima de diseño, permite mantener una mejor eficiencia en la planta.

Tal como se observa en la Tabla 6, considerando una jornada de funcionamiento de la planta de 8 hs diarias y contemplando que la misma procesa hasta 8tn por hora, la misma tendría un alcance de 64 tn día. Eso lleva a que para el año 2026 (año de inauguración de la planta) 17tn diarias se depositen directamente en el relleno sanitario y para el año 2046 (año en que finaliza el período de diseño) 64 tn serían procesadas y 64 tn serían desechadas directamente en el relleno.

Tabla 6. Generación y tratamiento de residuos. Fuente: elaboración propia.

Año	RSU [tn/día]	Planta de separación [tn/día]	Relleno sanitario [tn/día]
2026	81	64	17
2036	102	64	38
2046	128	64	64

Funcionamiento de la Planta de Separación.

Los camiones que sean enviados a la Planta de Separación descargan sus residuos en una tolva y siguen el recorrido que se describe a continuación:

- I. Son transportados por una cinta de elevación receptora hasta el **“desgarrador de bolsas”** que, además de facilitar la apertura de las bolsas y la dispersión de la basura, permite controlar de manera eficiente el caudal alimentado a la línea.
- II. Pasan por la **“cinta de preclasificación”** para que los operadores puedan separar los elementos voluminosos que puedan dificultar el trabajo del **“trommel”**. Habrá operarios a cada lado de la cinta.

- III. Los residuos que no fueron retirados ingresan en el “trommel”, un separador rotativo de la fracción fina (diámetro menor a 80 mm), compuesta principalmente por materia orgánica. La fracción fina es derivada a la **Cancha de Compostaje** mediante una cinta transportadora, donde se amontona. En este espacio, con la asistencia de una máquina, se forman las hileras de materia orgánica.
- IV. La fracción gruesa es transportada por otra cinta de elevación hacia la “**plataforma de clasificación**”. Los operarios seleccionarán y separarán los residuos que puedan ser recuperados para un posterior acondicionamiento, acopio y venta.
- V. Finalmente, el material que no fue clasificado se descarga en camiones o contenedores para ser transportado al módulo de disposición final.

Tanto la preclasificación como la clasificación se desarrollan sobre estructuras elevadas que permite optimizar las tareas y el manejo de materiales reciclables. En la siguiente tabla se presentan los equipos a utilizar en la planta.

Tabla 7. Equipos de la planta de tratamiento de RSU. Fuente: elaboración propia.

<i>Equipo</i>	<i>Cantidad</i>
Tolva y cinta de recepción	1
Desgarrador de bolsas	1
Cinta de preclasificación sobre estructura elevada	1
Trommel	1
Cinta de derivación de finos	1
Cinta de elevación	1
Cinta de clasificación sobre estructura elevada	1
Carros volcadores de 4 ruedas	16

En cuanto a la cantidad de operarios, se estima un máximo de diez separadores en la planta, en relación a la cantidad de residuos y el número de localidades.

8.2 Cancha de compostaje.

La fracción orgánica de los RSU que se obtiene de la Planta de Separación se trasladan a la cancha de compostaje y se conforman pilas estáticas para que se produzca la descomposición de la materia orgánica.

El compostaje es un proceso aeróbico mediante el cual la materia orgánica se descompone por estar principalmente en contacto con el oxígeno, y requiere de condiciones de humedad y temperatura controladas. Para que el proceso ocurra es necesario garantizar la aireación de las pilas, por lo que las mismas serán removidas dos a tres veces a la semana mediante un removedor autopropulsado Backhus A50, el cual se adopta a los efectos del dimensionamiento de las áreas de compostaje.

El tiempo que dure el compostaje será en función de las condiciones ambientales, de la composición de los materiales orgánicos, del tamaño de las partículas, entre otras cosas. Además, la calidad que se espera del material será según el fin que se le quiera dar. En este caso, concluido el proceso, se propone refinar/tamizar el producto obtenido y utilizarlo como material de cobertura para el relleno, por lo que se considera que la duración del proceso será de 50 días aproximadamente. En 2019 se sancionó una norma nacional donde se admite la separación de RSU como insumo de compostaje y en la que se establecen parámetros de calidad final.

Las dimensiones de la cancha de compostaje son en función de la cantidad de materia orgánica, de la densidad de la misma y de la reducción en volumen como consecuencia del proceso, de la sección de las pilas y del equipo removedor a utilizar.

- *Cantidad de materia orgánica.*

Como se mencionó en el apartado anterior, la planta de separación procesa hasta 8 tn/hr, por lo que en una jornada laboral de 8 horas diarias se procesan 64 toneladas como máximo. Por otro lado, el proveedor de los equipos de la línea de separación informa que la tasa de separación del trommel es del 40%, con contaminación de contenido inorgánico. En consecuencia, la cantidad de materia orgánica máxima diaria que se puede trasladar a la cancha de compostaje es:

$$\text{Materia orgánica máxima diaria} = 64 \frac{\text{tn}}{\text{día}} \cdot 0,40 = 26 \frac{\text{tn}}{\text{día}}$$

- *Densidad de la materia orgánica.*

Durante el proceso de compostaje la materia orgánica va aumentando su densidad producto de la descomposición. Inicialmente, durante los primeros cinco días, la densidad se encuentra entre 250 y 400 kg/cm², mientras que al final del proceso alcanza densidades del orden de 700 kg/cm². Estos valores de referencia se obtuvieron del “Manual de Compostaje del Agricultor”.

Esto implica que el volumen que ocupa cada pila irá disminuyendo a medida que ocurren las reacciones químicas y por lo tanto, aumenta el espacio disponible para continuar almacenando materia orgánica. Para tener en cuenta este proceso, se determina el volumen total que ocupará la materia orgánica a partir de una densidad promedio.

$$\text{Densidad media materia orgánica} = (0,25 \frac{tn}{m^3} + 0,5 \frac{tn}{m^3}) \cdot 0,5 = 0,48 \frac{tn}{m^3}$$

- *Sección transversal de las pilas y equipo removedor.*

Otro condicionamiento para el correcto desarrollo de las reacciones del compostaje, viene dado por la sección de la pila. El ancho de la misma debe estar entre los 3 y 7,5 metros, ya que de ser menor a 3 metros, las reacciones no ocurrirán y en caso de ser mayor a 7,5 metros, se producirán olores desagradables y la descomposición será lenta como consecuencia de una zona anaeróbica grande que se generará en la pila.

Del primer ítem se obtuvo que la cantidad de materia orgánica máxima diaria posible son 26 toneladas. Por lo tanto, se proponen pilas triangulares de 5 metros de ancho y 2,4 metros de altura aproximadamente, considerando que serán removidas por un Removedor Autopropulsado Backhus A50. Además, este equipo presenta la ventaja de no requerir espacio entre las pilas para circular.

$$\text{Sección transversal} = 2,4 \cdot 5 \cdot 0,5 = 6m^2$$



Figura 20. Removedor Backhus A50. Fuente: www.eggersmann-recyclingtechnology.com.



Figura 21. Dimensiones Backhus A50 en posición de trabajo. Fuente: www.eggersmann-recyclingtechnology.com.



Figura 22. Dimensiones Backhus A50 en transporte. Fuente: www.eggemann-recyclingtechnology.com.

Finalmente, es posible determinar el espacio que requiere las pilas durante un período de 50 días:

$$\text{Longitud total de las pilas} = 26 \frac{\text{tn}}{\text{día}} \cdot 50 \text{ días} \cdot \frac{1}{0,48} \frac{\text{m}^3}{\text{tn}} \cdot \frac{1}{6 \text{ m}^2} = 452 \text{ m}$$

$$\text{Superficie en planta} = \text{longitud de las pilas} \cdot \text{ancho de la pila} = 452 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} = 2257 \text{ m}^2$$

Además se consideran nueve metros de ancho adicionales con el fin de contemplar tres caminos de circulaciones para los camiones y la retroexcavadora. Finalmente las dimensiones de la cancha de compostaje queda de:

$$\text{Ancho} = 36 \text{ m}$$

$$\text{Largo} = 72 \text{ m}$$

A su vez, este espacio estará resguardado por una estructura metálica con características similares a la nave de separación de residuos. No obstante, en este caso, se trata de una nave semi-cerrada, diseñada para garantizar la ventilación del área y facilitar la circulación de los equipos.

8.3 Módulo de Relleno Sanitario

El módulo del relleno sanitario es donde se volcarán los residuos que no fueron desviados a la Planta de Separación o bien, aquellos que sí pasaron por la planta pero no pudieron ser recuperados.

Tal como se describió en apartados anteriores, las características del relleno quedan establecidas principalmente por las exigencias de la Ley Provincial 13.055 y de la bibliografía técnica especializada. Se determinaron en total 4 módulos de 5 años de vida útil cada uno, y una vez que el módulo se completa, se recubre con suelo seleccionado con el fin de impermeabilizar la superficie que recubre a los residuos, y finaliza su utilización.

Se proyecta un camino perimetral sobre cada módulo sobre el terraplén de cierre para el movimiento de camiones y el tránsito de maquinaria pesada.

Cada módulo será a su vez dividido en celdas más pequeñas separadas por bermas. La división en celdas permite optimizar al máximo el espacio disponible en el relleno, pero además es una forma de gestionar la disposición final de los residuos por etapas, evitando que se mezclen los residuos frescos con los más antiguos. Facilita el control de la descomposición de los mismos, minimizando los olores y reduciendo la proliferación de vectores como insectos y roedores, y controlando la generación de líquidos lixiviados y de biogás. En conclusión, la separación en celdas mejora la eficiencia operativa y también el monitoreo y tratamiento de los efluentes del relleno.

Las bermas son terraplenes de tierra compactada que tienen la función de delimitar a cada una de las celdas evitando que el agua limpia entre en contacto con los líquidos lixiviados que se generan por los residuos localizados en la celda correspondiente.

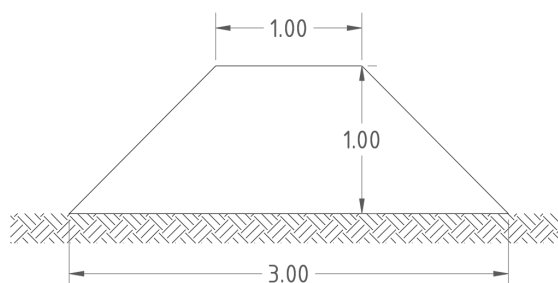


Figura 23. Bermas de separación. Medidas en m. Fuente: elaboración propia.

Las celdas se construyen secuencialmente y se estima que el tiempo de construcción de las mismas es de 6 meses.

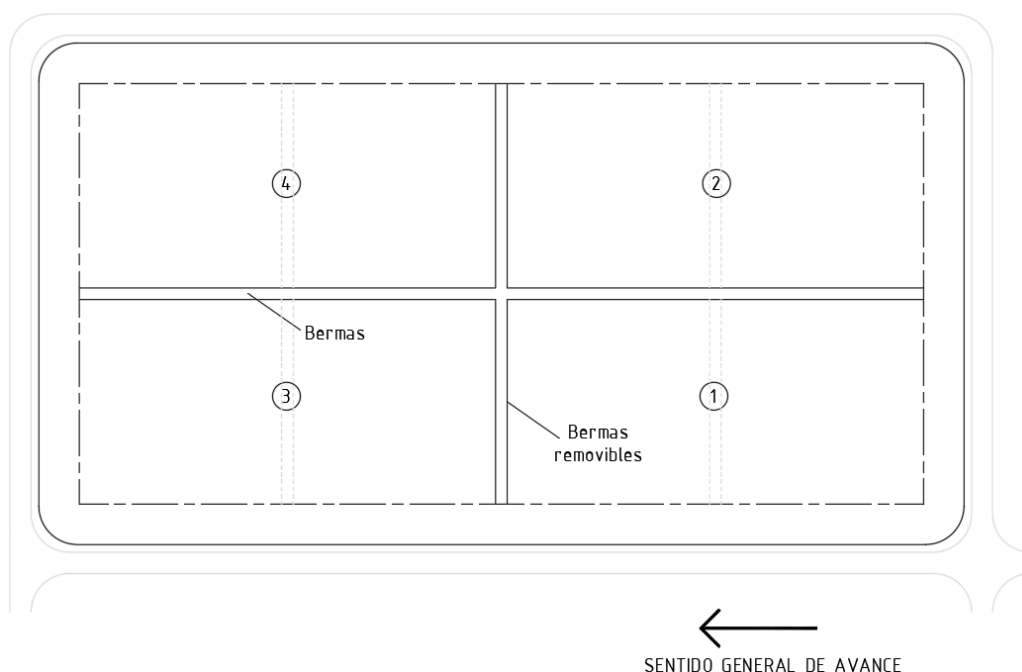


Figura 24. Sentido de construcción de celdas. Fuente: elaboración propia.

Impermeabilización del fondo del módulo.

Tal como se mencionó en apartados anteriores, para evitar la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas se debe recubrir la base y los taludes internos de los terraplenes de cierre de los módulos. Para ello, según lo explicitado en la Ley Provincial 13055, se debe disponer material arcilloso compactado en un espesor de 60 cm, garantizando una permeabilidad igual o inferior a $1 \cdot 10^{-7} \text{ cm/seg}$ y, además, que la base del módulo se encuentre a una distancia de 1,5m respecto de la napa freática. De esta manera, lo que la Ley en realidad está exigiendo es un tiempo hasta que se pueda llegar a producir algún contacto del subproducto lixiviado de la descomposición de los residuos con la napa.

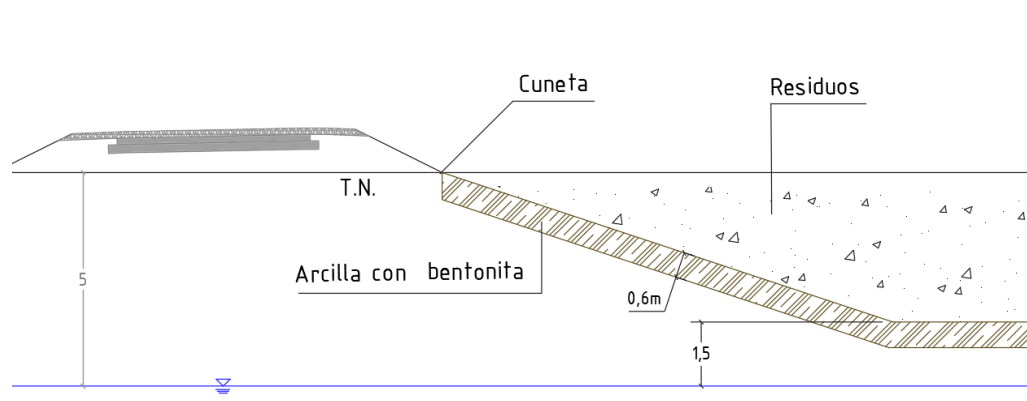


Figura 25. Impermeabilización del fondo del módulo. Fuente: elaboración propia.

Sistema de captación de líquidos lixiviados.

Es fundamental garantizar una evacuación adecuada de los líquidos lixiviados a fin de evitar la contaminación de las aguas subterráneas y prevenir también que se dañe la capa de suelo impermeabilizada. Además, la acumulación de líquidos lixiviados puede generar olores desagradables y la proliferación de vectores.

Los módulos se han dividido en 4 celdas de 1 año y 3 meses de duración cada una, separadas por bermas impermeabilizadas ubicadas en el fondo cuya sección transversal se presenta en la Figura 23. El fondo de cada una de las celdas tiene una pendiente general del 1%, hacia cada una de las esquinas del módulo, donde se ubica el sumidero de captación de los líquidos tal como se indica en el Plano N°3 siempre contemplando que la parte más baja esté 1.5m por encima de la napa.

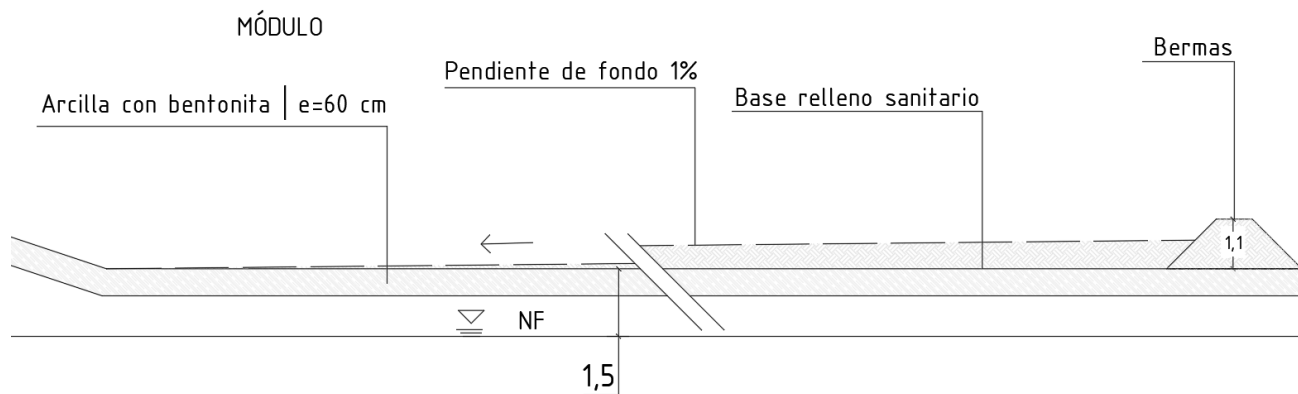


Figura 26. Sentido de la pendiente del terreno y distancia de la base al NF. Fuente: elaboración propia.

Sobre los extremos más largos de los módulos se proyectan drenes pétreos materializados con gaviones de 1m x 1m de sección transversal para la recolección y transporte del líquido hacia el sumidero.

Los sumideros de captación se materializan con un caño PEAD ranurado de 300 mm de diámetro interior apoyado en cada una de las esquinas sobre el talud de los módulos.

La extracción del líquido se hace utilizando una bomba sumergible portátil para líquidos cloacales, bombeando desde cada pozo y almacenando el líquido en una cuba para su posterior volcamiento en las lagunas de tratamiento de lixiviado.

Se presenta la disposición de los sumideros y de los drenes en el Plano N°3. Cabe aclarar que en planta las dimensiones están distorsionadas con el objetivo de que se distingan las cañerías.

Sistema de gestión del biogás.

El biogás es otro de los efluentes del relleno sanitario y se debe a la descomposición anaeróbica de la fracción orgánica presente en los residuos. Sus principales componentes son el Metano (CH_4) y el Dióxido de Carbono (CO_2).

El Metano es altamente explosivo y por lo tanto, se debe garantizar el venteo del biogás mediante la ejecución de chimeneas. Se trata de conductos que atraviesan la cobertura del relleno y facilitan la salida del gas.

Se dispone un tubo de venteo en cada celda, de PVC ranurado de diámetro 200 mm. Se los recubre con material pétreo.

Se presenta la disposición de estos tubos en el Plano N°3. Cabe aclarar que en planta las dimensiones están distorsionadas con el objetivo de que se distingan los tubos.

Cabe aclarar que, idealmente, se podría implementar un tratamiento de los biogases generados en el relleno sanitario para la producción de energía. Sin embargo, debido a la escala reducida del relleno sanitario, la explotación de este recurso, en principio, no resulta económicamente viable.

8.4 Laguna de Lixiviados

Los líquidos lixiviados son un subproducto líquido que se genera cuando el agua se filtra a través de materiales porosos o sustancias sólidas y disuelve compuestos químicos y materiales solubles en su camino.

Los mismos se generan en rellenos sanitarios por la humedad propia de los residuos y la descomposición de la materia orgánica presente. A su vez, cuando el agua de lluvia entra en contacto con los residuos sólidos que se encuentran en estos lugares, a medida que el agua se filtra a través de los residuos, puede disolver sustancias químicas, contaminantes y otros materiales orgánicos e inorgánicos presentes en los desechos. El resultado es un líquido con altos contenidos de DBO, DQO y otros parámetros que lo vuelven altamente contaminante para el medio ambiente si no se gestiona correctamente.

Para determinar la cantidad de lixiviados que se producirá en cada módulo a lo largo de la vida útil del mismo, se aplica el Modelo Suizo. Se trata de un método muy general que únicamente considera en el cálculo la precipitación en el área del módulo y el grado de compactación de los residuos. No se tienen en cuenta otras variables como la capacidad de los residuos de absorber agua, las características del clima de la región, el material de cobertura, entre otras. Sin embargo, a modo de realizar únicamente un pre-dimensionamiento, se decide emplear este modelo dado que no se cuenta con mayor información para aplicar otras metodologías.

8.4.1 Caudal de líquidos lixiviados lixiviado

El Modelo Suizo mencionado anteriormente utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = t^{-1} \cdot P \cdot A \cdot K$$

Q = caudal medio de lixiviado o líquido percolado [L/s]

t = 31536000 s (segundos en un año)

P = precipitación media anual [mm/año]

A = Área superficial del relleno sanitario [m^2]

K = Coeficiente que es función del grado de compactación de los RSU

$$\begin{aligned} - \quad 0,4 \frac{t}{m^3} < \rho_{compactación} < 0,7 \frac{t}{m^3} &\rightarrow 0,25 < K < 0,5 \\ - \quad \rho_{compactación} > 0,7 \frac{t}{m^3} &\rightarrow 0,15 < K < 0,25 \end{aligned}$$

Es decir, de observar el coeficiente K se puede concluir que cuanto mayor compactados están los residuos, menor se estima que va a resultar la producción de lixiviados.

Como se observa de la fórmula el dato fundamental a determinar para la correcta estimación del caudal es la precipitación media. Este valor es obtenido del Centro de Informaciones Meteorológicas de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) de la Universidad Nacional del Litoral (UNL), en Santa Fe de la Vera Cruz (<https://fich.unl.edu.ar/cim/datos-meteorologicos>).

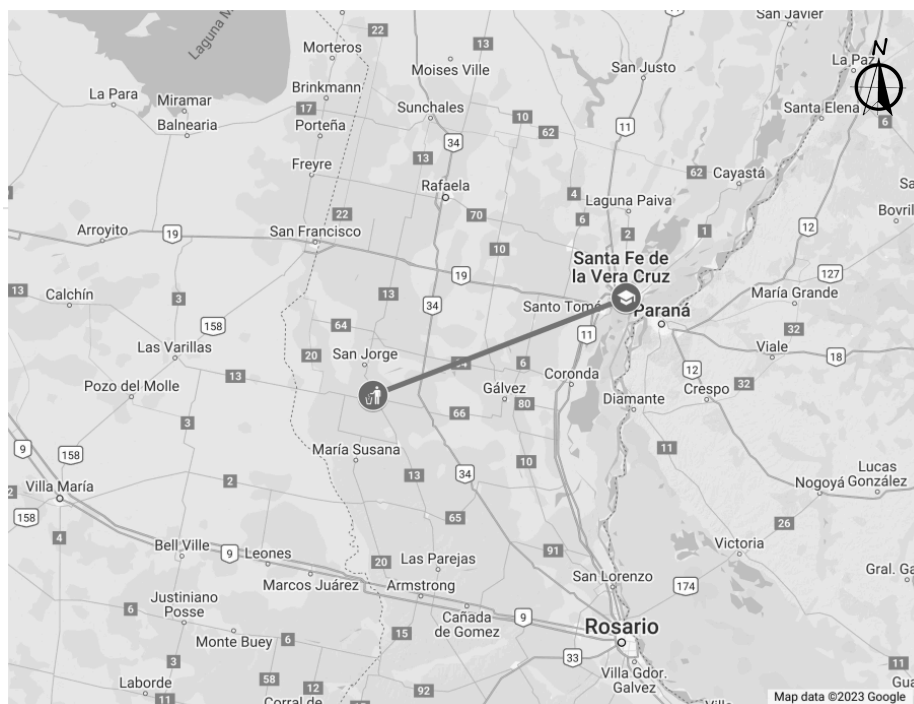


Figura 27. Distancia entre el lugar de las mediciones de precipitación y San Jorge. Fuente: elaboración propia.

El lugar de mediciones se ubica a 116 km respecto del centro GIRSU, y a falta de otro dato más próximo, se adopta el valor obtenido de la FICH, UNL.

Por otra parte, interesa distinguir entre la precipitación media que se produce en la época lluviosa y el resto del año. En consecuencia, se producirá más o menos lixiviado y esto tiene importancia en el dimensionamiento de las lagunas. Para esto, se utilizan los datos de precipitación media mensual de San Jorge de la página web Weather Spark (<https://es.weatherspark.com/y/28596/Clima-promedio-en-San-Jorge-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>), dado que el Centro Meteorológico no provee esta información. Además, estos valores permiten corroborar si el dato de precipitación media anual que se utiliza para el cálculo resulta una buena aproximación.

Se presentan toda la información descrita a continuación:

$$\text{Precipitación media anual} = 1059.89 \text{ mm (Santa Fe de la Vera Cruz)}$$

Tabla 8. Datos de precipitación. Fuente: elaboración propia.

Mes	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Precipitación [mm]	112,1	127,8	120,2	98,3	43,1	18,9	16,9	24,5	45,5	91,4	116,3	133,4
Precipitación anual										948,4 mm	100%	
Época más lluviosa	Octubre - Abril								799,5 mm	84,3%		
Época menos lluviosa	Mayo - Sept								148,9 mm	15,7%		
Precipitación media anual [mm]*	p/ Santa Fe								1059,9 mm	111,8%		

*De los últimos 10 años (2013-2022)

Tal como se muestra en la Tabla 8, la precipitación total es 948,4 mm. La época más lluviosa se desarrolla entre los meses Octubre y Abril, y representa el 84,3% de la precipitación anual. Además, se observa que la precipitación media anual adoptada del Centro de Informaciones Meteorológicas de la FICH es un 11,8% más grande que la media anual en San Jorge, por lo que la diferencia es aceptable y además, se está del lado de la seguridad dado que es superior a la de San Jorge. Cabe aclarar que se decide utilizar el dato de la FICH por tratarse de información local confiable.

Así, con la información procesada de la Tabla 8 y aplicando la fórmula se llega a los siguientes valores de caudal de lixiviados:

Tabla 9. Caudal de lixiviados. Fuente: elaboración propia.

		General	Verano	Invierno
	P [mm/año] =	1059,9	893,5	166,40
	A [m ²] =	31200	31200	31200
	t [s/año] =	31536000		
	K =	0,25		
	Q [L/s] =	0,26	0,22	0,04
1 módulo	Q [m ³ /día] =	22,65	19,09	3,56
4 módulos	Q [m³/día] =	90,60	76,37	14,22

El valor de K se adoptó igual a 0,25 dado que la compactación de los RSU supuesta en el cálculo de los módulos es de 0,7 t/m³.

El valor del área es el correspondiente a un módulo, y luego el caudal obtenido se multiplica por la cantidad total de módulos que se proyectan.

8.4.2 Sistema de lagunas para el tratamiento de lixiviados

El líquido lixiviado captado de los módulos es transportado hacia el sistema de tratamiento mediante lagunas en serie. Se muestran dos posibilidades de lagunas en serie diferentes:

- A) Laguna anaeróbica + Laguna Facultativa
- B) Laguna anaeróbica + Laguna Aireada

La razón por la cual se presentan ambas situaciones es porque ambos tipos de lagunas presentan ventajas y desventajas que las hacen más o menos apropiadas según los recursos disponibles en cada caso, principalmente en términos de recursos económicos y del valor del suelo. En las lagunas facultativas prevalecen los mecanismos de depuración aeróbicos por sobre los anaeróbicos y, esta condición se favorece aumentando el contacto del efluente con el oxígeno mediante una gran superficie en planta de la laguna. Por el contrario, en las lagunas aireadas, el suministro de oxígeno se realiza mediante un mecanismo de aeración, lo que permite reducir la

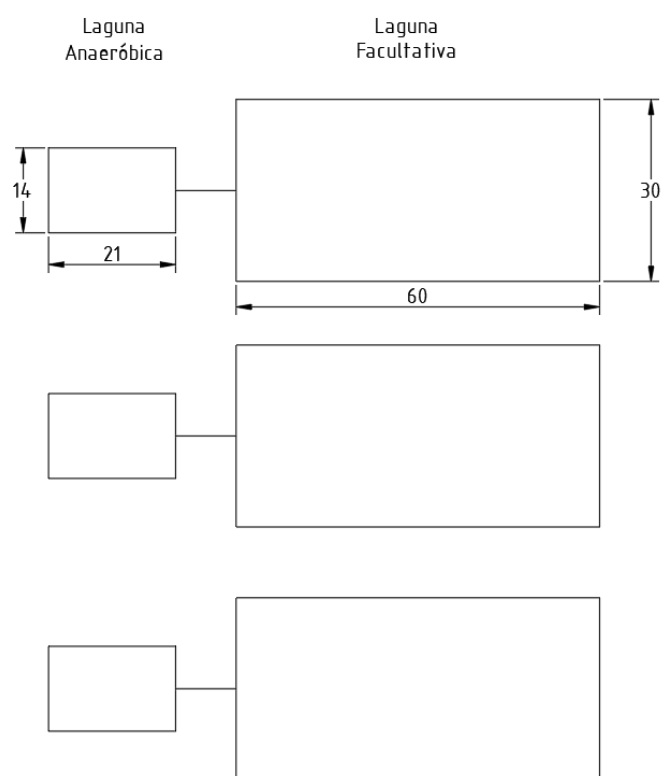
superficie en planta necesaria al aumentar la profundidad de la laguna. No obstante esto, la principal desventaja de este tipo de lagunas radica en el elevado costo de los aireadores.

Se dimensionan las lagunas para ambos casos, en donde, en la primera situación se prioriza un sistema de tratamiento exclusivamente natural, con bajo costo de mantenimiento y simple de operar y, por el contrario, el segundo caso, se diseña un sistema que ocupa la menor cantidad de superficie posible y requiere de aireadores externos para ser eficiente en la remoción de DBO₅.

En la Tabla 10 se muestra, para cada situación, la superficie en planta que se requiere, las dimensiones de las lagunas, el tiempo de residencia hidráulico y la eficiencia de remoción de DBO₅.

Tabla 10. Resultados Caso A. Fuente: elaboración propia.

	Opción 1	
	Anaeróbica + Facultativa	
	Anaeróbica	Facultativa
Superficie necesaria [Ha]	0,088	0,53
Ancho [m]	14	30
Largo [m]	21	60
Profundidad [m]	3	1,5
Cantidad [u]	3	3
Aireadores [u]	-	-
TRH [días]	16	30
Eficiencia [%]	42	70



Superficie total requerida = 6282 m²

Figura 28. Lagunas en serie Caso A. Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Resultados Caso B. Fuente: elaboración propia.

	Opción 2	
	Anaeróbica + Aireada	
	Anaeróbica	Aireada
Superficie necesaria [Ha]	0,088	0,033
Ancho [m]	22	15
Largo [m]	32	22
Profundidad [m]	3	3
Cantidad [u]	1	1
Aireadores [u]	-	5
TRH [días]	17	5
Eficiencia [%]	42	70

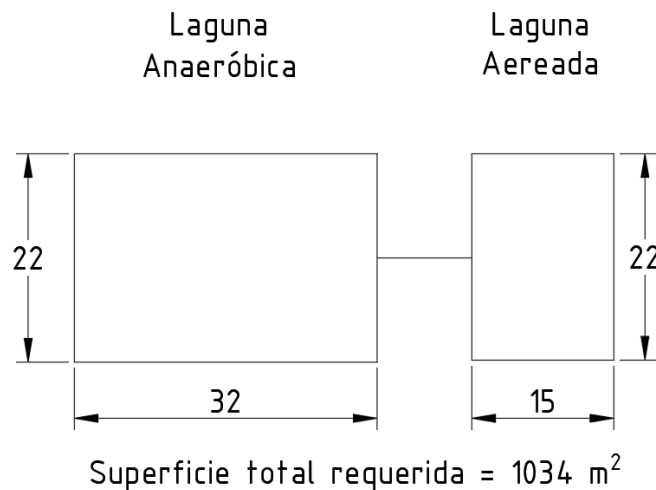


Figura 29. Lagunas en serie Caso B. Fuente: elaboración propia.

En el Anexo N°5 “Dimensionamiento de Lagunas de Estabilización para líquidos lixiviados” se desarrolla la metodología utilizada y el cálculo de cada una de las lagunas.

De las Tablas 10 y 11 se tiene que la eficiencia de remoción es la misma, varían únicamente las dimensiones de las lagunas y la necesidad de aireadores o no para alcanzar dicha eficiencia.

8.4.3 Materialidad de las lagunas

Independientemente de la serie de lagunas que se adopte, todas se deben materializar cumpliendo con las exigencias de la Ley Provincial 13.055 para el relleno sanitario. Es decir, la Ley nada establece respecto a los materiales a emplear respecto a las lagunas para el tratamiento de los lixiviados, pero se opta por colocar 60 cm de arcilla con bentonita por debajo de la base de la laguna y, a su vez, se colocará una membrana de polietileno. También, se debe garantizar que la base de la laguna se encuentra, como mínimo, 1,5 m por encima del nivel de la napa freática.

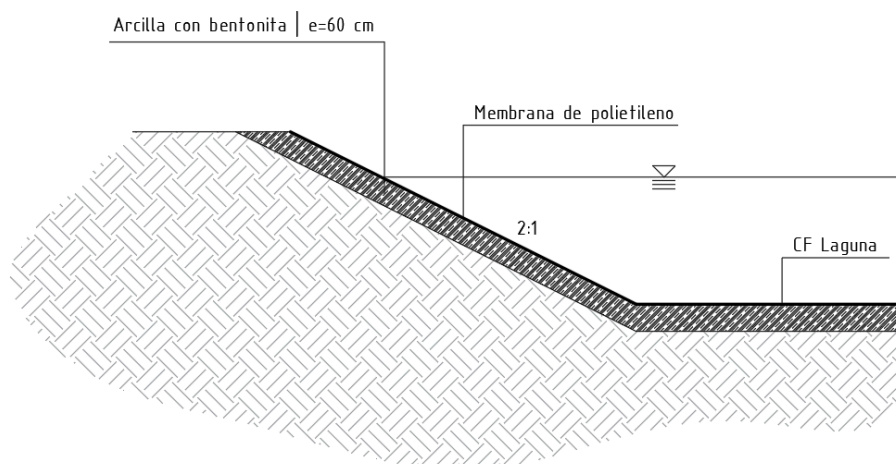


Figura 30. Materialidad de las lagunas. Fuente: elaboración propia.

8.4.4 Generación de lodos.

Las lagunas de estabilización producen lodos producto de los procesos químicos que ocurren. Por lo tanto, se debe tener presente que es necesario remover este efluente cada un período de tiempo determinado para que la laguna siga funcionando con la eficiencia para la cual fue diseñada. La generación de lodos es función del tipo de laguna del que se trate. En general, se encontraron los siguientes valores de referencia:

- La laguna anaerobia debe ser desenlodada cuando los sólidos acumulados alcancen un tercio del volumen de la laguna, en general en un periodo entre 2 a 5 años (TILLEY et al. 2018; CONAGUA 2015b).
- En las lagunas facultativas la remoción de lodo es menos frecuente (TILLEY et al. 2018).
- Las lagunas de maduración casi nunca necesitan desenlodarse (TILLEY et al. 2018).

Existen principalmente dos mecanismos para limpiar el lodo de las lagunas. El primero consiste en una bomba que se coloca sobre una balsa y el lodo se extrae con la laguna llena con el efluente. El segundo método, en cambio, propone vaciar la laguna, dejar que el lodo se seque y posteriormente retirarlo con una pala mecánica. Para este segundo caso, debe preverse la construcción de una laguna adicional que almacene el líquido efluente del relleno sanitario mientras se desenloda la otra.

A su vez, los lodos, al ser el subproducto del tratamiento de los líquidos lixiviados, concentran la contaminación que antes se encontraba presente en el agua y contienen metales pesados, patógenos y contaminantes orgánicos. Sin embargo, al poseer alto contenido de materia orgánica, pueden ser aprovechados como fertilizantes o abono para el suelo, permitiendo el aprovechamiento y reciclaje de los mismos. La composición del lodo será función principalmente del grado de contaminación de los líquidos lixiviados, por lo que se recomienda un control y monitoreo de la calidad del efluente en estudio, como así también, del subproducto de su tratamiento. Esto permitirá evaluar la posibilidad de tratar los lodos y reutilizarlos. No es función de este proyecto el dimensionamiento de la infraestructura necesaria para el tratamiento de lodos pero, se considera importante mencionar que es otra etapa más del proceso del tratamiento de lixiviados que se debe tener en cuenta para asegurar una disposición final del subproducto del mismo que resulte ambientalmente segura.

Para las situaciones propuestas, es interesante analizar, que en el caso de Laguna Aenaeróbica + Laguna Facultativa, es posible realizar la limpieza de las lagunas por vía seca, sobrecargando durante ese período a dos de ellas. En el segundo caso, en cambio, se debe adquirir una bomba y una balsa, lo que implica mayores costos de operación y mantenimiento.

8.4.5 Conclusiones

La elección entre la laguna facultativa y la aireada se basa en la necesidad de equilibrar los beneficios técnicos con las consideraciones prácticas y económicas específicas de este proyecto GIRSU en particular.

La decisión final dependerá de si es posible adquirir la cantidad de hectáreas suficientes para proyectar las lagunas facultativas y de la negociación que se pueda realizar con el productor local dueño de las tierras. A su vez, luego de hacer el estudio económico puede resultar más factible la compra de aireadores que la de terrenos.

Este análisis refleja la complejidad de las decisiones en proyectos de esta índole, en los que la viabilidad económica y la practicidad de una solución frente a otra se ve limitada por la aceptación del proyecto por parte de la sociedad.

8.5 Instalaciones complementarias.

Los centros GIRSU son espacios físicos que, además de estar constituidos por los módulos de disposición final, la Planta de Separación de Residuos, la Cancha de Compostaje y las Lagunas de Líquidos Lixiviados, para su correcto funcionamiento, requieren también de otras instalaciones.

En primer lugar, debe considerarse un espacio para las personas que trabajan allí, tanto para los operarios que estarán en contacto directo con los residuos, que requerirán de vestuarios para poder asearse, como así también para los trabajadores administrativos. Además, se proyecta un espacio para la instalación de un posible laboratorio a tiempo futuro en caso de resultar necesario. La incorporación de un laboratorio en un centro GIRSU tiene los siguientes objetivos:

- Realizar análisis de los residuos que llegan al predio para controlar su calidad, evaluar su composición y caracterizarlos. A raíz de esto, se podrán ir haciendo modificaciones en la gestión de los mismos y se facilitará la toma de decisiones.
- Monitorear los recursos ambientales: la calidad del aire, del agua de la napa freática, las condiciones del suelo.
- Evaluación de los líquidos lixiviados antes y después de tratarlos.
- Garantizar que se estén cumpliendo las normativas provinciales y nacionales que rigen el funcionamiento del GIRSU.

Cabe aclarar que para un relleno sanitario de la escala que se está proyectando en este trabajo, este tipo de actividades suele encargarse a terceros. Sin embargo, se decide igualmente incluir un pequeño local en el proyecto destinado a este fin y que luego, a criterio del Consorcio, se decida destinar o no dicho lugar para un laboratorio.

Para estos espacios se proyecta un único edificio al ingreso del predio, con oficinas y vestuarios para los empleados y operarios de la planta, junto con un salón de usos múltiples y, un control al ingreso y una sala de báscula. La báscula es necesaria para pesar a los camiones y llevar un control de las toneladas de basura que ingresan a la planta. La ubicación de este edificio y distribución de los locales se presentan en las siguientes figuras.

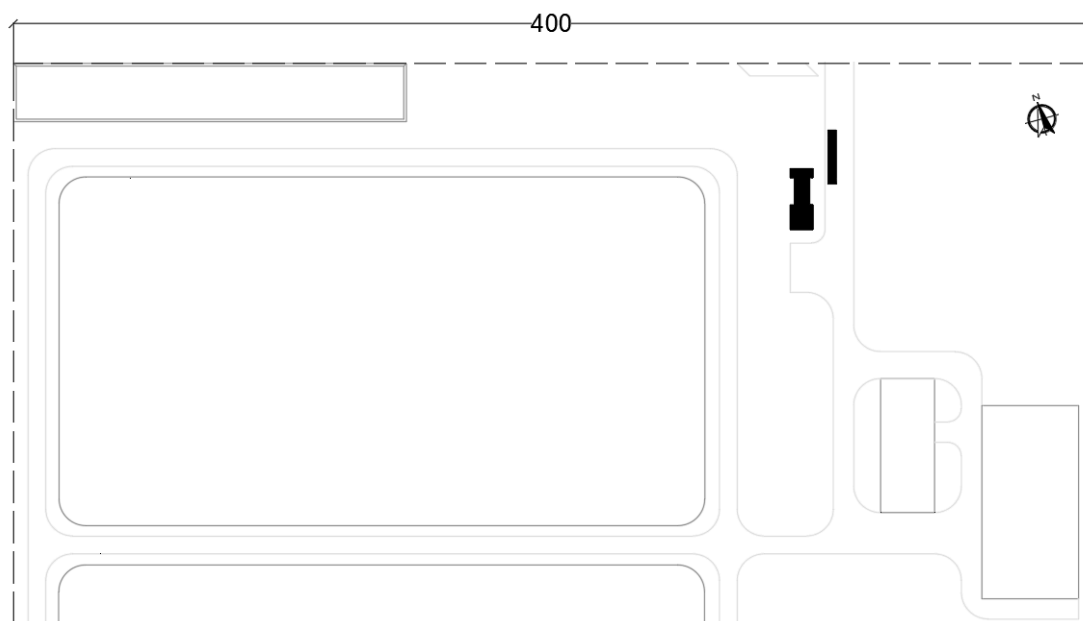


Figura 31. Ubicación de las instalaciones complementarias en el predio. Fuente: elaboración propia.

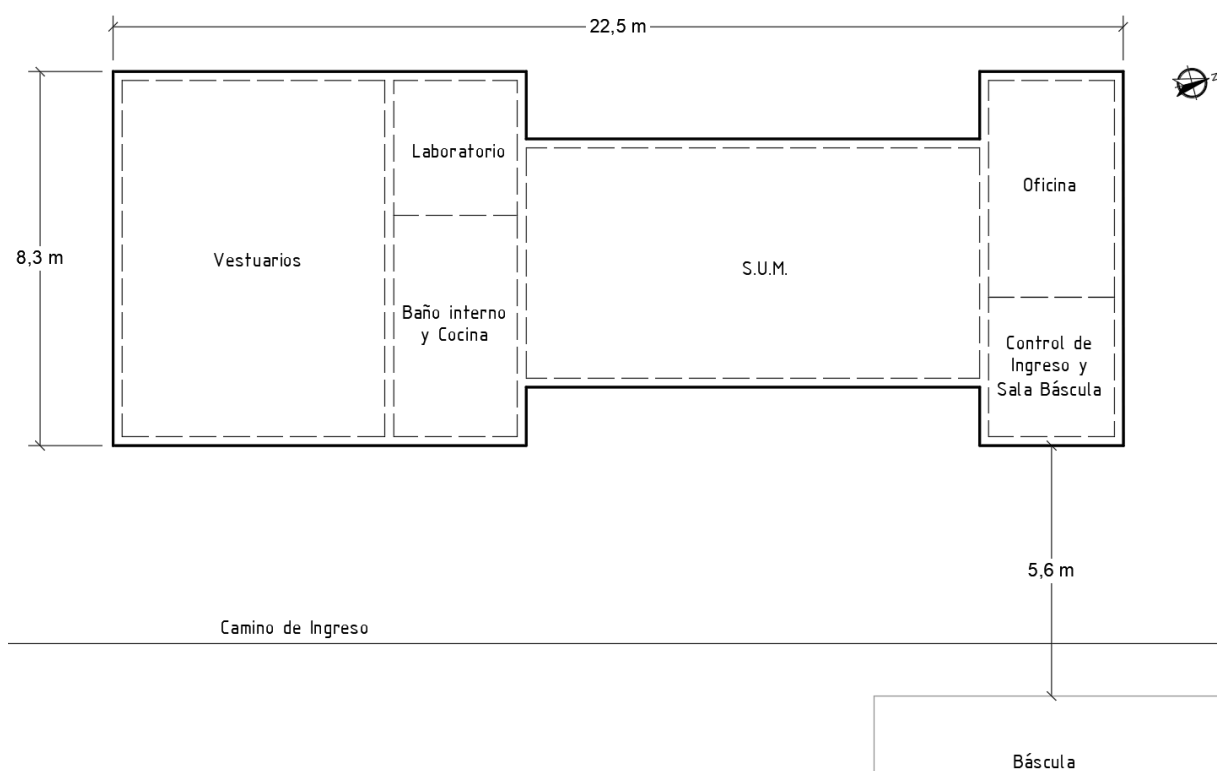


Figura 32. Distribución de los locales en la planta. Fuente: elaboración propia.

El edificio se proyecta con mampostería de ladrillos de HCCA y losa de viguetas pretensadas. En el Plano N°4 se presentan la arquitectura y las fachadas Este y Oeste del edificio. Además, en el Anexo N°6 “Dimensionamiento del Edificio de Ingreso” se realiza el proceso de diseño y verificación de la estructura, y el Plano N°5 presenta los planos de estructura y los detalles necesarios para la ejecución del mismo.

8.5.1 Ordenanza N°8757: “Aspectos Higrotérmicos y Demanda Energética en las Construcciones”.

La Ordenanza N° 8757 “Aspectos Higrotérmicos y Demanda Energética en las Construcciones” fue sancionada en 2011 por la Intendencia Municipal de la ciudad de Rosario. La misma exige que la construcción de edificios dentro de la ciudad de Rosario se realice analizando y optimizando la envolvente del mismo con el objetivo de lograr una mayor eficiencia energética, y reducir el consumo de energía necesario para el acondicionamiento térmico.

Si bien la aplicación de dicha Ordenanza no resulta de cumplimiento obligatorio por tratarse de otra jurisdicción, con el objetivo de enriquecer el proyecto y perseguir el desarrollo de proyectos que resulten cada vez más sostenibles, se aplica para el diseño de las instalaciones complementarias la Ordenanza N° 8757, controlando que el edificio cumpla con los requisitos mínimos de eficiencia energética según lo establecido en la misma. Esto permitirá mantener climatizados los ambientes, evitando que el calor escape desde el interior al exterior en invierno e ingrese desde el exterior al interior en verano y en consecuencia, disminuye considerablemente el consumo de energía.

La Ordenanza establece valores de transmitancia térmica máximos (K máximo) para cada uno de los componentes que conforman la envolvente de los edificios. Es decir, se busca siempre que la transmitancia térmica sea lo más baja posible porque esto indica una buena aislación térmica respecto al exterior. Los valores límites que la normativa establece se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 12. Valores máximos de transmitancia térmica por cerramiento. Fuente: elaboración propia.

Tipo de cerramiento	K máximo [W/m ² K]
Techos	0,38
Paredes exteriores	0,74
Pisos en contacto con ambiente exterior o con locales semicubiertos ventilados	0,60
Cerramientos transparentes con una superficie inferior o igual al 60% de la fachada	2,90

Para realizar estas verificaciones se utilizan unas planillas elaboradas por la Secretaría de Planeamiento de la Municipalidad de Rosario. Existe una planilla para cada tipo de cerramiento, y en cada una de las misma se deben elegir cada uno de los materiales que conforman el paquete del cerramiento que se está analizando, como así también determinar su espesor, y, automáticamente, la planilla calculará la transmitancia térmica del mismo. En caso de superar el valor máximo, el valor de K de la transmitancia calculado se mostrará en rojo.

Se presentan a continuación los resultados de la ordenanza para la cubierta, el muro exterior, el piso y los cerramientos transparentes, junto con los respectivos detalles. En el Anexo N°7 “Planillas para la aplicación de la Ordenanza N°8757” se pueden encontrar las planillas utilizadas junto con los paquetes estructurales de los cerramientos.

Tabla 13. Valores de transmitancia térmica de los cerramientos propuestos. Fuente: elaboración propia.

Cerramiento	K calculado [W/m ² K]	K máximo [W/m ² K]
Techos	0,37	0,38
Muros exteriores	0,54	0,74
Pisos	0,52	0,60

Para el caso de las superficies transparentes se establecen exigencias para el Factor de exposición solar (FES) en relación a la orientación de las mismas.

Tabla 14. Valores de FES. Fuente: elaboración propia.

Orientaciones	FES máximo
Cuadrante Norte (NNE- NNO) 341° a 20°	0,45
Cuadrantes Este y Oeste. 21° a 160° y 201° a 340°	0,30
Cuadrante Sur (SSE – SSO) 161° a 200°	0,90
Lucernarios y planos inclinados con ángulo inferior a 60°	0,25

En este caso, la planilla se completa indicando el tipo de vidrio y el tipo de protección exterior. En el Anexo N°7 “Planillas para la aplicación de la Ordenanza N°8757” se puede encontrar la planilla utilizada que muestra el cumplimiento del FES máximo.

8.6 Caminos.

8.6.1 Circulación dentro del centro GIRSU.

La circulación dentro del predio debe ser simple e ininterrumpida, ya que principalmente habrá maquinarias y vehículos pesados con carga.

La ubicación de las instalaciones en el predio fue pensada para brindar la mejor transitabilidad posible. Los camiones que ingresan a la planta tienen únicamente dos posibilidades:

- dirigirse directamente a la disposición final de los residuos
- desviarse hacia la planta de separación de los residuos

Una vez realizada la tarea de descarga los vehículos se retiran inmediatamente del predio.

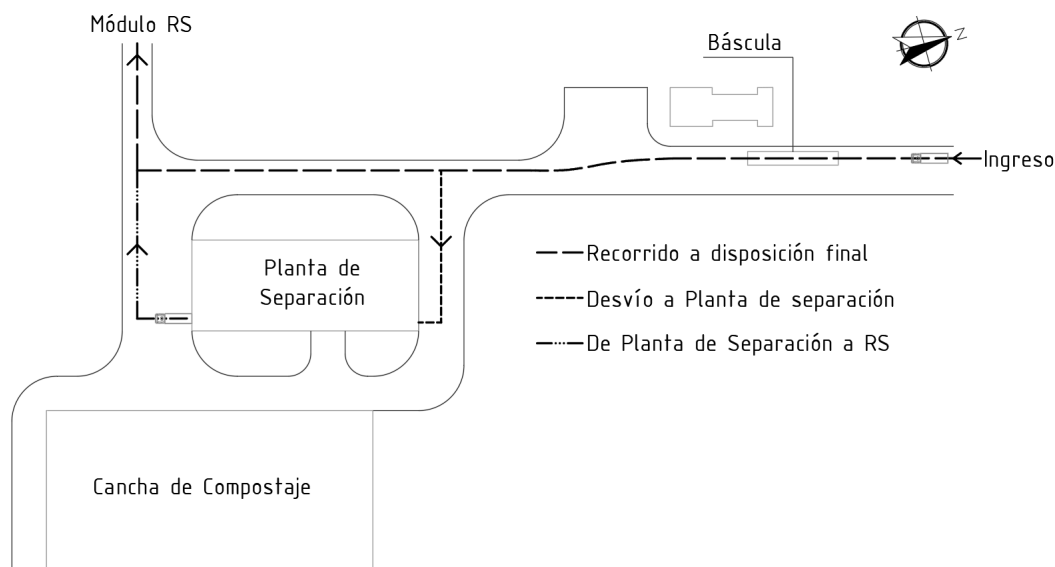


Figura 33. Movimiento de RSU dentro de la planta. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, hay que considerar el movimiento de la materia orgánica. Inicialmente, la misma sale de la planta de separación, luego de haber sido clasificada por el trommel, y mediante una cinta transportadora es derivada hacia un contenedor que luego será recogido por un camión para trasladar el material en la cancha de compostaje. Allí, el material será depositado formando pilas de compostaje. Después de 50 días, concluye el proceso de compostaje y previo a ser utilizado como cobertura para el relleno, el material resultante requiere aproximadamente 4 meses de maduración, pero lo cual se deja reposar al aire libre durante ese período.

8.6.2 Diseño de los caminos del centro GIRSU.

Para el diseño geométrico de los caminos dentro de la planta se consideró que como máximo pueden circular diariamente 12 camiones, teniendo en cuenta el análisis logístico de recolección de residuos hecho previamente, por lo que las probabilidades de que haya dos vehículos circulando enfrentados simultáneamente son muy bajas. Además, para los caminos perimetrales a los módulos, se establece un sentido único de circulación.

Los anchos de carriles y banquetas se adoptaron de acuerdo a lo establecido en el Plano Tipo OB-2 de Vialidad Nacional (se anexa al final del informe). A continuación se presenta la Tabla I utilizada para determinar los anchos de carril y de banquina de los caminos perimetrales y del camino de ingreso.

TABLA 1 :
ANCHOS DE PAVIMENTO DE RAMAS Y/O CAMINOS DE ENLACE

RADIO DEL BORDE INTERNO	CASO 1 : 1 CARRIL 1 SENTIDO DE MARCHA S/ADELANTAMIENTO DE VEHICULO DETENIDO			CASO 2 : 1 CARRIL 1 SENTIDO DE MARCHA C/ ADELANTAMIENTO DE VEHICULO DETENIDO			CASO 3 : 2 CARRILES 1 Ó 2 SENTIDOS DE MARCHA		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5,4	5,5	7,2	6,0	7,8	9,2	9,4	11,0	13,6
25	4,8	5,0	5,9	5,6	6,9	7,9	8,6	9,7	11,1
30	4,5	4,9	5,7	5,5	6,7	7,6	8,4	9,4	10,6
50	4,2	4,6	5,2	5,3	6,3	7,0	7,9	8,8	9,5
75	3,9	4,5	4,9	5,2	5,9	6,5	7,6	8,3	8,7
100	3,9	4,5	4,9	5,2	5,9	6,5	7,6	8,3	8,7
125	3,9	4,5	4,9	5,1	5,9	6,4	7,6	8,2	8,5
150	3,6	4,5	4,9	5,1	5,8	6,4	7,5	8,2	8,4
RECTA	3,6	4,2	4,4	5,0	5,5	6,1	7,3	7,9	7,9
MODIFICACIÓN DEL ANCHO SEGÚN EL TRATAMIENTO LATERAL USADO									
BANQUINA NO ESTABILIZADA	NINGUNA			NINGUNA			NINGUNA		
CORDÓN MONTABLE	NINGUNA			NINGUNA			NINGUNA		
CORDÓN NO MONTABLE 1 LADO	AUMENTAR EN 0,3 m			NINGUNA			AUMENTAR EN 0,3 m		
2 LADOS	AUMENTAR EN 0,6 m			AUMENTAR EN 0,3 m			AUMENTAR EN 0,6 m		
BANQUINA ESTABILIZADA EN UNO O AMBOS LADOS	EN CONDICIONES B Y C EL ANCHO EN RECTA PUEDE REDUCIRSE A 3,6 m SI ANCHO DE BANQUINA PAVIMENTADA ES 1,2 m O MÁS			DEDUCIR EL ANCHO DE LA BANQUINA ESTABILIZADA ANCHO MÍNIMO COMO CASO 1			DEDUCIR 0,6 m DONDE LA BANQUINA PAVIMENTADA SEA DE 1,2 m COMO MÍNIMO		

CONDICIÓN "A" PREDOMINAN VEHÍCULOS LIVIANOS, PERO TAMBIÉN SE CONSIDERA QUE GIRAN CAMIONES SU, AUNQUE NO SON SUFICIENTES COMO PARA INFLUIR EN EL DISEÑO

CONDICIÓN "B" SUFICIENTES VEHÍCULOS SU COMO PARA GOBERNAR EL DISEÑO, PERO CON ALGUNA CONSIDERACIÓN PARA LOS SEMIRREMOLQUES

CONDICIÓN "C" SUFICIENTES VEHÍCULOS SEMIRREMOLQUES WB12 O WB15 COMO PARA GOBERNAR EL DISEÑO

Figura 34. Anchos de carril y de banquina para caminos perimetrales. Fuente: elaboración propia.

De la Figura 34 se tiene que el ancho del carril adoptado para los caminos perimetrales es de 4,2 metros y las banquetas serán estabilizadas de 1,2 metros, obteniendo un ancho de coronamiento de 6,6 metros. Los caminos perimetrales se diseñan para una situación de un sólo sentido de marcha pero con posibilidad de adelantamiento de otro vehículo detenido. Los radios de giro son de 10 metros.

TABLA 1 :
ANCHOS DE PAVIMENTO DE RAMAS Y/O CAMINOS DE ENLACE

RADIO DEL BORDE INTERNO	CASO 1 : 1 CARRIL 1 SENTIDO DE MARCHA S/ADELANTAMIENTO DE VEHICULO DETENIDO			CASO 2 : 1 CARRIL 1 SENTIDO DE MARCHA C/ ADELANTAMIENTO DE VEHICULO DETENIDO			CASO 3 : 2 CARRILES 1 Ó 2 SENTIDOS DE MARCHA		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5,4	5,5	7,2	6,0	7,8	9,2	9,4	11,0	13,6
25	4,8	5,0	5,9	5,6	6,9	7,9	8,6	9,7	11,1
30	4,5	4,9	5,7	5,5	6,7	7,6	8,4	9,4	10,6
50	4,2	4,6	5,2	5,3	6,3	7,0	7,9	8,8	9,5
75	3,9	4,5	4,9	5,2	5,9	6,5	7,6	8,3	8,7
100	3,9	4,5	4,9	5,2	5,9	6,5	7,6	8,3	8,7
125	3,9	4,5	4,9	5,1	5,9	6,4	7,6	8,2	8,5
150	3,6	4,5	4,9	5,1	5,8	6,4	7,5	8,2	8,4
RECTA	3,6	4,2	4,4	5,0	5,5	6,1	7,3	7,9	7,9
MODIFICACIÓN DEL ANCHO SEGÚN EL TRATAMIENTO LATERAL USADO									
BANQUINA NO ESTABILIZADA	NINGUNA			NINGUNA			NINGUNA		
CORDÓN MONTABLE	NINGUNA			NINGUNA			NINGUNA		
CORDÓN NO MONTABLE 1 LADO	AUMENTAR EN 0,3 m			NINGUNA			AUMENTAR EN 0,3 m		
2 LADOS	AUMENTAR EN 0,6 m			AUMENTAR EN 0,3 m			AUMENTAR EN 0,6 m		
BANQUINA ESTABILIZADA EN UNO O AMBOS LADOS	EN CONDICIONES B Y C EL ANCHO EN RECTA PUEDE REDUCIRSE A 3,6 m SI ANCHO DE BANQUINA PAVIMENTADA ES 1,2 m O MÁS			DEDUCIR EL ANCHO DE LA BANQUINA ESTABILIZADA ANCHO MÍNIMO COMO CASO 1			DEDUCIR 0,6 m DONDE LA BANQUINA PAVIMENTADA SEA DE 1,2 m COMO MÍNIMO		

CONDICIÓN "A" PREDOMINAN VEHÍCULOS LIVIANOS, PERO TAMBIÉN SE CONSIDERA QUE GIRAN CAMIONES SU, AUNQUE NO SON SUFICIENTES COMO PARA INFLUIR EN EL DISEÑO

CONDICIÓN "B" SUFICIENTES VEHÍCULOS SU COMO PARA GOBERNAR EL DISEÑO, PERO CON ALGUNA CONSIDERACIÓN PARA LOS SEMIRREMOLQUES

CONDICIÓN "C" SUFICIENTES VEHÍCULOS SEMIRREMOLQUES WB12 O WB15 COMO PARA GOBERNAR EL DISEÑO

Figura 35. Anchos de carril y de banquina para caminos de ingreso. Fuente: elaboración propia.

Para el camino de ingreso como así también el que lleva a la Cancha de Compostaje se trabaja con un ancho de carril de 6,1 metros y banquetas estabilizadas de 1 metro, por lo que el ancho de coronamiento resulta de 8,1 metros. Los radios de giro son de 10 metros.

Se decide estabilizar la totalidad de los caminos dentro del relleno sanitario. La estabilización de estos caminos contribuirá a minimizar la generación de polvo, y mejorará significativamente la seguridad de las operaciones dentro de la planta, garantizando un tránsito más fluido de vehículos y optimizando los procesos logísticos.

En el Plano N°6 se muestran los perfiles transversales de los caminos perimetrales y del camino de ingreso.

Además, se proyectan dos playas de estacionamiento para vehículos livianos, una que se encuentra previa al ingreso del centro GIRSU, pero por fuera de éste, de estacionamiento a 45°, y otra por dentro, próxima al edificio de las instalaciones complementarias, a 90°. En cuanto a las dimensiones, por tratarse de vehículos livianos, se opta por plazas de 2,8m de ancho y 6,0 m de largo, teniendo en cuenta también el posible estacionamiento de camionetas Pick-Up. Se proponen en total 6 plazas en cada una de las playas y, materializar las mismas con un pavimento intertrabado mixto que permite aumentar la permeabilidad del terreno.

Se presenta un esquema con las dimensiones de las playas de estacionamiento.

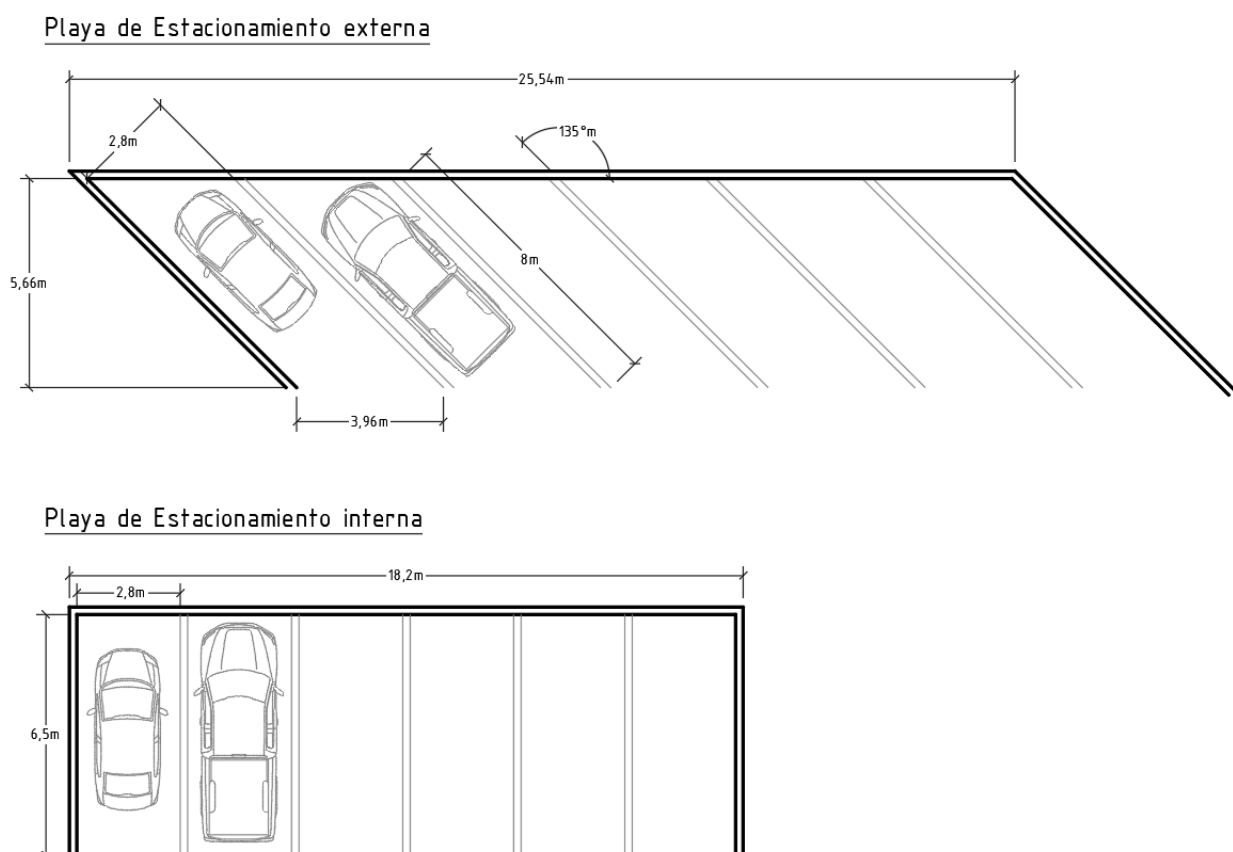


Figura 36. Diseño geométrico de las playas de estacionamiento. Fuente: elaboración propia.

9. ESTRUCTURAS

9.1 Planta de tratamiento y separación de RSU

La estructura adoptada es una nave de 20m de ancho por 50m de largo, cuyo frontis se encuentra en dirección a los vientos predominantes del noreste.

La misma cuenta con las dimensiones necesarias para cubrir las maquinarias correspondientes a la planta de tratamientos de residuos sólidos y acopiar los materiales reciclados protegiéndolos de la intemperie hasta que sean trasladados a su destino final.

Ver Plano N°7 correspondiente al plano Estructural de la nave correspondiente. Los cálculos se encuentran más detallados en el Anexo N°8 “Cálculo de la estructura de la Planta de Separación de Residuos”.

Tabla 15. Características geométricas de la nave. Fuente: elaboración propia.

Características geométricas		
Longitud mayor	50	m
Longitud menor	20	m
Pendiente de cubierta	10	%
Ángulo de la cubierta	6,0	°
Altura máx. H _{máx}	8	m
Altura media H _m	7	m
Luz de pórticos	20	m
Separación entre pórticos	5	m
Luz correas laterales/techo	5	m
Luz correas frontales	5	m
Separación entre correas techo	1,25	m
Separación entre correas laterales	1,25	m

Con el fin de conformar planos de estabilidad en dirección a la menor luz de la estructura el predimensionamiento cuenta con 11 pórticos conformados con perfiles doble T dispuestos en su mayor inercia y espaciados cada 5 m.

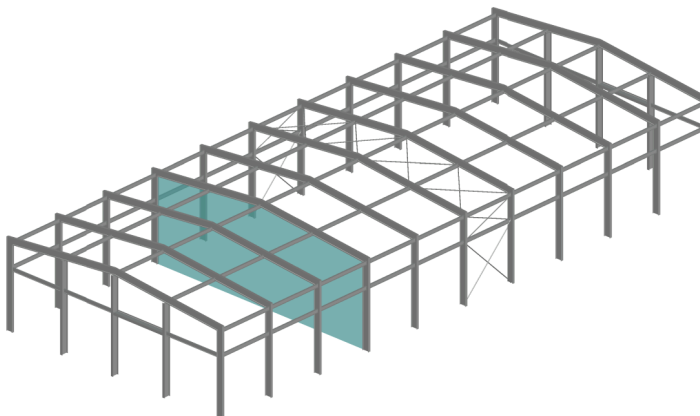


Figura 37. Axonometría 1 de la nave. Fuente: elaboración propia.

Para lograr la estabilidad en dirección paralela a la cumbre, la nave cuenta con una viga de contraviento central conformada por barras de sección circular que trabajan a tracción y transmiten las cargas a las fundaciones mediante las estructuras de contraviento laterales, también constituidos por tensores.

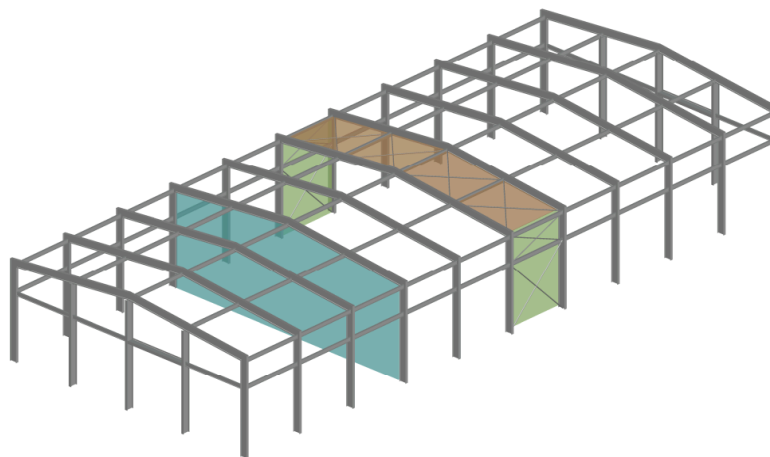


Figura 38. Axonometría 2 de la nave. Fuente: elaboración propia.

La viga de contraviento se encuentra localizada en el centro de la nave evitando así tensiones excesivas producidas por la variación de temperatura, logrando la libre dilatación de los tensores.

Finalmente la nave cuenta con 4 ingresos, con portones de 5 m de ancho y 5 m de alto, que son las dimensiones necesarias para el ingreso y circulación de camiones sin la necesidad de intervenir en las columnas. Los mismos están sostenidos por una viga dintel conformado por un perfil W acostado, es decir, en su mayor inercia en dirección a la carga del viento del frontis.

El frontis y contra frontis cuentan con 3 columnas intermedias dispuestas cada 5 m y parantes colocados a 5 m de altura permitiendo disminuir la longitud de pandeo flexional de las columnas.

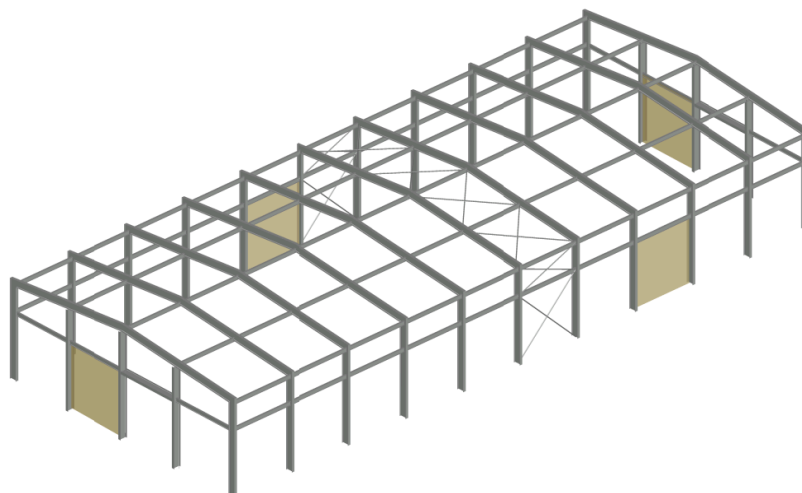


Figura 39. Axonometría 3 de la nave. Fuente: elaboración propia.

9.1.1 Cargas W, Lr, T

9.1.1.1 Cargas W

A continuación se desarrolla el procedimiento para el cálculo de la carga de viento de diseño. Una de las principales cargas que influirá en el dimensionamiento de las chapas, correas y la estructura principal del edificio.

El procedimiento utilizado es el **Método analítico** propuesto por el reglamento **CIRSOC 102 -2005**.

Tabla 16. Parámetros del viento. Fuente: elaboración propia.

VIENTO CIRSOC 102-2005		
UBICACIÓN (Provincia)		Santa Fe
CATEGORÍA		II
EXPOSICIÓN		C
VELOCIDAD BÁSICA	V	49 m/s
TOPOGRÁFICO	kzt	1
DIRECCIONALIDAD	Kd	0,85
IMPORTANCIA	I	1
FACTOR DE RÁFAGA	G	0,85
INCLINACIÓN CUBIERTA	θ	10%
ALT MEDIA CUBIERTA	h	7,00 m
COEFICIENTE DE EXPOSICIÓN	kz=kh	0,927
COEF DE PRESION INTERNA	GCpi	0,18

Para obtener la velocidad del viento de la zona de los distritos de Castellanos y San Martín en el centro de la provincia de Santa Fe, se realiza una interpolación entre las curvas correspondientes a las velocidades 50 m/s y 48 m/s, obteniendo como resultado una velocidad básica del viento de **V=49 m/s**.

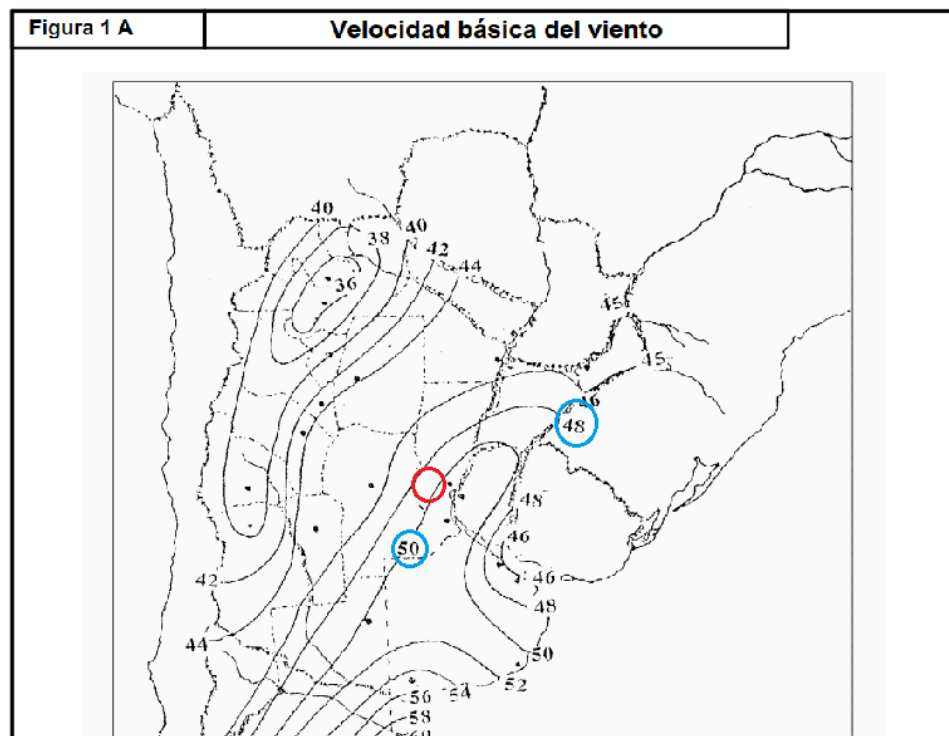


Figura 40. Mapa sobre velocidad del viento [m/s]. Fuente: elaboración propia.

A partir de estos coeficientes se obtiene la presión q_z :

$$q_z = q_h = 0,613 \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \cdot I \cdot K_z = 1,16 \text{ kN/m}^2$$

Se puede observar como la presión del viento se determina en función de la localización de la obra, el grado de exposición, la velocidad del viento, la topografía y la importancia del proyecto.

Sin embargo, el reglamento también contempla otros coeficientes que están directamente relacionados con la geometría de la estructura. Estos coeficientes particulares se desarrollan a continuación.

Es importante resaltar esto, ya que este proyecto podría proponerse como solución en diversas localidades. En tal caso, el cálculo experimentaría cambios en los coeficientes asociados a la ubicación, en lugar de modificar aquellos vinculados a la geometría.

9.1.1.1 Cargas W - Estructura principal

Tabla 17. Datos de viento perpendicular a la cumbrera. Fuente: elaboración propia.

Viento A (normal a la cumbrera)	
L	50,00 m
B	20,00 m
h	7,00 m
L/B	2,50
h/L	0,14

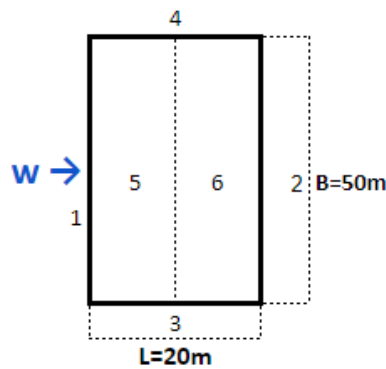


Figura 41. Planta (SPRFV) Viento perpendicular a la cumbrera. Fuente: elaboración propia.

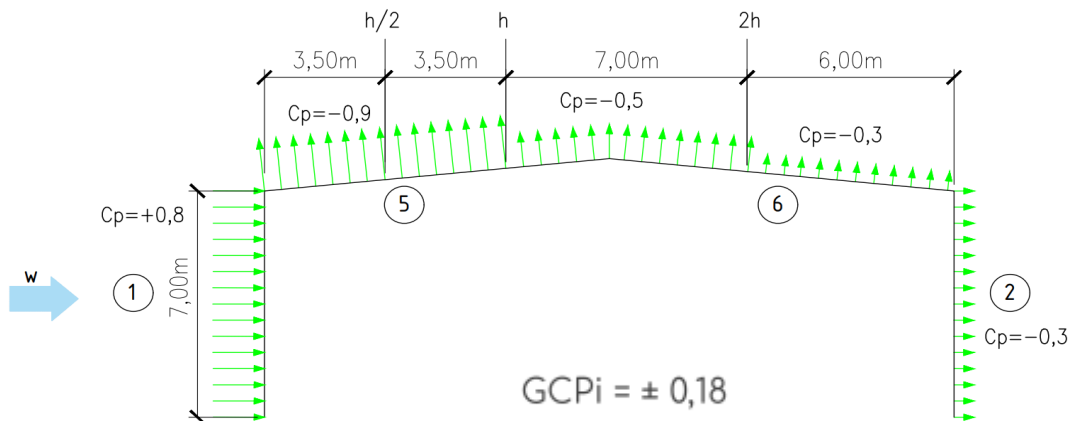


Figura 42. Coeficientes C_p y GC_{pi} de presión en pared y cubierta. Viento perp a la cumbrera. Fuente: elaboración propia.

Tabla 18. Coeficientes C_p y GC_{pi} de presión en pared. Fuente: elaboración propia.

Paredes				
Orientación	C_p	q_h [kN/m ²]	Presión de diseño [kN/m ²]	
			$p = q_h * (G_{cp} - G_{cpi})$	
			SUCCIÓN	PRESIÓN
			G_{cpi} (presión int)	G_{cpi} (succión int)
Barlovento	0,80	1,16	0,58	1,00
Laterales	-0,70		-0,90	-0,48
Sotavento	-0,30		-0,50	-0,09

Tabla 19. Coeficientes C_p y GC_{pi} de presión en cubierta. Fuente: elaboración propia.

Cubiertas				
Distancia horizontal desde el alero	C_p	q_h [kN/m ²]	Presión de diseño [kN/m ²]	
			$p = q_h * (G_{cp} - G_{cpi})$	
			SUCCIÓN	PRESIÓN

Cubiertas				
			Gcpi (presión int)	Gcpi (succión int)
(0-h)	-0,90	1,16	-1,10	-0,68
(h-2h)	-0,50		-0,70	-0,28
(> 2h)	-0,30		-0,50	-0,09

Tabla 20. Datos de viento paralelo a la cumbrera (SPRFV). Fuente: elaboración propia.

Viento B (paralelo a la cumbrera)	
L	20,00 m
B	50,00 m
h	7,00 m
L/B	0,40
h/L	0,35

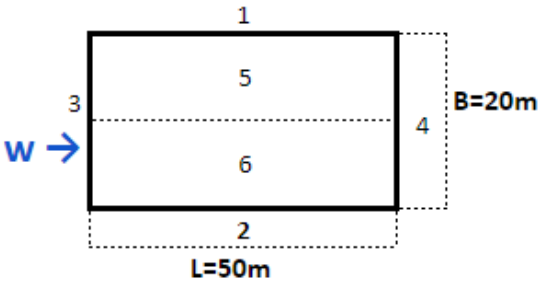


Figura 43. Planta (SPRFV). Viento paralelo a la cumbrera. Fuente: elaboración propia.

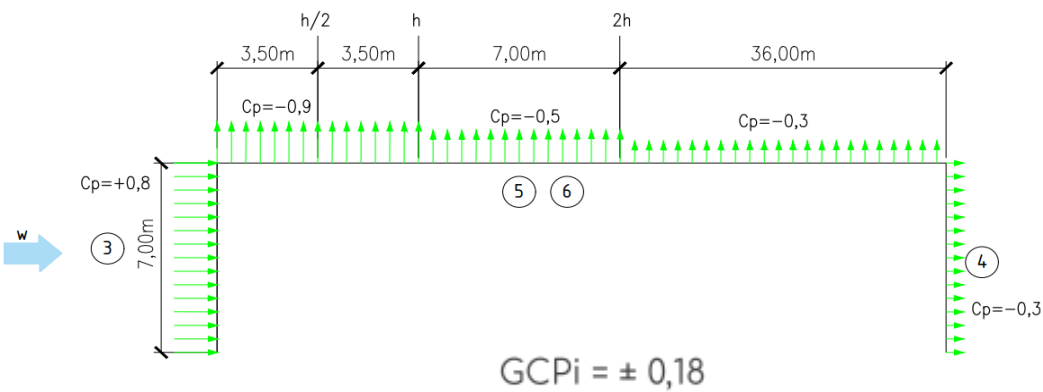


Figura 44. Coeficientes Cp y GCPI de presión en pared y cubierta. Viento paralelo a la cumbrera. Fuente: elaboración propia.

Tabla 21. Coeficientes Cp de presión en paredes. Fuente: elaboración propia.

Paredes				
Orientación	Cp	qh [kN/m2]	Presión de diseño [kN/m2]	
			$p = qh * (G_{cp} - G_{cpi})$	
			SUCCIÓN	PRESIÓN
			Gcpi (presión int)	Gcpi (succión int)
Barlovento	0,80	1,16	0,58	1,00
Laterales	-0,70		-0,90	-0,48
Sotavento	-0,30		-0,50	-0,09

Tabla 22. Coeficientes Cp de presión en cubiertas. Fuente: elaboración propia.

Cubiertas				
Distancia horizontal desde el alero	Cp	qh [kN/m2]	Presión de diseño [kN/m2]	
			$p = qh * (G_{cp} - G_{cpi})$	
			SUCCIÓN	PRESIÓN
			Gcpi presión	Gcpi succión
(0-h)	-0,90	1,16	-1,10	-0,68
(h-2h)	-0,50		-0,70	-0,28
(> 2h)	-0,30		-0,50	-0,09

9.1.1.1.2 Cargas W - Componentes y revestimientos

9.1.1.2 Cargas Lr

Tabla 23. Sobrecargas pórtico Lr. Fuente: elaboración propia.

Sobrecarga Pórtico		
Luz	20	m
Sep. entre pórticos	5	m
Área tributaria	100	m2
R1	0,6	
Pendiente	10	%
F	1,2	
R2	1	
Sobrecarga $L_r = 0.96 R1 R2$	0,58	kN/M2

Tabla 24. Sobrecargas correas Lr. Fuente: elaboración propia.

Sobrecarga Correos		
Luz	5	m
Sep. entre correos	1,25	m
Área tributaria	6,25	m ²
R1	1	
Pendiente	0	%
F	0	
R2	1	
Sobrecarga $L_r=0.96 R1 R2$	0,96	kN/m ²

9.1.1.3 Cargas

Tal como se mencionó al principio la nave cuenta con un sistema de contraviento en el medio de la misma, con el fin de permitir la libre dilatación de la estructura, de esta manera no intervienen las tensiones debido a variación de temperatura en el funcionamiento del sistema.

9.1.2 Chapas

Se adoptan chapas cincalum Trapezoidal T101 Nro 22 de espesor de 0,71 mm para toda la nave.



Figura 45. Chapa.

Tabla 25. Chapas. Fuente: elaboración propia.

CHAPAS	
ZONA 1	Cincalum - N°22 - e=0,71mm
ZONA 2	Cincalum - N°22 - e=0,71mm
ZONA 3	Cincalum - N°22 - e=0,71mm
ZONA 4	Cincalum - N°22 - e=0,71mm

9.1.3 Correos

Se adopta la misma correos para todas las zonas de la nave, solo se agrega una tilla en la zona 3, correspondiente a la zona más exigida a succión.

Tabla 26. Correas. Fuente: elaboración propia.

ZONA	Correa	Mu presión (kN/cm)	Mu succión (kN/cm)	Md presión (kN/cm)	Md succión (kN/cm)	Lb (m)	Fe (kN/cm ²)	Fc (kN/cm ²)	Md (kN/cm ²)	Tilla
ZONA1	C 180 - 80 -30 -3,2	8,28	6,93	8,19	5,32	5	13,39	13,38	5,32	NO
ZONA 2	C 180 - 80 -30 -3,2	7,94	6,53	8,19	5,32	5	13,39	13,39	5,32	NO
ZONA 3	C 180 - 80 -30 -3,2	8,28	8,36	14,03	-9,12	2,5	53,57	22,93	9,12	SI
ZONA 4Y5 Frontis	C 180 - 80 -30 -3,2	6,42	7,64	9,10	9,35	5	15,15	14,86	9,35	NO
ZONA 4Y5 lateral	C 180 - 80 -30 -3,2	6,42	7,64	9,10	9,35	5	15,15	14,86	14,86	NO

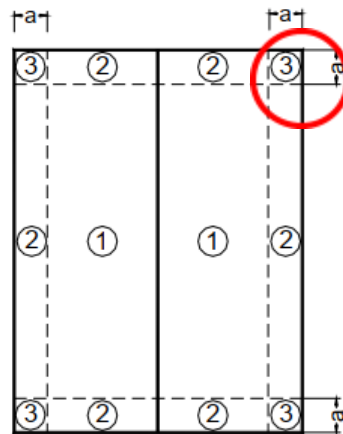


Figura 46. Zona correas.

9.1.4 Pórtico principal empotrado.

Tal como se mencionó al principio la nave está constituida por 11 pórticos. Los mismos han sido dimensionados con perfiles W410x38,8 tanto para las columnas como para las vigas que componen al mismo.

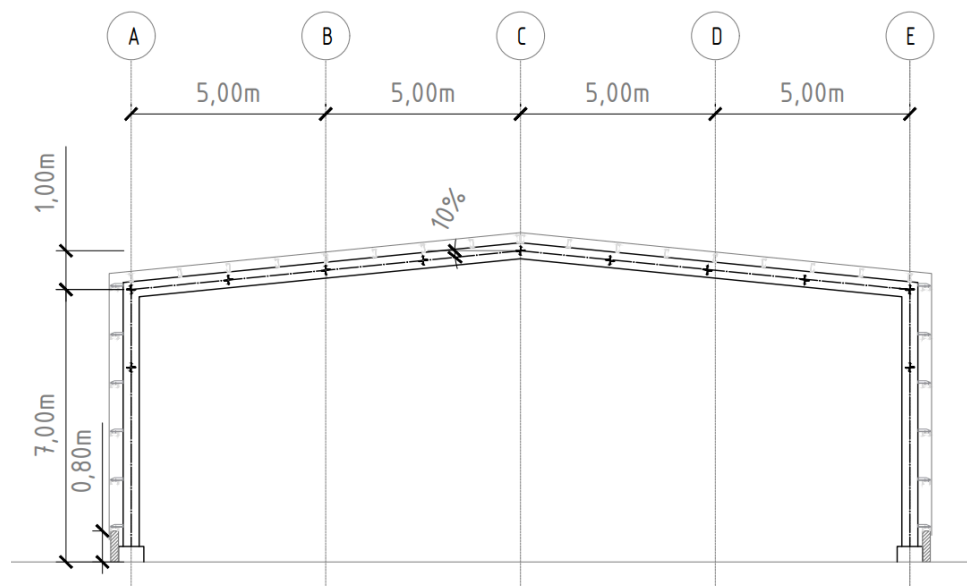


Figura 47. Pórtico principal. Fuente: elaboración propia.

Tabla 27. Resumen Pórtico principal Fuente: elaboración propia.

Pórtico principal		
	Columnas	Vigas
Sección	W410x38.8	W410x38.8
Lx [cm]	700,0	1000,0
Ly [cm]	500,0	500,0
Lp [cm]	209,0	209,0
Lr [cm]	738,0	738,0
λ_x	82,0	29,3
λ_y	123,2	123,2
P _{umax} [kN]	53,5	32,8
P _d [kN]	1017,0	1017,0
T _{umax} [kN]	72,6	68,7
T _d [kN]	2292,7	2292,7
M _{umax} [kNm] = M _p	188,7	188,8
M _d [kNm]	23567,4	47936,5
Despl.(mm)	6,4	13,6
P _u /P _d + 8/9*M _u /M _d	0,4	0,2
T _u /T _d + 8/9*M _u /M _d	0,7	0,4

La elección de un pórtico empotrado-empotrado se justifica, al observar la distribución de momentos de la columna tal como se ve a continuación. Al tomar momento el apoyo, la distribución de momento a lo largo de la columna, y en consecuencia en la viga, es menor. A pesar de que esta solución incrementa las solicitudes en el apoyo, permite la adopción de perfiles más pequeños para las vigas y columnas, resultando en una reducción simultánea de las deformaciones. La siguiente comparación destaca la columna y la viga más solicitadas en un pórtico con apoyo empotrado en contraste con uno con apoyo simple, considerando el Estado de Carga Límite Último que más compromete a cada tipo de solución.

El Estado Límite Último que más exige a ambos modelos es $0.9D + 1.5 WPPP$ donde:

D: Peso propio

WPPP: viento Paralelo al Plano de Pórtico con Presión interna

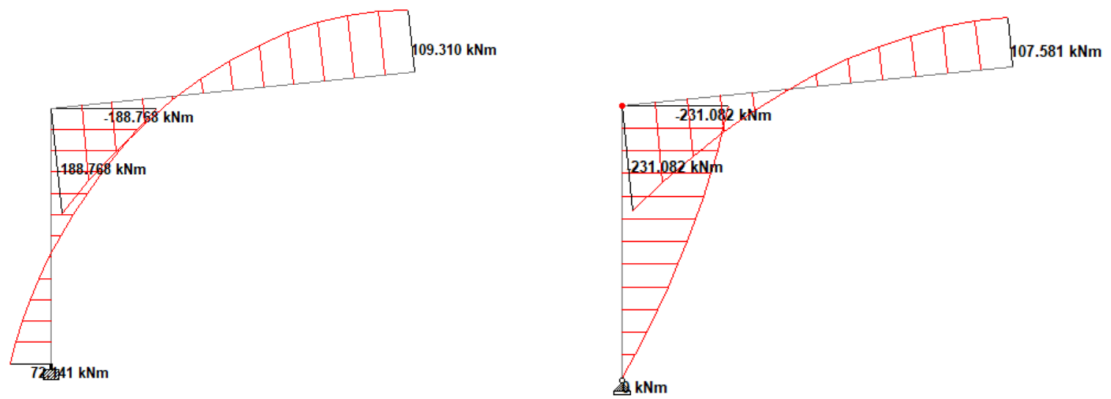


Figura 48. Comparación de momento flector entre pórtico empotrado (izquierda) y articulado (derecha).
Fuente: elaboración propia.

A su vez, a continuación se observan las máximas deformaciones globales y deformaciones locales indicadas en la Tabla 28 que presenta el pórtico, tanto para vigas como para columnas, para los Estados Límite de Carga en Servicio que más exigen a la estructura en cada elemento.

La columna tiene su máxima deformación local para la combinación de carga D + WPPP y las vigas para el estado de carga D + WNPP.

Donde:

D: Peso propio

WPPP: viento Paralelo al Plano de Pórtico con Presión interna

WNPP: Viento Normal al Plano de Pórtico con Presión interna

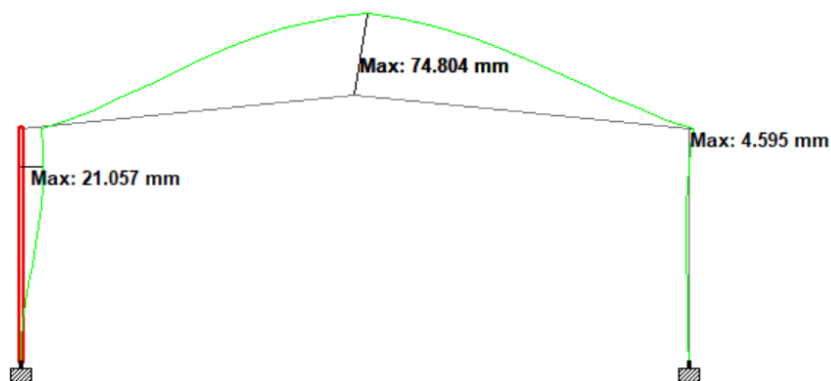


Figura 49. Deformaciones globales del pórtico para la peor condición de carga de la columna. Fuente: elaboración propia.

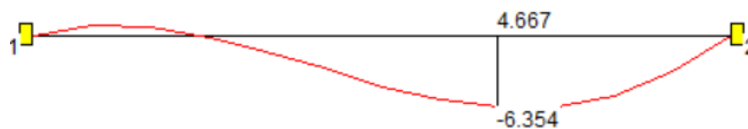


Figura 50. Deformaciones locales de la columna para su peor estado de carga. Fuente: elaboración propia.

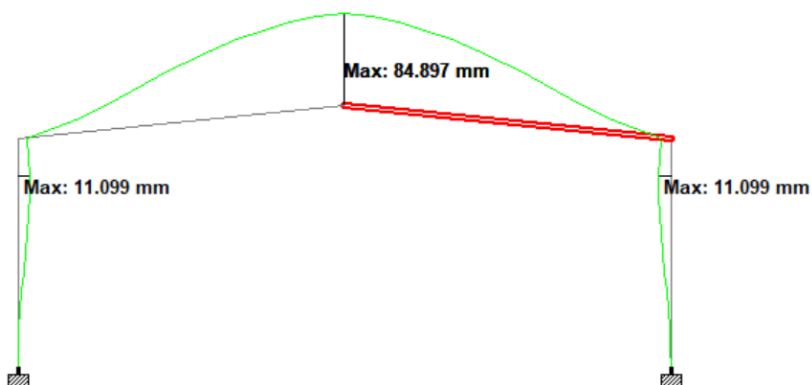


Figura 51. Deformaciones globales del pórtico para el peor estado de carga de la viga. Fuente: elaboración propia.

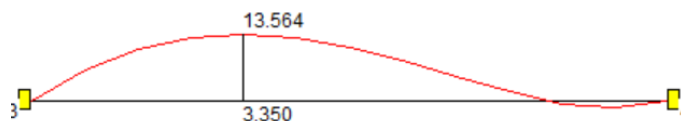


Figura 52. Deformaciones locales de la viga para su peor estado de carga. Fuente: elaboración propia.

9.1.5 Viga dintel

Para la viga dintel se adopta un perfil W250x17,9.

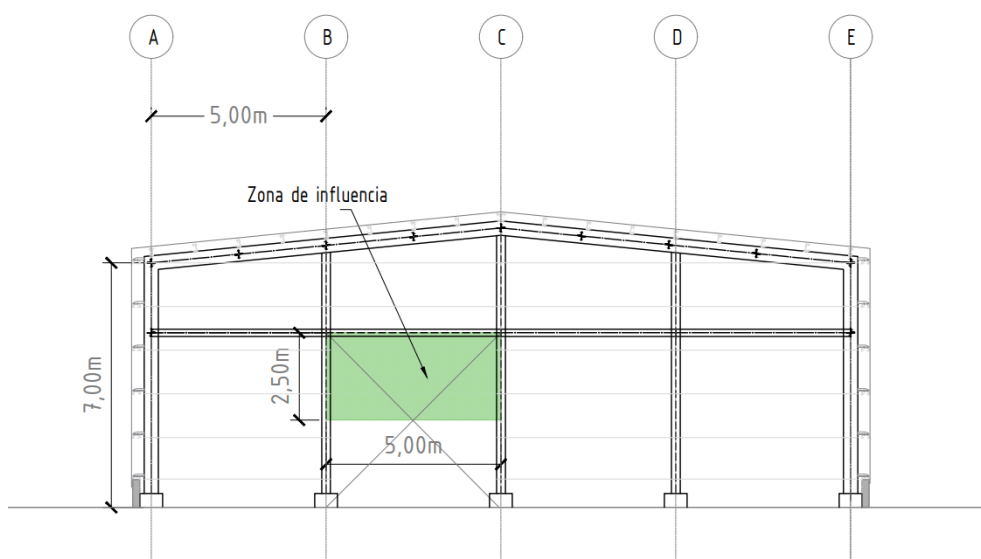


Figura 53. Área de influencia de la viga dintel. Fuente: elaboración propia.

Tabla 28. Sección viga dintel. Fuente: elaboración propia.

Sección	W250x17.9
Lx [cm]	500,0
Ly [cm]	500,0
Lp [cm]	197,0
Lr [cm]	581,0
Cb	1,14
Cargas horizontales	
Mux [kNcm]	1168,8
Mdx = 0,9 Mp [kNcm]	12901,5
Cargas verticales	
Muy [kNcm]	18,1
Mdy = 0,9 Mp [kNcm]	22842,0
Flexión disimétrica	
Mux/Mdx + Muy/Mdy	0,09

Tabla 29. Resultantes. Fuente: elaboración propia.

Resultante sobre columnas		
Rhorizontal	9,35	kN
Rvertical	0,60	kN

9.1.6 Parantes

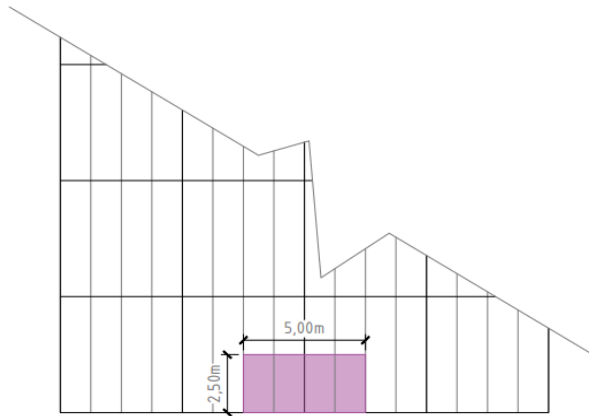


Figura 54. Área de influencia de los parantes. Fuente: elaboración propia.

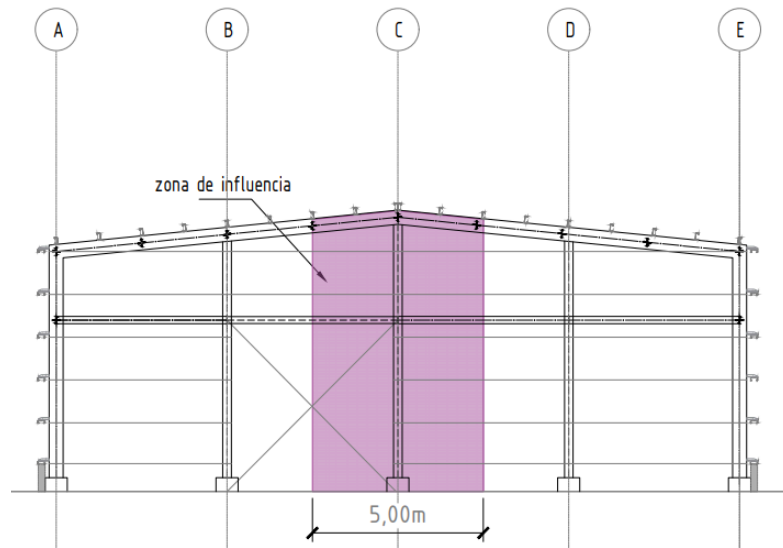


Figura 55. Área de influencia de los parantes. Fuente: elaboración propia.

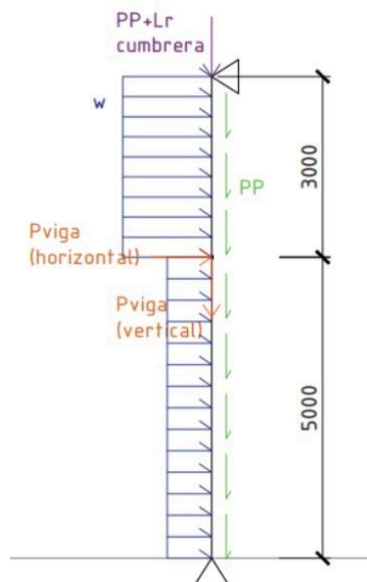


Figura 56. Cargas en los parantes. Fuente: elaboración propia.

Tabla 30. Resumen resultados. Fuente: elaboración propia.

Tabla resumen	
Columnas empotradas	
Sección	W310x21
Lx [cm]	500
Ly [cm]	800
Lp [cm]	253,0
Lr [cm]	926,0
λ_x	38,23
λ_y	162,3
Pumax [kN]	28,243
Pd [kN]	475,9

Tabla resumen	
Mumax [kNm]	65,180
Md[kNm] =0,9 Mplt [kNm]	271,75

Tabla 31. Parante. Fuente: elaboración propia.

Verificación acciones combinadas		
Combinación 1: $E1=1,2D+1,6Lr+0,8W$		
Pu1 [kN]	28,24	Compresión
Pd [kN]	475,9	
Pu1/Pd	0,06	
Mu1 [kNm]	34,76	
Md [kNm]	271,75	
Mu1/Md	0,13	
Verificación comb 1	0,16	B.C
Combinación 2: $E2=1,2D +1,5W$		
Pu6 [kN]	9,04	Compresión
Pd [kN]	475,9	
Pu6/Pd	0,02	
Mu6 [kNm]	65,18	
Md [kNm]	271,75	
Mu6/Md	0,24	
Verificación comb 2	0,25	B.C

9.1.7 Sistema de contraviento

Primero se lleva a cabo el análisis de cargas, Para ello se consideran, para el cálculo de las solicitudes, las áreas de influencia que se muestran en la siguiente imagen.

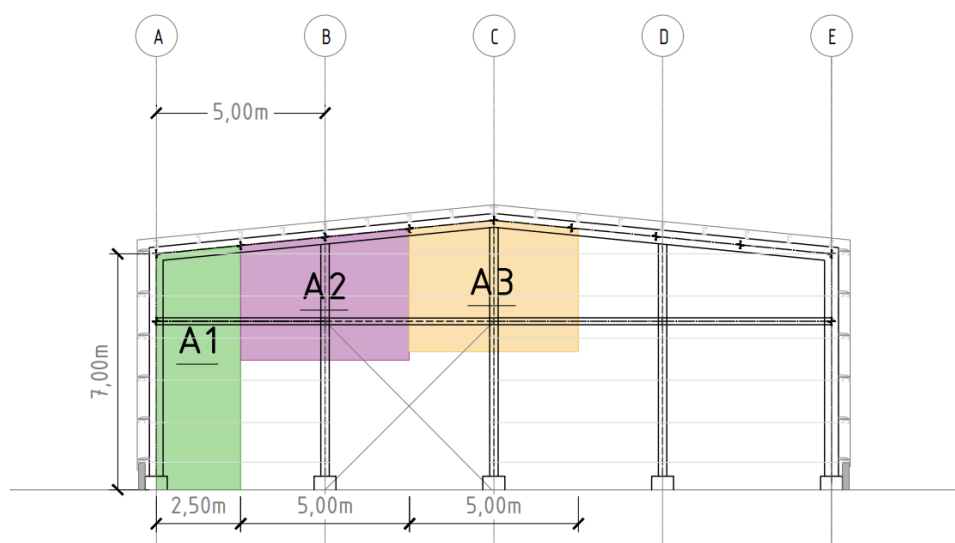


Figura 57. Sistema de contraviento. Áreas de influencia. Fuente: elaboración propia.

El modelo se simplifica para facilitar su carga en STAAD, ya que opera de manera similar en ambas direcciones. No obstante, los tensores que se presentan en la siguiente figura también existen en la dirección opuesta, de manera que puedan trabajar en tracción cuando las cargas actúan simétricamente con respecto a las que se encuentran representadas a continuación.

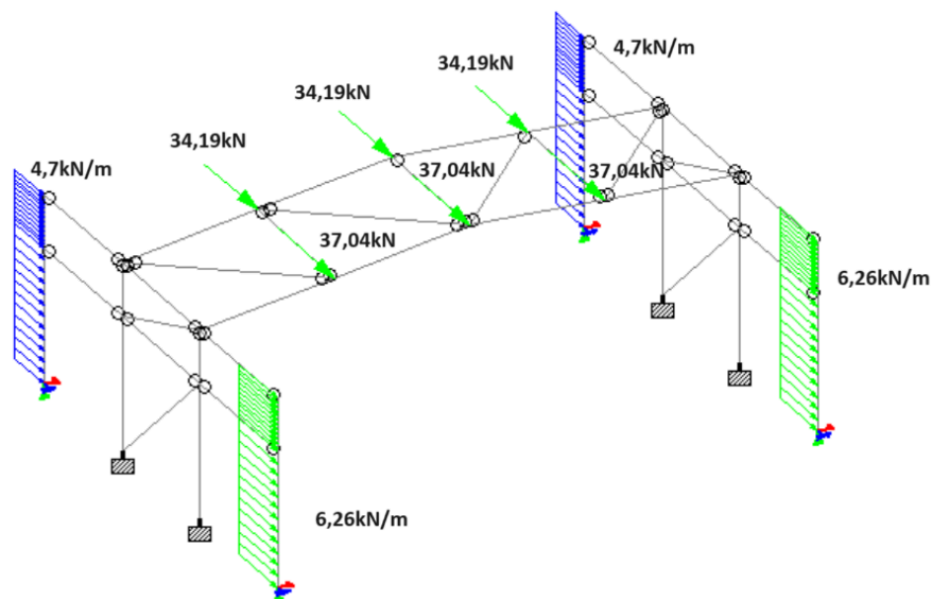


Figura 58. Sistema de contraviento. Modelo estructural. Fuente: elaboración propia.

9.1.7.1 Tensores

Tabla 32. Tensores. Fuente: elaboración propia.

Dimensionamiento de diagonal más traccionada		
Carga de tracción Tú	227,15	kN
Diámetro adoptado	3,18	1 pulgada y 1/4
Barras roscadas no verificamos esbeltez		
Fluencia		
Φ	0,9	-
Fy [MPa]	235	MPa
Ag [cm ²]	15,88	cm ²
Tn [kN]	373,29	KN
Td [kN]	335,96	KN
Tu/Td	0,68	B.C
Rotura		
Φ	0,75	-
Fu [MPa]	370	MPa

Dimensionamiento de diagonal más traccionada		
Ae [cm ²]	11,91	cm ²
Tn [kN]	440,80	KN
Td [kN]	330,60	KN
Tu/Td	0,69	B.C

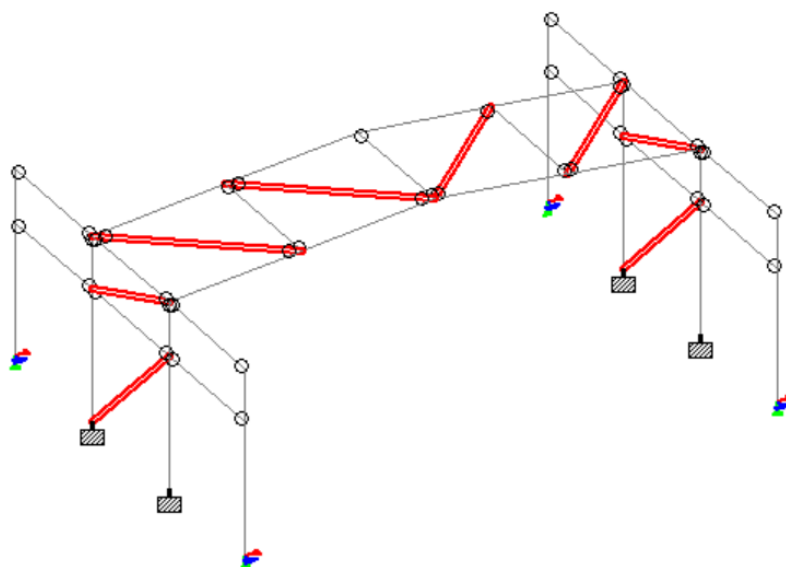


Figura 59. Tensores. Modelo estructural. Fuente: elaboración propia.

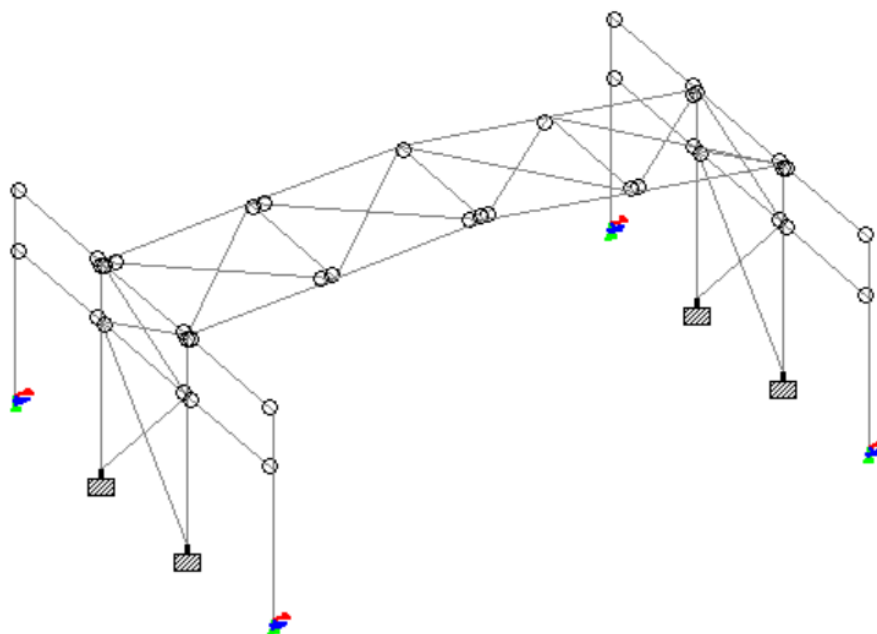


Figura 60. Tensores en cruz. Modelo estructural. Fuente: elaboración propia.

9.1.7.2 Puntales

Para los puntales se utilizan 2 perfiles L empesillados en cruz

Tabla 33. Puntales. Fuente: elaboración propia.

Sección	L 102 x 102 x 7,9
Distancia Presillas (5/3) [cm]	1,67
Espesor presilla [cm]	10
Lx [cm]	500
Ly [cm]	500
λ_x	108,70
λ_y	126,16
Pumax [kN]	128,66
Pd [kN]	289,37

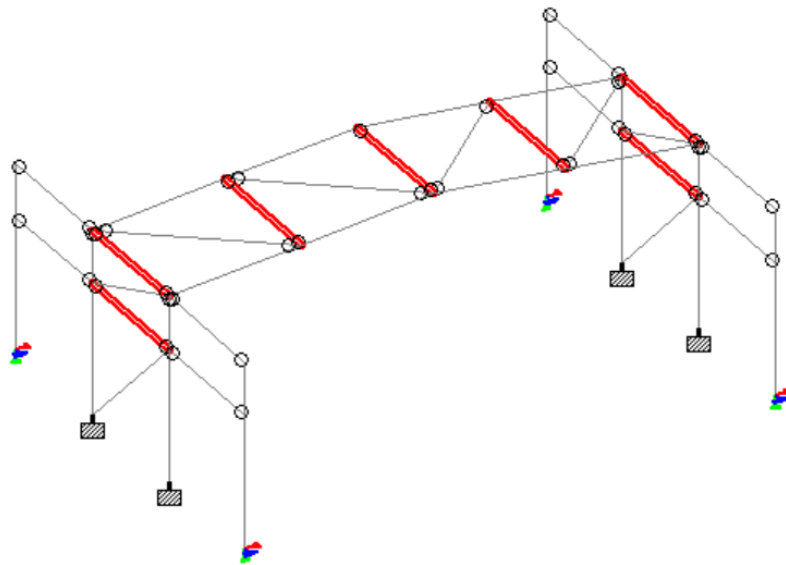


Figura 61. Puntales. Modelo estructural. Fuente: elaboración propia.

9.1.8 Placa base

Tabla 34. Placa base. Fuente: elaboración propia.

ESFUERZOS		
Tu max	65,925	kN
Pu max	53,519	kN
Vu max	63,512	kN
Mu max	156,947	kNm
$M^*=Mu + Vu*x$	207,326	kNm
$e=M^*/Pu$	2,0	
MATERIALES		
Hormigón H-25		
f'_c	2,5	kN/cm ²
ϕ_c	0,6	-
Acero F-24		
Fy	23,5	kN/cm ²
Fu	37	kN/cm ²
E	20000	kN/cm ²

PROPIEDADES DEL PERFIL DE LA COLUMNA		
Perfil	W410x38.8	
h	417	cm
bf	181	cm
DIMENSIONES DE BASE DE HORMIGÓN		
AF	70	cm
BF	35	cm
G	5	cm
DIMENSIONES DE PLACA METÁLICA		
tp (e = 1 1/8")	2,86	cm
A	60	cm
B	25	cm
L	5	cm
$D = A - 2 * L$	50	cm
$H = B - 2 * L$	15	cm
NARIZ		
Perfil	IPE 100	
Zx	39,0	cm
AN = bf	5,5	cm
BN = h	10	cm
P	10	cm
$X = (P - G) / 2 + G$	7,5	cm
PERNOS		
Diámetro	7/8"	pulg
	2,22	cm

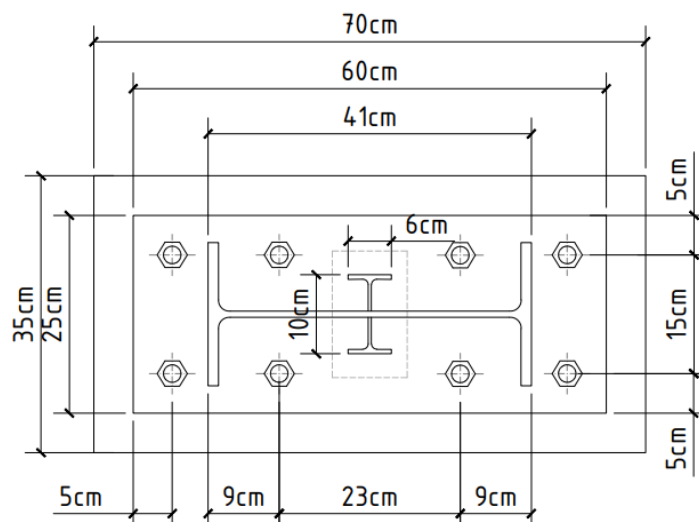


Figura 62. Placa base. Fuente: elaboración propia.

9.1.9 Fundaciones

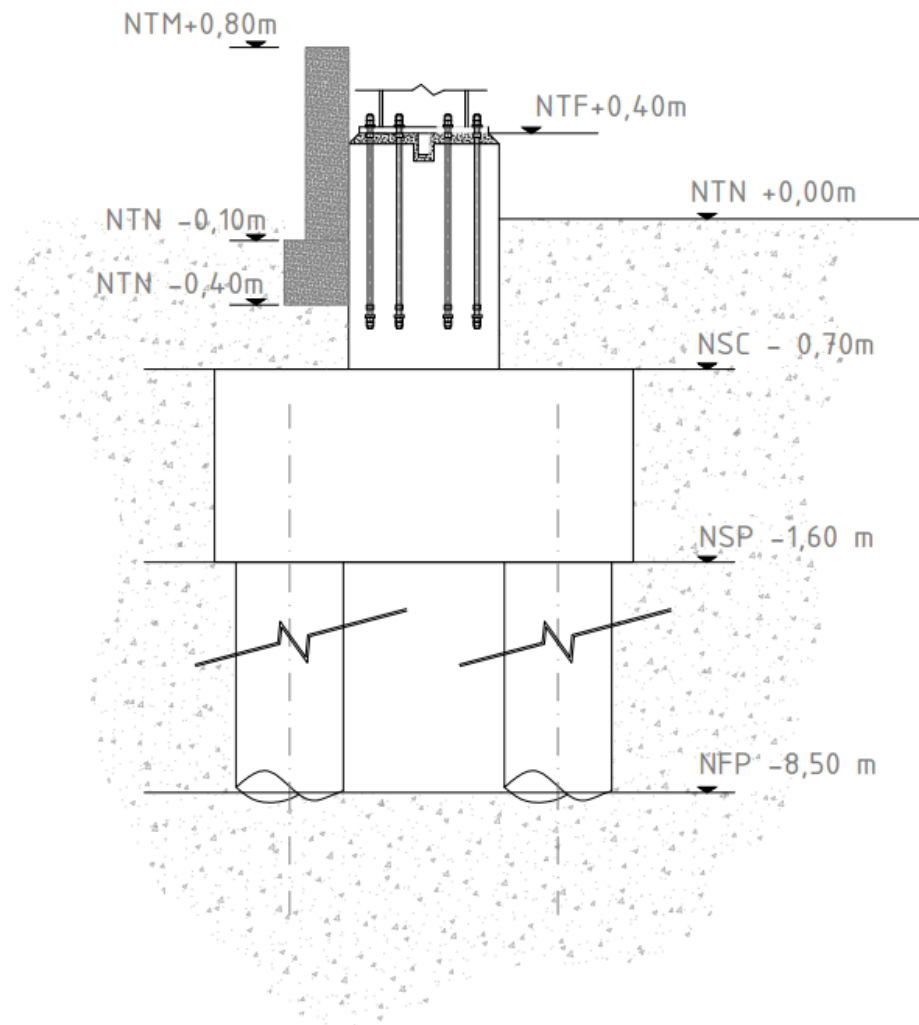


Figura 63. Niveles fundación. Fuente: elaboración propia.

Para la fundación de los pórticos, se optó por hacer fundaciones profundas, constituidas por 2 pilotes y un cabezal por cada columna. Para ello, se toma en cuenta la combinación de cargas más adversas para la estructura. En este contexto, dicha carga corresponde al viento actuando de manera perpendicular al plano del pórtico. Es particularmente relevante enfocarse en el pórtico más próximo al barlovento, considerando que la carga del viento desciende de manera escalonada a lo largo del eje longitudinal de la nave. Ver plano de fundación Plano N°8.

Para poder llevar a cabo dicho análisis se consideran los estudios de suelo correspondientes a el Trébol, una de las localidades que conforman al Consorcio en estudio.

PROFUNDIDAD (m)	Resistencia por Punta (t/m ²)	Resistencia por fricción lateral (t/m ²)	Cohesión del suelo (kg/cm ²)	Angulo Fricción Interna (°)	Coefficiente de Balasto Horizontal (kg/cm ²)
0,00 - 1,50	—	3,1	0,42	7	25/B
1,50 - 3,50	—	2,3	0,34	5	15/B
3,50 - 8,00	44 - 53	5,9 - 6,3	0,52	16	110/B

B = Diámetro del Pilote en cm
Interpolación linealmente para valores intermedios

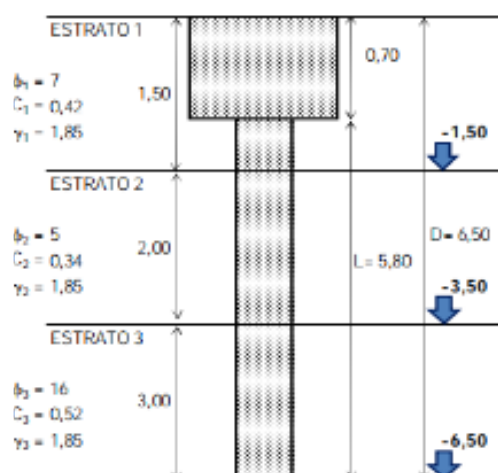


Figura 64. Características del terreno. Fuente: elaboración propia.

9.1.9.1 Pilotes

Tabla 35. Pilotes. Fuente: elaboración propia.

Propuesta cabezal		
Pilotes	2	[u]
Φ	50	[cm]
Geometría del cabezal		
$S = 2,5 \cdot \Phi$	125	[cm]
h adop	90	[cm]
$d = h - 7 \text{ cm}$	83	[cm]
$B1 = \Phi + 10 \cdot 2$	70	[cm]
$A1 = S + \Phi + 2 \cdot 10$	195	[cm]
Dimensiones del cabezal	195 x 70 x 90	
PP cabezal	30,7	[kN]
Compresión pilote		
PP pilote	33,9	[kN]
Compresión total		
Profundidad cabezal	0,7	[m]
Profundidad comienzo de pilotes	1,6	[m]
Ps pilotes		
Compresión Max	117,0	[kN]

Tracción Max	70,0	[kN]
Largo pilote	6,9	[kN]
prof punta	-8,5	[kN]
Dimensionamiento de armadura pilote		
Cuantía	1%	
A sección	196350%	
Ag necesario [cm2]	11098%	
Diámetro Φ [mm]	13 Φ 10mm	
Estribos	Φ 6 c/ 12cm	

9.1.9.2 Cabezal

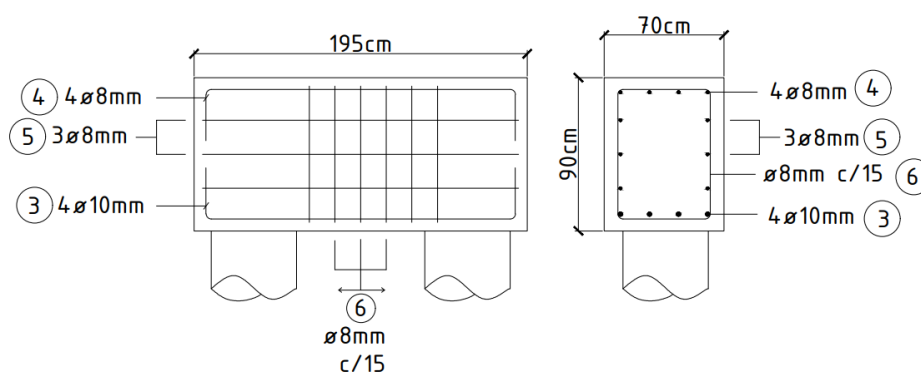


Figura 65. Cabezal. Fuente: elaboración propia.

9.1.9.3 Viga de fundación

La carga del viento llega a las fundaciones por medio de la estructura de contravía, es por ello que las fundaciones en los pórticos intermedios se encuentran solicitadas a corte. Para poder tomar el esfuerzo de corte se opta por realizar una viga de fundación que vincula los cabezales.

Tabla 36. Viga de fundación. Fuente: elaboración propia.

Viga de fundación	
Cuantía	1%
B	30
H	40,00
A°longitudinal	10 Φ 8mm
Estribos	Φ 6 c/12cm

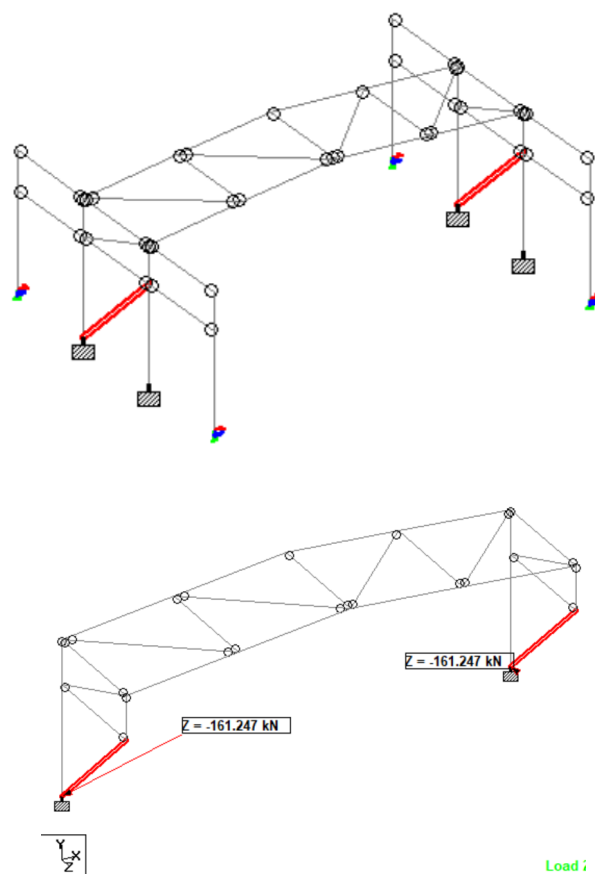


Figura 66. Viga de Fundación. Esfuerzos. Fuente: elaboración propia.

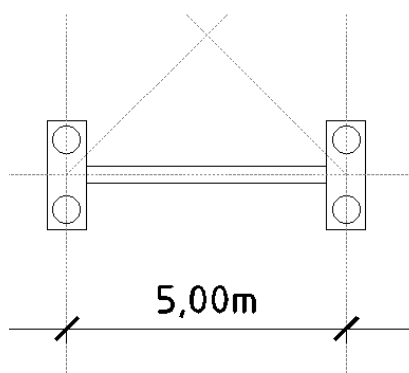


Figura 67. Detalle. Fuente: elaboración propia.

9.1 Cancha de compostaje

Se propone una nave que tenga las dimensiones necesarias para el acopio de materia orgánica tal como se mencionó en el apartado [8.2 Cancha de Compostaje](#).

Las dimensiones de la misma es de 36 m x 76 m, considerando pórticos de 6m para que tenga espacio suficiente para el ingreso de Removedor Backhus.

El dimensionamiento de la nave se dimensiona de forma muy similar al de la planta de reciclaje solo que considerando sus grandes luces se colocarían dos columnas interiores por cada

pórtico para aportar mayor rigidez. A su vez la nave requiere de más portones de acceso, para facilitar el ingreso y egreso de los equipos. Ver plano unifilar Plano N°9.

Tabla 37. Características geométricas. Fuente: elaboración propia.

Características geométricas		
Longitud mayor	76	m
Longitud menor	36	m
Pendiente de cubierta	10	%
Ángulo de la cubierta	6,0	°
Altura máx. H _{máx}	8	m
Altura media H _m	7	m
Luz de pórticos	36	m
Separación entre pórticos	6	m
Luz correas laterales/techo	6	m
Luz correas frontales	6	m
Separación entre correas techo	1,5	m
Separación entre correas laterales	1,5	m

10. ESTUDIO HIDRÁULICO.

10.1 Introducción

En este capítulo se desarrolla el estudio hidrológico y los cálculos correspondientes al proyecto de obras hidráulicas y de regulación asociados a la ejecución del proyecto en cuestión.

Para la realización del estudio se cuenta con información de las curvas de nivel del sector y de las curvas I-D-R de la ciudad de Él Trébol.

10.2 Dinámica hídrica del predio y su entorno

El predio se encuentra ubicado dentro de la cuenca Arroyo Colastiné, la cual conforma superficie de 7730 km² en el centro oeste de la provincia de Santa Fe. La hidrografía de dicha cuenca se comporta como el área típica de la llanura santafesina, con cursos de agua dependientes de precipitaciones.

El arroyo Colastiné, ubicado en el lado sureste de la cuenca, es afluente del río Coronda y éste a su vez del río Paraná. El escurrimiento dentro de la cuenca predomina hacia la orientación este.



Figura 68. Identificación de la cuenca Arroyo Colastiné, Provincia de Santa Fe.

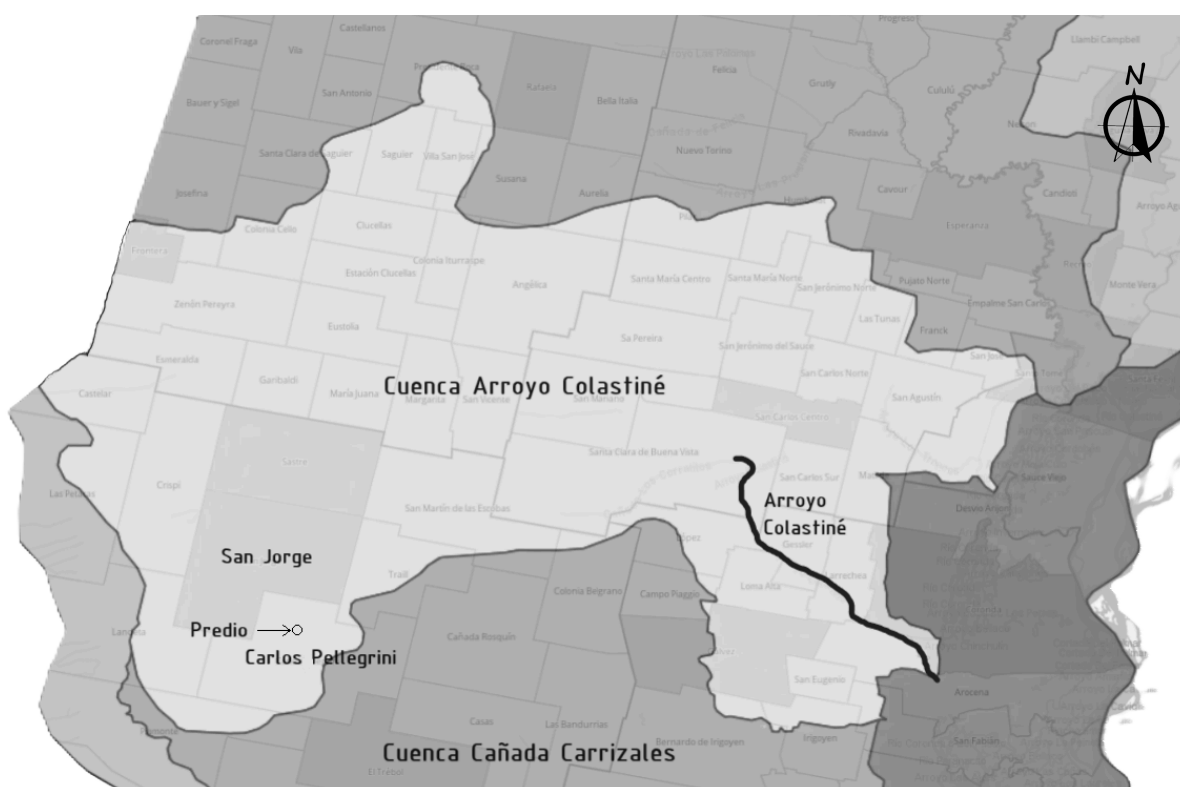


Figura 69. Identificación del predio dentro de la cuenca Arroyo Colastiné. Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura anterior, el entorno que rodea al predio se encuentra cercano a la divisoria de aguas entre la cuenca Arroyo Colastiné y la cuenca Cañada Carrizales.

Si nos enfocamos en la dinámica hídrica de la zona en estudio, podemos observar mediante las curvas de nivel correspondientes a las cartas topográficas de Carlos Pellegrini y San Jorge, la ubicación de las áreas bajas en correspondencia con las alcantarillas existentes transversales a la R.P.Nº 13, y suponer el recorrido del escurrimiento.

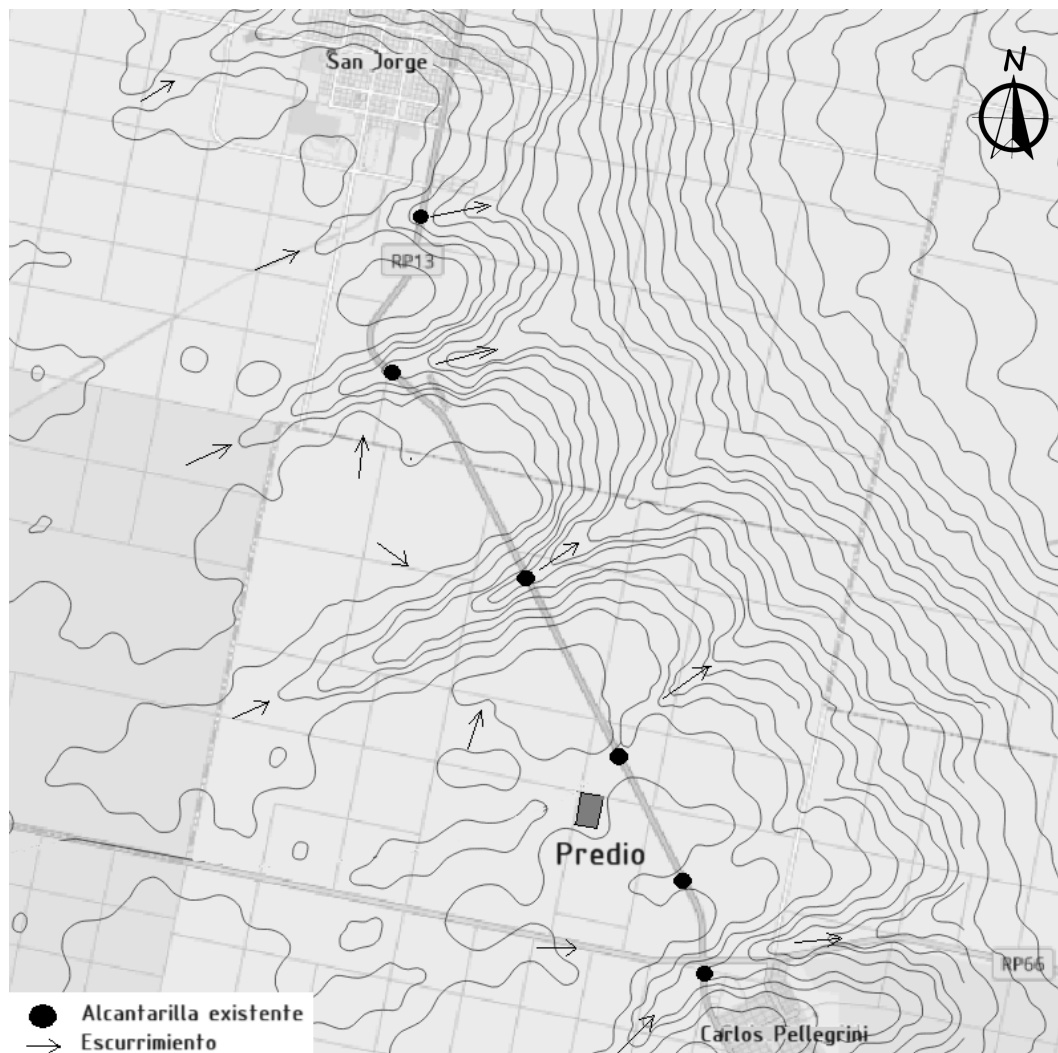


Figura 70. Identificación del sentido de escurrimiento y alcantarillas existentes, zona entre San Jorge y Carlos Pellegrini. Fuente: elaboración propia.

Ahora, si se analiza el entorno más cercano al predio, se identifica el curso natural existente sobre el que escurre el agua proveniente del terreno y sobre qué alcantarilla existente desagua finalmente. Esto se puede visualizar en la siguiente figura.



Figura 71. Escurrimiento zona de estudio. Fuente: elaboración propia.

El flujo resultante sobre el terreno se presume ser dirigido hacia el punto de descarga sobre un canal natural existente, designado en la figura anterior, situado a una distancia de 150 metros del origen del flujo.

Cabe destacar que, no se cuenta con una nivelación topográfica del terreno, por lo que para estimar las cotas de terreno natural de los puntos dentro del predio necesarios para futuros cálculos, se realiza una interpolación lineal entre el punto de descarga y las curvas de nivel identificadas en la figura.

La cota del punto de descarga se supone como el promedio entre las cotas de las curvas de nivel correspondientes a 105 y 106, 25 metros, por lo que se adopta como cota igual a 105,62m.

Los valores de cota de terreno natural estimados a partir de esta hipótesis, se encuentran detallados en la Tabla 12 del Anexo N°9 “Cálculo hidráulico”.

Se adjuntan al final del informe las cartas topográficas correspondientes a Carlos Pellegrini y San Jorge.

10.3 Cálculos hidrológicos

La ejecución de obras como la que implica la implantación de un proyecto GIRSU, donde se construyen edificios, playas de estacionamiento, caminos pavimentados y módulos de disposición final, incrementan la cubierta impermeable de la cuenca, reduciendo por lo tanto la infiltración, percolación, escurrimiento subsuperficial y subterráneo. Esto genera un aumento del volumen de escorrentía superficial, y por consiguiente un incremento en la velocidad del escurrimiento.

El aumento del caudal de escurrimiento puede provocar problemas de inundación, erosión del suelo y alteraciones en el régimen hídrico local, si no se toman recaudos adecuados.

Además, se debe considerar que el caudal de salida sobre la obra de descarga puede resultar una sobrecarga en la infraestructura existente, lo que conlleva a obstrucciones y desbordes.

En consecuencia, se debe prestar especial atención al proyecto hidráulico y a los recaudos a considerar en el diseño de las obras hídricas necesarias.

Para ello, se tiene en consideración lo expresado en la Resolución N° 736 del año 2016, promulgada por el Ministerio de Infraestructura y Transporte de la Provincia de Santa Fe. Consiste en una reglamentación que establece requisitos a cumplir para las nuevas proyecciones correspondientes a lotes con fines de urbanización simple, los conjuntos inmobiliarios y los emprendimientos que impliquen un cambio en el uso de suelo. Si bien en dicho documento no se nombra expresamente a los proyectos con destino de disposición final, lo establecido en él se considera como herramienta de diseño para el proyecto.

Se comienza analizando el escurrimiento que se genera en el terreno en la situación previa a la ejecución del proyecto, y se lo compara con el generado para la situación post proyecto. Esta comparativa resulta necesaria ya que, como se explica anteriormente, un porcentaje del terreno se encuentra sometido a impermeabilización, lo que genera que el escurrimiento post proyecto sea mayor, y por lo tanto, que el caudal de salida hacia el punto de descarga aumente.

Para la estimación del caudal máximo asociado a una determinada lluvia de diseño, se hace uso del Método Racional Modificado, dado que se trata de una cuenca rural pequeña. La misma posee 24,88 has, por lo que se supone uniformidad espacial y temporal de la lluvia y baja variación temporal de pérdidas. Por lo tanto, se pueden 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 depende en forma lineal del área de la subcuenca, intensidad de lluvia, tipo y uso del suelo, por lo que puede obtenerse mediante la expresión:

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

Siendo: Q : Caudal [m^3/s]
 A : Área de la cuenca [Has]
 C : Coeficiente de escorrentía
 I : Intensidad de lluvia [mm/hs]

10.3.1 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es el parámetro que describe la proporción de la precipitación que escurre superficialmente en la lluvia de diseño. Depende de las características y condiciones del suelo, de la pendiente, de la intensidad de lluvia, entre otros factores. Por lo que se debe adoptar un coeficiente razonable que logre representar la influencia conjunta de dichos factores.

Cuando se cuenta con heterogeneidad de áreas, donde se presentan distintos porcentajes de superficies permeables e impermeables, como en el presente caso, se puede recurrir a la determinación de un coeficiente de escurrimiento ponderado para un área total A , mediante la siguiente formulación:

$$C = \frac{1}{A} \sum_{k=1}^M C_k A_k$$

Siendo: C : Coeficiente de escorrentía ponderado
 C_k : Coeficiente de escorrentía asociado a la k – ésima subárea A_k
 A : Área de la cuenca
 M : Número total de subáreas en las que se divide el área total A .

10.3.2 Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia representa teóricamente la altura de la lámina precipitada por unidad de tiempo. Para su cálculo, se requiere determinar el tiempo que tarda en transitar la cuenca, la gota de agua hidráulicamente más alejada, es decir, el tiempo de concentración. Este representa la suma del tiempo de escurrimiento mantiforme, a través del campo, y el tiempo de escurrimiento encauzado circulante por la cuneta. Ambos se estiman como la relación entre la longitud recorrida y la velocidad del flujo. Pueden existir varios recorridos posibles de flujo para las diferentes áreas, pero el tiempo de concentración crítico será el mayor resultante.

De esta manera, dada una cuenca de área A con un tiempo de recurrencia T_c , si se produce una lluvia P con duración $D=T_c$, el caudal generado en el punto de salida será el máximo para el escenario elegido, ya que estará aportando toda la cuenca.

Se cuenta con parámetros de la estación de la localidad de El Trébol, mediante los cuales se construyen las curvas IDR, que representan la relación entre la Intensidad, Duración y Período de Retorno. Se considera una tormenta de duración igual a tiempo de concentración y de intensidad constante.

Para el cálculo de la intensidad de lluvia se utilizan las curvas IDR construidas mediante relaciones intensidad, duración y recurrencia, determinadas para la estación ubicada en la localidad de El Trébol, entre los años 1990 y 2017 (Datos brindados por la cátedra Proyecto IV). En el Anexo N°9 “Cálculo Hidráulico” se detalla la construcción de las curvas IDR necesarias para el desarrollo del proyecto de obras hidráulicas.

10.3.3 Caudales máximos de salida

Habiendo definido los parámetros necesarios para la utilización del Método Racional Modificado, se procede a calcular el caudal máximo para la situación pre proyecto y post proyecto, para la lluvia de diseño de una recurrencia de 5 años y 100 años. Se eligen estos valores de recurrencia ya que será necesario para la posterior definición de obras de almacenamiento y regulación de los excedentes pluviales por cambio en el uso de suelo, así lo indica la Resolución N° 736/16. El cálculo correspondiente se presenta en el Anexo N°9 “Cálculo Hidráulico”.

Se destaca que el análisis se realiza para la condición más desfavorable para las cunetas. Por lo tanto, se plantea que los cuatro módulos de disposición se encuentran llenos, y que la precipitación que cae sobre los módulos, poseen un coeficiente de escurrimiento de 0,60, valor que se supone adecuado para un suelo que posee una capa externa de suelo vegetal semipermeable. Cuando los módulos no se encuentran llenos, el agua queda retenida en ellos y es trasladada hacia las piletas de tratamiento de líquido lixiviado.

A modo de resumen, se presentan en la siguiente tabla los caudales máximos calculados para la situación pre y post proyecto, para ambos valores de recurrencia.

Tabla 38. Resumen de caudales máximos de salida. Fuente: elaboración propia.

Recurrencia	Pre proyecto	Post proyecto
5 años	0,45 m ³ /s	0,70 m ³ /s
100 años	0,68 m ³ /s	1,85 m ³ /s

10.4 Proyecto de obras hidráulicas

A partir de este punto se desarrolla propiamente el proyecto de las obras necesarias para mitigar el impacto hídrico generado por el cambio de uso de suelo post ejecución de proyecto.

Específicamente, se implementa un sistema tradicional de captación y conducción del agua precipitada sobre el terreno. Este sistema consiste en cunetas excavadas en tierra (sin revestir) diseñadas para evitar desbordamiento.

Las cunetas dirigen el agua de lluvia hacia un reservorio excavado en tierra, cuya función principal es almacenar transitoriamente el agua de lluvia precipitada en toda la superficie que incorpore el nuevo proyecto, de modo que los escurrimientos superficiales que se generen, no superen los escurrimientos superficiales, en términos de caudales de salida pico para la

recurrencia de diseño, que se producirían pre proyecto, es decir, con anterioridad al cambio de uso del suelo.

La ejecución de un reservorio en este tipo de proyecto es de suma importancia debido al proceso de impermeabilización que experimenta el suelo del terreno. Esta obra de retención transitoria permite regular el flujo de agua de manera que se mantenga el equilibrio hidrológico previo a la intervención, sin generar desbordes hacia el punto de descarga final.

De esta manera, en este apartado se estiman los requerimientos respecto al espacio necesario para la ubicación, y definición de las dimensiones del sistema de conducción interna, alcantarillas y obras de regulación y descarga.

10.4.1 Diseño de obra de conducción interna

10.4.1.1 Cálculo de caudales requeridos por cuneta

Las conducciones internas están formadas por cunetas que cumplen la función de coleccionar y evacuar las aguas pluviales de la zona en estudio. Deben estar diseñadas de tal manera que no se produzca proceso erosivo ni acumulación de sedimentos.

Se proyectan cunetas hacia ambos lados de los caminos internos y caminos perimetrales a los rellenos.

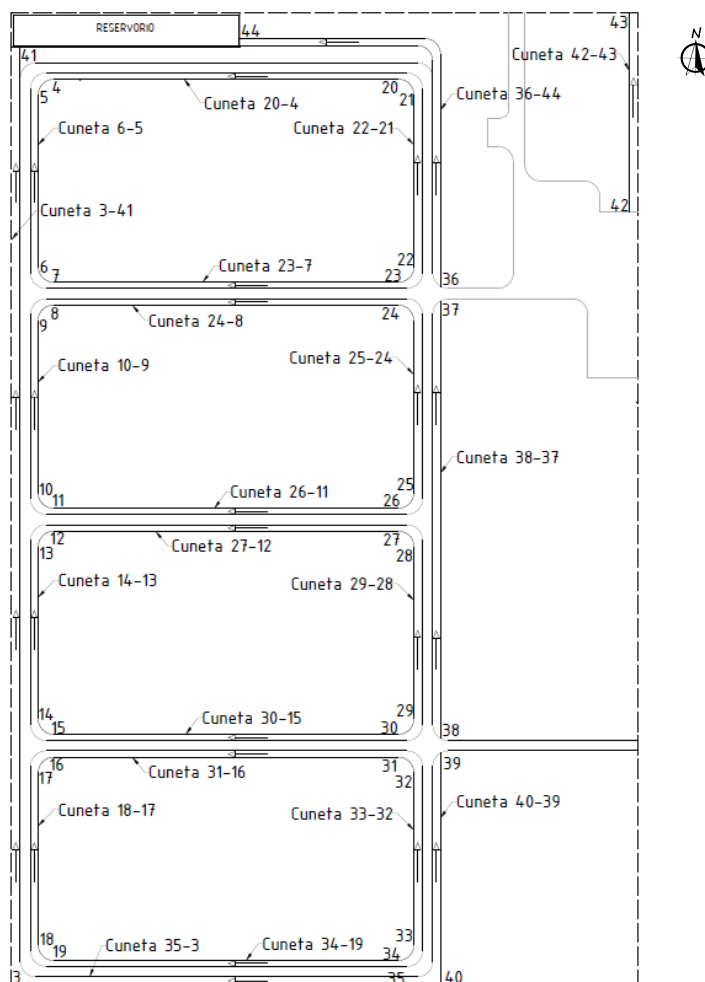


Figura 72. Cunetas proyectadas. Fuente: elaboración propia.

El proceso de diseño de cunetas es iterativo, y se comienza calculando el caudal que requiere cada una de ellas dependiendo de las subcuencas que aportan a esta, mediante el Método Racional Modificado, para una recurrencia de 5 años, como lo indica la Resolución N° 736/16.

La definición de subcuencas de aporte se puede observar en el Plano N° 10, mientras que el cálculo para las 21 cunetas proyectadas se detalla en el Anexo N°9 “Cálculo Hidráulico”.

10.4.1.2 Diseño y verificación de cunetas

El diseño de cada una de ellas depende de la prestación que se requiere. La sección de las cunetas es trapezoidal con taludes 1:2, contratalud 1:3, y considerando pendiente longitudinal mínima de 1‰. En el Plano N° 10 se observan cortes transversales de los caminos perimetrales al módulo, donde se esquematizan las cunetas y sus especificaciones.

Para el cálculo del caudal circulante por cada cuneta se utiliza la formulación de Chezy Manning para canales.

$$Q = \frac{1}{\eta} A R^{2/3} S^{1/2}$$

Siendo: Q : Caudal [m^3/s]

η : Coeficiente de rugosidad.

A : Sección transversal del canal [m^2]

R : Radio hidráulico [m]

S : Pendiente longitudinal

De esta manera, se propone una sección de cuneta y se verifica cada una de ellas mediante el cálculo anterior. Este procedimiento se presenta en el Anexo N°9 “Cálculo Hidráulico”.

10.4.2 Diseño de alcantarillas

Luego de determinar el caudal de diseño de cada cuneta, procedemos al dimensionamiento de las alcantarillas. Se requiere el proyecto de alcantarillas en los casos que la cuneta se ve interferida por un camino transversal. En la siguiente figura se observa la ubicación de las 6 alcantarillas a diseñar.

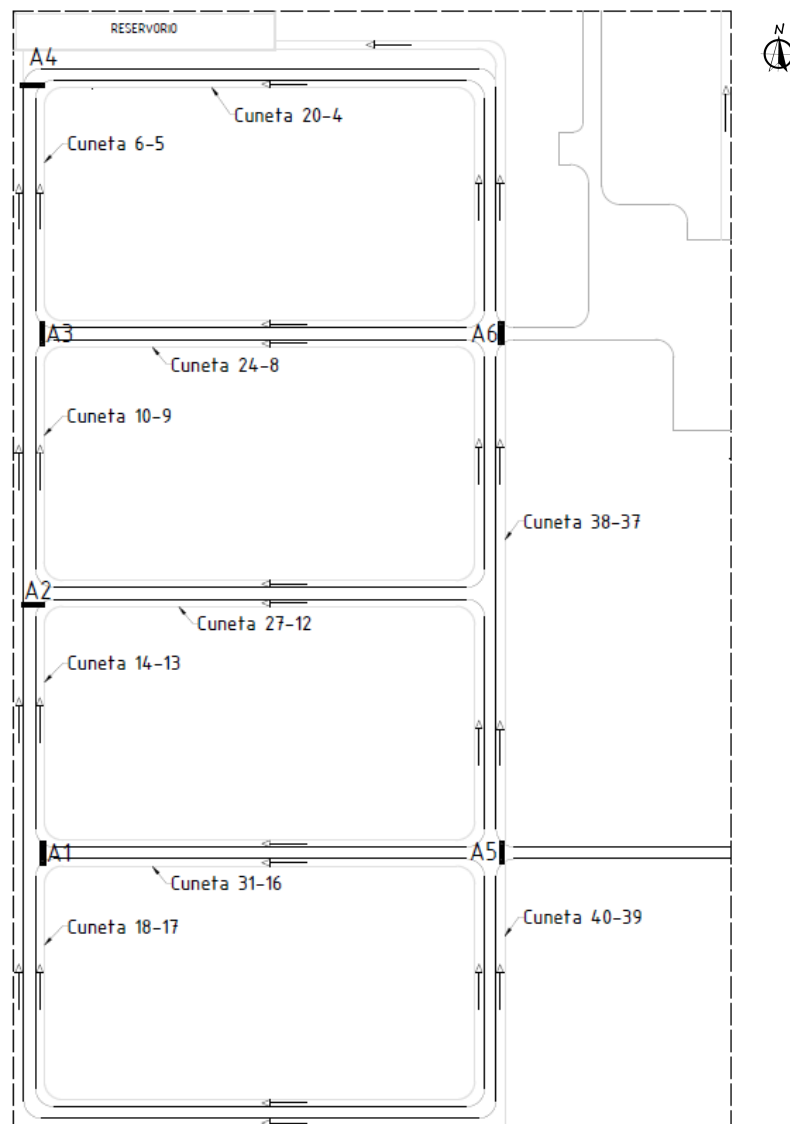


Figura 73. Alcantarillas proyectadas. Fuente: elaboración propia.

Según la Resolución N° 736/16, el diseño de alcantarillas debe ser para una recurrencia de 5 años, y estas deben asegurar una tapada mínima.

De esta manera, se predimensionan las alcantarillas con los ábacos correspondientes a una sección circular de chapa ondulada con embocadura de muros de ala Ef. 100%.

Se decide utilizar este tipo de conducto ya que es el que menor tapada requiere, a diferencia de las alcantarillas de caños de hormigón o alcantarillas tipo cajón. Este es un punto crítico en el diseño, ya que se cuenta con una altura libre reducida entre la cota de fondo de la cuneta y el punto más bajo del coronamiento del camino que atraviesa la alcantarilla.

En el Anexo N°9 “Cálculo Hidráulico” se detalla el cálculo realizado, donde resultan 2 tipos de alcantarillas:

- Tipo 1: 1 conducto de sección circular de chapa ondulada de 0,80 m de diámetro.
- Tipo 2: 2 conductos de sección circular de chapa ondulada de 0,80 m de diámetro.

La elección del diámetro igual a 0,80 m es a modo de que se facilite la reparación o limpieza de obstrucciones en el interior de la misma.

Los extremos del conducto son prolongados de forma recta y no poseen muros de cabecera, ya que se considera que los caudales que descargan las alcantarillas no lo requieren.

En el Plano N° 11 se identifica a cada una de las 6 alcantarillas y se la clasifica en Tipo 1 y Tipo 2. Además, se observa un corte transversal y longitudinal para cada alcantarilla tipo, según en Plano Tipo H-10236.

10.4.3 Diseño de reservorio

El dispositivo de regulación, compuesto por la estructura del reservorio y las obras de descarga, está diseñado para controlar el flujo superficial hacia la infraestructura aguas abajo. Esto es crucial debido a cambios en el uso del suelo que podrían provocar desbordamientos si no se toman medidas preventivas.

Las obras de descarga se instalan con el fin de evitar que el volumen de agua evacuado supere el que ocurriría antes del proyecto. Al comparar los máximos caudales de salida antes y después del proyecto, se reconoce la necesidad de mitigar el aumento en el escurrimiento y la descarga causados por el cambio en el uso del suelo. Por lo tanto, se decide construir un reservorio que pueda regular el flujo de salida para que sea consistente con la situación previa al proyecto.

Siguiendo las recomendaciones de la Resolución N° 736/16, el dispositivo de regulación debe ser diseñado para una recurrencia de 100 años, para descargar los caudales generados por tormentas de diseño de 5 y 100 años.

De esta manera, el volumen del reservorio se calcula para que el caudal de salida de la obra de descarga sea el correspondiente a $R = 100$ años. Para conocer el valor del mismo, se requiere de la construcción del hidrograma para la situación pre proyecto y el hidrograma para la situación post proyecto, ambos para $R=100$ años. El proceso de obtención de estos se puede visualizar en el Anexo N°9 “Cálculo Hidráulico”.

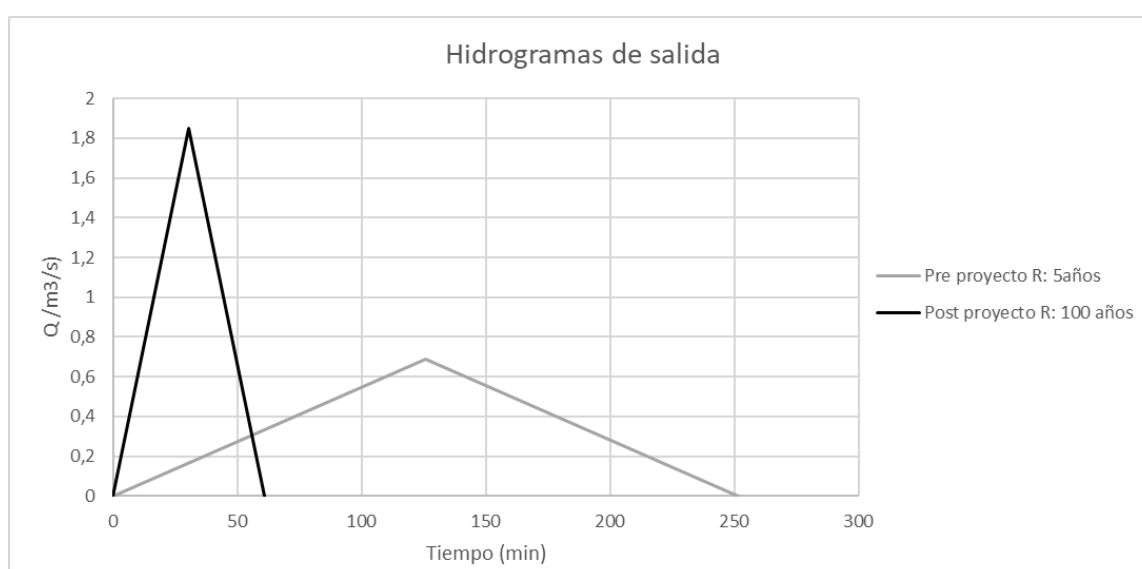


Figura 74. Hidrograma de salida post proyecto. Fuente: elaboración propia.

Finalmente, el volumen requerido es representado por la diferencia de áreas encerradas por ambos hidrogramas, y este resulta de 2096 m³.

Para el diseño del reservorio se toma en consideración lo establecido en la Resolución N° 736/16. La profundidad máxima recomendada es de 0,80 m, por lo que se decide adoptar esta como altura de reservorio con el objetivo de minimizar la superficie en planta requerida. Asimismo, recomienda que los taludes tendidos sean compatibles con la estabilidad del tipo de suelo presente en la zona. Dado que se trata de una región donde predomina la arcilla de baja plasticidad, se adoptan taludes de 1:1.

10.4.4 Diseño de obras de regulación y descarga

Para una recurrencia de 5 años, se plantea que el caudal de salida es descargado por orificios, mientras que para una recurrencia de 100 años, se proyecta un vertedero de cresta ancha para la descarga del caudal de salida.

10.4.4.1 Cálculo de obra de regulación para R=5 años

El caudal máximo de salida pre proyecto para una recurrencia de 5 años es de 0,45 m³/s. Por lo tanto, se debe estimar la cantidad de orificios necesarios para evacuar dicho valor de caudal. Se plantea que los orificios para una recurrencia de 5 años se comportan como canales abiertos, por lo que se hace uso de la formulación de Chezy Manning:

$$Q = \frac{1}{\eta} A R^{2/3} S^{1/2}$$

Siendo: Q : Caudal [m³/s]

η : Coeficiente de rugosidad.

A : Sección transversal del orificio [m²]

R : Radio hidráulico [m]

S : Pendiente longitudinal

Como consideración, en la Resolución N° 736/16 se recomienda evitar diámetros menores a 0,40 m para descarga por orificio. Por lo tanto, se decide adoptar 3 orificios de pared gruesa de hormigón, de 0,50 m de diámetro y 2,60 m de longitud. Estos descargan un caudal de salida de 0,45 m³/s. El cálculo correspondiente se puede observar en el Anexo N°9 "Cálculo Hidráulico".

10.4.4.2 Cálculo de obra de regulación para R=100 años

El caudal máximo de salida pre proyecto para una recurrencia de 100 años es de 0,68 m³/s.

En este caso, se plantea que los orificios antes calculados trabajan como orificios a descarga libre, suponiendo que el tirante aguas abajo de la obra es inferior a la cota superior del

intradós del descargador. El caudal se estima mediante la siguiente formulación que surge de la ecuación de Bernoulli y de consideraciones de pérdida de energía:

$$Q = \mu A \sqrt{2 g H_o}$$

Siendo: Q : Caudal [m^3/s]

μ : Coeficiente de gasto

A : Área transversal de orificios [m^2]

g : aceleración de la gravedad [m/s^2]

H_o : Carga total referida al eje del orificio [m]

Finalmente, se obtiene que para una recurrencia de 100 años, los 3 orificios planteados anteriormente, trabajando como orificios a descarga libre, logran evacuar el caudal de salida igual a 0,68 m³/s.

El caudal regulado es descargado a la cuneta del camino existente lindero con el predio. Debido a la falta de datos respecto a las dimensiones de las cunetas del camino previo al proyecto, se supone que las mismas poseen una profundidad y una base de fondo, ambas de 0,50 m, como se observa en la siguiente figura:

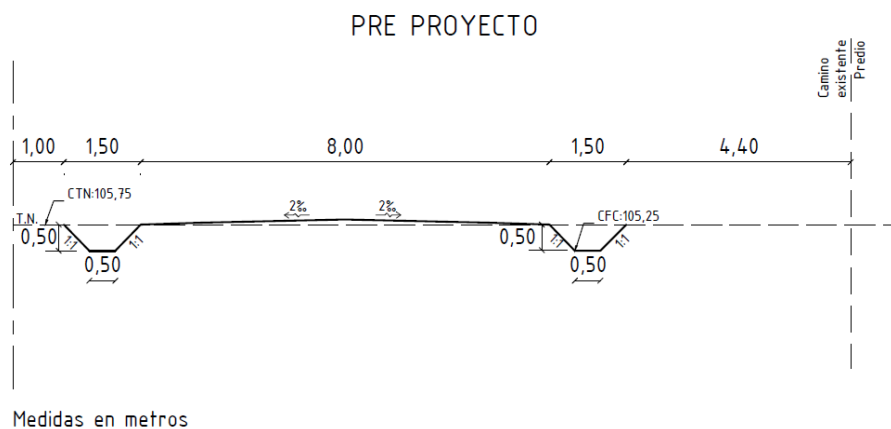


Figura 75. Corte transversal del camino existente lindero al predio pre proyecto. Fuente: elaboración propia.

A partir de esta hipótesis, y habiendo obtenido la cota con la que se llega al punto de descarga sobre la cuneta del camino existente, se decide realizar una rectificación de dicha cuneta, aumentando la profundidad a 1,30 m, y ensanchando la base de fondo a 1 m. Por último, se supone talud de 1:2 y contratalud de 1:1.

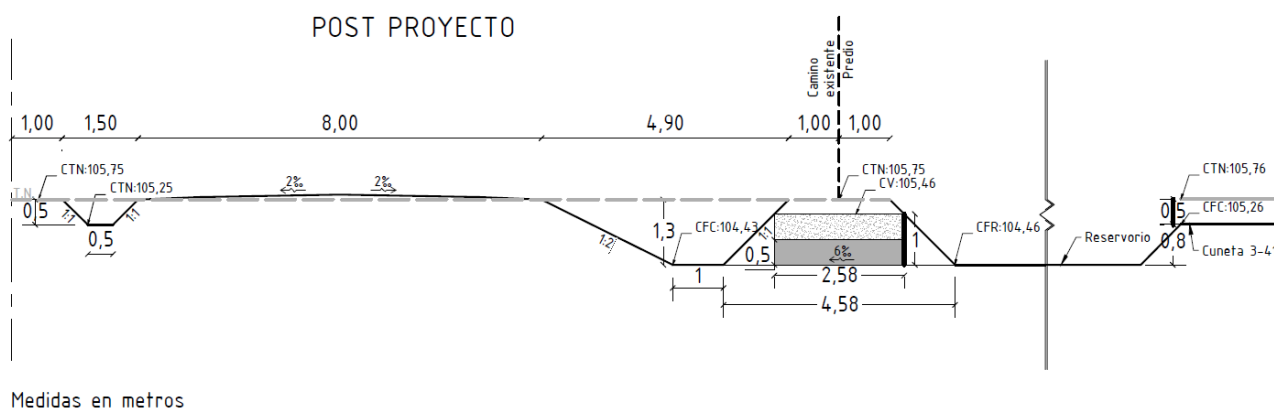


Figura 76. Corte transversal del camino existente lindero al predio post proyecto. Fuente: elaboración propia.

Mediante la rectificación de la cuneta del camino existente, se logra que la cota de fondo del punto de descarga resulte mayor a la cota de fondo de la cuneta del camino existente a la que se desagua:

$$CFR = 104,46 > CFC = 104,43$$

De esta manera, el escurrimiento se descarga por medio de los orificios dispuestos con una pendiente del 6‰ hacia la cuneta del camino existente. Esta explicación se puede visualizar con mayor detalle en el Plano N° 12.

11. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

11. 1 Objetivos de Desarrollo Sostenible en Argentina (ODS)

La Agenda Mundial de Desarrollo Sostenible fue aprobada por todos los Estados miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en septiembre del 2015 y consta de 17 objetivos y 169 metas para cumplir hasta el 2030.

Estas líneas de acción engloban el compromiso de los Estados para erradicar el hambre y lograr la seguridad alimentaria, garantizar una vida sana y una educación de calidad, lograr la igualdad de género, asegurar el acceso al agua y la energía sustentable, promover el crecimiento económico sostenido, adoptar medidas urgentes contra el cambio climático; promover la paz, facilitar el acceso a la justicia y fortalecer una alianza mundial para el desarrollo sostenible.



Figura 77. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: ONU.

11. 2 Objetivos de Desarrollo Sostenible del centro GIRSU.

Un predio de gestión integral de residuos sólidos urbanos (GIRSU) está vinculado a varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda de la ONU. Principalmente, impacta en el ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles), 12 (Producción y Consumo Responsables), 6 (Agua limpia y saneamiento), 13 (Acción por el Clima) y el ODS 17 (Alianzas para lograr los objetivos). A continuación se desarrollan las mismas contemplando el orden de importancia:

11.2.1 ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles.

El primer lugar le corresponde al objetivo 11, ya que la gestión integral de residuos sólidos urbanos contribuye directamente a la sostenibilidad de las ciudades y comunidades.



El objetivo 11 de “Ciudades y Comunidades Sostenibles” busca lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Esto es crucial, ya que se espera que el 60% de la población viva en ciudades para el 2030, lo que hace que el desarrollo sostenible de las ciudades sea un desafío crítico en la agenda global.

Dada la forma en que las grandes ciudades generan residuos, esto está directamente relacionado con la gestión de residuos sólidos, incluyendo la operación de rellenos sanitarios, de las siguientes maneras:

- Gestión adecuada de residuos urbanos: Uno de los componentes clave para alcanzar el objetivo 11 es garantizar la gestión adecuada de los residuos generados en las ciudades y comunidades.

Es notable como hasta entonces no se cumple este objetivo en las 14 localidades estudiadas, dado que se cuenta con más de 11 BCA en la región que perjudican la salud de las personas que habitan la zona e intervienen negativamente en sus actividades cotidianas.

Los rellenos sanitarios controlados son una parte esencial de esta gestión, ya que proporcionan un lugar adecuado para la disposición final de los residuos sólidos urbanos, evitando así la acumulación de basura en áreas urbanas y contribuyendo a mantener las ciudades limpias y saludables.

- Reducción de la contaminación: La contaminación ambiental producida por una mala gestión de los residuos sólidos puede afectar la salud de las personas y la calidad de vida en las ciudades, por lo que los rellenos sanitarios controlados ayudan a reducir este riesgo.

- Infraestructura y servicios básicos: El manejo adecuado de los residuos sólidos es un servicio básico en las ciudades y comunidades sostenibles. Un relleno sanitario bien gestionado es una parte fundamental de la infraestructura necesaria para brindar este servicio y, por lo tanto, contribuye al logro de la meta 11, que busca asegurar el acceso de todas las personas a servicios básicos, incluyendo la gestión de residuos.
- Desigualdad social: Es notable como la ausencia de rellenos sanitarios bien diseñados y gestionados fomenta una inadecuada distribución de los residuos en áreas menos pobladas o con menos recursos. Esto contribuye a la desigualdad social ya que parte de la población se ve más vulnerable y expuesta a las consecuencias que una mala gestión de los residuos conlleva.

Metas que cumple dentro del ODS 11:

→ ODS 11.1: Acceso a Viviendas y Servicios Básicos:

El proyecto GIRSU mejora las condiciones urbanas y contribuye al acceso a viviendas y servicios básicos mediante la gestión eficiente de residuos.

→ ODS 11.6: Reducción del Impacto Ambiental en Ciudades:

La gestión de residuos reduce el impacto ambiental per cápita en las ciudades, destacando la atención a la calidad del aire y la gestión de desechos.

→ ODS 11.7: Acceso Universal a Espacios Verdes:

El proyecto contribuye a entornos urbanos más limpios, promoviendo el acceso a zonas verdes y espacios públicos seguros.

→ ODS 11.a: Fortalecimiento de Vínculos entre Zonas Urbanas y Rurales:

El proyecto GIRSU juega un papel integral en fortalecer los lazos económicos, sociales y ambientales entre zonas urbanas, periurbanas y rurales, respaldando la planificación del desarrollo a nivel nacional y regional.

→ ODS 11.b: Implementación de Políticas para Desarrollo Sostenible:

El proyecto respalda la implementación de políticas para la inclusión, uso eficiente de recursos, mitigación del cambio climático y resiliencia ante desastres.

11.2.2 ODS 12: Producción y Consumo Responsables.

El segundo objetivo, en orden de importancia es el ODS 12 ya que él mismo considera la importancia de reducir, reutilizar y reciclar y este proyecto se alinea fuertemente con estas prácticas, fomentando un manejo responsable de los residuos.

12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES



El objetivo 12 de “Producción y consumo responsables” busca promover prácticas sostenibles de producción y consumo a nivel mundial.

Según los datos obtenidos de la ONU, si la población mundial alcanza los 9.600 millones de personas para 2050, sería insostenible mantener los niveles actuales de consumo de recursos naturales. Se requerirían los recursos de casi tres planetas para satisfacer estas demandas, lo que destaca la necesidad de un enfoque más sostenible en la gestión de recursos y el estilo de vida.

El concepto de consumo y producción sostenibles consisten en “hacer más y mejor con menos” lo que implica lograr un mayor rendimiento con una menor utilización de recursos, al mismo tiempo que se disocia el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente.

Este enfoque busca mejorar la eficiencia en el uso de recursos y fomentar formas de vida sostenibles. Además, el consumo y la producción sostenibles tienen el potencial de reducir significativamente la pobreza y facilitar la transición hacia economías amigables con el medio ambiente y con bajas emisiones de carbono.

Los rellenos sanitarios controlados tienen una relación directa con este objetivo a partir de la promoción de prácticas responsables de producción y consumo:

- Reducción de residuos: Un relleno sanitario debería ser el último eslabón en la gestión de residuos sólidos, y su existencia está relacionada con la producción y eliminación de residuos. Para lograr un consumo y una producción responsables, es esencial reducir la cantidad de residuos generados en primer lugar. Esto puede lograrse a través de la famosa regla de las 3R: “Reducir, Reutilizar y Reciclar” lo que disminuirá la cantidad de residuos que finalmente llega a un relleno sanitario.

Es interesante destacar con este proyecto cómo una gestión adecuada de los residuos y una clasificación efectiva de los reciclables pueden tener un impacto significativo en la prolongación de la vida útil del relleno sanitario. Esto, a su vez, nos permite reducir la cantidad de tierra destinada al almacenamiento de residuos.

- Eficiencia en el uso de recursos: Una parte significativa de los desechos que normalmente terminan en la disposición final podría transformarse en recursos o materias primas para otras actividades. Esto no solo aliviaría la presión sobre el relleno sanitario, sino que también fomentaría prácticas sostenibles de reciclaje, contribuyendo así a la conservación de nuestros valiosos recursos naturales.

- **Materia orgánica:** La materia orgánica, como los residuos de alimentos y productos biodegradables, es una parte significativa de los residuos sólidos urbanos. Se estima que aproximadamente el 40% de los RSU constan de materia orgánica.

La ONU indica al rededor de un tercio de la comida producida se desperdicia cada año debido a problemas como el almacenamiento inadecuado, la distribución ineficiente y la falta de conciencia sobre el desperdicio de alimentos. Esto tiene un impacto negativo en la seguridad alimentaria y el medio ambiente.

Los rellenos sanitarios son instalaciones diseñadas para la eliminación segura de residuos sólidos, incluyendo la materia orgánica. Sin embargo, la acumulación de grandes cantidades de sustancias biodegradables en los mismos puede generar emisiones de gases de efecto invernadero y lixiviados contaminantes que afectan el medio ambiente.

Es por eso que en este proyecto consideramos fundamental garantizar una gestión efectiva de la materia orgánica antes de que llegue a los rellenos sanitarios, con el objetivo de reducir la cantidad de residuos que finalmente se disponen. Esto se logra mediante la separación previa de la materia orgánica de los desechos generales y su tratamiento adecuado en áreas de compostaje. De esta manera, no solo conseguimos reducir el volumen de desechos que ingresan al relleno sanitario, sino que también obtenemos tierra compostada que puede ser utilizada para crear las capas de cobertura necesarias en el mismo.

- **Educación y concienciación:** Una desventaja de situar los rellenos sanitarios lejos de las zonas habitadas es que esto puede llevar a una desconexión entre las personas y la generación de residuos. En consecuencia, la población puede perder la percepción de la cantidad de residuos que produce, lo que a su vez puede dar lugar a un consumo y generación de basura descontrolados.

Es por ello que para cumplir con el objetivo 12 la gestión de residuos en rellenos sanitarios controlados debe abarcar la promoción de la educación y la concienciación pública acerca de la importancia de prácticas de consumo y producción responsables.

Metas que cumple dentro del ODS 12:

→ ODS 12.2: Gestión Sostenible de Recursos Naturales:

El proyecto contribuye a la gestión sostenible de recursos al centrarse en la reducción, reutilización y reciclaje de residuos.

→ ODS 12.5: Reducción de la Generación de Desechos:

La base del proyecto es la gestión de residuos urbanos y su correcta disposición final. A su vez se busca concientizar y promover la prevención, reducción y gestión eficiente de residuos urbanos, reduciendo significativamente la generación de desechos.

→ **ODS 12.6: Estímulo a Prácticas Sostenibles Empresariales:**

Un proyecto GIRSU incentiva a las empresas, especialmente grandes y transnacionales, a adoptar medidas más responsables en la gestión de residuos, a su vez en muchos casos es posible generar convenios con las empresas para llevar a cabo una correcta gestión de sus residuos, permitiendo generar un recurso de lo que para ellos es un desecho, y a su vez garantizando el correcto tratamiento de aquello que no se pueda recuperar.

→ **ODS 12.7: Promoción de Adquisiciones Públicas Sostenibles:**

El proyecto, al generar conciencia sobre la sostenibilidad en la gestión de residuos, de esta manera contribuye indirectamente a promover prácticas de adquisición pública sostenibles.

→ **ODS 12.8: Acceso a Información sobre Desarrollo Sostenible:**

El proyecto proporciona información relevante para concientizar a la población y a las empresas sobre el desarrollo sostenible, particularmente en lo que refiere al tratamiento de residuos sólidos urbanos.

→ **ODS 12.a: Fortalecimiento de Capacidades para Consumo y Producción Sostenibles:**

La implementación de prácticas sostenibles en la gestión de residuos contribuye al fortalecimiento de capacidades en países en desarrollo.

11.2.3 ODS 6: Agua limpia y Saneamiento.

En tercer lugar se considera el objetivo 6 ya que la gestión adecuada de residuos sólidos evita la contaminación del agua, siendo una contribución significativa a la consecución de agua limpia y saneamiento.



El objetivo 6 de "Agua limpia y saneamiento" se enfoca en asegurar que todas las personas tengan acceso a agua potable y servicios de saneamiento adecuados, al mismo tiempo que se promueve la gestión sostenible de los recursos hídricos. Esto implica garantizar que todas las comunidades, independientemente de su ubicación geográfica o nivel de desarrollo, cuenten con las instalaciones correspondientes para abastecer dichos servicios básicos e indispensables para las actividades humanas.

La ejecución de un relleno sanitario controlado puede contribuir de manera significativa al logro del Objetivo 6:

- Prevención de la contaminación del agua: Tal como se mencionó al principio de este informe, los Basurales a Cielo Abierto producen contaminación sobre el suelo en el

que se deposita y en consecuencia en las aguas subterráneas y superficiales debido a una mala gestión de los residuos.

Los rellenos sanitarios son instalaciones diseñadas específicamente para la disposición segura de residuos sólidos. Al contar con un sistema adecuado de recolección y eliminación de basura, los mismos están diseñados para minimizar la liberación de contaminantes al medio ambiente. Esto incluye medidas para evitar la filtración de líquidos tóxicos en el suelo, a partir de una correcta localización del mismo, es decir, a una distancia prudente de cualquier toma de agua para el consumo humano; mediante una buena impermeabilización del suelo y asegurando un adecuado tratamiento de los líquidos lixiviados.

Al prevenir la contaminación del agua subterránea, se preserva la calidad de las fuentes utilizadas para el abastecimiento de agua potable

- Reducción de enfermedades transmitidas por el agua: La gestión inadecuada de residuos sólidos puede dar lugar a la proliferación de enfermedades transmitidas por el agua. Los rellenos sanitarios controlados, al gestionar adecuadamente los desechos y minimizar la contaminación ambiental, ayudan a prevenir la propagación de enfermedades relacionadas con el agua, lo que es fundamental para garantizar la salud y el saneamiento.
- Preservación de recursos hídricos: Al prevenir la contaminación del agua, los rellenos sanitarios contribuyen a la preservación de los recursos hídricos. Esto es crucial para garantizar la disponibilidad de agua limpia y sostenible, que es un componente esencial del objetivo 6 de Agua Limpia y Saneamiento.

Metas que cumple dentro del ODS 6:

→ ODS 6.1: Acceso Universal al Agua Potable:

Aunque el proyecto no está directamente relacionado con el suministro de agua potable, contribuye a preservar la calidad del agua al gestionar de manera eficiente los residuos sólidos urbanos, reduciendo así la contaminación del agua.

→ ODS 6.2: Acceso a Saneamiento e Higiene Adecuados:

El proyecto mejora las condiciones de saneamiento al gestionar de manera eficiente los residuos sólidos urbanos y reducir la contaminación ambiental.

→ ODS 6.3: Mejora de la Calidad del Agua:

La gestión eficiente de residuos del proyecto contribuye a mejorar la calidad del agua al reducir la contaminación, eliminar desechos no tratados y fomentar el reciclado.

→ ODS 6.4: Uso Eficiente de Recursos Hídricos:

Al reducir la contaminación del agua y mejorar la gestión de residuos, el proyecto contribuye al uso eficiente de los recursos hídricos contribuyendo a enfrentar la escasez de agua.

→ ODS 6.6: Protección y Restauración de Ecosistemas Acuáticos:

Aunque no es el enfoque central del proyecto, la mejora de la gestión de residuos contribuye a reducir la contaminación y a proteger los ecosistemas acuáticos.

11.2.4 ODS 13: Acción por el clima.

En cuarto lugar se describe el objetivo 13, ya que al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la gestión eficiente de residuos, un relleno sanitario contribuye significativamente a la lucha contra el cambio climático



El ODS número 13 se centra en "Acción por el Clima". Su objetivo principal es tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos.

El mismo establece una serie de metas y objetivos interrelacionados para abordar el cambio climático a nivel mundial. Algunos de ellos son: Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, fortalecer la resiliencia de las comunidades y los ecosistemas para hacer frente a los efectos del cambio climático, movilizar recursos financieros, fomentar la cooperación entre países y aumentar la concienciación pública y la educación sobre el cambio climático.

Aunque los rellenos sanitarios no son una solución directa al cambio climático, están relacionados debido a su impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero y su papel en la gestión de residuos:

- Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI): Los rellenos sanitarios generan emisiones de gases de efecto invernadero, como el metano, a partir del procesamiento de la materia orgánica presente en los residuos sólidos, este gas contribuye al calentamiento global, un fenómeno central en el cambio climático.

Por lo tanto, la gestión adecuada de los rellenos sanitarios, incluyendo la captura y el uso de biogás, puede ayudar a reducir estas emisiones y mitigar el impacto ambiental.

- Mitigación del Cambio Climático: Reducir la cantidad de residuos que llegan a los rellenos sanitarios a partir de una correcta gestión de los mismos, disminuye las emisiones de metano y reduce la necesidad de recursos naturales para la fabricación de productos.
- Educación y Sensibilización: Tal como se mencionó en el objetivo 12, la concienciación pública sobre la relación entre la gestión de residuos y el cambio climático es importante para promover prácticas sostenibles y reducir la generación de residuos, lo que, a su vez, contribuye a los esfuerzos de mitigación del cambio climático.

- Adaptación al Cambio Climático: El diseño y la gestión de rellenos deben incluir consideraciones relacionadas con la adaptación, como la protección contra inundaciones, tormentas y eventos climáticos extremos, para garantizar que los rellenos sanitarios sigan funcionando de manera efectiva frente a condiciones climáticas cambiantes.

Metas que cumple dentro del ODS 13:

→ **ODS 13.1: Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países:**

Al gestionar eficientemente los residuos sólidos urbanos, el proyecto contribuye a la resiliencia al reducir la generación de residuos y minimizar el impacto ambiental negativo, que puede agravar los riesgos climáticos y desastres naturales.

→ **ODS 13.2: Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales:**

La gestión de residuos del proyecto puede ser parte de una estrategia nacional más amplia para abordar el cambio climático, ya que una gestión adecuada de residuos contribuye a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y reduce la contaminación ambiental.

→ **ODS 13.3: Mejorar la educación, la sensibilización respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.**

11.2.5 ODS 17: Ciudades y Comunidades Sostenibles.

Finalmente se destacan las alianzas que has establecido con diversas entidades para fortalecer la gestión integral de residuos, demostrando un enfoque colaborativo y multisectorial.



El Objetivo de Desarrollo Sostenible número 17 se trata de "Alianzas para lograr los Objetivos". Este objetivo es fundamental ya que promueve la colaboración entre gobiernos, el sector privado, la sociedad civil y otros actores para alcanzar los demás ODS. Un programa de desarrollo exitoso depende de la formación de alianzas inclusivas a nivel mundial, regional, nacional y local, basado en principios, valores, una visión compartida y objetivos centrados en el bienestar de las personas y el planeta.

Para muchos países, la ayuda económica para el desarrollo es crucial para estimular el crecimiento y el comercio. Sin embargo, es preocupante que la colaboración por parte de los países donantes está disminuyendo.

El objetivo 17 tiene una relación indirecta pero relevante con los rellenos sanitarios:

- Cooperación y Colaboración: El ODS 17 promueve la colaboración y la cooperación entre gobiernos, el sector privado, la sociedad civil y otros actores para abordar los desafíos de desarrollo sostenible. En el contexto de los rellenos sanitarios, esto podría implicar la colaboración entre entidades gubernamentales, empresas de gestión de residuos y organizaciones de la sociedad civil para mejorar la gestión de residuos sólidos y promover prácticas más sostenibles.

Esto es evidente en la manera en que la Ley provincial N° 13.055 promueve la creación de consorcios regionales y fomenta la colaboración entre las Municipalidades y Comunas con el propósito de llevar a cabo una gestión integral y regional de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU). En esta instancia, se ha establecido el Consorcio de la Microregión 2D, lo que demuestra un enfoque colaborativo y un abordaje en conjunto para solucionar de manera integrada los desafíos relacionados con la gestión de residuos de la región en estudio.

- Responsabilidad Compartida: La práctica de que naciones desarrolladas envíen su basura a países menos desarrollados como China, EEUU y países de Europa se llama “exportación de desechos” y trae aparejado consecuencias importantes de equidad tanto desde la perspectiva ambiental como social.

Es crucial reconocer que las consecuencias medioambientales afectan a nivel mundial y no se limitan a comunidades específicas lo que resalta la necesidad de cooperación internacional para abordarlo de manera efectiva.

- Financiamiento y Recursos: Tanto los proyectos de transformación de BCA en rellenos sanitarios controlados, como la implementación de tecnologías más limpias y sostenibles, requieren inversión. La cooperación financiera y el acceso a recursos son fundamentales para la mejora y modernización de los rellenos sanitarios, especialmente en países en desarrollo.
- Tecnología y Transferencia de Conocimiento: La colaboración en el ámbito tecnológico y la transferencia de conocimiento son elementos clave para la mejora de los rellenos sanitarios.

Metas que cumple dentro del ODS 17:

→ Comercio:

17.10: Promover un sistema de comercio multilateral universal: El proyecto, al gestionar residuos de manera sostenible, puede influir en las prácticas comerciales relacionadas con materiales reciclables.

→ Tecnología:

17.8: Poner en pleno funcionamiento el banco de tecnología: El proyecto implica el uso de tecnologías avanzadas, podría contribuir a esta meta al promover la adopción de innovaciones tecnológicas.

→ **Cuestiones Sistémicas y Otros:**

17.16 y 17.17: Mejorar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible y fomentar alianzas eficaces: El proyecto participa en alianzas locales que forman parte del Consorcio.

11.3 Actividades que producen gases de efecto invernadero.

En este apartado se analiza lo que se establece en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Monitoreo de Medidas de Mitigación. Del mismo se obtuvo información respecto a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) por habitante en relación a la generación de residuos sólidos urbanos.

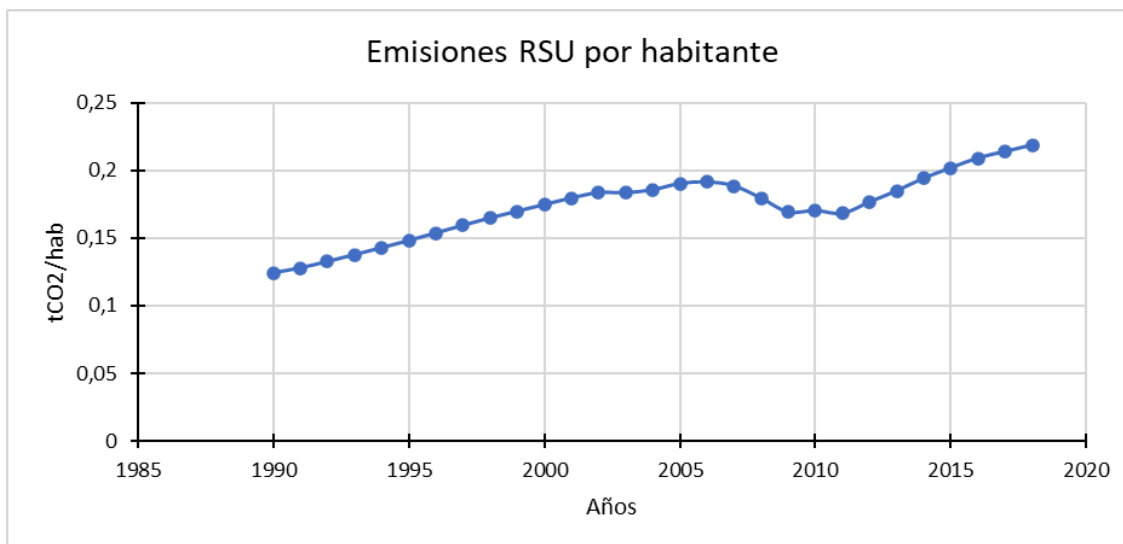


Figura 78. Emisiones de RSU por habitante. Fuente: Inventario Nacional de GEI.

De la Figura 78 se observa que a medida que transcurre el tiempo aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero por habitante como consecuencia de la generación de residuos sólidos urbanos. Esto tiene una estrecha relación con el hecho de que la generación de residuos sólidos urbanos continúa en aumento debido a los hábitos de consumo que tiene la sociedad y que son cada vez mayores.

En particular, nuestro proyecto está íntimamente ligado con los problemas ambientales y la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) es una problemática muy importante actualmente. La emisión de GEI tiene consecuencias muy graves, tales como, el calentamiento global, la desglaciación y elevación del nivel del mar, el impacto en la biodiversidad, entre otras cosas. El calentamiento global es fácilmente evidenciable con las altas temperaturas que enfrentamos actualmente los habitantes de nuestro país. Además, esto repercute en el aspecto socioeconómico.

En conclusión, esta gráfica demuestra la urgencia y necesidad de modificar la cultura del consumo para poner un freno a algunas de las problemáticas más importantes de la época.

11.4 Análisis del Artículo 3 de la Ley Provincial N° 13055.

A colación de lo recién analizado en el apartado anterior, se presenta a continuación un breve análisis respecto de la generación de RSU y su disposición final, analizando el objetivo de la Ley Provincial 13055 respecto a la reducción de la cantidad de RSU depositados.

El predio GIRSU es proyectado considerando una vida útil de 20 años y las dimensiones del módulo se obtienen suponiendo que no hay una separación previa domiciliaria de RSU aprovechables y reciclables ni tampoco lo que se separa en la planta.

La Ley Provincial N° 13055 establece en su Artículo 3:

“Se establecerá en la reglamentación un cronograma de reducción progresiva de la cantidad de residuos depositados en rellenos sanitarios, tomando como base el total de los residuos dispuestos en el año 2008.

La prohibición de la disposición final en relleno sanitario de materiales tanto reciclables como aprovechables debe cumplirse para el año 2030.

La reducción de un quince (15%) del peso de los residuos sólidos urbanos dispuestos en rellenos sanitarios sentando como base el total de los residuos dispuestos en el año 2008 es la meta mínima para el año 2016. Asimismo, deberá reducirse en un doce (12%) en forma bianual a partir del año 2018.”

De acuerdo a esto, se propone estudiar cómo se reduce el volumen de los módulos considerando distintos escenarios en los que se establecen diferentes porcentajes de reciclaje en origen y luego, además, se considera el reciclaje que se hace en la planta de separación de residuos.

Se presentan las hipótesis asumidas para el análisis y también datos que luego serán utilizados:

- La línea de tratamiento de la planta de separación puede procesar **teóricamente hasta 15808 toneladas anuales** considerando una jornada laboral de 8 horas diarias y descontando los feriados y fines de semana de los días de producción. **Sin embargo, en la realidad, únicamente entre el 5% y el 10% de los RSU son efectivamente reciclados en planta.** Se adopta un 10%, obteniendo **1581 Tn/año de RSU reciclados.**

Nota: la planta trabajando a su máxima capacidad se expresa como 100%, pero no se corresponde con un reciclado total de todos los RSU que ingresan a la misma.

- El análisis se hace considerando un **valor medio anual de toneladas de RSU** generadas para el período de diseño del proyecto que va desde 2026 hasta 2045. Dicho valor es de **37062 toneladas.**

- Se adopta la **composición de los RSU que brinda el Banco Mundial** para conocer las fracciones que podrán ser recicladas y aprovechadas.

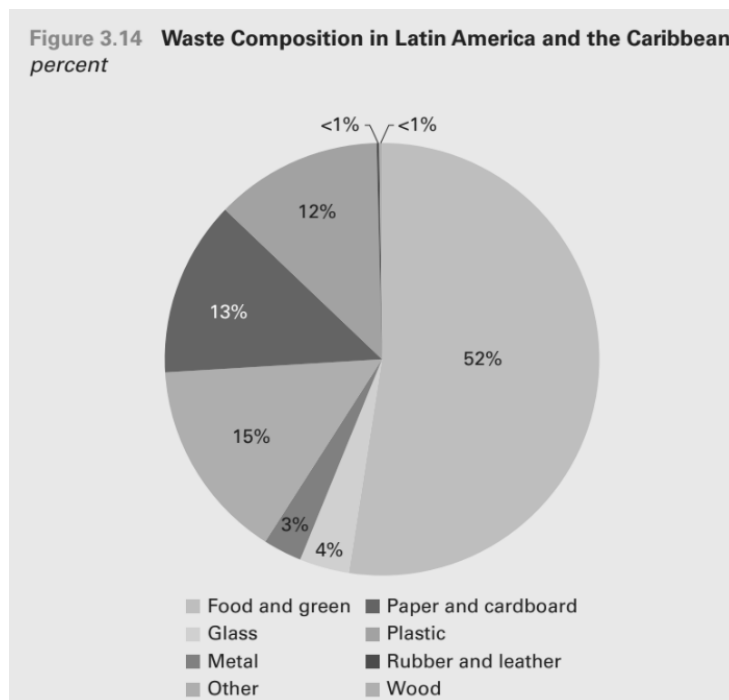


Figura 79. Composición de los RSU. Fuente: Banco Mundial.

- La generación media de RSU en el año 2009 para la ciudad de San Jorge era de 0,82 kg/(hab.día) y todos los residuos producidos terminaban en un vertedero. (Fuente: Secretaría de Medio Ambiente de la Municipalidad de San Jorge).
- Un único módulo tiene una capacidad de 264730 m³ y se corresponde a la disposición final de 37062 toneladas de RSU compactados a una densidad de 0,7 tn/m³.
- Se plantean los siguientes escenarios:
- 1) Reciclado en origen=0% y Reciclado en la planta=100%.
 - 2) Reciclado en origen=50% y Reciclado en la planta=100%.
 - 3) Reciclado en origen=75% y Reciclado en la planta=100%.
 - 4) Reciclado en origen=100% y Reciclado en la planta=0% (dado que ya fue todo previamente separado en origen).

Para cada fracción, se tienen las siguientes toneladas anuales:

Tabla 39. Composición RSU para las toneladas generadas por la Microregión 2D. Fuente: elaboración propia.

	% (Banco Mundial)	Toneladas RSU
Toneladas anuales	100	37062
Orgánico	52	19272,3
Vidrio	4	1482,5
Metálico	3	1111,9
Papel y cartón	13	4818,1
Plástico	12	4447,5
Textiles	0,5	185,3
Madera	0,5	185,3
Total	100	37062,1

Reciclable / Aprovechable **85%**
No recuperable **15%**

Del análisis de la composición de los residuos según el Banco Mundial se tiene que el 85% de ellos serían reciclables. Sin embargo, como se trata nuevamente de valores teóricos y con el objetivo de realizar un análisis conservador, se adopta que solo el 50% del total de los RSU producidos anualmente son recuperables:

$$RSU \text{ reciclable/aprovechable} = 50\% \rightarrow 18531 \text{ Tn/año}$$

$$RSU \text{ no recuperable} = 50\% \rightarrow 18531 \text{ Tn/año}$$

Teniendo en cuenta el porcentaje de residuos recuperables y la información previamente mencionada, se elaboran las siguientes tablas, en las que se determina la cantidad de toneladas de RSU que no se recuperan y/o no pueden aprovecharse y que deben depositarse.

Tabla 40. Tn a disposición final para los escenarios en estudio. Fuente: elaboración propia.

Escenarios	% reciclaje en origen	Tn. RSU recicladas en origen por año	Tn. RSU que llegan a la planta por año	Funcionamiento de la planta			Tn. a disposición final
				Toneladas que procesa	Operación	Cant. de operarios	
1	0	0	37062	1581	100%	16	35481
2	50	9266	27797	1581	100%	16	26216
3	75	13898	23164	1581	100%	16	21583
4	100	18531	18531	0	0%	0	18531

Tabla 41. Reducción del volumen del módulo. Fuente: elaboración propia.

Escenario	Tn a disposición final	Vol. necesario	Reducción vol. %
1	35481	253438	4,27%
2	26216	187256	29,27%
3	21583	154165	41,77%
4	18531	132365	50,00%

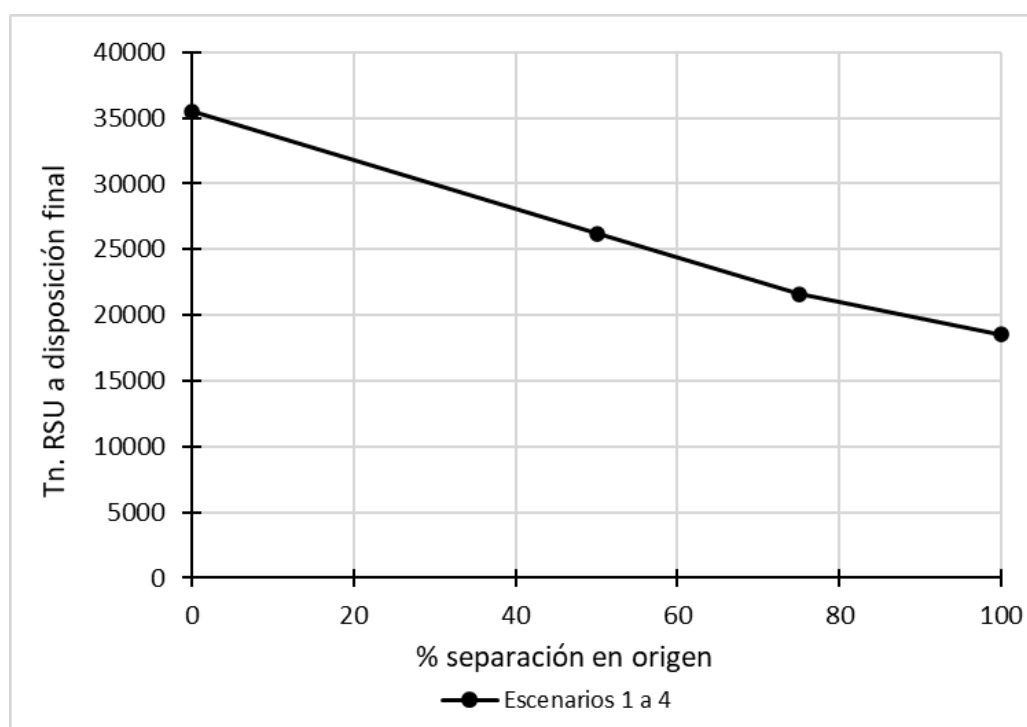


Figura 80. Tn RSU a disposición final para cada escenario. Fuente: elaboración propia.

De la Figura 80, elaborada con la información de las Tablas 40 y 41, puede observarse que **la cantidad de toneladas que deben ser enviadas a disposición final disminuye considerablemente a medida que aumenta la separación en origen de los residuos, resultando ésta la acción más importante para lograr el objetivo de “Basura Cero” que se plantea en la ley.**

Además se analiza qué porcentaje de RSU debería ser reciclado en origen de manera tal de alcanzar la meta que propone la ley para el año 2030. Para ello se calcula cuál es la generación anual en 2008, con el dato base de la generación de RSU del 2009 previamente presentado, para tener un valor de referencia del crecimiento de la producción de residuos en los últimos 15 años.

Tabla 42. Tn RSU a disposición final por año. Fuente: elaboración propia.

Año	Tn RSU a disposición final*
2008	19862
2026	25997
2030	5559,3

*Nota:

- Para el año 2030 se tienen únicamente los RSU no recuperables.
- Para el año 2026 se adopta el escenario 1, siendo la situación más crítica dado que se considera que el reciclaje en origen es nulo (el año 2026 es el año considerado para la puesta en marcha del centro GIRSU).

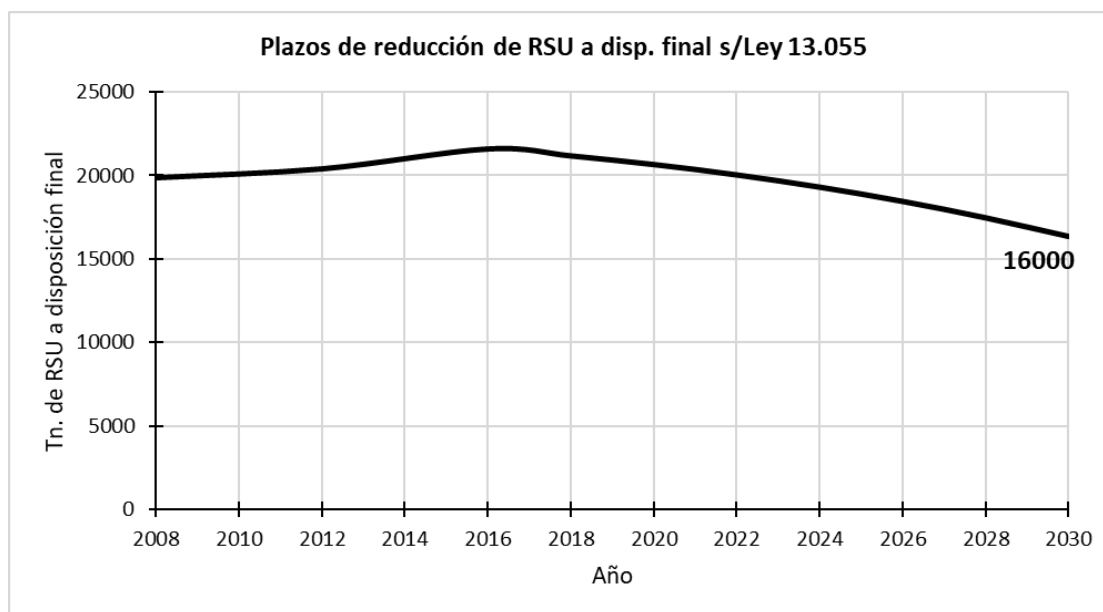


Figura 81. Evolución de tn a disposición final s/LP13055. Fuente: elaboración propia.

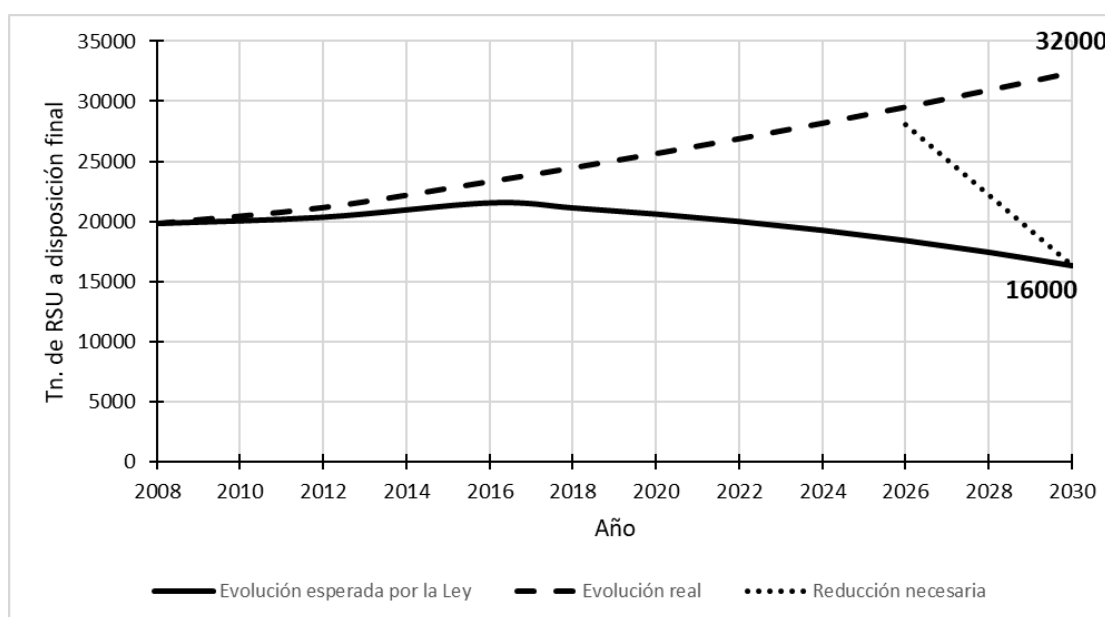


Figura 82. Evolución de tn a disposición final. Fuente: elaboración propia.

Analizando los resultados, se observa en la Figura 82 que la cantidad de RSU que terminan en disposición final crece de manera continua en el período 2008-2026. **Para lograr la meta que propone la Ley Provincial N°13055 sancionada en el 2009 se debería lograr una separación en origen del 83% de los residuos que se generan comenzando en el año 2026.** Dicho valor se encuentra entre los escenarios 3 y 4. Esto implica un cambio de conciencia muy importante por parte de la sociedad, como así también una presencia activa del estado mediante el desarrollo de políticas que incentiven este cambio.

Por último, se presentan las mismas tablas que antes, pero considerando también el escenario que se corresponde con la Ley Provincial 13055.

Tabla 43. Resultados finales. Tn a disposición final. Fuente: elaboración propia.

Escenarios	% reciclaje en origen	Tn. RSU recicladas en origen por año	Tn. RSU que llegan a la planta por año	Funcionamiento de la planta			Tn. a disposición final
				Toneladas que procesa	Operación	Cant. de operarios	
1	0	0	37062	1581	100%	16	35481
2	50	9266	27797	1581	100%	16	26216
3	75	13898	23164	1581	100%	16	21583
Ley Prov. 13055	83	15381	21681	1581	100%	16	20101
4	100	18531	18531	0	0%	0	18531

Tabla 44. Resultados finales. Reducción volumen. Fuente: elaboración propia.

Escenario	Tn a disposición final	Vol. necesario	Reducción vol. %
Reciclaje=0%	37062	264730	0%
1	35481	253438	4,27%
2	26216	187256	29,27%
3	21583	154165	41,77%
Ley Prov. 13055	20101	143575	45,77%
4	18531	132365	50,00%

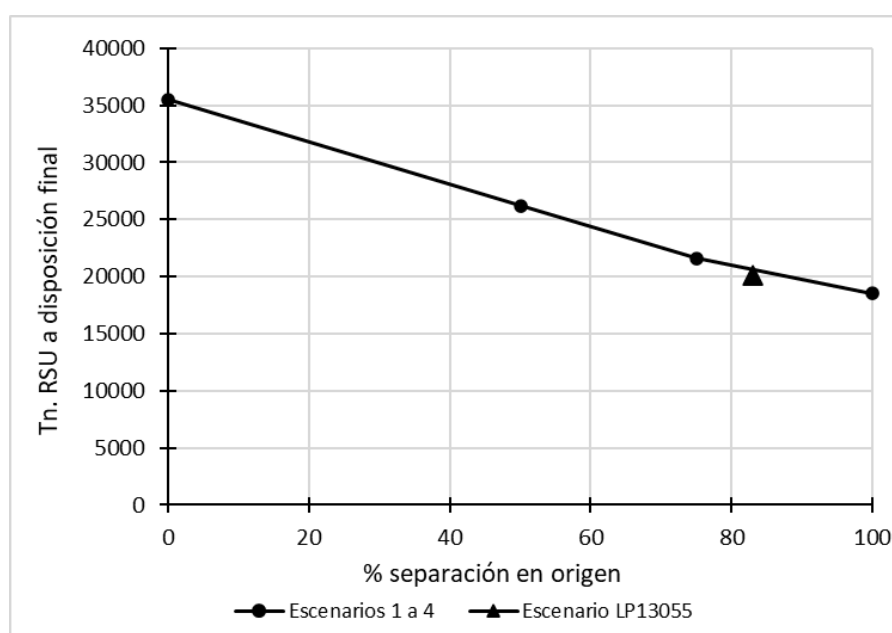


Figura 83. Resultados finales. Fuente: elaboración propia.

12. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

La gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) es un desafío crítico a nivel mundial, con repercusiones significativas en la calidad de vida, la salud y el medio ambiente. A lo largo de este proyecto hemos profundizado en la complejidad y la importancia que conlleva una adecuada planificación y ejecución de un relleno sanitario, destacando la necesidad de abordarlo con un enfoque integral que abarca muchas áreas de la Ingeniería Civil.

Desde el análisis logístico hasta el estudio de impacto ambiental, cada aspecto abordado en este proyecto relativo al diseño de un relleno sanitario, demanda atención.

En el contexto específico de la Microregión 2D de la provincia de Santa Fe, Argentina, hemos abordado la realidad compleja de la gestión de RSU, guiándonos por la Ley Provincial N° 1355. Esta ley no solo establece metas graduales para la reducción de residuos en disposición final, sino que también proporciona directrices esenciales para el diseño y la ejecución de rellenos sanitarios.

Inicialmente nos enfrentamos al desafío de la selección del emplazamiento para la disposición final, considerando no solo los requisitos que indica la Ley Provincial, sino también el hecho de que las comunidades se resisten a aceptar la instalación necesaria para su tratamiento en áreas cercanas. Una vez definida la ubicación y la cantidad de residuos a tratar, se llevó a cabo el diseño arquitectónico de la planta buscando la optimización del espacio y una adecuada circulación de los camiones y gestión de los residuos.

Posteriormente, se fueron incorporando y calculando todas las instalaciones necesarias para el buen funcionamiento del proyecto. Se realizó un estudio hidráulico adecuado para comprender cómo evacuar el agua de lluvia y prevenir la contaminación de los recursos hídricos locales y, finalmente, se hizo un análisis del Artículo 3 de la Ley, para identificar cuál es la principal medida para disminuir la cantidad de RSU que terminan en disposición final.

De esta manera, se puede observar lo amplia que es esta problemática y como se ha podido incorporar gran parte de los conocimientos adquiridos a lo largo la carrera universitaria para poder llevar a cabo una solución aceptable a partir de un caso práctico y real de nuestra región.

Como futuras ingenieras, reconocemos la responsabilidad social que conlleva nuestro trabajo y hemos elegido abordar este tema como un ejemplo tangible de la intervención positiva que puede tener nuestra profesión en la sociedad.

Además de la ejecución técnica del proyecto, nuestro objetivo es generar conciencia sobre el impacto de los desechos en la sociedad y el medio ambiente. De esta manera, buscamos hacer un llamado a la acción y una invitación a reflexionar sobre la responsabilidad colectiva en la gestión sostenible de residuos.

Además, en esta época en la que el cambio climático y las problemáticas sociales son tan evidentes, consideramos fundamental incorporar las herramientas que nuestra profesión nos brinda para contribuir de manera directa. Este compromiso fortalece nuestra responsabilidad

social y nuestro papel en el desarrollo sostenible, haciendo juicio al prestigio y la relevancia de la ingeniería para el cambio positivo en la sociedad.

Recomendaciones para la ejecución del proyecto

- Realizar un adecuado análisis hidráulico e hidrológico antes de implantar una nueva obra, como la ejecución de un relleno sanitario como disposición final, por varias razones fundamentales:

Impacto en la dinámica hidrológica: la obra conlleva la construcción de edificios, pavimentación de caminos, construcción de módulos de disposición final, lo cual implica un proceso de impermeabilización de la superficie del terreno, afectando la infiltración, percolación y escurrimiento del agua, y en consecuencia, alterando la dinámica hídrica local.

Riesgo de inundaciones: Si a la hora de diseñar las obras hidráulicas necesarias para el nuevo proyecto, no se toman los recaudos necesarios y recomendados por las normas locales existentes, esto puede causar serios problemas de inundación, desbordes sobre las obras de descarga y procesos de erosión. Por lo tanto, es de suma importancia identificar y mitigar posibles impactos negativos en la infraestructura existente, en la calidad del agua y en la seguridad de las comunidades cercanas.

Optimización del diseño: Al comprender y conocer el comportamiento del escurrimiento en la zona, se pueden diseñar medidas de mitigación y obras de infraestructura adecuadas para gestionar de manera efectiva el escurrimiento superficial.

Protección del medio ambiente: Un análisis hidrológico e hidráulico colabora a identificar y minimizar los posibles impactos ambientales negativos del proyecto, como la contaminación del agua y la degradación de los ecosistemas acuáticos, más allá del cumplimiento de los requerimientos que establecen las normas.

- Tomar las medidas operativas necesarias para evitar el contacto de agua de lluvia con los residuos de manera de evitar la generación innecesaria de lixiviados:: por ejemplo minimizando las áreas descubiertas. Colocar la cobertura vegetal sobre los residuos a medida que este se va llenando y también una vez finalizada su vida útil. Cabe mencionar, que el agua de lluvia precipitada puede estar en contacto con los residuos si no se realiza correctamente esta tarea de impermeabilización lo cual generaría un exceso de líquidos lixiviados.
- A la hora del diseño de las lagunas de líquidos lixiviados, atender a la importancia de la colocación de una capa de arcilla con bentonita por debajo de la base de la laguna, y a su vez, una membrana de polietileno. Además, garantizar como mínimo, 1,5 m por encima del

nivel de la napa freática. De esta manera, se minimiza el riesgo de que el líquido entre en contacto con la napa freática, evitando la contaminación de las aguas superficiales.

- Si bien el proyecto aborda una problemática existente, el estudio se encuentra desarrollado en materia de conceptos teóricos e hipótesis. Por lo cual, de ser llevado finalmente a cabo, deberían realizarse estudios específicos propios del emplazamiento. Además, esto permitiría desarrollar cómputo de materiales y de movimiento de suelos, y en consecuencia estudiar la factibilidad del proyecto.

Abordar un proyecto de disposición final no implica acabar con el problema de los residuos, el proceso que conlleva la utilización de módulos de rellenos sanitarios genera subproductos. Por un lado, los residuos que se disponen en el relleno, los cuales no pudieron ser recuperados para su reutilización o reciclaje. Por otro lado, los subproductos propios de la descomposición de la materia orgánica: el gas metano y el líquido lixiviado, que a su vez, si se lo trata adecuadamente, se obtiene de este un lodo. El mismo concentra metales pesados, patógenos y contaminantes orgánicos. Si bien, podría ser aprovechado como fertilizante o abono, esto requeriría de procesos altamente costosos. Es decir, se requiere la planificación previa que resuelva la disposición final de los mismos.

De esta manera, queda en evidencia que la implantación de un relleno sanitario como disposición final no es suficiente para abordar completamente el problema de los residuos. Aunque estos puedan proporcionar una forma segura y controlada de tratar a los desechos, siempre habrá subproductos que requieran también de un proceso de tratamiento.

Además, los módulos de relleno sanitario poseen una capacidad máxima con vida útil limitada, siendo necesario destinar nuevas superficies a la apertura de nuevos módulos.

Es por todo esto, que queremos recalcar que **la principal medida para hacer frente a esta problemática es reducir la generación de residuos y eso sólo es posible si cambiamos nuestros hábitos de consumo.**

“En la era del consumo reparar es un acto de rebeldía”. (Anónimo).

13. BIBLIOGRAFÍA

- INDEC, Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina, octubre de 2023, <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-134>
- Información sobre trámites en Argentina, Municipios en Argentina. <https://www.municipalidad-argentina.com.ar/>
- *Estrategia Nacional Para La Gestión Integral De Residuos Sólidos Urbanos*, Ministerio de Salud y Ambiente - Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Septiembre 2005.
- What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050, Banco Mundial, 2013.
- San Jorge Virtual, Consorcio GIRSU, 06 de julio de 2023. <https://www.sanjorgevirtual.com.ar/2023/07/06/consorcio-girsu-3/>
- Camión Recolector Compactador Trasero, [corvial.com.ar](https://www.corvial.com.ar/). <https://www.corvial.com.ar/>
- Básculas Casilda, https://www.basculascasilda.com.ar/?qclid=Cj0KCQjwjt-oBhDKARIsABVRB0xglUJA O6OTgpxBr2PStY1-laEwF9Ru-bXwMlneNtR5myu6C-CdRGYaAqbVEALw_wcB#bascula-electronicas
- Asociación Argentina de Carreteras, <https://www.aacarreteras.org.ar/pdfs/estudios-y-presentaciones/Guia-Mejores-Practicas-Caminos-Rurales.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU), Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- Orsolini, H., Zimmermann, E. D. y Basile, P. A. (2009) Hidrología. Procesos y Métodos. UNR Editora.
- Ministerio de Infraestructura y Transporte de la Provincia de Santa Fe. (2016). Resolución N° 736.
- Secretaría de Recursos Hídricos, Provincia de Santa Fe.

14. ANEXOS

14.1 ANEXO 1: “Ley Provincial N°13055”.

14.2 ANEXO 2: “Cálculo y proyección de generación RSU”.

14.3 ANEXO 3: “Geometría de los módulos”.

14.4 ANEXO 4: “Localización del terreno - Análisis logístico”.

14.5 ANEXO 5: “Dimensionamiento de Lagunas de Estabilización para líquidos lixiviados”

14.6 ANEXO 6: “Dimensionamiento del Edificio de Ingreso”.

14.7 ANEXO 7: “Planillas para la aplicación de la Ordenanza N°8757”

14.8 ANEXO 8: “Cálculo de la estructura de la Planta de Separación de Residuos”.

14.9 ANEXO 9: “Cálculo hidráulico”.

14.10 ANEXO 10: Planos

14.11 ANEXO 11: Planos Tipo y Cartas Topográficas de San Jorge y Carlos Pellegrini.

ANEXO N° 1

“LEY PROVINCIAL N° 13050”

LA LEGISLATURA DE LA PROVINCIA SANCIONA CON FUERZA DE
L E Y :

Capítulo I
Definiciones, Metas y Objetivos

ARTÍCULO 1º.- La Provincia reconoce la importancia de adoptar el concepto de "Basura Cero" como principio fundamental para la gestión de los residuos sólidos urbanos en su territorio.

ARTÍCULO 2º.- Se establece como "Basura Cero", el principio de reducción progresiva de la disposición final de los residuos sólidos urbanos, con plazos y metas concretas, por medio de la adopción de un conjunto de medidas orientadas a la reducción en la generación de residuos, la separación selectiva, la recuperación y el reciclado.

ARTÍCULO 3º.- Se establecerá en la reglamentación un cronograma de reducción progresiva de la cantidad de residuos depositados en rellenos sanitarios, tomando como base el total de los residuos dispuestos en el año 2008.

La prohibición de la disposición final en relleno sanitario de materiales tanto reciclables como aprovechables debe cumplirse para el año 2030.

La reducción de un quince (15 %) del peso de los residuos sólidos urbanos dispuestos en rellenos sanitarios sentando como base el total de los residuos dispuestos en el año 2008 es la meta mínima para el año 2016. Asimismo, deberá reducirse en un doce (12%) en forma bianual a partir del año 2018.

ARTÍCULO 4º.- Se denominan Residuos Sólidos Urbanos (RSU) a aquellos elementos, objetos o sustancias que, como subproducto de los procesos de consumo domiciliario y del desarrollo de las actividades humanas, son desechados, con un contenido líquido insuficiente como para fluir libremente cuyo destino natural debería ser su adecuada disposición final, salvo que pudiera ser utilizado como insumo para otro proceso.

ARTÍCULO 5º.- Se denomina Gestión Integral de RSU al conjunto de actividades interdependientes y complementarias entre sí, que conforman un

proceso de acciones para el manejo de residuos sólidos urbanos, con el objeto de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población. La gestión integral de residuos sólidos urbanos comprende las siguientes etapas: generación, disposición inicial, recolección, transporte, tratamiento, transferencia y disposición final.

ARTÍCULO 6º.- La aplicación e interpretación de la presente ley deberá basarse en los siguientes principios:

- a) Sustentabilidad y Equidad intergeneracional: los responsables de la gestión de RSU deberán velar por el uso y goce apropiado del ambiente por parte de las generaciones presentes y futuras.
- b) Principio de congruencia: Las Municipalidades y Comunas adecuarán a los principios y normas fijadas en la presente ley su normativa referida a RSU.
- c) Principio de regionalización: Se priorizará la posibilidad de obtener soluciones regionales a partir del tratamiento y la gestión mancomunada de los RSU en las distintas jurisdicciones implicadas.

ARTÍCULO 7º.- Son objetivos generales de la presente ley:

- a) dar prioridad a las actuaciones tendientes a prevenir y reducir la cantidad de residuos generados y su peligrosidad.
- b) disminuir los riesgos para la salud pública y el ambiente mediante la utilización de metodologías y tecnologías de tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos.
- c) incluir en el proceso a los recuperadores urbanos, favoreciendo la seguridad y eficacia de las actividades de gestión de los residuos.
- d) asegurar la información a los ciudadanos sobre la acción pública en materia de gestión de los residuos, promoviendo su participación en el desarrollo de las acciones previstas.

Son objetivos específicos de la presente ley:

- a) promover la reducción del volumen y la cantidad total de residuos sólidos urbanos que se producen.
- b) promover una toma de conciencia por parte de la población, respecto de los problemas ambientales y de higiene urbana que los residuos sólidos generan, y sus posibles soluciones, como así también el desarrollo de programas de educación ambiental formal, no formal e informal.
- c) promover el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos.
- d) disminuir los efectos negativos que los residuos sólidos urbanos puedan producir al ambiente, mediante la incorporación de nuevos procesos y

tecnologías limpias.

- e) promover la articulación con emprendimientos similares en ejecución o a ejecutarse en otras jurisdicciones.
- f) promover la participación de micro emprendedores en forma individual o asociada, cooperativas y empresas pequeñas y medianas y organizaciones no gubernamentales en los distintos aspectos de la gestión de los residuos sólidos urbanos.
- g) proteger y racionalizar el uso de los recursos naturales a largo y mediano plazo.
- h) incentivar e intervenir para propender a la modificación de las actividades productivas y de consumo que generen residuos difíciles o costosos de tratar, reciclar y reutilizar.
- i) fomentar el consumo responsable, concientizando a los usuarios sobre aquellos objetos o productos que, estando en el mercado, sus materiales constructivos, envoltorios o presentaciones, generen residuos voluminosos, costosos y difíciles de disponer.
- j) promover a la industria y al mercado de insumos o productos obtenidos del reciclado.
- k) fomentar el uso de objetos o productos en cuya fabricación se utilice material reciclado o que permita la reutilización o reciclado posterior.
- l) promover la participación de cooperativas y organizaciones no gubernamentales en la recolección y reciclado de los residuos, siempre y cuando esto no entre en competencia con el trabajo de los recuperadores urbanos.
- m) implementar gradualmente un sistema mediante el cual los productores de elementos de difícil o imposible reciclaje se harán cargo del reciclaje o la disposición final de los mismos.

ARTÍCULO 8º.- Constituye un objetivo prioritario para la Provincia la erradicación definitiva de los basurales a cielo abierto, donde las localidades realicen la disposición final de residuos proveniente de la recolección domiciliaria, poda y otros residuos como restos de construcción, electrodomésticos, cubiertas y cualquier otro que determine la autoridad de aplicación, por lo que su clausura, remediación y reemplazo por una disposición final adecuada según lo establecido por la reglamentación, deberán cumplimentar el siguiente cronograma:

- 1. Poblaciones con más de 35.000 habitantes, a partir del 1º de enero de 2012.
- 2. Poblaciones con menos de 35.000 habitantes, según lo establezca la

reglamentación, en función de cantidad de habitantes, pertenecer a GAUs, distancias a Rellenos Sanitarios, distancias a otras localidades para formar consorcios, etc. Aquellas localidades que se encuentren a menos de 10 km. de rellenos sanitarios o centros de disposición final adecuada, deberán cumplir con la erradicación del basural a cielo abierto y realizar el vertido de sus residuos provenientes de la recolección domiciliaria, poda y otros residuos como restos de construcción, electrodomésticos, cubiertas y cualquier otro que determine la autoridad de aplicación, en un sitio de disposición final adecuada antes del 1º de enero de 2013.

- 3. Basurales que se encuentren a distancias menores a las especificadas en el artículo 38 de la presente ley, a partir del 1º de enero de 2011. La autoridad de aplicación podrá evaluar y aceptar o rechazar un cronograma de erradicación, para localidades que no alcancen esta fecha con fundadas razones.

ARTÍCULO 9º.- El proyecto de obra para la construcción del relleno controlado o sanitario deberá incluir un Plan de Abandono y Remediación, el cual contendrá normas para futuros monitoreos y destino posible que se le pueda dar al sitio remediado, tales como: agricultura, parques u otros.

ARTÍCULO 10.- La autoridad de aplicación, previa Evaluación de Impacto Ambiental respectivo, otorgará el Certificado de Aptitud Ambiental para la instalación de rellenos controlados o sanitarios, públicos o privados.

Capítulo II

Educación y Difusión

ARTÍCULO 11.- La autoridad de aplicación, elaborará un programa especial de educación y concientización de la población que promoverá:

- a) la reducción de la generación de basura y la utilización de productos más duraderos o reutilizables.
- b) la separación en origen, reutilización y el reciclaje de productos susceptibles de serlo.
- c) la separación y el compostaje o biodigestión de residuos orgánicos.
- d) la promoción de medidas tendientes al reemplazo gradual de envases descartables por reutilizables.

Este programa deberá estar incluido en el desarrollo curricular anual de las

escuelas estatales y privadas en todos sus niveles, implementándose:

- a) capacitación especial a los docentes.
- b) participación eventual o periódica de especialistas en ecología.
- c) participación de los alumnos en la difusión y concientización familiar y social.

ARTÍCULO 12. - La autoridad de aplicación desarrollará campañas de difusión, las que deberán ser sostenidas en el tiempo, a fin de alentar los cambios de hábitos en los habitantes de la ciudad y destacar los beneficios de la separación en origen, de la recolección diferenciada de los residuos sólidos urbanos, del reciclado y la reutilización de los mismos.

Capítulo III

Autoridad de Aplicación

ARTÍCULO 13.- Será autoridad de aplicación de la presente ley el Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente.

Las funciones de la autoridad de aplicación serán:

- a) fiscalizar las obligaciones de todas y cada una de las personas físicas y jurídicas que tengan intervención en el Sistema creado por esta ley.
- b) controlar la calidad de los procesos y los sitios donde se desarrollen y sus adecuaciones a la presente ley y a la legislación ambiental vigente.
- c) participar en la elaboración y la aplicación de programas de educación y difusión para la población en general destinados a su adaptación al nuevo Sistema creado por la presente ley.
- d) promover la participación de las industrias y los comercios para la mejor gestión del nuevo sistema.
- e) realizar relevamientos y encuestas que resulten útiles para la más eficiente aplicación del nuevo Sistema Provincial de Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos.

Capítulo IV

Jurisdicción

ARTÍCULO 14.- Las Municipalidades y Comunas son responsables de la

gestión integral de los RSU, producidos en su jurisdicción, debiendo establecer normas complementarias necesarias para el cumplimiento efectivo de la presente ley, estableciendo sistemas de gestión de residuos adaptados a las características y particularidades de su jurisdicción, minimizando los posibles impactos sobre el ambiente y la calidad de vida de la población.

ARTÍCULO 15.- Las Municipalidades y Comunas podrán constituirse en Consorcios Regionales, organismos públicos supramunicipales, que los representen para la gestión integral y regional de sus RSU. Estos Consorcios deberán ser aprobados por ordenanza local y por resolución de la autoridad de aplicación, la que deberá llevar un registro de los mismos.

ARTÍCULO 16.- El Consorcio Regional podrá presentar proyectos ante la autoridad de aplicación, para su aprobación y financiación. Estos proyectos deberán posibilitar la implementación de estrategias regionales, para alguna o la totalidad de las etapas de la gestión integral de los RSU. Deberán adecuarse a las normas de saneamiento urbano previstas en la legislación provincial, al marco de la Estrategia Provincial para la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos y la legislación nacional vigente.

Capítulo V

Creación del Programa Reducción de la Producción de RSU

ARTÍCULO 17.- Créase en la órbita del Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente, el Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos de asistencia a los Municipios y Comunas, que reúnan los requisitos previstos en la presente ley y su respectiva reglamentación, para el tratamiento y disposición final de manera regional asociativa.

ARTÍCULO 18.- El Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos tendrá las siguientes funciones:

- a) promover la difusión pública de los temas relacionados con el tratamiento y disposición final de los RSU, en defensa del medio ambiente y la salud de la población;
- b) promover e incentivar la investigación científica y tecnológica sobre el tema;
- c) propiciar la suscripción de convenios entre Municipios y Comunas a los efectos de la presente ley;

- d) fomentar la presentación de proyectos por parte de Municipios y Comunas, independientes o en forma regional y asociativa;
- e) evaluar y aprobar los proyectos presentados por los Municipios y Comunas;
- f) llevar un registro actualizado de los convenios regionales y de los proyectos presentados, los que podrán ser consultados por otras Municipalidades y Comunas o particulares interesados;
- g) viabilizar la aplicación de los recursos en el marco de la estrategia provincial para la gestión integral de residuos sólidos urbanos, que serán de carácter no reintegrable, para las Municipalidades y Comunas que se hayan asociado en forma regional y colectiva bajo la figura de persona jurídica, y que presenten proyectos que respondan a las exigencias de la presente ley y su reglamentación;
- h) establecer los requisitos, procedimientos, plazos y criterios de elegibilidad para aplicar a las solicitudes de inclusión que los interesados formulen pretendiendo obtener los beneficios del presente régimen;
- i) otorgar prioridad a proyectos preexistentes de Gestión Integral de RSU, y aquellos que contemplen emprendimientos sociales y productivos asociados, los cuáles podrán ser beneficiados adicionalmente con el financiamiento de hasta el cincuenta por ciento (50%) de sus costos operativos durante un plazo de hasta dos (2) años;
- j) promover, preferentemente, a través de organismos reconocidos y especializados en el tema, la realización de los estudios y actividades vinculadas a la definición de la aptitud de un sitio para el emplazamiento de un centro de disposición final de residuos domiciliarios;
- k) declarar de interés general la afectación de las áreas seleccionadas por la autoridad de aplicación, para el emplazamiento de centros de disposición final de residuos sólidos domiciliarios, sobre la base de la definición previa de su adecuación para ese propósito;
- l) incluir las correspondientes previsiones respecto de la consideración del área dentro de la planificación territorial de los municipios, los usos del suelo y las proyecciones de expansión urbana por un lapso que incluya, como mínimo, el período de posclausura de las instalaciones, para el propio sitio de emplazamiento del centro de disposición final, su entorno de amortiguación y otras zonas circundantes.

ARTÍCULO 19.- La autoridad de aplicación conformará un Programa que promoverá y asistirá técnicamente la adopción de estrategias y técnicas de producción y distribución orientadas a:

- a. elaborar productos o utilizar envases que, por sus características de

diseño, fabricación, comercialización o utilización, minimicen la generación de residuos y faciliten su reutilización, reciclado, valorización o permitan la disposición final segura para la salud y el ambiente;

- b. reducir la utilización de recursos y energía, así como la generación de desechos, en la producción de bienes;
- c. eliminar o reducir el uso de tóxicos en los procesos productivos, así como su presencia en los objetos de consumo;
- d. desarrollar productos más duraderos;
- e. disminuir el uso de productos y envases descartables;
- f. incorporar materiales reciclados en los procesos de producción.

Podrá establecer líneas de créditos o subsidios en función del cumplimiento de estos objetivos; así como establecer tasas a los productores o distribuidores de productos que con su uso se conviertan en residuos, siempre que los mismos sean derivados a los sistemas públicos de gestión de residuos; las mismas deberán guardar proporcionalidad con la capacidad económica del productor o distribuidor, y con el costo atribuible a la gestión de los residuos generados.

Los recursos obtenidos tendrán como fin el sostenimiento de este Programa y de los sistemas públicos de gestión de residuos, sin perjuicio de otras formas de financiamiento.

Asimismo, procurará analizar e impulsar legislación y políticas más amplias y exigentes, que apunten a que los productores asuman responsabilidades por los impactos ambientales de sus productos durante todo el ciclo de vida de los mismos; en especial si se dan avances en la legislación y en las políticas sobre el tema a nivel nacional o provincial. En particular procurará analizar y hacer recomendaciones sobre proyectos nacionales y provinciales acerca de envases y embalajes u otras categorías de productos, que estén orientados por los principios de Extensión de la Responsabilidad del Productor.

Capítulo VI

Generación y Disposición Inicial

ARTÍCULO 20.- Se denomina generador a toda persona física o jurídica que produzca RSU. El generador tiene la obligación de realizar el acopio inicial y la disposición inicial de los residuos de acuerdo a las normas complementarias que cada jurisdicción establezca.

ARTÍCULO 21.- Cada jurisdicción deberá clasificar a los generadores según la

cantidad y calidad de RSU, para la elaboración de programas y establecimiento de parámetros y normas específicas.

ARTÍCULO 22.- Se entiende por disposición inicial a la acción realizada por el generador por la cual los residuos sólidos urbanos son colocados en la vía pública o en los lugares establecidos por la reglamentación de la presente. La disposición de los residuos a ser recolectados será diferenciada en las fracciones y horarios que establezca la reglamentación de la presente.

Capítulo VII

Recolección Diferenciada y Transporte

ARTÍCULO 23.- Se entiende por recolección diferenciada a la actividad consistente en recoger y transportar a los sitios habilitados aquellos RSU dispuestos en la vía pública o en lugares establecidos a tal fin, mediante métodos que prevengan y minimicen los impactos negativos sobre el ambiente y la calidad de vida de la población.

ARTÍCULO 24.- El transporte deberá efectuarse en vehículos habilitados, y debidamente acondicionados de manera de garantizar una adecuada contención de los residuos y evitar su dispersión en el ambiente.

ARTÍCULO 25.- La recolección de los RSU compuestos en su mayoría por materia orgánica o húmedos debe realizarse con vehículos de caja cerrada que cuenten con tecnologías que impidan derrame de líquidos, ni la caída de los mismos fuera del vehículo durante su transporte.

ARTÍCULO 26.- La recolección de los RSU inorgánicos o secos debe realizarse con vehículos adecuados que aseguren la carga transportada e impidan la caída de la misma fuera del vehículo durante su transporte.

ARTÍCULO 27.- La autoridad de aplicación deberá prever la incorporación e inclusión de los trabajadores informales en la gestión integral de RSU, asegurando su calidad de vida y condiciones de trabajo.

Capítulo VIII

Tratamiento Centralizado, Transferencia y Disposición Final

ARTÍCULO 28.- Se considera Centro de Tratamiento de Residuos Recuperables a aquellos edificios e instalaciones que sean habilitados a tales efectos por la autoridad competente en los cuales dichos residuos, provenientes de la recolección diferenciada, son recepcionados, acumulados, manipulados, clasificados, seleccionados, acondicionados y almacenados temporariamente, para luego ser utilizados en el mercado secundario como insumo para nuevos procesos productivos.

ARTÍCULO 29.- Los residuos sólidos urbanos que en los Centros de Tratamiento de Residuos Recuperables se consideren no pasibles de ser reciclados o reutilizados, deben ser derivados a los sitios de disposición final debidamente habilitados por la autoridad de aplicación.

ARTÍCULO 30. - Denomínase Estación de Transferencia, a aquellas instalaciones que son habilitadas para tal fin por autoridad de aplicación, y en las cuales los residuos son almacenados transitoriamente y acondicionados para su transporte.

ARTÍCULO 31.- Denomínase Centros Disposición Final a los fines de la presente, a aquellos lugares especialmente acondicionados y habilitados por la autoridad de aplicación para el tratamiento y la disposición permanente de los RSU por métodos ambientalmente reconocidos y de acuerdo a normas certificadas por organismos competentes.

ARTÍCULO 32.- El tratamiento de los residuos sólidos urbanos debe comprender el aprovechamiento de los mismos, contemplando lo establecido en el artículo 29, ya sea por:

- a) separación y concentración selectiva de los materiales incluidos en los residuos por cualquiera de los métodos o técnicas usuales.
- b) transformación, consistente en la conversión por métodos químicos (hidrogenación, oxidación húmeda o hidrólisis) o bioquímicos (compostaje, digestión anaerobia y degradación biológica) de determinados productos de los residuos en otros aprovechables.
- c) recuperación, mediante la reobtención, en su forma original, de materiales incluidos en los residuos para volverlos a utilizar.

La reglamentación de la presente ley puede optar por cualquiera de las modalidades de tratamiento científicamente conocidas, pudiendo realizar la

variedad de procesos que cada uno ofrece o bien la combinación de ellos, siempre y cuando se evite el efecto contaminante y se obtenga un aprovechamiento de los componentes de los residuos mejorando la calidad de vida de la población.

ARTÍCULO 33.- Queda prohibida la eliminación de residuos sólidos urbanos y compatibles por el método de incineración, en cualquiera de sus formas, con o sin recuperación de energía, así como la contratación de empresas incineradoras de residuos localizadas en otras jurisdicciones.

ARTÍCULO 34.- Los residuos sólidos urbanos que no puedan ser tratados por las tecnologías disponibles deben ser destinados a un sitio de disposición final debidamente habilitado por la autoridad competente. La autoridad de aplicación podrá impulsar la declaración de interés público de los sitios identificados como aptos para tal función, a fines de garantizar la utilización de los mismos.

ARTÍCULO 35.- Los predios afectados para los fines determinados en el artículo 31 de la presente ley deberán cumplir con los requisitos que establezca la reglamentación y contemplar las estrategias regionales para la gestión de residuos establecidas en el Capítulo IV y en el inciso c) del artículo 6° de la presente ley.

ARTÍCULO 36.- El predio destinado al tratamiento o disposición final de residuos sólidos urbanos, o centro de transferencia, deberá estar situado en el área que cuente . con la conformidad de la autoridad municipal o comunal, y la aprobación del estudio de impacto ambiental.

ARTÍCULO 37.- El predio donde se efectúe el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos deberá situarse a más de cuatrocientos metros (400 m) de rutas nacionales o provinciales pavimentadas. La autoridad de aplicación autorizará distancias menores basándose en fundamentos técnicos.

ARTÍCULO 38.- El predio donde se efectúe la disposición final de los residuos sólidos urbanos, o donde se instale el centro de transferencia, deberá situarse a más de tres mil metros (3.000 m) de aeródromos o pistas de aterrizaje de aviones.

ARTÍCULO 39.- El predio donde se efectúe la disposición final de los Residuos

Sólidos Urbanos, cuente o no con provisión de agua, deberá contar con un espacio perimetral interno que actúe como control de propagación horizontal de fuego. Este espacio deberá tener como mínimo quince metros (15 m) de ancho y estar sujeto a ampliación según la magnitud del sitio de disposición final.

ARTÍCULO 40.- El diseño del relleno sanitario deberá responder a las siguientes pautas de diseño y operación:

- a. la base del relleno deberá estar a una distancia mínima de un metro y cincuenta centímetros (1,50 m) del nivel de la capa freática. Si esta condición no se puede cumplir, la autoridad de aplicación estudiará el caso y, si correspondiere, establecerá los requisitos a cumplir.
- b. la base del relleno y las paredes deberán ser de material arcilloso compactado o arcilla con bentonita, cuyo espesor no deberá ser menor de sesenta centímetros (60 cm) y la permeabilidad no deberá ser inferior a 1×10^{-7} cm/seg, o de otro material, o combinación de materiales, que reúna las características de permeabilidad antes mencionadas, que impidan la contaminación de las capas subterráneas y en su diseño se tomarán todos los recaudos que permitan reforzar ese impedimento, requiriéndose, además membrana de polietileno de por lo menos ochenta milímetros (0,80 mm) en rellenos sanitarios donde se dispongan cantidades de residuos superiores a cien toneladas (100 t) diarias.
- c. esparcimiento y compactación de los residuos sólidos urbanos. Deberán compactarse los residuos en capas cuyo espesor no supere los treinta centímetros (30 cm), considerándose óptima la compactación cada veinte centímetros (20 cm).
- d. recubrimiento con tierra u otros materiales adecuados, las veces que sea necesario en función de la secuencia de operación presentada.
- e. cubierta final de cierre con características de espesor y permeabilidad similares a las mencionadas en el inciso b-, que impida la penetración de agua de lluvia en la masa de residuos.
- f. monitoreo, aguas arriba y aguas abajo del sitio de emplazamiento del relleno sanitario. Dicho monitoreo, que determinará la calidad del agua, en cuanto a sus características físico - químicas y bacteriológicas, se realizará antes del emplazamiento, durante la vida útil del mismo y con posterioridad al cierre, estableciéndose la secuencia del mismo de acuerdo a la magnitud del emprendimiento.
- g. gestión integral del líquido lixiviado.
- h. accesibilidad y funcionamiento bajo todas las condiciones climáticas, que incluya sistema de drenaje de las aguas pluviales en el área de trabajo,

para evitar el ingreso del agua de lluvia de los terrenos circundantes en el relleno.

- i. venteo asegurado de las zonas rellenadas.
- j. monitoreo de gases y partículas.
- k. fijación de los terrenos (cubierta final, taludes, etc.) a fin de evitar los efectos de la erosión hídrica, asentamientos, etc., y preparación para su uso posterior.
- l. cercado perimetral, identificación y señalización del predio.
- m. control de vectores.
- n. cortina forestal o barrera de contención.

ARTÍCULO 41.- La autoridad de aplicación de la presente ley podrá exigir la disposición final de los residuos sólidos asimilables a urbanos en celdas diferenciadas.

Capítulo IX

Promoción de Compra de Productos Reciclados y Reusados

ARTÍCULO 42.- En cualquiera de las modalidades de contratación estatal, que se efectúen por cualquier forma, las reparticiones u organismos oficiales, deben dar prioridad a aquellos productos de los que se certifique que en su producción se utilizaron insumos reutilizados o reciclados; así como de aquellos que minimicen la utilización de envases y embalajes. Se deben evitar en lo posible productos que incluyan en su composición sustancias tóxicas o que su producción genere desechos altamente tóxicos o en grandes cantidades; o bien priorizar aquellos que minimicen estos factores.

ARTÍCULO 43 - Son competencias de la autoridad de aplicación:

- a) establecer los objetivos y políticas en materia de gestión de residuos sólidos urbanos, en concordancia con los artículos 6° y 7° de la presente Ley.
- b) formular los planes y programas referidos a la gestión integral de residuos sólidos urbanos privilegiando las formas de tratamiento que impliquen la reducción, reciclado y reutilización de los mismos incorporando las de tecnologías más adecuadas desde el punto de vista ambiental.
- c) promover el cambio cultural instando a los generadores a modificar su accionar en la materia.

- d) evaluar en forma periódica el cumplimiento de los objetivos, políticas y propuestas de esta ley.
- e) generar un sistema de información al público, permanente, que permita conocer los avances de los programas y de fácil acceso a la comunidad.
- f) formular planes y programas referidos a la integración de los circuitos informales en la gestión integral de residuos sólidos urbanos.
- g) garantizar que los residuos sean recolectados y transportados a los sitios habilitados mediante métodos que prevengan y minimicen los impactos negativos sobre el ambiente y la calidad de vida de la población.
- h) establecer las metas anuales de reducción de residuos a ser depositados en los centros de disposición final en base a las metas globales establecidas en el artículo 3° de la presente ley.

Capítulo X

De las Infracciones

ARTÍCULO 44.- En el juzgamiento de las infracciones a la presente ley, resolverá en primera instancia, el Director de la autoridad de aplicación. Su disposición podrá ser recurrida conforme a las normas del procedimiento administrativo general, previo depósito del importe de la multa cuando hubiere sido ésta la sanción aplicada.

ARTÍCULO 45.- Las sanciones administrativas que podrá determinar la autoridad de aplicación de la presente ley son las establecidas en los incisos a), b), c), d) y e) del artículo 27 de la Ley 11.717.

ARTÍCULO 46.- Para la graduación de la multa deberá considerarse lo establecido en el artículo 28 de la Ley 11717.

ARTÍCULO 47.- Sin perjuicio de las sanciones punitivas establecidas en el artículo 46 de la presente ley, el infractor tiene la obligación de reparar el daño y pasivo ambiental producido, según lo disponga la reglamentación.

La autoridad de aplicación deberá iniciar las acciones legales pertinentes contra el infractor, con el objeto de demandar los gastos por la reparación del daño y pasivo ambiental producido, como así también los perjuicios ocasionados hacia personas, en los casos que correspondan.

ARTÍCULO 48.- Invítase a las Municipalidades y Comunas a adherir a la presente.

ARTÍCULO 49.- Comuníquese al Poder Ejecutivo.

DADA EN LA SALA DE SESIONES DE LA LEGISLATURA DE LA PROVINCIA DE SANTA FE, A LOS VEINTISEIS DÍAS DEL MES DE NOVIEMBRE DEL AÑO DOS MIL NUEVE.

Firmado: Eduardo Alfredo Di Pollina - Presidente Cámara de Diputados
Norberto Betique - Presidente Provisional Cámara de Senadores
Lisandro Rudy Enrico - Secretario Parlamentario Cámara de Diputados
Diego A. Giuliano - Secretario Legislativo Cámara de Senadores

SANTA FE, "Cuna de la Constitución Nacional", 23 DIC 2009

De conformidad a lo prescripto en el Artículo 57 de la Constitución Provincial, téngasela como ley del Estado, insértese en el Registro General de Leyes con el sello oficial y publíquese en el Boletín Oficial.

Firmado: Antonio Juan Bonfatti - Ministro de Gobierno y Reforma del Estado.

ANEXO N° 2

“CÁLCULO DE LA PROYECCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS”

		Generación de RSU para el período de diseño																			
Año		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
Producción per cápita		1,039	1,051	1,064	1,077	1,090	1,103	1,116	1,129	1,141	1,154	1,167	1,180	1,193	1,206	1,219	1,231	1,244	1,257	1,270	1,283
Periodo de diseño	20 años																				
Densidad de compactación	0,7 Tn/m3																				
Fuente: Plan Director de Residuos Sólidos de Montevideo y Área Metropolitana																					
		Generación y Disposición Final [Tn/año]																			
Localidad		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
Garibaldi		171	175	178	181	185	188	192	195	199	203	206	210	214	218	222	225	229	233	237	241
María Juana		2196	2241	2288	2335	2382	2430	2479	2529	2579	2630	2681	2733	2786	2839	2894	2949	3004	3060	3118	3175
Sastre y Ortiz		2306	2343	2381	2419	2458	2496	2535	2575	2614	2654	2694	2734	2774	2815	2856	2898	2939	2981	3023	3066
Colonia castelar		354	359	365	370	376	382	387	393	399	405	410	416	422	428	434	440	446	452	458	464
Crispi		250	255	260	265	270	275	281	286	291	296	302	307	313	318	324	330	336	341	347	353
Las Petacas		437	445	454	463	472	480	490	499	508	517	527	536	546	555	565	575	585	596	606	616
San Martín de las Escobas		1139	1161	1183	1206	1229	1252	1276	1300	1324	1348	1373	1398	1423	1449	1475	1501	1527	1554	1581	1608
San Jorge		7721	7876	8032	8191	8351	8513	8678	8844	9012	9183	9355	9530	9706	9885	10066	10249	10435	10622	10812	11004
Carlos Pellegrini		2183	2222	2260	2299	2339	2378	2418	2458	2499	2540	2581	2623	2665	2708	2750	2794	2837	2881	2925	2970
Piamonte		1499	1528	1558	1588	1618	1648	1679	1711	1742	1774	1806	1839	1872	1906	1939	1974	2008	2043	2078	2114
María Susana		1356	1376	1395	1414	1434	1453	1473	1492	1512	1532	1551	1571	1591	1611	1631	1651	1672	1692	1712	1733
Cañada Rosquín		4638	4863	5098	5343	5600	5868	6148	6441	6746	7066	7399	7747	8111	8491	8887	9301	9733	10185	10656	11147
El Trébol		4624	4709	4795	4882	4970	5059	5148	5239	5330	5423	5516	5610	5705	5801	5898	5996	6095	6195	6296	6397
Landeta		633	645	656	668	680	692	704	716	728	741	753	766	778	791	804	817	831	844	858	871
Tn totales		29507	30198	30904	31625	32363	33117	33888	34677	35484	36310	37155	38021	38908	39816	40746	41700	42677	43679	44707	45761
Tn acumuladas		29507	59705	90609	122235	154597	187714	221602	256279	291763	328073	365228	403249	442157	481973	522719	564419	607096	650775	695482	741243
Volumen [m3]		42153	85293	129442	174621	220853	268163	316574	366113	416804	468675	521755	576071	631653	688533	746742	806313	867280	929679	993546	1058918
Volumen total [m3]		1058918																			

ANEXO N° 3

“GEOMETRÍA DE LOS MÓDULOS”

En primer lugar, se determina la cantidad total de RSU a disponer en el vertedero, durante todo el período de diseño, a partir de las proyecciones ya hechas de la población y la generación de basura per cápita.

Tabla 1: Generación de RSU.

RSU a disponer										
Año	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Tn/día	80,8	82,7	84,7	86,6	88,7	90,7	92,8	95,0	97,2	99,5
Tn/año	29507	30198	30904	31625	32363	33117	33888	34677	35484	36310
Tn acumuladas	29507	59705	90609	122235	154597	187714	221602	256279	291763	328073

RSU a disponer										
Año	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
Tn/día	101,8	104,2	106,6	109,1	111,6	114,2	116,9	119,7	122,5	125,4
Tn/año	37155	38021	38908	39816	40746	41700	42677	43679	44707	45761
Tn acumuladas	365228	403249	442157	481973	522719	564419	607096	650775	695482	741243

Luego, con la cantidad de toneladas al final del período, la densidad de compactación adoptada para los residuos dentro del relleno y la cantidad de módulos adoptados, es posible determinar el volumen de cada módulo.

Tabla 2: Volumen requerido por módulo.

Toneladas acumuladas	741243
Densidad de compactación (Tn/m ³)	0,7
Volumen total (m ³)	1058918
Cantidad de módulos	4
Volumen por módulo (m³)	264730

La capacidad de los módulos es función de la profundidad de excavación posible, condicionada por la posición de la napa freática, de las dimensiones en planta, de la pendiente de los taludes y de la altura máxima por sobre el nivel del terreno natural que se les pueda dar en función del impacto visual y el riesgo geotécnico.

A su vez, se deben considerar las exigencias de la Ley Provincial 13.055:

- La base del relleno deberá estar a una distancia mínima de un metro y cincuenta centímetros (1,50 m) del nivel de la capa freática.
- Esparcimiento y compactación de los residuos sólidos urbanos. Deberán compactarse los residuos en capas cuyo espesor no supere los treinta centímetros (30 cm), considerándose óptima la compactación cada veinte centímetros (20 cm).

- Recubrimiento con tierra u otros materiales adecuados, las veces que sea necesario en función de la secuencia de operación presentada.
- Cubierta final de cierre con características de espesor y permeabilidad que impida la penetración de agua de lluvia en la masa de residuos.

Datos:

- La napa freática se ubica a -5 m.
- Pendiente taludes: 3:1.
- Altura máxima: 10 m.
- Cobertura periódica=15% del volumen de RSU a disponer

Para determinar las dimensiones de los módulos se realiza un proceso iterativo en el que se busca las medidas que mejor se ajusten al volumen necesario. A continuación se presenta el cálculo para las medidas finalmente adoptadas.

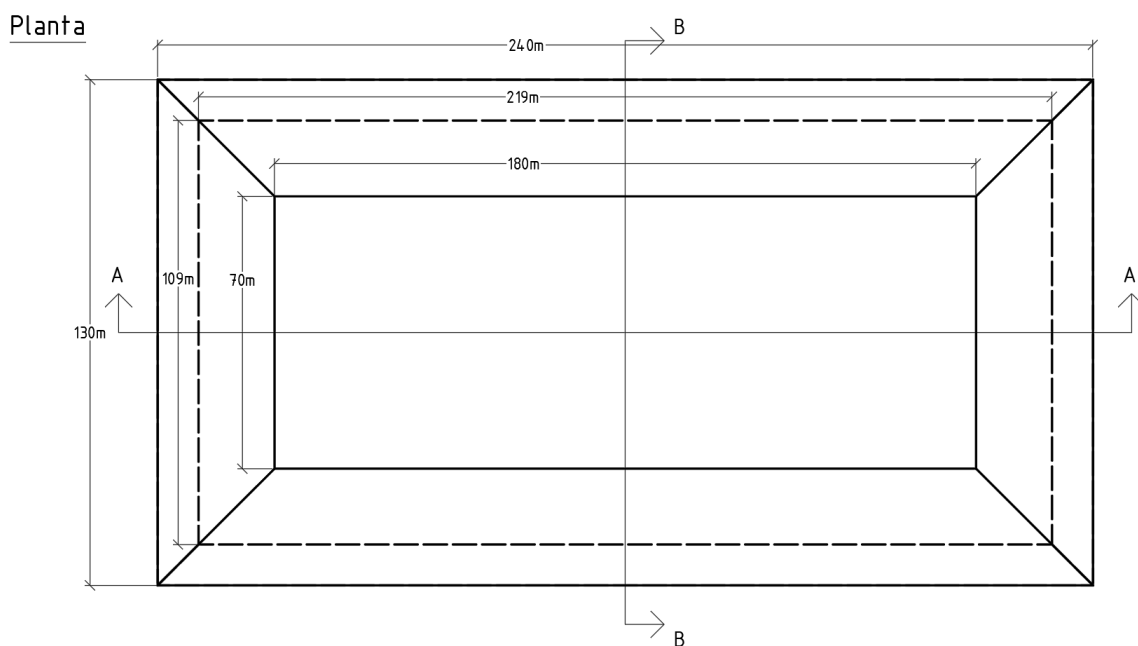
Tabla 3: Dimensiones principales de los módulos.

Dimensiones Principales	
Ancho (a nivel del TN)	130
Largo (a nivel del TN)	240
H1	3,5
H2	10
Tirante de Residuos	13,5

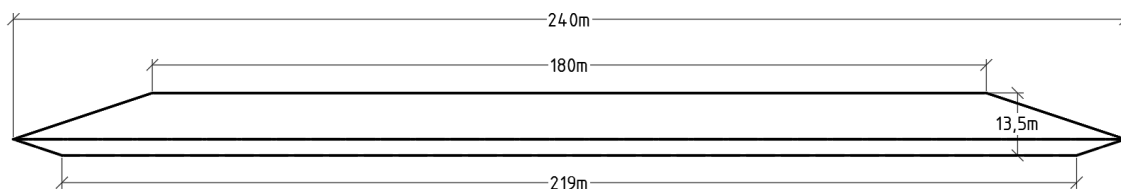
H1: Profundidad

H2: Altura sobre el nivel del terreno natural

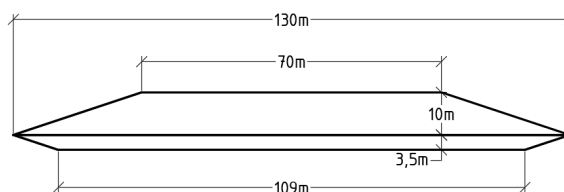
El volumen total se calcula haciendo uso de la herramienta AutoCAD 3D.



Corte A-A



Corte B-B



El volumen del módulo para las dimensiones propuestas es de 309117 m³. Al mismo se le debe descontar el espacio que ocupan las bermas de separación como así también el suelo de cobertura. Además, a partir del año 2036 las toneladas diarias superan las 100 toneladas, y la Ley Provincial 13.055 establece en su Artículo 40, inciso b):

“la base del relleno y las paredes deberán ser de material arcilloso compactado o arcilla con bentonita, cuyo espesor no deberá ser menor de sesenta centímetros (60 cm) y la permeabilidad no deberá ser inferior a 1×10^{-7} cm/seg, o de otro material, o combinación de materiales, que reúna las características de permeabilidad antes mencionadas, que impidan la contaminación de las capas subterráneas y en su diseño se tomarán todos los recaudos que permitan reforzar ese impedimento, requiriéndose, además membrana de polietileno de por lo menos ochenta milímetros (0,80 mm) en rellenos sanitarios donde se dispongan cantidades de residuos superiores a cien toneladas (100 t) diarias.”

La membrana requiere de una cobertura con suelo seleccionado de espesor igual a 30 cm para su protección.

Finalmente, tomando en consideración todo lo recién descrito, se calculan los volúmenes netos para dos períodos. El primero desde 2026 al 2035, con una disposición final diaria inferior a las 100 toneladas, y el segundo desde 2036 al 2045, con una disposición mayor a las 100 toneladas diarias.

Tabla 4: Relación entre volumen requerido y volumen de módulos.

Período	2026-2035	2036-2045
Volumen interior bruto	309117	
----- Volúmenes interiores ocupados		
Cobertura de fondo de membrana	0	9468
Cobertura periódica	39709	39709
Bermas de separación	656	656
Total Coberturas	40365	49833
Vol. Neto	268752	259284
Vol. requerido	264730	264730
VM/VR	1,02	0,98

Tabla 5: Volumen total bermas.

Bermas de separación	
Cantidad de celdas	4
Transversales	1
Longitudinales	1
<i>Sección transversal</i>	
Base mayor	3
Base menor	1
Altura	1
Área	2
Volumen total bermas	656

De la Tabla N°4 se deduce que las dimensiones en planta de 240 m x 130 m propuestas son óptimas desde el punto de vista del volumen necesario para el vertedero para ambas situaciones de diseño.

Finalmente, es necesario verificar que las dimensiones propuestas sean acordes a la capacidad resistente del suelo. Es crucial asegurarse de que el suelo subyacente tenga la capacidad de soportar las cargas que producen los RSU sin deformarse excesivamente o sufrir asentamientos que puedan comprometer la integridad del relleno. Un suelo débil o inadecuado puede conducir a deslizamientos de tierra, hundimientos o colapsos en el relleno.

El dato de la capacidad de carga del suelo fue brindada por el Consorcio. Para determinar la presión de los residuos se considera que la porción del relleno más solicitada es aquella que se corresponde con la mayor altura (13,5 m de residuos) en la menor superficie (superficie rectangular de 180 m x 70 m).

Tabla 6: Capacidad del suelo.

CAPACIDAD DEL SUELO		
<i>Capacidad de carga del suelo=</i>	1	kg/cm2
<i>Peso total de los RSU/módulo=</i>	185311	Tn
	185310698	kg
<i>Superficie de apoyo crítica=</i>	12600	m2
<i>Presión ejercida por los residuos=</i>	0,95	kg/cm2

La capacidad de carga del suelo es superior a la presión que ejercerán los residuos sobre el terreno, por lo tanto las dimensiones propuestas para los módulos son correctas también desde el punto de vista de la resistencia del suelo.

ANEXO N° 4

“LOCALIZACIÓN DEL TERRENO - ANÁLISIS LOGÍSTICO”

Se desea obtener el punto logístico operativamente, el cual coincide con el centro de gravedad del conglomerado de localidades, siendo este, el punto donde se encuentra aplicada la resultante de la suma de todas las fuerzas. Para ello se supone una fuerza que representa la generación de residuos por la totalidad de habitantes, aplicada en el baricentro de cada localidad.

Lo que se busca es que la disposición final se encuentre lo más cerca posible de la mayor generación de residuos, y de esta forma optimizar el traslado de los residuos generados, lo que se traduce en un menor costo operativo.

En la siguiente figura, se observan las localidades junto con la población proyectada para cada una de ellas al año 2045.

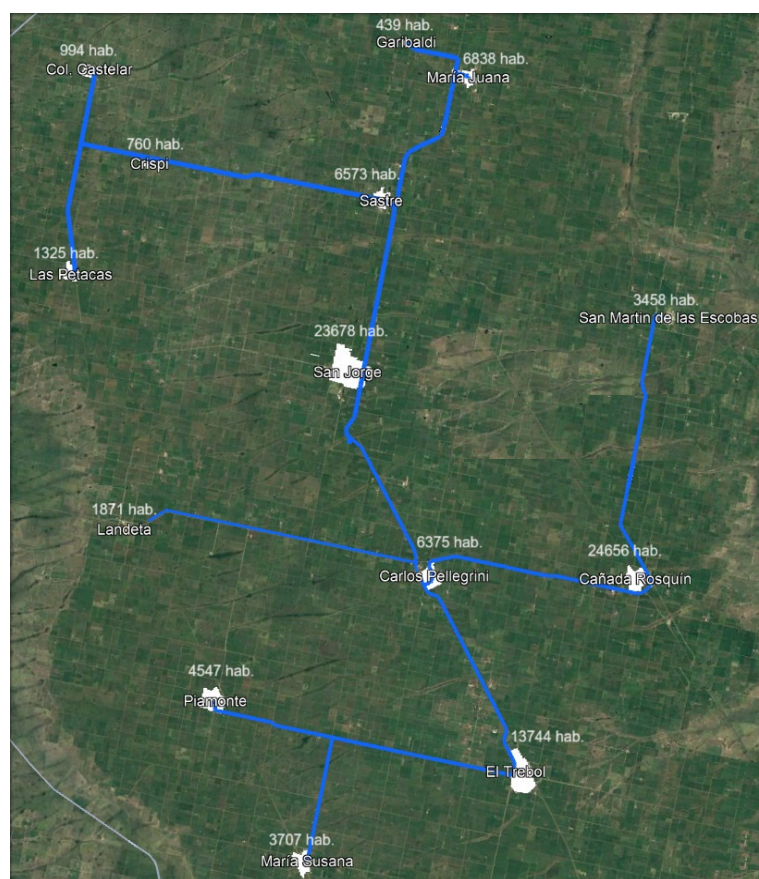


Figura 01: Localidades del consorcio y la proyección de población para el año 2045.

Tomando un eje de coordenadas de referencia, se calculan las coordenadas del centro de gravedad como:

$$X = \frac{\sum (x_i * P_i)}{\sum P_i} [km]$$

$$Y = \frac{\sum (y_i * P_i)}{\sum P_i} [km]$$

Siendo x_i : coordenada horizontal respecto al eje coordenado X de referencia

y_i : coordenada vertical respecto al eje coordenado Y de referencia

P_i : población de la localidad i , proyectada para el año 2045. [hab.]

Para el cálculo se utiliza el valor de la población de cada localidad, ya que se considera que la generación por habitante por día es la misma para todas las localidades.

En la siguiente tabla se muestra el cálculo realizado y las coordenadas X e Y obtenidas para el centro geométrico.

Localización Óptima					
Localidades	Coordenadas del Baricentro		Población		
	x (km)	y (km)	Población (hab.)	x * Población (km*hab)	y * Población (km*hab)
Garibaldi	36,3	70,6	439	15946	31013
María Juana	41,6	67,4	6838	284454	460871
Sastre y Ortiz	34,3	57,8	6573	225457	379925
Colonia castelar	9,5	68,3	994	9447	67922
Crispi	14	60,6	760	10636	46038
Las Petacas	7,7	51,3	1325	10205	67989
San Martín de las Escobas	58,4	48	3458	201973	166005
San Jorge	31,4	43,6	23678	743478	1032345
Carlos Pellegrini	38,5	26	6375	245437	165750
Piamonte	20	16	4547	90934	72747
María Susana	27,7	2,3	3707	102683	8526
Cañada Rosquín	56	26	24656	1380710	641044
El Trébol	46,5	9,3	13744	639113	127823
Landeta	12,7	30,2	1871	23762	56504
	Población Total (hab.)		98965	3984236	3324502
			X (km)	40,26	
			Y (km)	33,59	

Tabla 01: Cálculo de las coordenadas X e Y del centro geométrico óptimo.

ANEXO N° 5

“DIMENSIONAMIENTO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DE LÍQUIDOS LIXIVIADOS”

Para el dimensionamiento de las lagunas de estabilización son necesarios los siguientes datos:

- I. Caudal de lixiviados
- II. DBO₅ del efluente
- III. Temperatura media mínima en invierno y verano

El caudal de lixiviados es función de la precipitación media anual y se determinó en el ítem correspondiente, los valores que se tienen son:

$$Q_{\text{época lluviosa}} = 76,37 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{época no lluviosa}} = 14,22 \text{ m}^3/\text{día}$$

El valor de la DBO₅ es función de las condiciones ambientales y de las características de los RSU. Por lo tanto, se adoptan los mismos valores que se utilizaron en el proyecto del centro GRSU de Villa Gobernador Gálvez.

$$DBO_{5 \text{ época lluviosa}} = 6400 \text{ mg/L}$$

$$DBO_{5 \text{ época no lluviosa}} = 4100 \text{ mg/L}$$

Con estos dos datos, es posible determinar la carga orgánica del lixiviado que debe tratarse empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Carga orgánica del efluente [kg DBO}_5\text{/día]} = Q \cdot DBO_5$$

De este valor dependen las dimensiones de las lagunas.

Los valores de temperatura media mínimos se obtiene de Weather Spark (<https://es.weatherspark.com/y/28596/Clima-promedio-en-San-Jorge-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>):

$$T^{\circ}_{\text{mínima época lluviosa}} = 19^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\circ}_{\text{mínima época no lluviosa}} = 11^{\circ}\text{C}$$

El dimensionamiento se realiza para dos casos de lagunas en serie diferentes:

- Caso A: Laguna Anaeróbica + Laguna Facultativa
- Caso B: Laguna Anaeróbica + Laguna Aereada

CASO A.

→ *Laguna Anaeróbica.*

El dimensionamiento se realiza a partir de una carga volumétrica, que es función de la temperatura mínima en cada época en estudio. Cuanto mayor sea la temperatura, mayor será la eficiencia del tratamiento dado que aumenta la actividad biológica. En consecuencia, la carga volumétrica resulta mayor y menor será el volumen necesario. Diferentes bibliografías sugieren los siguientes valores de carga orgánica según la temperatura:

Temperatura [°C]	Carga orgánica volumétrica $\lambda_v [g\ DBO/m^3\ día]$	Eficiencia [%]
<10	100	40
10 - 20	20T - 100	2 T + 20
>20	300	60

Tabla III.1: Carga Orgánica Volumétrica

Luego, con la carga volumétrica y la carga orgánica que ingresa al sistema es posible determinar el volumen necesario de la laguna mediante la siguiente fórmula:

$$Vol. necesario [m^3] = \frac{Carga\ orgánica\ efluente}{Carga\ volumétrica\ admisible}$$

Se proponen dimensiones en planta y de profundidad para la laguna, teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones habituales:

- La profundidad de las lagunas anaeróbicas debe encontrarse entre los 3 y 6 metros para favorecer los procesos anaerobios de tratamiento;
- La relación entre el largo y el ancho debe estar entre 1,5 y 2;
- La pendiente de los taludes es 2:1.

Por último, debe controlarse que el tiempo de residencia hidráulico sea superior a un día, de forma tal de garantizar la eficiencia del proceso.

En la Tabla 2- Dimensionamiento Laguna Anaeróbica Caso A se presentan los resultados obtenidos.

LAGUNA ANAERÓBICA		
	Invierno	Verano
Caudal [m3/día] p/4 módulos	14	76
DBO5 [mg/L]	6400	4100
Carga orgánica del efluente [kgDBO5 / día]	91	313
Carga volumétrica [DBO/m3 día]	120	280
Volumen necesario de la laguna [m3]	759	1118
Profundidad de la laguna [m]	3	

LAGUNA ANAERÓBICA		
Ancho [m]	14	
Largo [m]	21	
Área en planta [m ²]	294	
Pendiente talud	2	1
Cantidad de lagunas [u]	3	
Volumen de una laguna [m ³]	396	
Volumen total [m ³]	1188	
Eficiencia (fn de la T°) [%]	42	58
TRH mín [días]	16	

Tabla 2 - Dimensionamiento Laguna Anaeróbica Caso A

Para el dimensionamiento geométrico se hizo uso de la herramienta AutoCAD 3D.

→ *Laguna Facultativa.*

A diferencia de la laguna anaeróbica, en este tipo de lagunas predominan los procesos aeróbicos, por lo que debe favorecerse la difusión de oxígeno en la masa líquida. Esto se logra, disminuyendo el tirante y aumentando la superficie de la laguna.

Para el diseño se utiliza una carga superficial que también es función de la temperatura:

$$Carga\ superficial\ \lambda_s\ [kg\ DBO/Ha\ día] = 20\ T - 120\ (Mara,\ 1976)$$

Con este dato y la carga orgánica que ingresa al sistema es posible determinar la superficie necesaria de la laguna mediante la siguiente fórmula:

$$Superficie\ necesaria\ [m^2] = \frac{Carga\ orgánica\ efluente}{Carga\ superficial\ admisible}$$

Cabe aclarar que la carga orgánica es menor que la que ingresa al sistema inicialmente debido a que el líquido atravesó primero la laguna anaeróbica, por lo que la carga orgánica se ve disminuida en un porcentaje según sea la eficiencia del sistema.

Se proponen dimensiones en planta y de profundidad para la laguna, teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones habituales:

- La profundidad de las lagunas facultativas debe ser entre 1,5 y 2,5 metros;
- La relación entre el largo y el ancho debe estar entre 2 y 3;
- La pendiente de los taludes es 2:1.

Por último, debe controlarse que el tiempo de residencia hidráulico sea superior a un día, de forma tal de garantizar la eficiencia del proceso.

En la Tabla 3 - Dimensionamiento Laguna Facultativa Caso A se presentan los resultados obtenidos.

LAGUNA FACULTATIVA		
	Invierno	Verano

Caudal [m3/día] p/4 módulos	14	76
DBO5 [mg/L]	3712	1722
Carga orgánica del efluente [kgDBO5 / día]	53	132
Carga superficial (fn de la T°) [kg DBO/Ha día]	100,00	260,00
Superficie necesaria [m2]	5280	
Profundidad de la laguna [m]	1,5	
Ancho [m]	30	
Largo [m]	60	
Superficie adoptada [m2]	1800	
Cantidad de lagunas [u]	3	
Superficie total [m2]	5400	
Eficiencia [%]	70	
TRH mín [días]	30	

Tabla 3 - Dimensionamiento Laguna Facultativa Caso A

Para el dimensionamiento geométrico se hizo uso de la herramienta AutoCAD 3D.

En conclusión, para este primer caso, se dimensionan tres pares de lagunas anaeróbicas y facultativas en serie, y en la siguiente tabla se presenta un resumen de las dimensiones:

	CASO A	
	Anaeróbica + Facultativa	
	Anaeróbica	Facultativa
Superficie necesaria [Ha]	0,088	5280
Ancho [m]	14	30
Largo [m]	21	60
Profundidad [m]	3	1,5
Cantidad [u]	3	3
Aireadores [u]	-	-
TRH [días]	16	30
Eficiencia [%]	42	70

Tabla 4 - Resumen dimensiones Lagunas Caso A

CASO B.

→ *Laguna Anaeróbica.*

El proceso para el dimensionamiento es exactamente igual al del CASO A con la salvedad de que en esta situación se adopta una única laguna.

LAGUNA ANAERÓBICA

	Invierno	Verano
Caudal [m3/día] p/4 módulos	14	76
DBO5 [mg/L]	6400	4100
Carga orgánica del efluente [kgDBO5 / día]	91	313
Carga volumétrica [DBO/m3 día]	120	280
Volumen necesario de la laguna [m3]	759	1118
Profundidad de la laguna [m]	3	
Ancho [m]	22	
Largo [m]	32	
Área en planta [m2]	704	
Pendiente talud	2	1
Cantidad de lagunas [u]	1	
Volumen de una laguna [m3]	1284	
Volumen total [m3]	1284	
Eficiencia (fn de la T°) [%]	42	58
TRH mín [días]	17	

Tabla 5 - Dimensionamiento Laguna Anaeróbica Caso B

Para el dimensionamiento geométrico se hizo uso de la herramienta AutoCAD 3D.

→ *Laguna Aerada.*

Este tipo de lagunas tienen un mecanismo de aeración que aumenta la cantidad de oxígeno en la masa líquida, permitiendo disminuir considerablemente la superficie en planta requerida.

El diseño de estas lagunas se realiza suponiendo un tiempo de retención hidráulico entre 2 y 6 días, considerando que a mayor tiempo, mayor será la eficiencia del proceso en la remoción de materia orgánica. Además, interesa el caudal de efluente de ingreso al sistema. Con estos dos parámetros se obtiene el volumen necesario:

$$Vol. \text{ necesario } [m^3] = Q \cdot TRH$$

Posteriormente, se adopta una profundidad y se proponen dimensiones en planta. La pendiente de los taludes es de 2:1. Para el dimensionamiento geométrico se hizo uso de la herramienta AutoCAD 3D.

Además, en este caso se deben determinar la cantidad de aireadores necesarios para el proceso y acá entra en juego la carga orgánica. Cabe aclarar que la carga orgánica es menor que la que ingresa al sistema inicialmente debido a que el líquido atravesó primero la laguna anaeróbica, por lo que la carga orgánica se ve disminuida en un porcentaje según sea la eficiencia del sistema. Se estima que la necesidad de oxígeno para descomponer un kg de DBO5 es de 1,3 kg O2 y se considera que los aireadores funcionan 16 horas por día. También, proveedores de

este tipo de equipos indican un rendimiento de 1,6 kg O₂ / kW hora de los equipos y señalan una potencia de 30 HP.

En la Tabla 6 - Dimensionamiento Laguna Aerada Caso B se presentan los resultados obtenidos.

LAGUNA AERADA		
	Invierno	Verano
Caudal [m3/día] p/4 módulos	14	76
DBO5 [mg/L]	3712	1722
Carga orgánica del efluente [kgDBO5 / día]	53	132
TRH mín [días]	5	
Volumen útil necesario [m3]	382	
Profundidad de la laguna [m]	3	
Ancho [m]	15,0	
Largo [m]	22,0	
Superficie necesaria [m2]	330	
Volumen [m3]	455	
Eficiencia [%]	70%	
Sistema de aireación		
Necesidad de oxígeno [kg O2/kg DBO5]	1,3	
Funcionamiento de los aireadores [hs]	16	
NE O2 [kg O2 / hora]	302	140
Rendimiento de aireadores verticales [kg O2 / kW hora]	1,6	
Potencia necesaria [kW]	189	
Potencia de un aireador vertical [HP]	30	
Cantidad de aireadores [u]	5	

Tabla 6 - Dimensionamiento Laguna Aerada Caso B

En conclusión, para el Caso B, se proponen una laguna anaeróbica y otra aerada en serie, y en la siguiente tabla se presenta un resumen de las dimensiones:

	CASO B	
	Anaeróbica + Aireada	
	Anaeróbica	Aireada
Superficie necesaria [Ha]	0,088	0,033
Ancho [m]	22	15
Largo [m]	32	22

	CASO B	
	Anaeróbica + Aireada	
	Anaeróbica	Aireada
Profundidad [m]	3	3
Cantidad [u]	1	1
Aireadores [u]	-	5
TRH [días]	17	5
Eficiencia [%]	42	70

Tabla 7 - Resumen dimensiones Lagunas Caso B

ANEXO N° 6

“DIMENSIONAMIENTO DEL EDIFICIO DE INGRESO”

El edificio de ingreso contiene una oficina, una sala de reuniones, un espacio para usar en un futuro como laboratorio o depósito, la sala de guardia y de báscula, una cocina y los vestuarios. Se trata de un estructura pequeña de una única planta, proyectada con cubierta de losa de viguetas, muros portantes de ladrillos de HCCA y zapata corrida en la fundación.

El cálculo es muy sencillo y consiste principalmente en un proceso de verificación. Sin embargo, reviste importancia respetar las indicaciones de los proveedores de los ladrillos de HCCA para el correcto levantamiento de la estructura de forma tal que pueda aprovecharse la resistencia del material y sus propiedades características. Las mismas son:

→ Encadenados.

- Se deben colocar en cualquier muro portante, perimetral o interior, en la hilada que estará bajo apoyo de losas o estructura de techos.
- Las vigas de encadenado horizontal deben conformar anillos cerrados para confinar en forma correcta la mampostería.
- Se materializan con ladrillos tipo “U” que se rellenan con hormigón y se colocan 4 barras estribadas.

→ Refuerzos verticales.

- Se ubican en muros de longitud mayor a los 5 metros que no están rigidizados por muros intermedios.
- Debajo de cumbreras, vigas o perfiles que transmitan una carga importante.
- En tramos angostos de muros portantes.
- En muros con mucha superficie de aberturas.

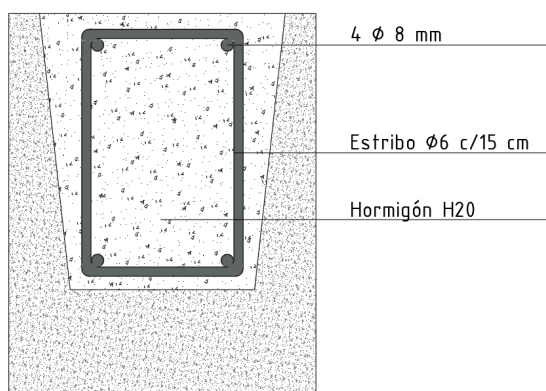


Figura 1 - Ladrillo tipo “U” con hormigón y armadura

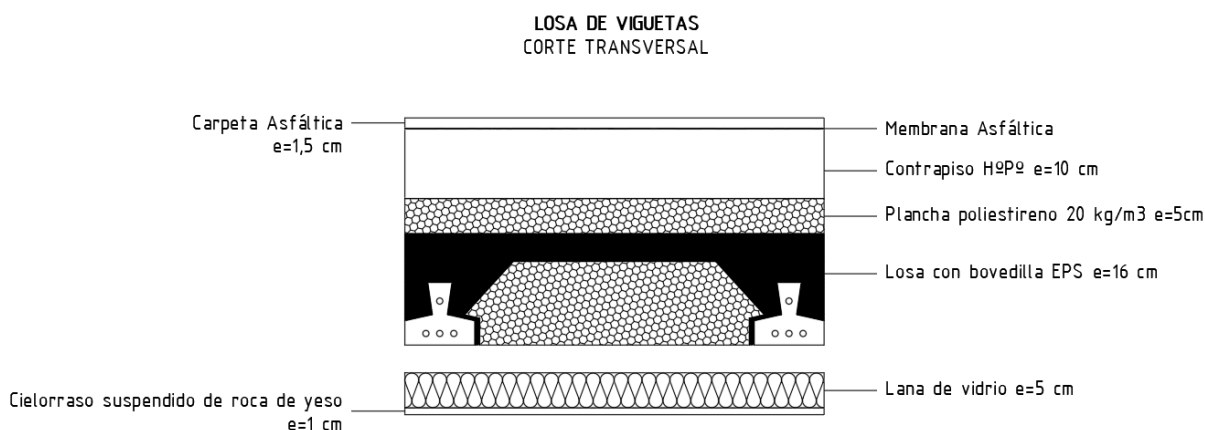
→ Dinteles y refuerzo de antepecho.

- En todo muro con aberturas se debe reforzar a nivel de antepecho colocando dos barras de 8mm ranurando el ladrillo en obra.

- En la parte superior de las aberturas se debe colocar un dintel prefabricado o bien materializar el dintel con ladrillos tipo “U”.

Losa de Viguetas.

Se dimensionan en total 4 losas haciendo uso de las tablas provistas por los fabricantes de estos elementos. Se tiene en cuenta para el análisis de carga que se trata de una azotea inaccesible y se propone el siguiente paquete estructural para la cubierta:



Análisis de cargas

Análisis de cargas		Función de c/forjado
1) Peso propio forjado D1 estimado		
2) Carga accesoria D2 (Paquete estructural)		
- Cielorraso de yeso aplicado	20 kg/m2	
- Contrapiso alivianado	40 kg/m2	
- Carpeta de nivelación	60 kg/m2	
Total D2	120 kg/m2	
3) Sobrecarga L (azotea inaccesible)	100 kg/m2	

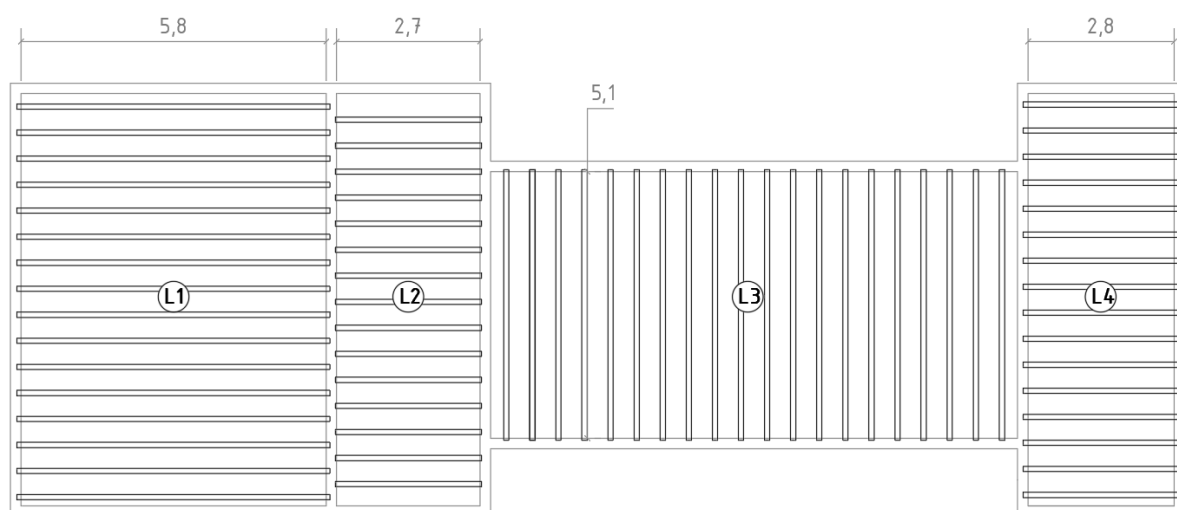


Figura 2 - Losas a verificar

Se adopta un forjado con viguetas simples, bovedillas EPS de 12 cm de espesor y 4 cm de capa de compresión. El peso propio del forjado es de 135 kg/m². Se verifica que para cada losa, el momento nominal requerido sea superior al resistente de la losa.

Losa	Luz libre [m]	Luz cálculo * [m]	Luz viga adoptada [m]	Cargas [kg/m ²]			Combinaciones de carga [kg/m ²]		Solicitud [kgm/m]	
				D1	D2	L	Q1=1,2D+1,6L	Q2=1,4D	Mu	Mn requerido
1	5,80	5,90	6,00	135	120	100	466	357	2097	2330
2	2,70	2,80	2,80	135	120	100	466	357	457	507
3	5,10	5,20	5,20	135	120	100	466	357	1575	1750
4	2,80	2,90	3,00	135	120	100	466	357	524	583

Tabla 1 - Luces y cargas de las losas

Características de la losa de viguetas								
Altura bov.	Espesor losa	Capa compr.	Tipo	Serie**	D forjado real (kg/m ²)	Mn vigueta	¿Mn vigueta > Mn req?	¿D forj. real < D forj. adoptado?
12	16	4	Simple	D	135	2512	Si	Si
				ASTER	135	1210	Si	Si
				C	135	2571	Si	Si
				ASTER	135	1210	Si	Si

Tabla 2 - Verificación losas

Muros portantes.

Se adoptan muros portantes de e=20 cm.

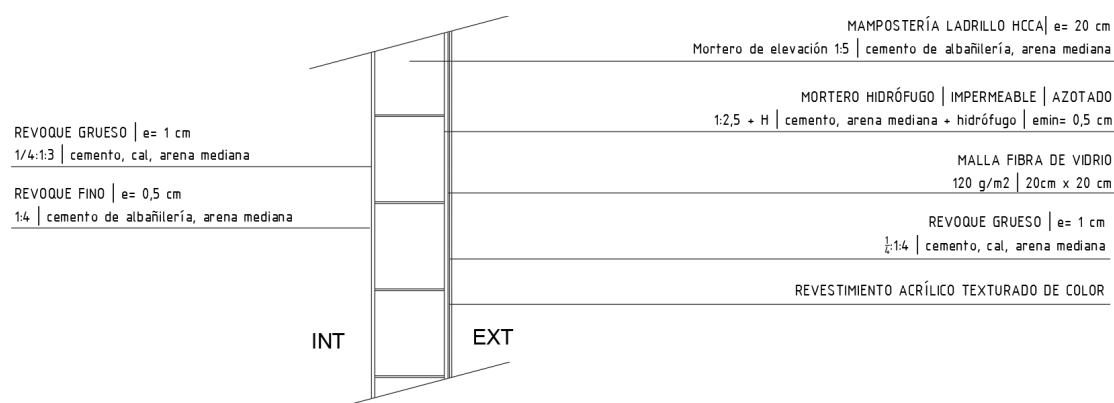


Figura 3 - Muros portantes exteriores

La carga que reciben los muros es la generada por el apoyo de las losas.

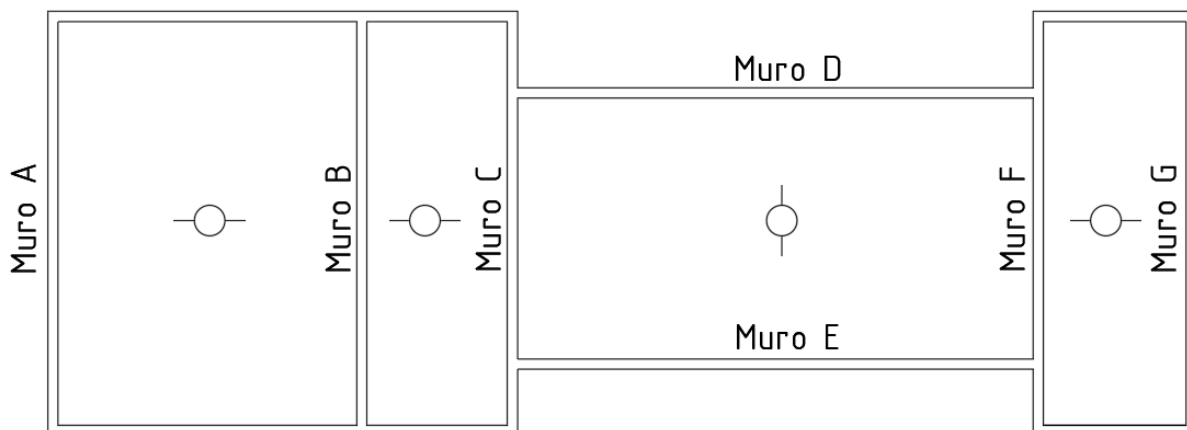
$$Q_{u1} \text{ losa} = 466 \text{ kg/m}^2$$

Con ese valor de carga, y considerando que las losa de viguetas trabajan como losas derechas se obtienen las cargas sobre cada uno de los muros.

De un proveedor de este tipo de material se obtienen los siguientes datos:

$$\text{Tensión de diseño} = 6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tensión de rotura a compresión} = 30 \text{ kg/cm}^2$$



Losa	Dimensiones			Muros s/ los que apoya	Reacciones s/ muros [kg/m]
	Luz // viguetas [m]	Ancho [m]	Superficie losa [m2]		
1	6,00	8,5	51,00	A	1398
				B	1398
2	2,80	8,5	23,80	B	652,4
				C	652,4
3	5,20	10,5	54,60	D	1211,6
				E	1211,6
4	3,00	8,5	25,50	F	699
				G	699

Tabla 3 - Carga sobre muros

Muro	Carga que recibe [kg/m]	Tensión actuante [kg/cm2]	¿Tens. act<Tens. diseño?
A	1398	1,40	Verifica
B	2050,4	2,05	Verifica
C	652,4	0,65	Verifica
D	1211,6	1,21	Verifica
E	1211,6	1,21	Verifica
F	699	0,70	Verifica

Muro	Carga que recibe [kg/m]	Tensión actuante [kg/cm2]	¿Tens. act<Tens. diseño?
G	699	0,70	Verifica

Nota: área apoyo ladrillo 1000 cm2

Tabla 4 - Verificación muros

Todos los muros se encuentran en buenas condiciones de trabajo para las cargas que reciben.

Zapata corrida.

Para el diseño de la cimentación se tiene el siguiente valor de la resistencia del suelo de la zona:

$$\sigma_{\text{admisible del suelo}} = 0,6 \text{ kg/cm}^2$$

Además, los proveedores de los ladrillos de HCCA indican un peso del muro de 136 kg/m2.

Con estos datos se dimensionan las fundaciones. Se obtiene que el muro B requiere de una fundación mayor debido a la mayor carga que recibe. Los resultados se presentan en las Tablas 5 y 6.

Zapata corrida		
Cargas		
Carga máxima del muro=	1398	kg/m
Peso propio del muro=	136	kg/m2
	353,6	kg/m
Carga a cimiento=	1751,6	kg/m
	17,52	kg/cm
Dimensiones cimiento		
Ancho base=	50	cm
Profundidad=	90	cm
Longitud=	100	cm
Peso propio cimiento=	10,8	kg/cm
Verificación		
Carga total=	30,5	kg/cm
Tensión s/suelo=	0,6	kg/cm2
Tensión admisible suelo=	0,6	kg/cm2
Estado	Buenas Condiciones	

Nota: h muro=2,6 m

Tabla 5 - Cimiento corrido

Zapata corrida - Muro B

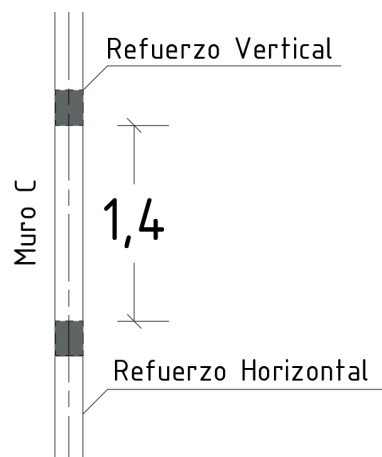
Cargas	2050,4	
Carga máxima del muro=	136	kg/m
Peso propio del muro=	353,6	kg/m ²
	2404	kg/m
Carga a cimiento=	24,04	kg/m
	17,52	kg/cm
Dimensiones cimiento		
Ancho base=	75	cm
Profundidad=	90	cm
Longitud=	100	cm
Peso propio cimiento=	16,2	kg/cm
Verificación		
Carga total=	43,5	kg/cm
Tensión s/suelo=	0,58	kg/cm ²
Tensión admisible suelo=	0,6	kg/cm ²
Estado	Buenas Condiciones	

Nota: h muro=2,6 m

Tablas 6 - Cimiento corrido Muro B

Situación particular Muro C.

En este muro hay un vano de 1,4 metros, y sobre el mismo apoya la losa 2. Se colocan refuerzos verticales en los extremos del vano y además, en la hilada superior, el refuerzo horizontal correspondiente.



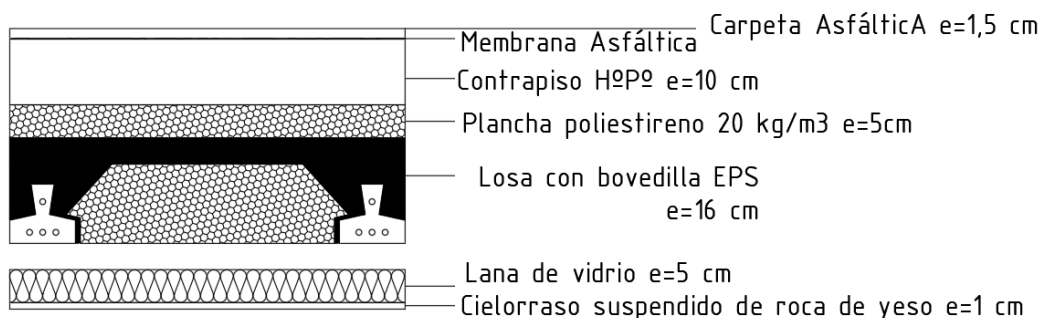
Tablas 7 - Vano Muro C

ANEXO N° 7

**“PLANILLAS PARA LA APLICACIÓN DE LA ORDENANZA
MUNICIPAL N°8757:ASPECTOS HIGROTÉRMICOS Y DEMANDA
ENERGÉTICA DE LAS CONSTRUCCIONES”**

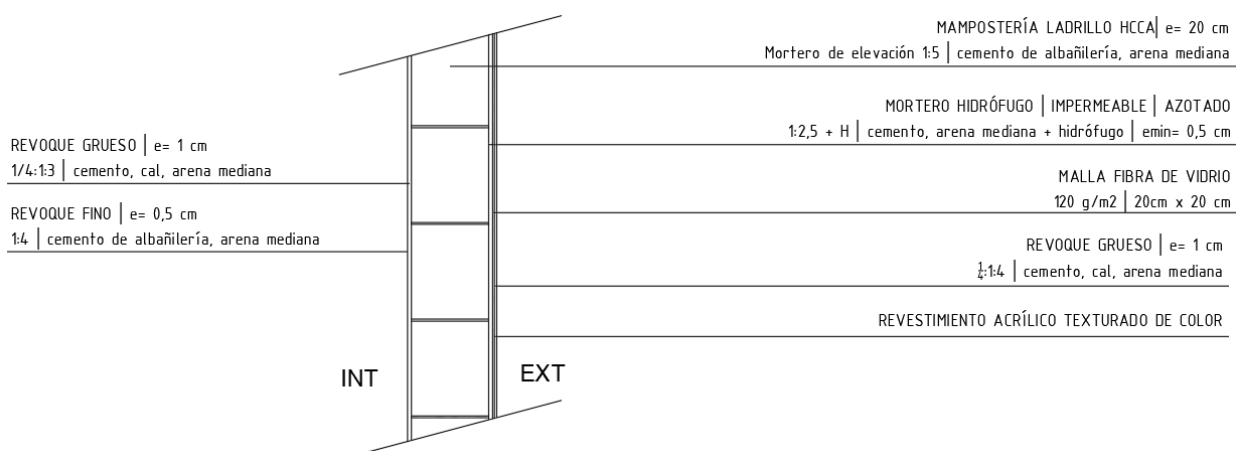
Planilla 1. Cerramiento: Techo.

LOSA DE VIGUETAS
CORTE TRANSVERSAL

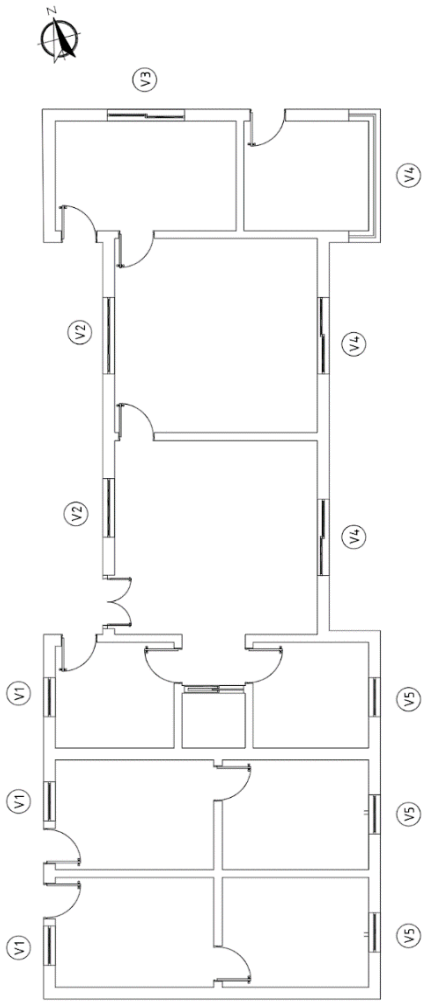


 Municipalidad de Rosario Secretaría de Planeamiento Programa de Construcciones Sustentables y Eficiencia Energética Solicitud del Certificado de Aspectos Higrotérmicos y Eficiencia Energética de las Construcciones		ORDENANZA N° 8757/11	
Nombre y Apellido del Propietario:		Firma:	
Nombre y Apellido del Profesional:		Firma:	
Inmueble: Sección:	Manzana:	Gráfico:	S/División: S/Parcela: Fecha:
PLANILLA 1: Verificación de Transmitancia Térmica para cerramientos opacos de cada solución constructiva.			
Techos			
Descripción:	Espe- sor e [m]	Conductividad λ [W m K]	Resistencia R [m ² K / W]
Resistencia Superficial Exterior			0,040
Cerámicos - Azulejo común	0,005	1,300	0,004
Morteros - De áridos livianos - de perlita con cemento 300 kg/m ³	0,100	0,088	1,136
Aislantes térmicos - Plancha poliestireno de 25 kg/m ³ (ISOPOR, ASTS O SIMILAR)	0,020	0,033	0,606
Losas con bovedilla de EPS altura 16 cm con capa de compresión de 5 cm	0,160		0,650
Camara de aire no ventilada. Una o ambas superficies metálicas para techos horizontales. Esp. + de 10 cm	0,300		0,170
Tableros o paneles - De roca de yeso de 600 kg/m ³	0,010	0,310	0,032
Resistencia Superficial Interior			0,100
Resistencia Térmica Total			2,739
Transmitancia térmica K [W/m² K]			0,37

Planilla 2. Cerramiento: Muro exterior.



Planilla 3. Cerramientos



 Municipalidad de Rosario Secretaría de Planeamiento Programa de Construcciones Sustentables y Eficiencia Energética Solicitud del Certificado de Aspectos Higrotérmicos y Eficiencia Energética de las Construcciones Nombre y Apellido del Propietario: Inmueble Sección: Manzana Gráfico: SDivisión: SParcela				ORDENANZA N° 8757/11				
Firma a:				Firma a:				
Fecha:				Fecha:				
PLANILLA 3: Verificación de Transmisancia Térmica y Factor de Exposición Solar de Cerramientos Transparentes.								
Descripción		Tipo de vidrio		Tipo de protección exterior		Transmit. [W/m²K]	Orientación	Factor de Expos. Solar
V1 - Vestibulos		DVI cámara de 9mm colorado en su masa Gris exterior-4mm y aire en su interior. Vidrio incoloro interior 4mm. (4-9+4). (Float Gris / Super Tint +9) inc. VASA o Similar)		Obstáculos cercano en el horizonte		2,9	Ceste - 20° a 340°	0,14
V2		DVI cámara de 9mm incolor exterior 4mm y aire en su interior. Vidrio incoloro interior 4mm. (4-9+4)		Cortina de enrollar exterior de madera, metálicas, PVC o alu		1,4	Oeste - 20° a 340°	0,17
V3		DVI cámara de 9mm incolor exterior 4mm y aire en su interior. Vidrio incoloro interior 4mm. (4-9+4)		Cortina de enrollar exterior de madera, metálicas, PVC o alu		1,4	Norte - 34° a 20°	0,17
V4		DVI cámara de 9mm incolor exterior 4mm y aire en su interior. Vidrio incoloro interior 4mm. (4-9+4)		Cortina de enrollar exterior de madera, metálicas, PVC o alu		1,4	Este - 21° a 160°	0,17
V5 - Vestibulos		DVI cámara de 9mm colorado en su masa Gris exterior-4mm y aire en su interior. Vidrio incoloro interior 4mm. (4-9+4). (Float Gris / Super Tint +9) inc. VASA o Similar)		Obstáculos cercano en el horizonte		2,9	Este - 21° a 160°	0,14

Transparentes.

ANEXO N° 8

“CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE LA PLANTA DE SEPARACIÓN DE RESIDUOS”

Cálculo de cargas de viento W

VIENTO CIRSOC 102-2005		
UBICACIÓN (Provincia)	Santa Fe	Dato
CATEGORÍA	II	Dato
EXPOSICIÓN	C	CIRSOC 102 - 5.6.1
VELOCIDAD BÁSICA	V 49 m/s	Proporcionada por CIRSOC 102 - Figura 18
TOPOGRÁFICO	kzt 1	Dato
DIRECCIONALIDAD	Kd 0,85	Dato
IMPORTANCIA	I 1	Tabla 1 Según Categoría II
FACTOR DE RÁFAGA	G 0,85	Dato
INCLINACIÓN CUBIERTA	θ 10%	Dato
ALT MEDIA CUBIERTA	h 7,00 m	Igual a la altura del alero por ser la pendiente de cubierta (7°)
COEFICIENTE DE EXPOSICIÓN	kz=kh 0,927	
COEF DE PRESION INTERNA	GCpi 0,18	Edificio cerrado

PRESIÓN DE VIENTO EN LA ESTRUCTURA	
P= qz.(G.Cp) - qi.(GCpi)	
PRESIÓN DINÁMICA EXTERNA	Pared a barlovento
qz=qh=0,613.Kzt.Kd.V2.I.	Varía con la altura
z [m]	qh [kN/m2]
[0-7m]	1,16

De Tabla 5: Exposición C , caso 1

PRESIÓN DINÁMICA INTERNA	
Para todas las superficies y direcciones	
qi=0,613.Kzt.Kd.V2.I.Kz=	No varía con la altura
1,16	

SISTEMA PRINCIPAL RESISTENTE AL VIENTO			
Edificio cerrado			
Viento A (normal a la cumbrera)			
L	50,00 m		
B	20,00 m		
h	7,00 m		
L/B	2,50		
h/L	0,14		

G.Cpi		Actuante hacia la superficie interna		Actuante desde superficie interna		INCLINACIÓN CUBIERTA	
0,18	-0,18			θ	0,100		

Cara	z	q [kN/m2]	Cp	qz.(G.Cp)	qi.(GCpi)	+Gcpi	-Gcpi	
1	7,00	1,16	0,80	0,79	0,21	P pres int	P succ int	Pared a barlovento
2	7,00		-0,30	-0,30		-0,58	-0,09	Pared a sotavento
3	7,00		-0,70	-0,69		-0,90	-0,48	Pared lateral
4	7,00		-0,70	-0,69		-0,90	-0,48	Pared lateral
5	0 a h/2		-0,90	-0,89		-1,10	-0,68	Cubierta
5	h/2 a h		-0,90	-0,89		-1,10	-0,68	Cubierta
6	h a 2h		-0,50	-0,49		-0,70	-0,28	Cubierta
6	>2h		-0,30	-0,30		-0,50	-0,09	Cubierta

Cp-Reglamento figura 3

Viento B (paralelo a la cumbrera)	
L	20,00 m
B	50,00 m
h	7,00 m
L/B	0,40
h/L	0,35

G.Cpi		Actuante hacia la superficie interna		Actuante desde superficie interna		INCLINACIÓN CUBIERTA	
0,18	-0,180			θ	0,100		

Cara	z	q [kN/m2]	Cp	qz.(G.Cp)	qi.(GCpi)	+Gcpi	-Gcpi	
1	7,00	1,16	-0,70	-0,69	0,21	P pres int	P succ int	Pared lateral
2	7,00		-0,70	-0,69		-0,90	-0,48	Pared lateral
3	7,00		0,80	0,79		0,58	1,00	Pared a barlovento
4	7,00		-0,30	-0,30		-0,50	-0,09	Pared a sotavento
5 y 6	0 a h/2		-0,90	-0,89		-1,10	-0,68	Cubierta
5 y 6	h/2 a h		-0,90	-0,89		-1,10	-0,68	Cubierta
5 y 6	h a 2h		-0,50	-0,49		-0,70	-0,28	Cubierta
5 y 6	>2h		-0,30	-0,30		-0,50	-0,09	Cubierta

Cp-Reglamento figura 3

COMPONENTES Y REVESTIMIENTOS

CORREAS

$p = qh * [(GCp) - (Gcpi)]$ (Caso de edificio de baja altura)

h	7,00 m
qh	1,16KN/m2
Luz correas cubierta	5,00 m
Luz correas pared lateral	5,00 m
Luz correas pared frente	5,00 m
Separación entre correas cub	1,25 m
Separación entre correas	1,25 m

Área efectiva de viento: El área usada para determinar GC_p . Para componentes y paneles de revestimiento, el área efectiva de viento en las Figuras 5 a 8 es la longitud del tramo multiplicada por un ancho efectivo que no debe ser menor que un tercio de la longitud del tramo. Para elementos de sujeción de revestimientos, el área efectiva de viento no será mayor que el área que es tributaria a un sujetador individual.

Área Efectiva (pared frente)	Luz*sep correas =	6,3 m2	
	Luz*(Luz/3) =	8,3 m2	Aef adop : 8,3 m2

Área Efectiva (pared lateral)	Luz*sep correas =	6,3 m2	
	Luz*(Luz/3) =	8,3 m2	Aef adop : 8,3 m2

Área Efectiva (cubierta)	Luz*sep correas =	6,3 m2	
	Luz*(Luz/3) =	8,3 m2	Aef adop : 8,3 m2

Gcpi	Pres +	Succ -
	0,18	-0,18 m2

Correas de Paredes frontales

Zona	GCp +	GCp -	P + [kN/m2]	P - [kN/m2]
4	0,765	-0,855	1,10	-1,20
5	0,765	-0,95	1,10	-1,30

ores corresponden a las máximas presiones generadas (positivas y negativas).
Los valores de GCp (Fig. 5A) deben reducirse un 10% cuando ang. < 10°

(Los valores en la tabla ya están reducidos)

Correas de Paredes laterales

Zona	GCp +	GCp -	P + [kN/m2]	P - [kN/m2]
4	0,765	-0,855	1,10	-1,20
5	0,765	-0,95	1,10	-1,30

ores corresponden a las máximas presiones generadas (positivas y negativas).
Los valores de GCp (Fig. 5A) deben reducirse un 10% cuando ang. < 10°

Correas de Cubierta

Zona	GCp +	GCp -	P + [kN/m2]	P - [kN/m2]
1	0,29	-0,91	0,55	-1,26
2	0,29	-1,11	0,55	-1,50
3	0,29	-1,12	0,55	-1,51

alores corresponden a las máximas presiones generadas (positivas y negativas)
GCp de (Fig. 5B)

CHAPAS

$p = qh * [(GCp) - (Gcpi)]$ (Caso de edificio de baja altura)

Chapas de Paredes

h	7,00 m		
qh	1,16kN/m2		
Luz	1,25 m		
Paso de las chapas	0,253 m		
Área Efectiva	Luz*paso =	0,32 m2	Aef adop= 0,52 m2
	Luz*(Luz/3) =	0,52 m2	
Gcpi =	Pres +	Succ -	
	0.18	-0,18 m2	

Zona	GCp +	GCp -	P + [kN/m2]	P - [kN/m2]
4	0,9	-0,99	1,25	-1,36
5	0,9	-1,26	1,25	-1,67

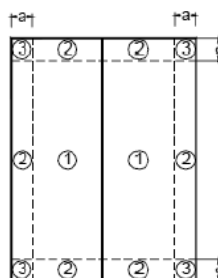
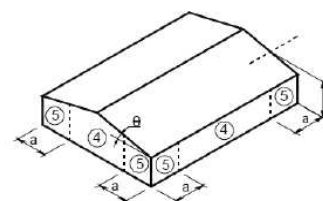
ores corresponden a las máximas presiones generadas (positivas y negativas).
Los valores de GCp (Fig. 5A) deben reducirse un 10% cuando ang. < 10°

Chapas de Cubierta

h	7,00 m		
qh	0,18kN/m2		
Luz	1,25 m		
Paso de las chapas	0,253 m		
Área Efectiva	Luz*paso =	0,32 m2	Aef adop= 0,52 m2
	Luz*(Luz/3) =	0,52 m2	
Gcpi =	Pres +	Succ -	
	0.18	-0,18 m2	

Zona	GCp +	GCp -	P + [kN/m2]	P - [kN/m2]
1	0,3	-1	0,56	-1,37
2	0,3	-1,8	0,56	-2,30
3	0,3	-2,8	0,56	-3,46

alores corresponden a las máximas presiones generadas (positivas y negativas)
GCp de (Fig. 5B)



Cálculo de carga Lr

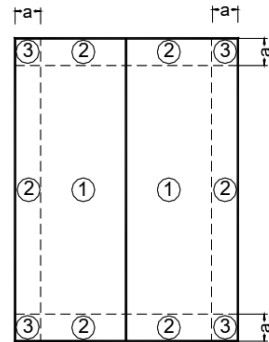
CALCULO DE SOBRECARGA MINIMAS PARA CUBIERTAS Lr			
Datos			
Edificio cerrado			
Localidad	Santa Fe		
Categoría	II		
Exposición	C		
Factor de rafaga G	0,85		
Factor de direccionalidad Kd	0,85		
Kzt	1		
Δ [C°]	40		
Características geométricas			
Longitud mayor	50	m	
Longitud menor	20	m	
Pendiente de cubierta	10	%	
Angulo de la cubierta	6,0	°	
Altura máx. Hmáx	8	m	
Altura media Hm	7	m	
Luz de pórticos	20	m	
Separación entre pórticos	5	m	
Luz correas laterales/techo	5	m	
Luz correas frontales	5	m	
Separación entre correas techo	1,25	m	
Separación entre correas laterales	1,25	m	
		Sobrecarga Portico	
		Luz	20 m
		Sep. entre porticos	5 m
		Area tributaria	100 m2
		R1	0,6
		Pendiente	10 %
		F	1,2
		R2	1
		Sobrecarga Lr=0.96 R1 R2	0,58 kN/m2
		Sobrecarga Correas	
		Luz	5 m
		Sep. entre correas	1,25 m
		Area tributaria	6,25 m2
		R1	1
		Pendiente	0 %
		F	0
		R2	1
		Sobrecarga Lr=0.96 R1 R2	0,96 kN/m2
CIRSOC 101 Cap 4.9.1			

Cálculo de chapas

CHAPAS DE CUBIERTA				
Datos:				
Chapa trapezoidal T 101				
Espesor :		e	0,7 mm	
Separación entre correas de techo:		L	1,25 m	
Paso de la chapa			0,253 m	
Peso propio de		qd	0,067KN/m	
Pendiente de cubierta:		Θ	5,71º	10,0%
a =10% menor dimension horizontal			2,00 m	
Análisis de cargas actuantes sobre la chapa:				
Los siguientes datos de cargas admisibles fueron obtenidos de catálogos de las firmas:				
Cargas admisibles de presión :				
	EXTRAÍDO DE TABLA		INTERPOLACIÓN	
Luz [m]	1,2	1,4	1,25 m	
Flexión [KN/m²]	4,73	3,46	4,095	
Flecha [mm]	7,74	4,85	6,295	
Cargas admisibles de succión :				
Luz [m]	1,2	1,4	1,25 m	
Flexión [KN/m²]	-4,35	-3,21	-3,78	
Flecha [mm]	-8,71	-5,45	-7,08	
Se debe entonces obtener las componentes de las mismas perpendiculares a la chapa, como sigue:				
qD'	=	qD*cos(Θ)		
qLr'	=	qLr*cos(Θ)^2		
DIMENSIONAMIENTO DE LAS CHAPAS DE CUBIERTA				
ZONA 1				
Cargas con presión interna			Cargas con succión interna	
qD	0,061KN/m2		qD'	0,060KN/m2
qD'	0,060KN/m2		qW	-1,368KN/m2
qLr	0,960KN/m2		qLr'	0,950KN/m2
qLr'	0,950KN/m2			
qW	0,557KN/m2			
Combinaciones de cargas de Servicio			Combinaciones de cargas de Servicio	
q1 = qD' + qW	0,617KN/m2		q1 = qD' + qw	-1,308KN/m2
q2 = qD' + qLr'	1,011KN/m2			
q3 = qD' + 0,7*(qLr' + qw)	1,115KN/m2	B.C		
				Para cargas de servicio se utilizo el apéndice L
ZONA 2				
Cargas con presión interna			Cargas con succión interna	
qD	0,061KN/m2		qD'	0,060KN/m2
qD'	0,060KN/m2		qW	-2,296KN/m2
qLr	0,960KN/m2		qLr'	0,950KN/m2
qLr'	0,950KN/m2			
qW	0,557KN/m2	Se acerca a la sup		
Combinaciones de cargas de Servicio			Combinaciones de cargas de Servicio	
q1 = qD' + qW	0,617KN/m2		q1 = qD' + qw	-2,236KN/m2
q2 = qD' + qLr'	1,011KN/m2			
q3 = qD' + 0,7*(qLr' + qw)	1,115KN/m2	B.C		
				Se aleja de la sup
				Para cargas de servicio se utilizo el apéndice L
ZONA 3				
Cargas con presión interna			Cargas con succión interna	
qD	0,061KN/m2		qD'	0,060KN/m2
qD'	0,060KN/m2		qW	-3,456KN/m2
qLr	0,960KN/m2		qLr'	0,950KN/m2
qLr'	0,950KN/m2			
qW	0,557KN/m2	Se acerca a la sup		
Combinaciones de cargas de Servicio			Combinaciones de cargas de Servicio	
q1 = qD' + qW	0,617KN/m2		q1 = qD' + qw	-3,396KN/m2
q2 = qD' + qLr'	1,011KN/m2			
q3 = qD' + 0,7*(qLr' + qw)	1,115KN/m2	B.C		
				Como no verifica, para esta zona se podría adoptar otra separacion entre correas o se podría aumentar el espesor pero no es una solucion economica
				Para cargas de servicio se utilizo el apéndice L
DIMENSIONAMIENTO DE LAS CHAPAS DE PARED				
ZONA 4				
Cargas de Presión			Cargas de Succión	
qW =	1,252KN/m2		qW	-1,357KN/m2
Combinaciones de cargas de Servicio			Combinaciones de cargas de Servicio	
qs1 = qw	1,252KN/m2	B.C	qs1 = qw	-1,357KN/m2
				B.C
ZONA 5				
Cargas de Presión			Cargas de Succión	
qW1 =	1,252KN/m2		qW	-1,670KN/m2
Combinaciones de cargas de Servicio			Combinaciones de cargas de Servicio	
as1 = qW1	1,252KN/m2	B.C	as1 = aw	-1,67KN/m2
				B.C

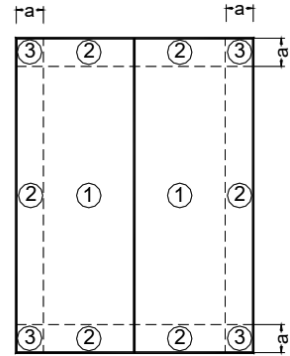
Cálculo correas de techo Zona 1

CORREAS DE TECHO							
Zona 1							
Chapa D [kn/m2] 0,061				Ángulo faldón Θ [grados] 5,711			
Perfil propuesto							
C	ht	bt	dt	t=ri			
mm	180	80	30	3,2			
A	12,13		cm2				
Peso de la correa	0,095		kN/m				
Jx	611,9		cm4				
Jy	112,4		cm4				
Sx	67,99		cm3				
Iy=Jy/2	56,2		cm4				
Material							
Acero F-24							
Fy=	23,50	kN/cm2	estos datos?				
Fu=	37,00	kN/cm2					
E=	20000	kN/cm2					
G=	78,33	kN/m3					
Separación entre correas		1,25	m				
Luz		5,00	m				
Angulo		5,711	°				
Área efectiva [m2]							
A1= S.correas*	6,25						
A2=I*I/3	8,33						
Cargas							
Permanente D	0,17	kN/m	(Ppchapa.Sc+Ppcorrea)*cos Θ				
CV 0,96kN/m2	1,19	kN/m	Lr*(cos Θ)^2*sc				
W succión Wn	-1,58	kN/m					
W presión Wp	0,68	kN/m					
Flecha							
f = (5/384) (q x Luz4) / (E x J)							
fadm (Carga de Viento)= Luz/1	2,78	cm					
fadm (D+CV)= Luz/150	3,33	cm					
Servicio	Lr	q+	1,19	kN/m => f	0,79	cm	B.C
	Wn	q-	-1,58	kN/m => f	-1,05	cm	B.C
	D+Lr	q+	1,36	kN/m => f	0,90	cm	B.C
	D+Wn	q-	-1,41	kN/m => f	-0,94	cm	B.C
	D+Wp	q-	0,85	kN/m => f	0,57	cm	B.C
Ultima	Presion	q1+ [Kn/m]	1,82	1.2D+0.5Lr+1.5Wp			
		q2+ [Kn/m]	2,65	1.2*D+1.6*Lr+0.8Wp			
		Qu+[Kn/m]	2,65				
	Succion	Qu-[Kn/m]	-2,22	0.9*D+1.5*Wn			
Mu=(q*I^2)/8							
Mu+ [Knm]	8,28	presion	$K_e = \frac{Cb \pi^2 E d I_{yc}}{S (J_b)^2}$				
Mu- [Knm]	-6,93	succion					
cb	1,14	??	Para $F_e \geq 2,78F_y$ → $F_c = F_y$				
Lb [m]	5,00		Para $2,78F_y > F_e > 0,56F_y$ → $F_c = \frac{10}{9} F_y \left(1 - \frac{10F_y}{36F_e}\right)$				
Fe [Kn/cm2]	13,39		Para $F_e \leq 0,56F_y$ → $F_c = F_e$				
2,78*Fy	53,58						
0,56*Fy	13,16						
Fc [Kn/cm2]	13,38						
φ	0,9	Alas no rigidizadas					
Arriostado en el chapeado							
Md= φ S Fy	Md+=	14,38	kNm	Verificación	Mu+/Md+	0,58	B.C
Arriostado al medio							
Md= φ S Fc	Md=-	-8,19	kNm	Verificación	Mu-/Md-	0,85	B.C
Chapeado en succion							
Md= φ S Fc R	Md+=	5,32	kNm	Verificación	Mu-/Md-	-1,30	B.C
R (165 < d < 216mm)=	0,65						



Cálculo correas de techo Zona 2

CORREAS DE TECHO							
Zona 2							
Chapa		Ángulo faldón Θ					
D [kn/m2]	0,061	[grados]	5,711				
Perfil propuesto							
C	ht	bt	dt	t=ri			
mm	180	80	30	3,2			
A	12,13		cm2				
Peso de la correa	0,095		kN/m				
Jx	611,9		cm4				
Jy	112,4		cm4				
Sx	67,99		cm3				
ly=iy/2	56,2		cm4				
Material							
Acero F-24							
Fy=	23,50	kN/cm2	estos datos?				
Fu=	37,00	kN/cm2					
E=	20000	kN/cm2					
G=	78,33	kN/m3					
Separación entre correas		1,25	m				
Luz		5,00	m				
Angulo		5,711	°				
Área efectiva [m2]							
A1= S.correas*	6,25						
A2=I*/3	8,33						
Cargas							
Permanente D	0,17	kN/m	(Ppchapa.Sc+Ppcorrea)*cos Θ				
CV 0,96kN/m2	1,19	kN/m	Lr*(cos Θ)^2*sc				
W succión Wn	-1,50	kN/m					
W presión Wp	0,55	kN/m					
Flecha							
fadm (Carga de Viento)= Luz/1		2,78	cm	f = (5/384) (q x Luz4) / (E x J)			
fadm (D+CV)= Luz/150		3,33	cm				
Servicio	Lr	q+	1,19	kN/m => f	0,79	cm	B.C
	Wn	q-	-1,50	kN/m => f	-0,99	cm	B.C
	D+Lr	q+	1,36	kN/m => f	0,90	cm	B.C
	D+Wn	q-	-1,33	kN/m => f	-0,88	cm	B.C
	D+Wp	q-	0,72	kN/m => f	0,48	cm	B.C
Ultima	Presión	q1+ [Kn/m]	1,62	1.2D+0.5Lr+1.5Wp			
		q2+ [Kn/m]	2,54	1.2*D+1.6*Lr+0.8Wp			
		Qu+[Kn/m]	2,54				
	Succión	Qu-[Kn/m]	-2,09	0.9*D+1.5*Wn			
Mu=(q*I^2)/8							
Mu+ [Knm]	7,94	presión	$I_{oe} = \frac{Cb \pi^2 E I_{ye}}{S (I_b)^2}$				
Mu- [Knm]	-6,53	succión					
cb	1,14	Para $F_e \geq 2,78F_y$ → $F_c = F_y$ Para $2,78F_y > F_e > 0,56F_y$ → $F_c = \frac{10}{9} F_y \left(1 - \frac{10F_y}{36F_e}\right)$ Para $F_e \leq 0,56F_y$ → $F_c = F_e$ Alas no rigidizadas					
Lb [m]	5,00						
Fe [Kn/cm2]	13,39						
2,78*Fy	53,58						
0,56*Fy	13,16						
Fc [Kn/cm2]	13,38						
ϕ	0,9						
Arriostrado en el chapeado							
Md= ϕ S Fy	Md+=	14,38	kNm	Verificación	Mu+/Md+	0,55	B.C
Arriostrado al medio							
Md= ϕ S Fc	Md=-	-8,19	kNm	Verificación	Mu-/Md-	0,80	B.C
Chapeado en succión							
Md= ϕ S Fy R	Md+=	5,32	kNm	Verificación	Mu-/Md-	-1,23	B.C
R (165 < d < 216mm)=	0,65						



Cálculo correas de techo Zona 3 (con tilla)

CORREAS DE TECHO									
Zona 3									
Chapa									
D [kn/m2]	0,061								
Ángulo faldón Θ									
[grados]	5,711								
Perfil propuesto									
C	ht	bt	dt	t=ri					
mm	180	80	30	3,2					
A	12,13		cm2						
Peso de la correa	0,095		kN/m						
Jx	611,9		cm4						
Jy	112,4		cm4						
Sx	67,99		cm3						
Iy=Jy/2	56,2		cm4						
					Sección simétrica				
Material									
Acero F-24									
Fy=	23,50	kN/cm2							
Fu=	37,00	kN/cm2							
E=	20000	kN/cm2							
G=	78,33	kN/m3							
Diagrama de Cargas									
Separación entre correas		1,25	m						
Luz		5,00	m						
Angulo		5,711	°						
Área efectiva [m2]									
A1= S.correas*I		6,25							
A2=I*I/3		8,33							
Cargas									
Permanente D	0,17	kN/m	(Ppchapa.Sc+Ppcorrea)*cos Θ						
CV 0,96kN/m2 Lr	1,19	kN/m	Lr*(cos Θ)^2*sc						
W succión Wn	-1,88	kN/m							
W presión Wp	0,68	kN/m							
Flecha									
f = (5/384) (q x Luz4) / (E x J)									
fadm (Carga de Viento)= Luz/180		2,78	cm						
fadm (D+CV)= Luz/150		3,33	cm						
Servicio									
	Lr	q+	1,19	kN/m => f	0,79	cm	B.C		
	Wn	q-	-1,88	kN/m => f	-1,25	cm	B.C		
	D+Lr	q+	1,36	kN/m => f	0,90	cm	B.C		
	D+Wn	q-	-1,71	kN/m => f	-1,14	cm	B.C		
	D+Wp	q-	0,85	kN/m => f	0,57	cm	B.C		
Ultima									
	Presión	q1+ [Kn/m]	1,82	1.2D+0.5Lr+1.5Wp					
		q2+ [Kn/m]	2,65	1.2*D+1.6*Lr+0.8Wp					
	Succión	Qu+ [Kn/m]	2,65						
		Qu- [Kn/m]	-2,67	0.9*D+1.5*Wn					
Mu=q*I^2/8									
Mu+ [Knm]	8,28	presión							
Mu- [Knm]	-8,36	succión							
Diagrama de Momentos									
cb	1,14								
Lb [m]	2,50	Lb = 2d 2*distancia entre pasadas							
Fe [Kn/cm2]	53,57								
2,78*Fy	53,58								
0,56*Fy	13,16								
Fc [Kn/cm2]	22,93								
φ	0,9	Alas no rigidizadas							
Arriostrado en el chapeado									
Md= φ S Fy	Md+=	14,38	kNm	Verificación	Mu+/Md+	0,58	B.C		
Arriostrado al medio									
Md= φ S Fc	Md=-	-14,03	kNm	Verificación	Mu-/Md-	0,60	B.C		
Chapeado en succión									
Md= φ S Fy R	Md+=	9,12	kNm	Verificación	Mu-/Md-	-0,92	B.C		
R (216 < d < 292mm)=		0,65							

Cálculo correas frontis Zona 4 y 5

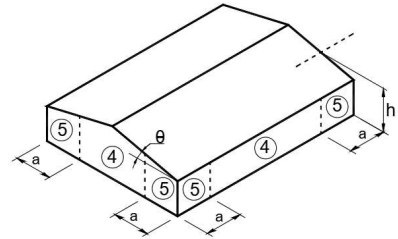
CORREAS DE PARED FRONTIS Zona 5 Y 4 Frontis

Chapa

D [kn/m2]	0,061
-----------	-------

Perfil propuesto

C	ht	bt	dt	t=ri
mm	180	80	30	3,2
A		12,13		cm2
Peso de la correa		0,095		kN/m
Jx		611,9		cm4
Jy		112,4		cm4
Sx		67,99		cm3
Iy=Jy/2		56,2		cm4



Material

Acero F-24

Fy=	23,50	kN/cm2
Fu=	37,00	kN/cm2
E=	20000	kN/cm2
G=	78,33	kN/m3

Separación entre correas	1,25	m
Luz	5,00	m

Área efectiva [m2]

A1= S.correas*	6,25
A2=I*/3	8,33

Cargas

Chapas pared, las cargas verticales no las toman

Permanente D	0,00	kN/m	
CV 0,96kN/m2	0,00	kN/m	(Ppchapa.Sc+Ppcorrea)*cos θ
W succión Wn	-1,63	kN/m	Lr*(cos θ)^2*sc
W presión Wp	1,37	kN/m	Maxima sollicitación correspondiente a la zona 5

Flecha

$$f = (5/384) (q \times Luz^4) / (E \times J)$$

fadm (Carga de Viento)= Luz/1	2,78	cm
fadm (D+CV)= Luz/150	3,33	cm

Servicio	Lr	q+	0,00	kN/m => f	0,00	cm	B.C
	W	q-	-1,63	kN/m => f	-1,08	cm	B.C
	D+Lr	q+	0,00	kN/m => f	0,00	cm	B.C
	D+Wn	q-	-1,63	kN/m => f	-1,08	cm	B.C
	D+Wp	q-	1,37	kN/m => f	0,91	cm	B.C

Ultima	Presión	q1+ [Kn/m]	2,05	1.2D+0.5Lr+1.5Wp
		q2+ [Kn/m]	1,10	1.2*D+1.6*Lr+0.8Wp
		Qu+[Kn/m]	2,05	
	Succión	Qu-[Kn/m]	-2,45	0.9*D+1.5*Wn

Mu=q*I^2/8

Mu+ [Knm]	6,42	presion
Mu- [Knm]	-7,64	succion

Cb	1,29
Lb [m]	5,00
Fe [Kn/cm2]	15,15
Fc [Kn/cm2]	14,86

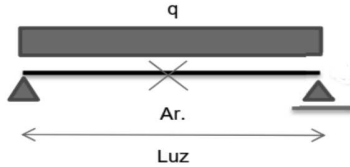
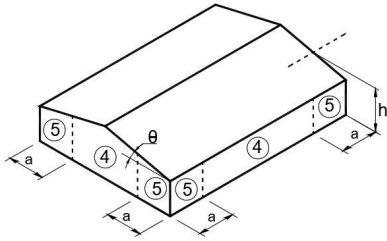
Fe tensión elástica crítica de pandeo lateral-torsional
Fc: Tensión crítica

$$F_e = \frac{C_b \pi^2 E I_y}{S (L_b)^2}$$

$$\begin{aligned} \text{Para } F_e \geq 2,78 F_y &\rightarrow F_c = F_y \\ \text{Para } 2,78 F_y > F_e > 0,56 F_y &\rightarrow F_c = \frac{10}{9} F_y \left(1 - \frac{10 F_y}{36 F_e}\right) \\ \text{Para } F_e \leq 0,56 F_y &\rightarrow F_c = F_e \end{aligned}$$

Arriostrado en el chapeado		Se verifica para cagas de presión, donde ala comprimida arriostrada al revestimiento					
Md= φ S Fy	Md+=	14,38	kNm	Verificación	Mu+/Md+	0,45	B.C
Arriostrado al medio		Se verifica para cargas de succión, donde ala comprimida NO está arriostrada al revestimiento, se deberá considerar el efecto de inestabilidad flexotorsional.					
Md= φ S Fc	Md=-	-9,10	kNm	Verificación	Mu-/Md-	0,84	B.C
Chapeado en succion							
Md= φ S Fy R	Md+=	-9,35	kNm	Verificación	Mu-/Md-	0,82	B.C
R (165 < d < 216mm)=		0,65					

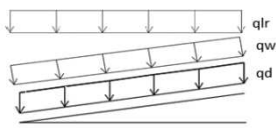
Cálculo correas laterales Zona 4 y 5

CORREAS DE PARED													
Zona 5 Y 4 laterales													
Ar. en Luz/2													
		Luz											
Chapa													
D [kn/m2]	0,061												
Perfil propuesto													
C	ht	bt	dt	t=ri									
mm	180	80	30	3,2									
A		12,13		cm2									
Peso de la correa		0,095		kN/m									
Jx		611,9		cm4									
Jy		112,4		cm4									
Sx		67,99		cm3									
Iy=Jy/2		56,2		cm4									
Material													
Acero F-24													
Fy=	23,50	kN/cm2											
Fu=	37,00	kN/cm2											
E=	20000	kN/cm2											
G=	78,33	kN/m3											
Separación entre correas		1,25	m										
Luz		5,00	m										
Área efectiva [m2]													
A1= S.correas*	6,25												
A2=I*/3	8,33												
Cargas													
Chapas pared, las cargas verticales no las toman													
Permanente D	0,00	kN/m											
CV 0,96kN/m2	0,00	kN/m	(Ppchapa.Sc+Ppcorrea)*cos Θ										
W succión Wn	-1,63	kN/m	Lr*(cos Θ)^2*sc										
W presión Wp	1,37	kN/m	Maxima sollicitación correspondiente a la zona 5										
Flexión													
f = (5/384) (q x Luz4) / (E x J)													
fadm (Carga de Viento)= Luz/1	2,78	cm											
fadm (D+CV)= Luz/150	3,33	cm											
Servicio													
	Lr	q+	0,00	kN/m => f	0,00	cm	B.C						
	W	q-	-1,63	kN/m => f	-1,08	cm	B.C						
	D+Lr	q+	0,00	kN/m => f	0,00	cm	B.C						
	D+Wn	q-	-1,63	kN/m => f	-1,08	cm	B.C						
	D+Wp	q-	1,37	kN/m => f	0,91	cm	B.C						
Ultima													
	Presión	q1+ [Kn/m]	2,05	1.2D+0.5Lr+1.5Wp									
		q2+ [Kn/m]	1,10	1.2*D+1.6*Lr+0.8Wp									
		Qu+[Kn/m]	2,05										
	Succion	Qu-[Kn/m]	-2,45	0.9*D+1.5*Wn									
Mu=q*I^2/8													
Mu+ [Knm]	6,42	presión											
Mu- [Knm]	-7,64	succion											
Cb	1,29												
Lb [m]	5,00												
Fe [Kn/cm2]	15,15	Fe tensión elástica crítica de pandeo lateral-torsional											
Fc [Kn/cm2]	14,86	Fc: Tensión crítica											
Arriostrado en el chapeado													
Se verifica para cagas de presión, donde ala comprimida arriostrada al revestimiento													
Md= φ S Fy	Md+=	14,38	kNm	Verificación	Mu+/Md+	0,45	B.C						
Arriostrado al medio													
Se verifica para cargas de succión, donde ala comprimida NO está arriostrada al revestimiento, se deberá considerar el efecto de inestabilidad flexotorsional.													
Md= φ S Fc	Md=-	-9,10	kNm	Verificación	Mu-/Md-	0,84	B.C						
Chapeado en succion													
Md= φ S Fy R	Md+=	-9,35	kNm	Verificación	Mu-/Md-	0,82	B.C						
R (165 < d < 216mm)=	0,65												

Cálculo columnas pórtico

ESTADOS DE CARGA NOMINALES					
	Carga	Posición	kN/m2	kN/m	kN
Parelelo al plano de pórtico	WPPPin	Cubierta (0-10m)	-1,10	-5,48	-
		Cubierta (>10m)	-0,70	-3,51	-
		Barlovento	0,58	2,90	-
		Sotavento	-0,50	-2,52	-
	WPPSin	Cubierta (0-10m)	-0,68	-3,39	-
		Cubierta (>10m)	-0,28	-1,42	-
		Barlovento	1,00	4,99	-
		Sotavento	-0,09	-0,43	-
Normal al plano de pórtico	WNPPin	Cubierta*	-1,10	-5,48	-
		Laterales	-0,90	-4,49	-
	WNPPSin	Cubierta*	-0,68	-3,39	-
		Laterales	-0,48	-2,41	-

qD chapas cubierta	0,061	0,30	-
qD correas cubierta		0,38	
qD cubierta tot		0,68	
qD chapas paredes	0,061	0,30	-
qD correas paredes		0,38	
qD paredes tot		0,68	-
Lr cubierta	0,58	2,88	-
Lr cubirta "y"		2,85	Lr*cos(6°)^2



Igual dirección a qd

W410x38.8	
W16x26	
d [mm]	417
bf [mm]	181
tf [mm]	18,2
d'[mm]	346
tw [mm]	10,9
h[mm]	380,6
bf/2tf	4,98
d'/tw	31,7
Ag [cm2]	108,40
Peso [kg/m]	84,8
Ix [cm4]	31550,0
Sx [cm3]	1511,0
rx [cm]	17,1
Zx [cm3]	1721,0
Iy [cm4]	1794,0
Sy [cm3]	198,0
ry [cm]	4,1
Zy [cm3]	310,0
J [cm4] (It)	92,4
Lp [cm] (alma)	209,0
Lr [cm] (alma)	738,0
X1 [mpa]	18271,0
Lx max [cm]	700
Ly max [cm]	500
DATOS DEL MATERIAL ACERO F-24	
Fy [Mpa]	235
E [Mpa]	200000
G [Mpa]	77200
Desplazamiento lateral en Y (mm)	cha admisible (n
6,35	35

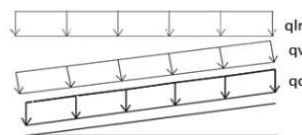
Tabla A-L4.1

VERIFICA

(estado 55)

Dimensionamiento de Columnas				Mu asociado		Tu asociado					
Carga	kN	N° de barra	Estado de cargas	Nodo	kNm	kN					
Carga máxima de compresión (Pu)	53,519	Col. derecha (4)	21	5	86,356	-					
Carga máxima de tracción (Tu)	72,607	Col. iz y der (1y4)	41	4	188,678	-					
Momento flector máximo (Mu) kNm	188,678	Col. izq y der (1 y 4)	41	2 y 4	-	72,607					
Perfil adoptado		W410x38.8									
Dimensionamiento											
PANDEO LOCAL											
VERIFICACIÓN ALA											
$\lambda_r=0.83*(E/F_y)^{0.5}$	24,21	Tabla B.5.1 Caso 1									
$b_f/2t_f$	4,98	VERIFICA									
VERIFICACIÓN ALMA											
$P_u/0,85P_y$	0,023										
λ_r	166	Tabla B.5.1 Caso 13									
$d'/t_w=hw/tw$	31,70	VERIFICA									
PANDEO GLOBAL EN X											
k_x	2,00	-									
L_x	700,00	cm									
λ_x	82,02	-									
PANDEO GLOBAL EN Y											
k_y	1,00	-									
L_y	500,00	cm									
λ_y	123,15	<200									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN											
λ_c	1,34	-									
F_{cr}	11,04	kN/cm2									
ϕ	0,85	-									
P_d	1016,96	kN									
P_u/P_d	0,05	<1									
Verifica?	SI										
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN											
λ_y (eje de menor inercia)	123,15	<300									
T_n	2547,40	kN									
ϕ	0,90	-									
T_d	2292,66	kN									
T_u/T_d	0,03	<1									
Verifica?	SI										
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN											
Plastificación											
M_p	40443,50	kNcm									
M_y	35508,50	kNcm									
1,5 M_y	53262,75	kNcm									
PANDEO LATERAL TOSIONAL											
C_b	1,00	Pag 96 Cirsoc 301									
L_b	700,00	cm									
L_p	209,00	cm									
L_r	738,00	cm									
$L_b<L_r \rightarrow$ PLT plástico											
X_1	18271,00	MPa									
M_r	25082,60										
$M_n(plt)$	26186,03	kNcm									
M_n	26186,03	kNcm									
ϕ	0,90	-									
M_d	23567,43	kNcm									
M_u/M_d	0,80	<1									
ACCIONES COMBINADAS											
ACCIONES COMBINADAS CON COMPRESIÓN (Comb. 21 Nodo 5)								Estado de cargas	Nodo	Solicitud	
P_u/P_d	0,05	<0,2						21	5 (C4)	P_u : Compresión máxima [kN]	53,52
M_u (asociado al estado P_u max)	8635,6	kNcm								M_u : Flexión asociada [kNm]	86,36
M_d	23567,43	kNcm									
P_u	53,52	kN									
P_d	1016,96	kN									
Fórmula	0,38	<1									
ACCIONES COMBINADAS CON TRACCIÓN (Comb. 41 Nodo 4)								Estado de cargas	Nodo	Solicitud	
T_u (asociado al estado M_u max)	72,61							41	2 (C4)	M_u : Flexión máxima [kNm]	188,68
T_u/T_d	0,03	<0,2								T_u : Tracción asociada [kN]	72,61
M_u	18867,8	kNcm									
M_d	23567,43	kNcm									
Fórmula	0,74	<1									

Cálculo viga Pórtico

ESTADOS DE CARGA NOMINALES							
	Carga	Posición	kN/m2	kN/m	kN		
Parelelo al plano de pórtico	WPP Pint	Cubierta (0-10m)	-1,10	-5,48	-	Carga de viento Paralelo al plano del Pórtico de Presión (pared lateral)	
		Cubierta (>10m)	-0,70	-3,51	-		
		Barlovento	0,58	2,90	-		
		Sotavento	-0,50	-2,52	-		
	WPP Sint	Cubierta (0-10m)	-0,68	-3,39	-	Carga de viento paralelo al plano del pórtico de succión (pared lateral)	
		Cubierta (>10m)	-0,28	-1,42	-		
		Barlovento	1,00	4,99	-		
		Sotavento	-0,09	-0,43	-		
Normal al plano de pórtico	WNPP Pint	Cubierta*	-1,10	-5,48	-	Carga de viento normal al plano del pórtico de presión (pared lateral)	
		Laterales	-0,90	-4,49	-		
	WNPS Sint	Cubierta*	-0,68	-3,39	-	Carga de viento normal al plano del pórtico de succión (pared lateral)	
		Laterales	-0,48	-2,41	-		
	qD chapas cubierta			0,061	0,30	-	
	qD correas cubierta				0,38		
	qD cubierta tot				0,68		
	qD chapas paredes			0,061	0,30	-	
qD correas paredes				0,38			
qD paredes tot				0,68	-		
Lr cubierta			0,58	2,88	-		
Lr cubirta "y"				2,85	$Lr \cdot \cos(6^\circ)^2$		
						Igual dirección a qd	
W410x38.8							
W16x26							
d [mm]	417						
bf [mm]	181						
tf [mm]	18,2						
d' [mm]	346						
tw [mm]	10,9						
h [mm]	380,6						
bf/2tf	4,98						
d'/tw	31,7						
Ag [cm2]	108,40						
Peso [kg/m]	84,8						
Ix [cm4]	31550,0						
Sx [cm3]	1511,0						
rx [cm]	17,1						
Zx [cm3]	1721,0						
Iy [cm4]	1794,0						
Sy [cm3]	198,0						
ry [cm]	4,1						
Zy [cm3]	310,0						
J [cm4] (It)	92,4						
Lp [cm] (alma)	209,0						
Lr [cm] (alma)	738,0						
X1 [mpa]	18271,0						
Lx max [cm]	1000						
Ly max [cm]	500						
DATOS DEL MATERIAL ACERO F-24							
Fy [Mpa]	235						
E [Mpa]	200000						
G [Mpa]	77200						
Desplazamiento lateral en Y (mm) > ha admisible (n							
13,56	50						
VERIFICA LOCAL Y (10m) (Estado 57)							

Dimensionamiento de Columnas				Mu asociado		Tu asociado	
Carga	kN	N° de barra	Estado de cargas	Nodo	kNm	kN	
Carga máxima de compresión (Pu)	32,752	2	21	2	90,937	-	
Carga máxima de tracción (Tu)	68,723	2	41	3	188,768	-	
Momento flector máximo (Mu) kNm	188,768	2	41	2	-	68,723	
Perfil adoptado		W410x38.8					
Dimensionamiento							
PANDEO LOCAL							
VERIFICACIÓN ALA							
$\lambda_r=0.83*(E/F_y)^{0.5}$	24,21	Tabla B.5.1 Caso 1					
$b_f/2t_f$	4,98	VERIFICA					
VERIFICACIÓN ALMA							
$P_u/0,85P_y$	0,014						
λ_r	166	Tabla B.5.1 Caso 13					
$d'/t_w=h_w/t_w$	31,70	VERIFICA					
PANDEO GLOBAL EN X							
k_x	0,50	-					
L_x	1000,00	cm					
λ_x	29,29	-					
PANDEO GLOBAL EN Y							
k_y	1,00	-					
L_y	500,00	cm					
λ_y	123,15	<200					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
λ_c	1,34	-					
F_{cr}	11,04	kN/cm2					
ϕ	0,85	-					
P_d	1016,96	kN					
P_u/P_d	0,03	<1					
Verifica?	SI						
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN							
λ_y (eje de menor inercia)	123,15	<300					
T_n	2547,40	kN					
ϕ	0,90	-					
T_d	2292,66	kN					
T_u/T_d	0,03	<1					
Verifica?	SI						
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN							
Plastificación							
M_p	40443,50	kNcm					
M_y	35508,50	kNcm					
1,5 M_y	53262,75	kNcm					
PANDEO LATERAL TOSIONAL							
C_b	1,00	Pag 96 Cirsoc 301					
L_b	1000,00	cm					
L_p	209,00	cm					
L_r	738,00	cm					
$L_b>L_r \rightarrow PLT$ elástico							
X_1	18271,00	MPa					
M_{cr}	143470,56	kNcm					
M_n	53262,75	kNcm					
ϕ	0,90	-					
M_d	47936,48	kNcm					
M_u/M_d	0,39	<1					
ACCIONES COMBINADAS							
ACCIONES COMBINADAS CON COMPRESIÓN (Comb. 21 Nodo 5)				Estado de cargas	Nodo	Solicitud	
P_u/P_d	0,03			21	2	Pu: Compresión máxima [kN]	32,75
M_u (asociado al estado P_u max)	9093,70	kNcm				Mu: Flexión asociada [kNm]	90,94
M_d	47936,48	kNcm					
P_u	32,75	kN					
P_d	1016,96	kN					
Fórmula	0,20	<1					
ACCIONES COMBINADAS							
ACCIONES COMBINADAS CON TRACCIÓN (Comb. 41 Nodo 4)				Estado de cargas			
T_u (asociado al estado M_u max)	68,72			41	3	Tu: Tracción max [kN]	68,72
T_u/T_d	0,03	<0,2				Mu: Flexión asociada [kN]	188,77
M_u	18876,80	kNcm					
M_d	47936,48	kNcm					
Fórmula	0,38	<1					
ACCIONES COMBINADAS							
ACCIONES COMBINADAS CON TRACCIÓN (Comb. 41 Nodo 4)				Estado de cargas	Nodo	Solicitud	
T_u (asociado al estado M_u max)	68,72			41	2	Mu: Flexión máxima [kNm]	188,77
T_u/T_d	0,03	<0,2				Tu: Tracción asociada [kN]	68,72
M_u	18876,80	kNcm					
M_d	47936,48	kNcm					
Fórmula	0,38	<1					

Cálculo viga dintel

DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN - CARGAS HORIZONTALES		
Pandeo Local Ala		
bf/2tf	8,5	
λp	11,09	Tabla B.5.1 Caso 1
Verifica?		B . C
Pandeo Local Alma		
hw/tw	45,72	
λp	109,69	Tabla B.5.1 Caso 9
Verifica?		B . C
Pandeo Global en x		
kx	1,00	
Lx	5,00	cm
λx	0,38	
Pandeo Global en y		
ky	1,00	
Ly	5,00	cm
λy	1,30	B . C
Plastificación		
Mp = Zx * Fy	14335	kNcm
1,5 My	3084,375	kNcm
Mn p =	14335	kNcm
Pandeo Lateral Torsional		
Lb	500	cm
Lp	197,0	cm
Lr	581,0	cm
Mcr =	76919,75	kNcm
Verificación de resistencia		
Mn = Min (Mcr, Mnp)	14335,00	kNcm
Φ	0,9	
Md =	12901,50	kNcm
Mu =	1168,78	kNcm
Mu / Md	0,09	B . C
DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN - CARGAS VERTICALES		
Pandeo Local Ala		
bf/2tf	8,5	
λp	11,09	Tabla B.5.1 Caso 1
Verifica?		B . C
Pandeo Local Alma		
hw/tw	45,72	
λp	109,69	Tabla B.5.1 Caso 9
Verifica?		B . C
Plastificación		
Mp = Zy * Fy	3149	kNcm
1,5 My	25380	kNcm
Mn =	25380	kNcm
Verificación de resistencia		
Φ	0,9	
Md =	22842,00	kNcm
Mu =	18,14	kNcm
Mu / Md	0,00	B . C
DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN DISIMÉTRICA		
Mux	1168,78	
Mdx	12901,50	
Muy	18,14	
Mdy	22842,00	
Mux/Mdx + Muy/Mdy	0,09	B . C

Cargas Horizontales		
W (Presión int)	0,580	KN/m2
W (Succión int)	1,00	KN/m2
Ancho de influencia	2,5	m
qW (Presión)	1,45	KN/m
qW (Succión)	2,49	KN/m
qWu (Presión)	2,17	KN/m (mayorada)
qWu (Succión)	3,74	KN/m (mayorada)
Peso portón	0	KN/m

Presión total	d [mm]	310
Presión total	bf [mm]	165
	tf [mm]	9,7
	hw [mm]	267
	tw [mm]	5,8
	bf/2tf	8,5
	hw/tw	45,72
	Ag [cm2]	49,35
	Peso [kg/m]	38,7
	Ix [cm4]	8491,0
	Sx [cm3]	547,0
	rx [cm]	13,1
Zx [cm3]	610,0	
Iy [cm4]	720,0	
Sy [cm3]	87,5	
ry [cm]	3,8	
Zy [cm3]	134,0	
J [cm4]	12,5	
Lp [cm]	197,0	
Lr [cm]	581,0	
X1 [kN/cm2]	12548,0	

DATOS DEL MATERIAL ACERO F-24	
Fy [Mpa]	235
E [Mpa]	200000
G [Mpa]	77200

ESTADOS DE CARGA DE SERVICIO		
Flecha máx : L/160 [cm]	3,13	MINIMO W 200x22,5
Inercia mínima [cm ⁴]	487	

Sección	W250x17.9
Lx [cm]	500,0
Ly [cm]	500,0
Lp [cm]	197,0
Lr [cm]	581,0
Cb	1,14
Cargas horizontales	
Mux [kNcm]	1168,8
Mdx = 0,9 Mp [kNcm]	12901,5
Cargas verticales	
Muy [kNcm]	18,1
Mdy = 0,9 Mp [kNcm]	22842,0
Flexión disimétrica	
Mux/Mdx + Muy/Mdy	0,09

Cálculo Parantes Frontis

Columna de frontis - BARLOVENTO			
L [m]	8		
Long de infl. cubierta [m]	2,5		
Ancho de infl. cubierta [m]	5		
Alto de infl. frente superior[m]	3		
Ancho de infl. frente superior [m]	5		
Alto de infl. frente inferior [m]	5		
Ancho de infl. frente inferior [m]	2,5		
Área de influencia frontis [m2]	27,5		
Análisis de cargas			
Cargas nominales verticales (compresión/tracción)			
Carga	kN/m2	kN/m	kN
qLr	0,960	-	12,000
qW (presión int) cubierta	0,557	-	6,958
qW (succión int) cubierta	-2,296	-	-28,703
qD chapas cubierta	0,067	-	0,835
qD correas cubierta	-	0,095	0,475
qD chapas frontis	0,061	0,061	1,670
qD correas frontis	-	0,095	1,900
PP columna	-	0,670	5,360
qDy puntual cubierta			1,310 kN
qDy repartida cubieta			0,826 kN/m
Cargas horizontales (flexión) (frontis)			
Carga	kN/m2	kN/m	
qW sup (Presión)	1,25	6,262	
qW inf (Presión)		3,131	
qW sup (Succión)	-1,67	-8,350	
qW inf (Succión)		-4,175	
ESTADOS DE CARGA ÚLTIMOS			
E1=1,2D+1,6Lr+0,8W (succion interna)			
E2=1,2D +1,5W (succion interna)			

ESTADOS DE CARGA DE SERVICIO		
Flecha máx : L/160 [cm]	5,00	MINIMO W 200x22,5
Inercia mínima [cm ⁴]	-4453	
Dimensionamiento		
Pandeo Local		
Verificación Ala		
λp	11,09	Tabla B.5.1 Caso 1
bf/2tf	7,00	B.C
Verificación Alma		
Pu/ØPy	0,016	
λp	105	Tabla B.5.1 Caso 13
hw/tw	28,4	B.C
Pandeo Global		
Pandeo según X		
kx	1	
Lx	500	
λx	38,23	
Pandeo según Y		
ky	1	
Ly	800	
λy	162,3	<200
λc	1,77	
Fcr [kN/cm2]	6,57	
Ø	0,85	
Pd [kN]	475,9	
Pu/Pd	0,06	B.C
Flexión		
Plastificación		
My [kNm]	223,7	
Mp [kNm]	249,1	
1,5 My [kNm]	335,6	
Mp [kNm]	249,1	
Pandeo lateral torsional		
Cb	1,27	
Lb [cm]	500	
Lp [cm]	253,0	
Lr [cm]	926,0	
Lb > Lr		
X1 [Mpa]	19788,0	
Mplt=Mcr [kNm]	301,9	
Mn [kNm]	301,9	
Ø	0,9	
Md [kNm]	271,75	
Mu/Md	0,24	B.C

Verificación acciones combinadas		
Combinación 1: E1=1,2D+1,6Lr+0,8W		
Pu1 [kN]	28,24	Compresión
Pd [kN]	475,9	
Pu1/Pd	0,06	
Mu1 [kNm]	34,76	
Md [kNm]	271,75	
Mu1/Md	0,13	
Verificación comb	0,16	B.C
Combinación 2:E2=1,2D +1,5W		
Pu6 [kN]	9,04	Compresión
Pd [kN]	475,9	
Pu6/Pd	0,02	
Mu6 [kNm]	65,18	
Md [kNm]	271,75	
Mu6/Md	0,24	
Verificación comb	0,25	B.C

Tabla resumen	
Columns empotradas	
Sección	W310x21
Lx [cm]	500
Ly [cm]	800
Lp [cm]	253,0
Lr [cm]	926,0
λx	38,23
λy	162,3
Pumax [kN]	28,243
Pd [kN]	475,9
Mumax [kNm]	65,180
Md[kNm] =0,9 Mplt [kNm]	271,75

Cálculo Estructura de contraviento

CARGAS VIENTO ZONA 4 en servicio		
Barlovento	1,252	kN/m2
Sotavento	-1,357	kN/m2

ESTADOS DE CARGA ÚLTIMOS		
C1: 1,5W (presión)		
C2: 1,5 W (succión)		

AREAS Frontis		
A1	17,82	m2
A2	18,2	m2
A3	18,2	m2

REACCION COLUMNA MEDIA		
Estado	Valor	Unidad
C1	34,19	kN
C2	-37,04	kN

Dimensionamiento de diagonal mas traccionada		
Carga de	227,15	kN
Diametro	3,18	1 pulgada y 1/4
Barras roscadas no verificamos esbeltez		
Fluencia		
Φ	0,9	-
Fy	235	MPa
Ag	15,88	cm2
Tn	373,29	KN
Td	335,96	KN
Tu/Td	0,68	B.C
Rotura		
Φ	0,75	-
Fu	370	MPa
Ae	11,91	cm2
Tn	440,80	KN
Td	330,60	KN
Tu/Td	0,69	B.C

CARGAS VIENTO ZONA 4 en ultimas		
Barlovento	1,879	kN/m2
Sotavento	-2,035	kN/m2

CARGAS DE VIENTO ACTUANTES S/ PARANTE EXTERNO			
Ancho de influencia p. externo		2,5	m
Barlovento	4,70	kN/m	
Sotavento	-6,26	kN/m	

REACCION COLUMNA		
Estado	Valor	Unidad
C1	34,19	kN
C2	-37,04	kN

Dimensionamiento del puntal mas comprimido		
Carga de	128,66	kN
Características del empresillado		
Distancia entre	1,67	m
Espesor presilla	10	mm
Parámetros geométricos de un LPN individual		
Perfil	L 102 x 102 x 7,9	
Ag	15,65	cm2
b	101,6	mm
t	7,9	mm
lv	59	cm4
rv	1,94	cm
lz	245,82	cm4
rz	3,96	cm
v1	3,92	cm
ex = ey	2,78	cm
Parámetros geométricos de la seccion completa		
Ag total	31,3	cm2
d	4,27	cm
lx total	689,64	cm2
rx total	4,69	cm
ly total	491,64	cm4
ry total	3,96	cm
Pandeo local		
b/t	10,7	COMPACTA
λr (caso 6)	13,13	
Q	1	
Pandeo global EJE Y		
ky	1	-
Ly	500	cm
λv	126,16	-
Pandeo global EJE X		
kx	1	-
Lx	500	cm
λxo	106,5	-
rib	4,69	cm
h	8,55	cm
a	166,67	cm
α	0,91	-
λ1	35,51	-
λm	108,70	-
λdet	126,16	-
λ < 200?	B.C	-
Resistencia de diseño a la compresión		
λc	1,38	-
√Q . λc =	1,38	-
Fcr	10,88	kN/cm2
φc	0,85	-
Pn	340,44	kN
Pd	289,37	kN
Verifica?	B.C	-
Verificación de esbeltez local		
kv	1	-
Lv	166,67	cm
λv	85,91	-
0.75 * λdet	94,62	-
Verifica?	B.C	-

CARGAS VIENTO ZONA 5 en servicio		
Barlovento	1,252	kN/m2
Sotavento	-1,670	kN/m2

CARGAS VIENTO ZONA 5 ultimas		
Barlovento	1,879	kN/m2
Sotavento	-2,505	kN/m2

Sección	L 102 x 102 x 7,9
Distancia Presilla	1,67
Espesor presilla	10
Lx [cm]	500
Ly [cm]	500
λx	108,70
λy	126,16
Pumax [kN]	128,66
Pd [kN]	289,37

Cálculo Placa base

REACCIONES									
BASE 1		Vu concomitante	Pu concomitante	Tu concomitante	Mu concomitante	Estado de carga	M*=Mu + Vu*x	e=M*/Pu	A/6
Tu max (kN)	65,925	13,7	0	65,925	72,141	E41 (N1)	82,416		10,0
Pu max (kN)	53,519	30,33	53,519	0	86,356	E21 (N5)	109,10575	2,0	10,0
Vu max (kN)	63,512	63,512	0	60,958	159,692	E39 (N1)	207,326		10,0
Mu max (kNm)	156,947	63,512	0	60,958	159,692	E39 (N1)	207,326		10,0

BASE (COMPRESIÓN MÁXIMA)		
VERIFICACIÓN DE LA PRESIÓN BAJO LA PLACA		
ESTADO 1 - MÁXIMA COMPRESIÓN		
Pu	65,93	kN
$0.85 f'c A1 * \sqrt{e}$	2444,21	kN
A1	1500,00	cm2
A2	2450,00	cm2
Pu/Pd	0,03	< 1
VERIFICA		

BASE (TRACCIÓN MÁXIMA)		
VERIFICACIÓN DEL CORTE EN NARIZ DE CORTE		
El corte se absorbe por nariz de corte		
Vu	63,51	kN
$f_p = 0.85 f'c A1 * \sqrt{e}$	1,28	kN/cm2
Vu adm	70,13	kN
Vu / Vuadm	0,91	< 1
VERIFICA		
VERIFICACIÓN A FLEXIÓN EN NARIZ DE CORTE		
Mu	476,34	kNcm
Md	824,85	kNcm
Mu / Md	0,577	< 1
VERIFICA		
SOLICITACIÓN EN LOS PERNOS DE ANCLAJE		
Cant. pernos	8	unidades
Sep. entre pernos	50	cm
Tu perno	10,62	kN
Td	80,74	kN
Tu perno / Td	0,132	< 1
VERIFICA		

VERIFICACIÓN PLACA BASE		
Pu	65,93	kN
Dist. entre	5	cm
Presión en la placa	0,0440	kN/cm2
Long. en voladizo	-178,5	cm
Dist. de perno a	-183,500	cm
Mup	700,173	kNcm/cm
Mut	10,920	kNcm/cm
Md	43,250	kNcm
Mut / Mdt	0,252	< 1
VERIFICA		

ESFUERZOS		
Tu max	65,925	kN
Pu max	53,519	kN
Vu max	63,512	kN
Mu max	156,947	kNm
M*=Mu + Vu*x	207,326	kNm
e=M*/Pu	2,0	
MATERIALES		
Hormigón H-25		
f'c	2,5	kN/cm2
φc	0,6	-
Acero F-24		
Fy	23,5	kN/cm2
Fu	37	kN/cm2
E	20000	kN/cm2
PROPIEDADES DEL PERFIL DE LA COLUMNA		
Perfil	W410x38.8	
h	417	cm
bf	181	cm
DIMENSIONES DE BASE DE HORMIGÓN		
AF	70	cm
BF	35	cm
G	5	cm
DIMENSIONES DE PLACA METÁLICA		
tp (e = 1 1/8")	2,86	cm
A	60	cm
B	25	cm
L	5	cm
D = A - 2 * L	50	cm
H = B - 2 * L	15	cm
NARIZ		
Perfil	IPE 100	
Zx	39,0	cm
AN = bf	5,5	cm
BN = h	10	cm
P	10	cm
X = (P - G) / 2 + G	7,5	cm
PERNOS		
Diámetro	7/8"	pulg
	2,22	cm

Cálculo Fundaciones

Datos de columna										
W410x38.8										
Cargas Max		V concomitante	P concomitante	T concomitante	M concomitante	Estado de carga	PP cabezal [kN]	PP pilote [kN]	Pilote Izquierdo	Pilote derecho
Carga en servicio										
Ts max (kN)	54,8	13,056	0	54,8	58,507	E6 (N1)	30,7	33,9	25,0	-68,6
Ps max (kN)	-41,108	18,836	-41,108	0	-49,999	E77 (N1)	30,7	33,9	-109,8	-29,8
Vs max (kN)	46,264	46,264	0	51,489	116,874	E4 (N1)	30,7	33,9	70,0	-117,0
Ms max (kNm)	116,874	46,264	0	51,489	116,874	E4 (N1)	30,7	33,9	70,0	-117,0
Carga última										
Tu max (kN)	65,925	12,71	0	65,925	-69,438	E41 (N1)	30,71	33,9	-71,8	39,3
Pu max (kN)	-53,519	31,60	-53,519	0	-89,67	E21 (N5)	30,71	33,9	-121,0	22,5
Vu max (kN)	63,512	63,512	0	58,281	156,947	E39 (N1)	30,71	33,9	105,5	-145,6
Mu max (kNm)	156,947	62,214	0	58,281	156,947	E39 (N1)	30,71	33,9	105,5	-145,6
Propuesta cabezal										
Pilotes	2		[u]							
Φ	50		[cm]							
Geometría del cabezal										
S = 2,5*Φ	125		[cm]							
Altura del cabezal	d>= 0,7*(S-bw/2)	75	[cm]							
	h>=S/1,5	83	[cm]							
	hadopt =	90	[cm]							
d= h - 7cm	83		[cm]							
B1= Φ+10*2	70		[cm]							
A1= S+Φ+2*10	195		[cm]							
Aadopt=	195		[cm]							
Dimensiones del cabezal	195 x 70 x 90									
PP cabezal	30,7		[kN]							
Compresion pilote			[kN]							
PP pilote	33,9		[kN]							
Compresion total										
Profundidad cabezal	-0,7									
Profundidad comienzo de pilotes	1,6									
Cargas que deben resistir los pilotes										
Compresión Max	117,0	kN								
Tracción Max	70,0	kN								
Resistencia pilote										
Estrato	Profundidad	He adop [m]	qf adm [kN/m2]	qp [kN/m2]	Nf [kN]	Nfacum [kN]	Np [kN]	C max pilote [kN]		
1	0,0 - 1,5	0	31	0	0,00	0,00	0			
2	1,5 - 3,5	1,9	23	0	8,58	8,58	0			
3	3,5 - 8	5	63	540	62,29	70,87	106,03	176,90		
	Largo pilote	6,9					VERIFICA			
	prof punta	8,5					TRACCIÓN	VERIFICA COMPRESIÓN		
Dimencionamiento de armadura pilote										
Nu [mN]	0,1	Se trata de un elemento comprimido sin pandeo local, adopto cuantía Mínima								
Cuantía	1%									
Asección [cm2]	1963									
Ag necesario [cm2]	111									
Ast1 = 1% Ag nec [cm2]	1,11									
Ast2= 0,5% Ag sección [cm2]	9,82									
Ast = MAX(1%Ag nec; 0,5%Areal) [cm2]	9,82									
Ast adop										
Diámetro Φ [mm]	10									
Cantidad	13									
Estribos (min Φ6)										
Diámetro Φ [mm]	6									
SMAX(12Φb; 48Φe)	12									
Dimencionamiento viga de fundación										
Vu --> Pu (mN)	0,161247									
Cuantía mínima	1%									
B	30									
H	40,00									
Asección [cm2]	1200									
Ag necesario [cm2]	79,9									
Ast1 = 1% Ag nec [cm2]	0,80									
Ast2= 0,5% Ag sección [cm2]	6,00									
Ast = MAX(1%Ag nec; 0,5%Areal) [cm2]	6,00									
Ast adop										
Diámetro Φ [mm]	10									
Cantidad	8									
Estribos (min Φ6)										
Diámetro Φ [mm]	6									
SMAX(12Φb; 48Φe)	12									

NOTA: $F_y + = T$ + Tracción (La carga va en sentido + de Y)
 $+y$ - Compresión (La carga va en sentido - de Y)
 $M+$ (Para izq)
 $M-$ (Para der)

$+x$ $F_x = V$

Datos de estudio de suelo (El Trébol)

Estrato	Profundidad [m]	He [m]	qf [kN/m2]	qp [kN/m2]	[kg/cm2]
			Resist. Fricción	Resist. Punta	Cohesión
1	0,0 - 1,5	1,5	31	0	0,42
2	1,5 - 3,5	2	23	0	0,34
3	3,5 - 8	3	59 - 63	440 - 530	0,52

ANEXO N° 9
“CÁLCULO HIDRÁULICO”

1. Determinación curvas IDR

En la siguiente tabla, se muestran los valores de relación intensidad, duración y recurrencia, con los que se trabaja para la construcción de las curvas utilizadas.

INTENSIDAD (mm/hs)						
Δt (min)	Tr: 2 años	Tr: 5 años	Tr: 10 años	Tr: 25 años	Tr: 50 años	Tr : 100 años
5	135,62	178,35	205,8	239,74	264,58	289,13
10	118,67	156,05	180,07	209,77	231,51	252,99
15	101,72	133,76	154,35	179,8	198,44	216,84
30	58,39	76,79	88,61	103,22	113,92	124,48
60	33,91	44,59	51,45	59,93	66,15	72,28
120	20,72	27,25	31,44	36,63	40,42	44,17
180	16,95	22,29	25,72	29,97	33,07	36,14
360	10,83	14,24	16,44	19,15	21,13	23,09
720	6,83	8,98	10,36	12,07	13,32	14,56
1440	3,92	5,16	5,95	6,94	7,66	8,37
2880	2,24	3	3,42	3,88	4,17	4,43
4320	1,63	2,18	2,52	2,91	3,17	3,42

Tabla 01: Relaciones IDR, para El Trébol, años 1990 a 2017. Fuente: Cátedra Proyecto IV.

Para el diseño del proyecto de obras se siguen las recomendaciones establecidas en la Resolución N° 736 del año 2016, en el que se detalla que el reservorio debe estar diseñado para amortiguar el escurrimiento producido por una tormenta de diseño de recurrencia 100 años, y que debe contar con estructuras de regulación para descargar caudales generados por tormentas de 5 y 100 años. Debido a esto, se obtienen las curvas IDR correspondientes a R=5 años y R=100 años, y sus respectivas líneas de tendencia. La ecuación que las define viene dada por la siguiente expresión:

$$I = a \Delta t^b$$

Siendo: I : Intensidad de lluvia correspondiente a una recurrencia. (mm/hs)
 Δt : Duración de la lluvia. (min)
 a, b : coeficientes de parametrización.

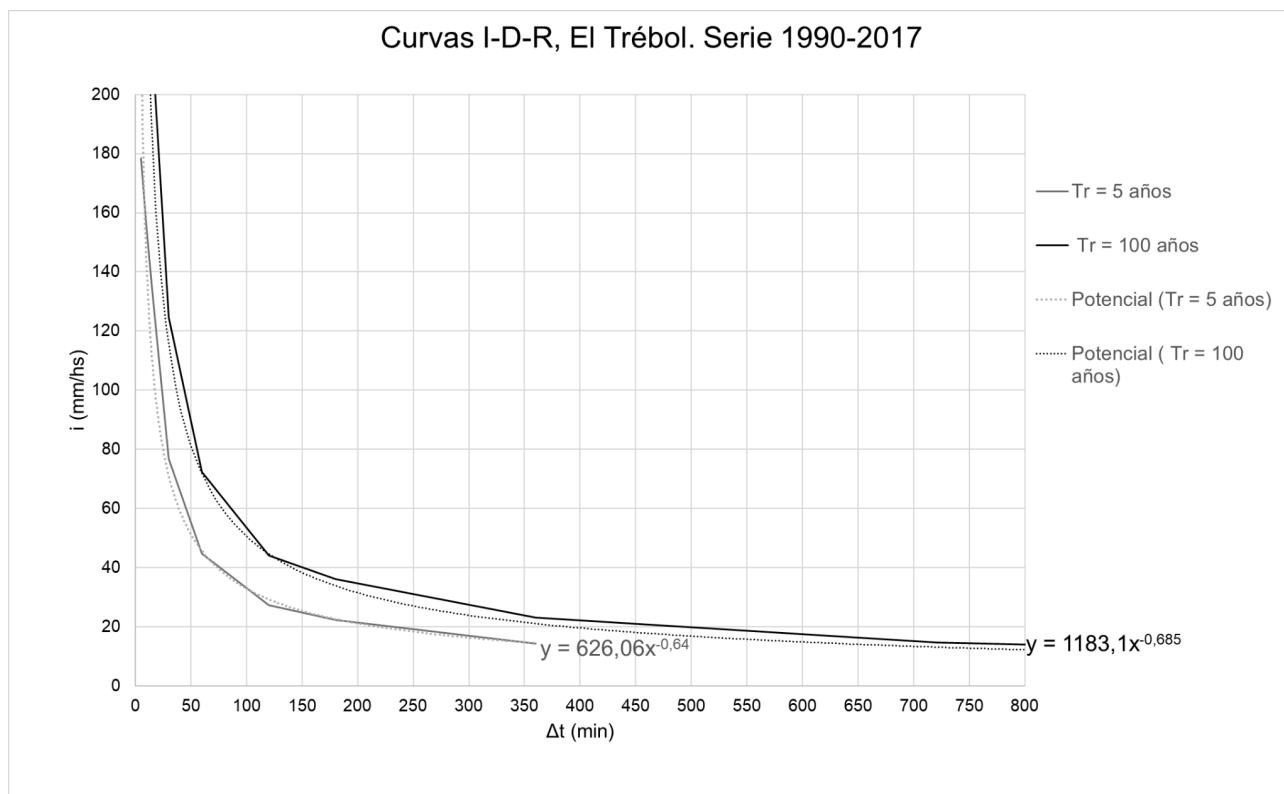


Figura 01: Curvas IDR para R=5 años y 100 años.

2. Cálculos hidrológicos

2.1 Situación pre proyecto para R= 5 años

El caudal máximo de salida se obtiene como el escurrimiento de la gota más alejada hidráulicamente para la determinación del tiempo de concentración, considerando la superficie total del terreno $A = 24,88$ has, un coeficiente de escurrimiento de 0,23 correspondiente a áreas vegetales permeables, adoptando una velocidad de escurrimiento mantiforme de 0,10 m/s, y una longitud de recorrido máxima de 755 m.

Caudal máximo saliente pre proyecto R: 5 años	
Área (Ha)	24,88
C	0,23
L Mantiforme (m)	755
V Mantiforme (m/s)	0,1
Tc (min)	125,80
I (mm/h)	28,40
Q requerido (m3/s)	0,45

Tabla 02: Cálculo caudal máximo para R=5 pre proyecto.

2.2 Situación pre proyecto para R= 100 años

En este caso, el cálculo es similar que para R=5 años, pero considerando que varía el valor de la intensidad, ya que corresponde a la curva de R=100 años.

Caudal máximo saliente pre proyecto R: 100 años	
Área (Ha)	24,88
C	0,23
L mantiforme (m)	755
V Mantiforme (m/s)	0,1
Tc (min)	125,80
I (mm/h)	43,10
Q requerido (m3/s)	0,70

Tabla 03: Cálculo caudal máximo para R=100 pre proyecto.

2.3 Situación post proyecto para R= 5 años

Una vez ejecutado el proyecto, debido a la modificación del uso del suelo, se requiere estimar las obras de conducción, almacenamiento, regulación y descarga del caudal generado.

Como alternativa de canalización se plantean cunetas de suelo natural, por lo que en cada tramo se determina el caudal máximo circulante, se verifica que la cuneta no desborde y se define el cuerpo receptor.

Para conocer el caudal de aporte en cada tramo, el terreno se divide en subcuencas, y se define a qué tramo aporta cada una de ellas. En el Plano N° 10 se presentan las 21 cunetas proyectadas, y se identifican las subcuencas de aporte de cada una de ellas.

El caudal máximo de salida se obtiene para la Cuneta 3-41, la cual es la más solicitada hidráulicamente, mediante el Método Racional Modificado. Por lo tanto, se considera el área de las subcuencas que aportan a la misma, que corresponde a 6,84 has. Además, se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- El diseño de las cunetas se realiza para una recurrencia de 5 años.
- El flujo encauzado a través de la cuneta se supone que se realiza con una velocidad media de 0,6 m/s.
- El coeficiente de escorrentía se obtiene a partir de una ponderación según el tipo de superficie y el área que ocupa:

Tipo de superficie	C	Ocupación	Área
Verde	0,23	25%	62.200
Relleno	0,60	65%	161.720
Pavimento	0,80	10%	24.880
Total	0,53	100%	248.800

Tabla 04: Cálculo coeficiente de escorrentía post proyecto.

El caudal máximo de salida en la situación post proyecto para una R=5 años se resume en la siguiente tabla.

Caudal máximo saliente post proyecto R: 5 años	
Área (Ha)	6,84
C	0,53
L mantiforme (m)	65
V Mantiforme (m/s)	0,10
L encauzado (m)	744,00
V encauzado (m/s)	0,60
Tc (min)	31,13
I (mm/h)	69,34
Q requerido (m3/s)	0,70

Tabla 05: Cálculo caudal máximo R=5 post proyecto

2.4 Situación post proyecto para R= 100 años

Para la determinación del caudal máximo se utiliza la misma metodología que en el punto anterior, pero esta vez, considerando una recurrencia de 100 años, lo cual varía el valor de intensidad a utilizar.

Caudal máximo saliente post proyecto R:100 años	
Área (Ha)	11,12
C	0,53
A x C (Ha)	5,87
L mantiforme (m)	65
V Mantiforme (m/s)	0,23
L encauzado (m)	774
V encauzado (m/s)	0,5
Tc (min)	30,50
I (mm/h)	113,80
Qreq (m3/s)	1,85

Tabla 06: Cálculo caudal máximo R=100 post proyecto

3. Diseño de obra de conducción interna

3.1 Cálculo de caudales requeridos por cuneta

En la Tabla N° 13, se presenta el proceso de cálculo del caudal requerido para cada cuneta mediante el Método Racional Modificado, para una recurrencia de diseño de 5 años.

Se toman como válidas las mismas consideraciones que se detallaron en el ítem **2.3 Situación post proyecto para R= 5 años.**

Para cada tramo de cuneta proyectada se define:

- Área de aporte de las subcuencas.
- Coeficiente de escorrentía.
- Longitud de recorrido mantiforme del agua.
- Velocidad de recorrido mantiforme del agua. Se adopta $V = 0,10 \text{ m/s}$, para flujo no concentrado en campos, zonas verdes, parques y jardines. Valor de referencia brindado por el Decreto 4841/2012, Ley N° 13.246, Provincia de Santa Fe.
- Longitud de recorrido encauzado del agua.
- Velocidad de recorrido encauzado del agua. Se adopta $V = 0,60 \text{ m/s}$, para flujo circulante por cuneta. Valor de referencia brindado por el Decreto 4841/2012, Provincia de Santa Fe.

Para cada tipo de flujo, se calcula el tiempo de concentración como la relación entre la longitud recorrida y la velocidad. Finalmente, el tiempo de concentración se obtiene como:

$$T_c = T_{\text{Mantiforme}} + T_{\text{Encauzado}} [\text{Min}]$$

La intensidad de lluvia se calcula mediante los parámetros resultantes de la curva I-D-R correspondiente a R= 5 años:

$$I = a T_c^b$$

LÍNEA DE TENDENCIA R: 5 años		
R (años)	a	b
5	626,06	-0,64

Tabla 07: Parámetros curva IDR

3.2 Diseño y verificación de cunetas

En la Tabla N° 14, se presenta el proceso de cálculo del caudal de diseño circulante por cada cuneta mediante la formulación de Chezy-Manning. Para ello, se propone un tirante y una base de fondo, y se verifica que el caudal resultante sea igual o mayor al caudal requerido en cada cuneta.

Se considera como pendiente longitudinal mínima 1‰.

Además, se presenta información sobre:

- CTN AA: Cota terreno natural aguas arriba. [m]
- CF AA: Cota de fondo de cuneta aguas arriba. [m]
- CTN AAb: Cota terreno natural aguas abajo. [m]
- CF AA: Cota de fondo de cuneta aguas abajo. [m]
- S: pendiente longitudinal del tramo.
- V: Velocidad del flujo [m /s]

4. Diseño de alcantarillas

Como criterio, se diseña de manera tal que el remanso de aguas arriba no ahogue la entrada del conducto, para ello, las dimensiones de la sección transversal del conducto se eligen de manera que la altura de remanso se encuentre entre un 80% y un 90% de la altura del conducto.

Se predimensionan las alcantarillas con los ábacos correspondientes a una sección circular de chapa ondulada con embocadura muros de ala Ef. 100%

Al siguiente ábaco se ingresa mediante el caudal Q unitario, y para el diámetro D elegido, se obtiene el valor de profundidad de remanso Y . Este proceso se realiza para los 6 tipos de alcantarilla, y así se verifica la condición $0,8 < Y/D < 0,9$.

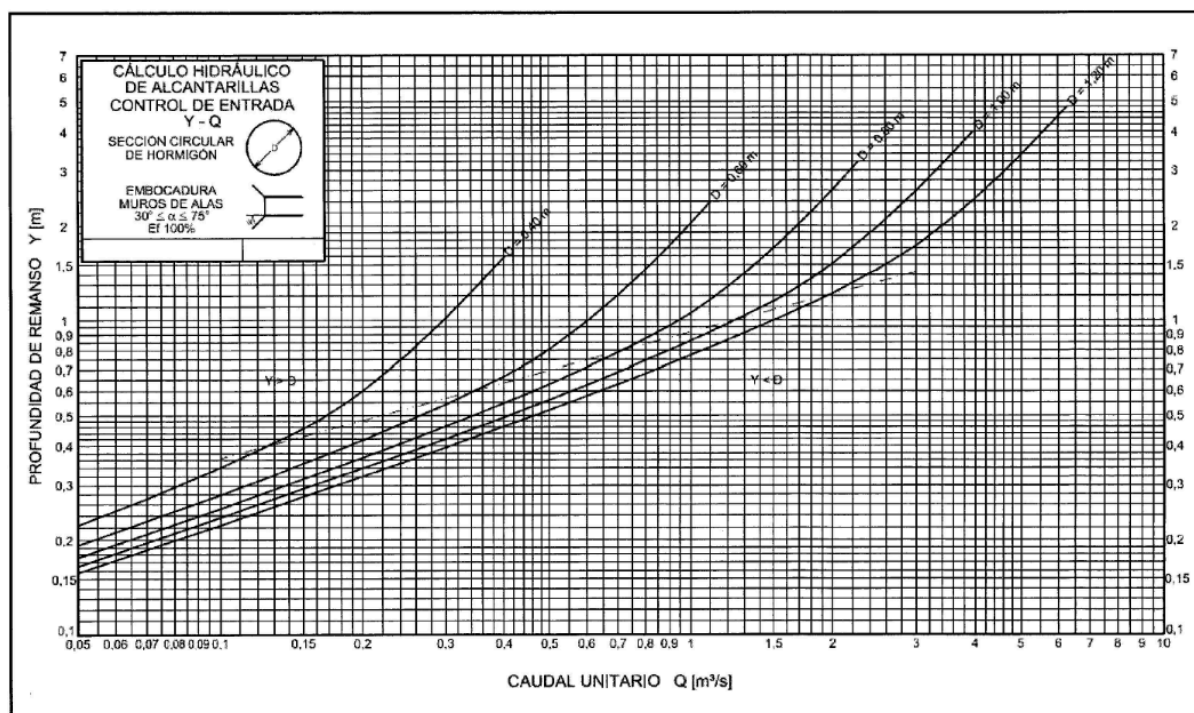


Figura 02: Ábaco sección circular de chapa ondulada.

Se presenta el dimensionamiento resultante para las 6 alcantarillas proyectadas. En alguno de los casos, se requiere la colocación de 2 conductos para lograr descargar la totalidad del caudal de diseño de las cunetas que llegan a la alcantarilla.

En el Plano N° 11 se puede identificar cuál es cada una de ellas.

Alcantarilla 1	
Q cuneta 18-17 (m3/s)	0,45
Q cuneta 31-16 (m3/s)	0,31
Q total (m3/s)	0,76
D (m)	0,80
Cantidad	1
Q unitario (m3/s)	0,76
Y (m)	0,74
Y/D	0,9
t min (m)	0,3

Alcantarilla 2	
Q cuneta 14-13 (m3/s)	1,16
Q cuneta 27-12 (m3/s)	0,31
Q total (m3/s)	1,48
D (m)	0,80
Cantidad	2
Q unitario (m3/s)	0,74
Y (m)	0,74
Y/D	0,9
t min (m)	0,3

Alcantarilla 3	
Q cuneta 10-9 (m3/s)	0,40
Q cuneta 24-8 (m3/s)	0,29
Q total (m3/s)	0,69
D (m)	0,80
Cantidad	1
Q unitario (m3/s)	0,69
Y (m)	0,72
Y/D	0,9
t min (m)	0,3

Alcantarilla 4	
Q cuneta 6-5 (m3/s)	1,16
Q cuneta 20-4 (m3/s)	0,29
Q total (m3/s)	1,45
D (m)	0,80
Cantidad	2
Q unitario (m3/s)	0,73
Y (m)	0,74
Y/D	0,9
t min (m)	0,3

Alcantarilla 5	
Q cuneta 40-39 (m3/s)	0,37
Q total (m3/s)	0,37
D (m)	0,80
Cantidad	1
Q unitario (m3/s)	0,37
Y (m)	0,52
Y/D	0,7
t min (m)	0,3

Alcantarilla 6	
Q cuneta 40-39 (m3/s)	0,37
Q cuneta 38-37 (m3/s)	0,27
Q total (m3/s)	0,64
D (m)	0,80
Cantidad	1
Q unitario (m3/s)	0,64
Y (m)	0,7
Y/D	0,9

t min (m)	0,3
-----------	-----

Tabla 08: Cálculo alcantarillas.

4. Diseño de obras de descarga

4.1 Cálculo de obra de regulación para R=5 años

Se predimensionan orificios de hormigón de 0,50 m, suponiendo que para una recurrencia de 5 años estos trabajan como canales abiertos.

A continuación se detallan los parámetros necesarios para aplicar la formulación de Chezy Manning:

Orificio para R=5 años	
D (m)	0,50
η	0,016
S	0,0024
A mojada (m ²)	0,20
P mojado (m)	1,57
R (m)	0,13
Q (m³/s)	0,15

Tabla 09: Cálculo orificios para R=5 años

Resulta que cada orificio permite la descarga de 0,15 m³/s, por lo que para evacuar un caudal de 0,45 m³/s correspondiente a una recurrencia de 5 años, se requiere de 3 orificios dispuestos con una pendiente longitudinal del 0,24%.

4.2 Cálculo de obra de regulación para R=100 años

En este apartado se evalúa qué caudal permiten descargar cada orificio, suponiendo que para una recurrencia de 100 años los mismos trabajan como orificios a descarga libre.

A continuación, se detallan los parámetros necesario para aplicar la formulación que surge de Bernoulli y de consideraciones de pérdida de energía:

Orificios para R: 100 años	
D (m)	0,50
L (m)	2,60
CAA (m)	0,75
A (m ²)	0,20
Ho (m)	0,25

Tabla 10: Datos para el cálculo de orificios, R=100 años.

Se consideran las pérdidas de carga generadas por el propio orificio y por la fricción del material hormigón.

El término $f \frac{L}{D}$ representa las pérdidas de energía continuas por fricción, siendo f el coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach. Este se estima como:

$$f \frac{L}{D} = \frac{2 g \eta^2}{R^{4/3} L}$$

Siendo: f : Coeficiente de fricción de Darcy – Weisbach

L : Longitud de orificios [m]

D : Diámetro de orificios [m]

η : Coeficiente de rugosidad

g : aceleración de la gravedad [m/s^2]

R : Radio hidráulico [m]

Las pérdidas localizadas se suponen igual a $\xi = 0,05$.

El coeficiente de gasto se estima como:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi + f \frac{L}{D}}}$$

Pérdidas localizadas	0,05
Pérdidas continuas	0,04
$f (L/D)$	0,21
μ	0,89
Q unitario (m3/s)	0,39
Q total (m3/s)	0,78

Tabla 11: Cálculo orificios para $R=100$ años.

El predimensionamiento de 3 orificios de 0,50 m y 2,60 m de longitud resulta suficiente para la descarga del caudal de salida igual a 0,68 m3/s.

De esta manera, se concluye que para evacuar el caudal correspondiente a la lluvia de diseño de recurrencia de 100 años, no se requiere que el vertedero proyectado entre en funcionamiento, ya que los 3 orificios dimensionados son capaces de descargar el caudal en su totalidad.

5. Estimación de las cotas de terreno natural de los puntos pertenecientes al predio

Mediante la curva de cota 106,25 y el punto de descarga de cota 105,62, el cual se denomina punto PD, se interpola linealmente para estimar la cota del TN de los diferentes puntos pertenecientes al predio

Tabla 12: Cotas TN estimadas				
Punto	Distancia entre el punto y el punto PD	Distancia entre PD y Curva	ΔH entre el punto y PD	Cota TN estimada
1	150,00	818,00	0,12	105,74
2	165,00	818,00	0,13	105,75
3	788,00	818,00	0,61	106,23
4	209,80	832,90	0,16	105,78
5	218,80	823,40	0,17	105,79
6	328,26	821,40	0,25	105,87
7	339,21	823,85	0,26	105,88
8	353,82	823,51	0,27	105,89
9	363,24	821,03	0,28	105,90
10	473,17	820,37	0,36	105,98
11	483,58	821,81	0,37	105,99
12	498,24	821,71	0,38	106,00
13	507,83	820,25	0,39	106,01
14	617,60	819,92	0,47	106,09
15	628,11	820,79	0,48	106,10
16	618,25	820,92	0,47	106,09
17	652,45	819,84	0,50	106,12
18	762,27	819,66	0,59	106,21
19	772,68	820,41	0,59	106,21
20	321,77	831,37	0,24	105,86
21	335,86	835,07	0,25	105,87
22	415,84	1004,65	0,26	105,88
23	417,83	1016,96	0,26	105,88
24	429,71	1014,64	0,27	105,89
25	537,36	1009,06	0,34	105,96
26	541,58	1009,14	0,34	105,96
27	554,76	1003,59	0,35	105,97
28	568,17	1007,35	0,36	105,98
29	669,41	975,48	0,43	106,05
30	673,82	961,52	0,44	106,06
31	687,51	955,89	0,45	106,07
32	703,27	960,72	0,46	106,08
33	804,84	927,94	0,55	106,17
34	810,28	918,72	0,56	106,18
35	826,79	918,72	0,57	106,19
36	428,76	996,88	0,27	105,89
37	449,68	1009,58	0,28	105,90
38	686,16	981,40	0,44	106,06
39	694,41	979,41	0,45	106,07
40	833,32	933,39	0,56	106,18
41	188,00	820,00	0,14	105,76
42	439,00	608,52	0,45	106,07
43	233,00	999,87	0,15	105,77



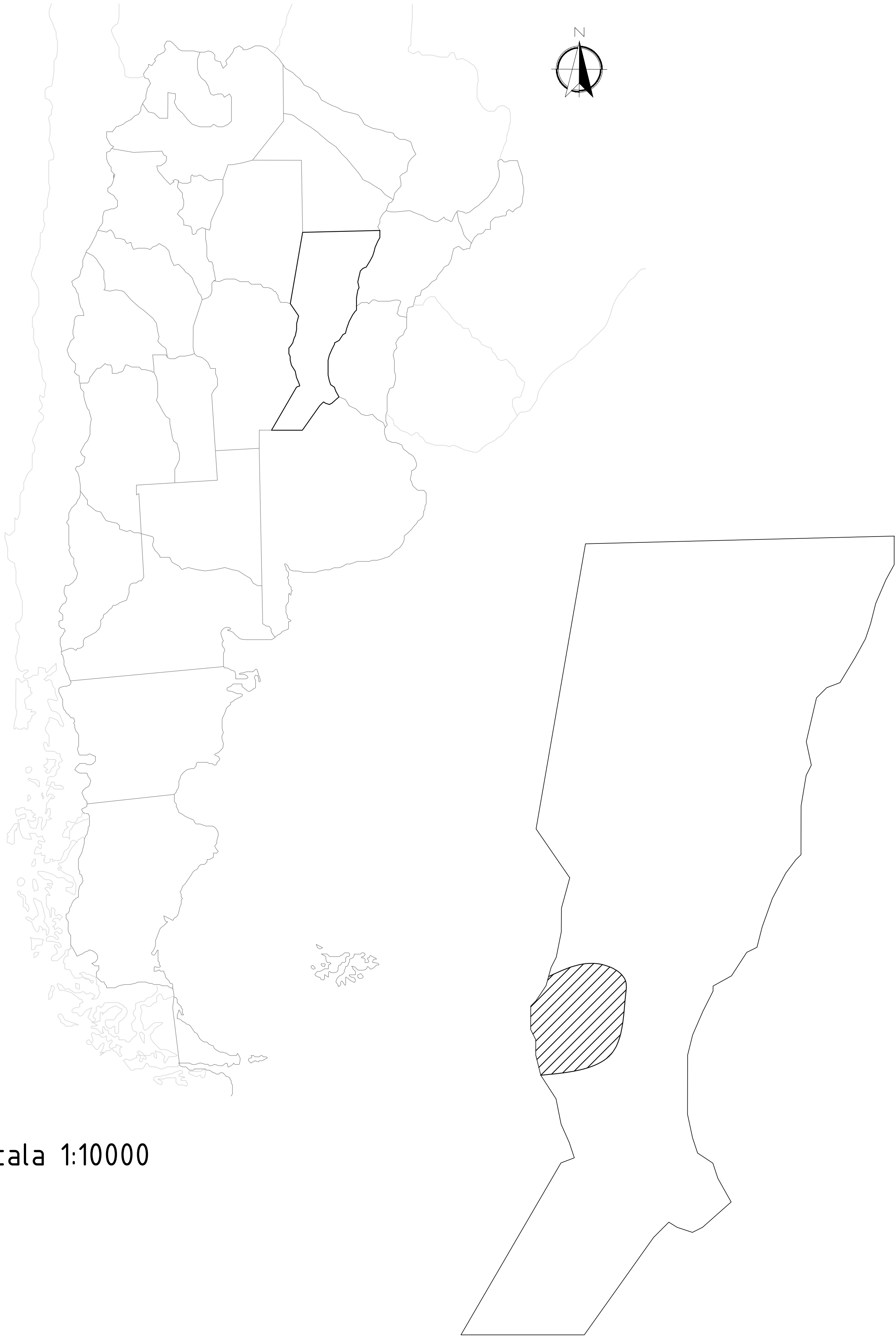
Figura 03: Identificación de la curva de nivel 106,25 y el punto PD

Tabla 13: Caudales requeridos en cunetas										
Cuneta	Cuencas de aporte	Área de aporte (m2)	C	L Mantiforme (m)	V Mantiforme (m/s)	L Encauzada (m)	V Encauzada (m/s)	Tc (min)	I (mm/hr)	Q (m3/s)
Cuneta 34-19	1	11353	0,53	65	0,10	234	0,6	17	101	0,17
Cuneta 18-17	1-2	15556	0,53	65	0,10	358	0,6	21	90	0,20
Cuneta 33-32	3	4981,8	0,53	65	0,10	124	0,6	14	114	0,08
Cuneta 31-16	3-4	16334,8	0,53	65	0,10	358	0,6	21	90	0,21
Cuneta 30-15	5	12864,4	0,53	65	0,10	234	0,6	17	101	0,19
Cuneta 14-13	1-2-3-4-5-6	48958,2	0,53	65	0,10	358	0,6	21	90	0,64
Cuneta 29-28	7	4981,8	0,53	65	0,10	124	0,6	14	114	0,08
Cuneta 27-12	7+8	16334,8	0,53	65	0,10	234	0,6	17	101	0,24
Cuneta 3-41	1-2-3-4-5-6-7-8	68408,2	0,53	65	0,10	731	0,6	31,13	69,34	0,70
Cuneta 26-11	9	12864,4	0,53	65	0,10	234	0,6	17	101	0,19
Cuneta 10-9	9-10	17067,4	0,53	65	0,10	607	0,6	28	75	0,19
Cuneta 25-24	11	4981,8	0,53	65	0,10	124	0,6	14	114	0,08
Cuneta 24-8	11-12	16334,8	0,53	65	0,10	607	0,6	28	75	0,18
Cuneta 23-7	13	12864,4	0,53	65	0,10	234	0,6	17	101	0,19
Cuneta 6-5	9-10-11-12-13-14	50469,6	0,53	65	0,10	482	0,6	24	81	0,60
Cuneta 22-21	15	4981,8	0,53	65	0,10	124	0,6	14	114	0,08
Cuneta 20-4	15-16	17846,2	0,53	65	0,10	358	0,6	21	90	0,23
Cuneta 40-39	17	19050	0,23	127	0,10	149	0,6	25	79	0,10
Cuneta 38-37	17-18	54610	0,23	127	0,10	272	0,6	29	73	0,25
Cuneta 36-43	17-18-19	62882	0,23	47	0,10	150	0,6	12	128	0,51
Cuneta 41-42	20	7920	0,23	72	0,10	110	0,6	15	110	0,06

Tabla 14: Diseño de cunetas															
Cuneta	Tirante (m)	B (m)	mojada (m)	P mojado (m)	R (m)	CTN AA	H Cuneta AA	CF AA	CTN AAb	H cuneta AAb	CF AAb	L Tramo	S	Q (m³/s)	V (m/s)
Cuneta 34-19	0,34	1	0,63	2,85	0,22	106,18	0,34	105,84	106,21	0,38	105,83	240	0,002	0,31	0,49
Cuneta 18-17	0,34	1,2	0,70	3,03	0,23	106,21	0,34	105,87	106,12	0,34	105,78	130	0,003	0,45	0,64
Cuneta 33-32	0,34	1	0,63	2,85	0,22	106,17	0,34	105,83	106,08	0,34	105,74	130	0,003	0,40	0,63
Cuneta 31-16	0,34	1	0,63	2,85	0,22	106,07	0,34	105,73	106,09	0,39	105,70	240	0,002	0,31	0,49
Cuneta 30-15	0,34	1	0,63	2,85	0,22	106,06	0,34	105,72	106,10	0,39	105,71	240	0,002	0,31	0,49
Cuneta 14-13	0,50	1,2	1,22	3,90	0,31	106,09	0,50	105,59	106,01	0,50	105,51	130	0,004	1,16	0,95
Cuneta 29-28	0,34	1	0,63	2,85	0,22	106,05	0,34	105,71	105,98	0,34	105,64	130	0,003	0,40	0,63
Cuneta 27-12	0,34	1	0,63	2,85	0,22	105,97	0,34	105,63	106,00	0,39	105,61	240	0,002	0,31	0,49
Cuneta 3-41	0,50	1,5	1,38	4,20	0,33	106,23	0,50	105,73	105,76	0,5	105,26	600	0,001	0,63	0,46
Cuneta 26-11	0,34	1	0,63	2,85	0,22	105,96	0,34	105,62	105,99	0,34	105,65	240	0,001	0,29	0,46
Cuneta 10-9	0,34	1,2	0,63	2,85	0,22	105,98	0,34	105,64	105,90	0,34	105,56	130	0,003	0,40	0,63
Cuneta 25-24	0,34	1	0,63	2,85	0,22	105,96	0,34	105,62	105,89	0,34	105,55	130	0,003	0,40	0,63
Cuneta 24-8	0,34	1	0,63	2,85	0,22	105,89	0,34	105,55	105,89	0,34	105,55	240	0,001	0,29	0,46
Cuneta 23-7	0,34	1	0,63	2,85	0,22	105,88	0,34	105,54	105,88	0,34	105,54	240	0,001	0,29	0,46
Cuneta 6-5	0,50	1,2	1,22	3,90	0,31	105,87	0,50	105,37	105,79	0,50	105,29	130	0,004	1,16	0,95
Cuneta 22-21	0,34	1	0,63	2,85	0,22	105,88	0,34	105,54	105,87	0,34	105,53	130	0,003	0,40	0,63
Cuneta 20-4	0,34	1	0,63	2,85	0,22	105,86	0,34	105,52	105,78	0,34	105,44	240	0,001	0,29	0,46
Cuneta 40-39	0,34	1	0,63	2,85	0,22	106,18	0,34	105,84	106,07	0,34	105,73	150	0,002	0,37	0,58
Cuneta 38-37	0,34	1	0,63	2,85	0,22	106,06	0,34	105,72	105,90	0,34	105,56	280	0,001	0,27	0,43
Cuneta 36-44	0,50	1,2	1,22	3,90	0,31	105,89	0,50	105,39	105,77	0,50	105,27	180	0,003	0,99	0,81
Cuneta 42-43	0,34	1	0,63	2,85	0,22	105,76	0,34	105,42	106,07	0,66	105,41	127	0,005	0,56	0,88
Cuneta 35-3	0,34	1	1,22	3,90	0,31	106,07	0,34	105,73	105,77	0,66	105,11	127	0,005	1,35	1,11

ANEXO N° 10

“PLANOS”



Escala 1:10000

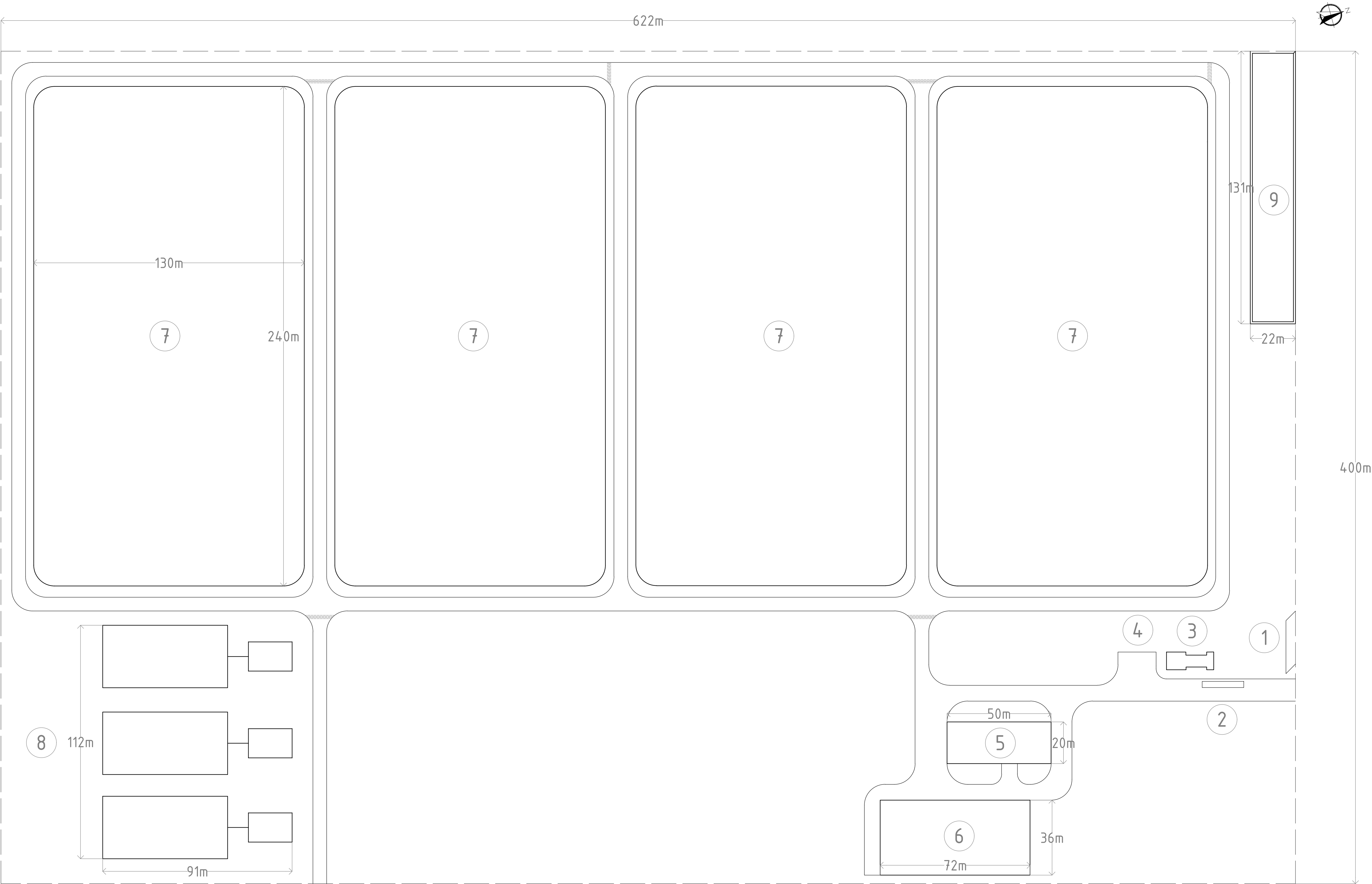
Microregión 2D
Escala 1:2500



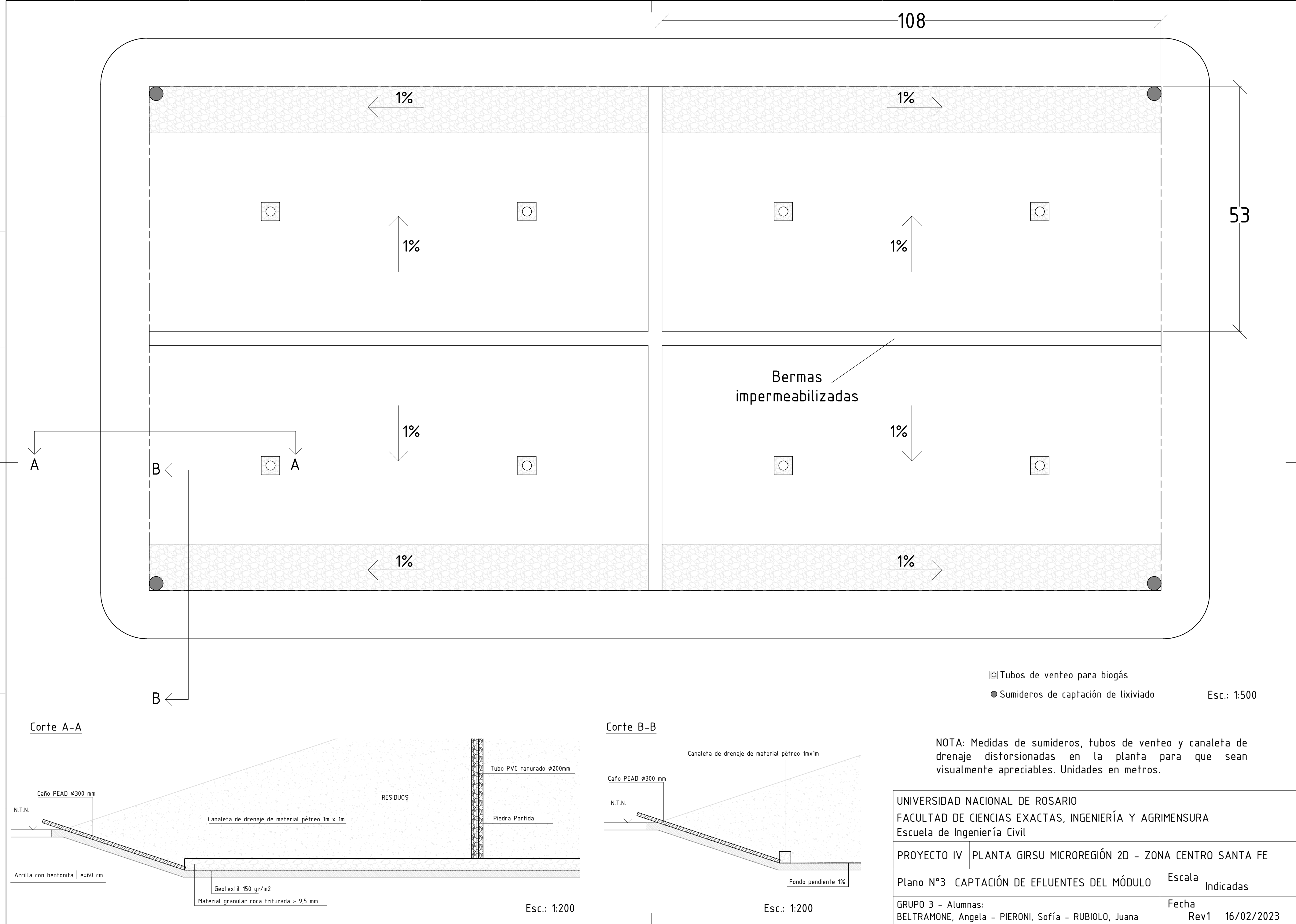
—— Accesos secundarios
—— Ruta Provincial Nº 13

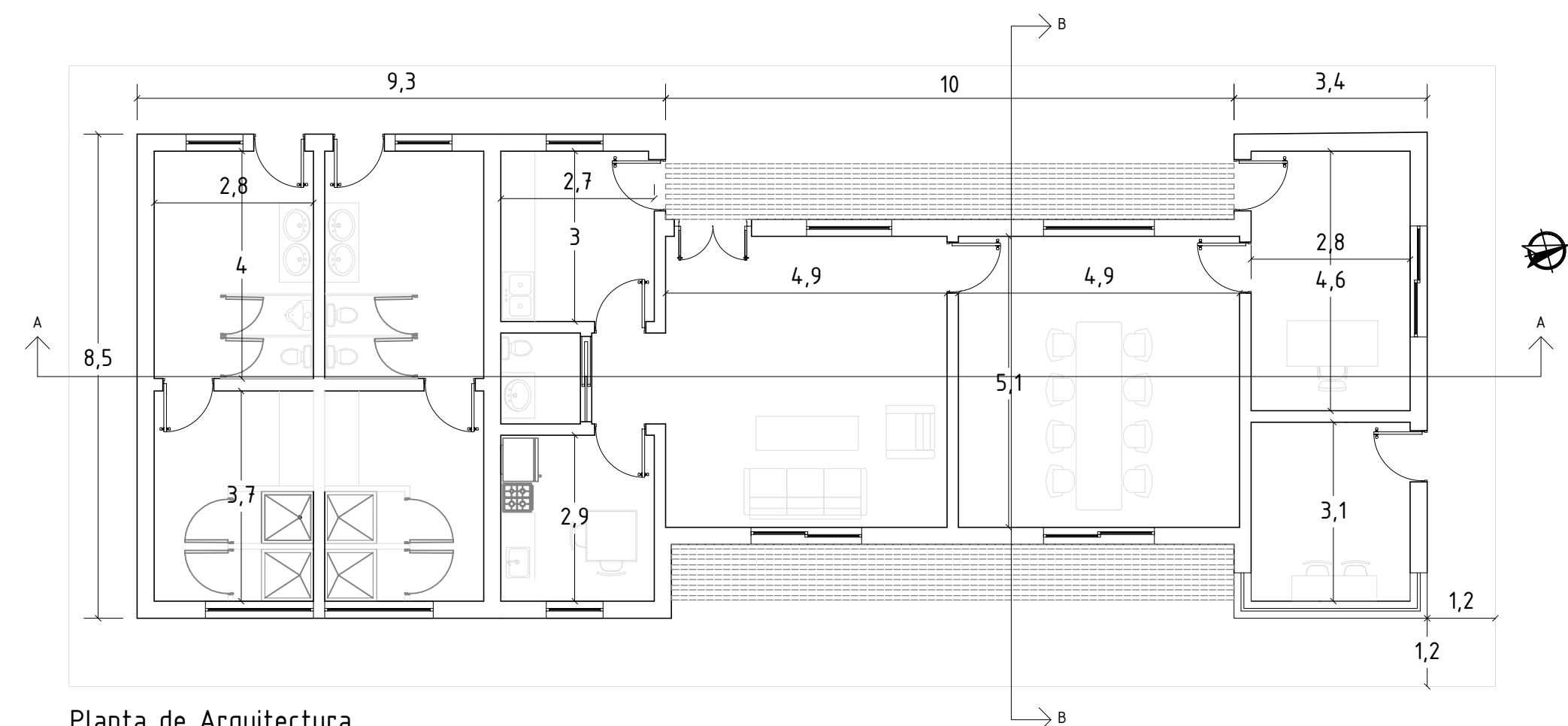
GIRSU Microregión 2D
Escala 1:1000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA Escuela de Ingeniería Civil		
PROYECTO IV	PLANTA GIRSU MICROREGIÓN 2D - ZONA CENTRO SANTA FE	
Plano N°1	UBICACIÓN DEL TERRENO	Escala Indicadas
GRUPO 3 - Alumnas: BELTRAMONE, Angela - PIERONI, Sofía - RUBIOLLO, Juana		Fecha Rev1 16/02/2024

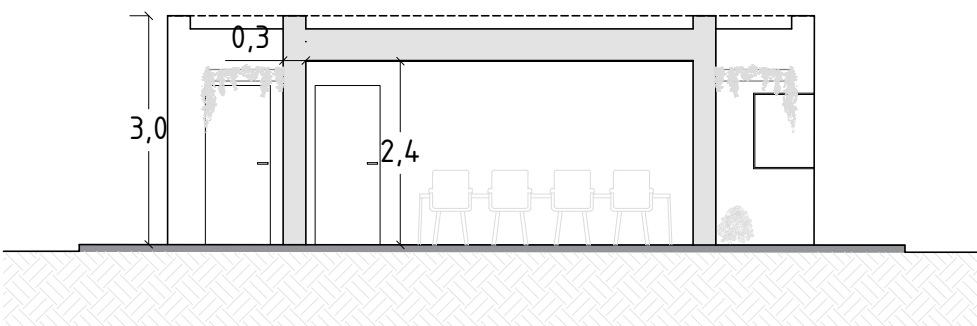


- | | | |
|------------------------------------|---|--------------|
| ① Playa de estacionamiento externa | ⑤ Planta de separación de residuos | ⑨ Reservorio |
| ② Báscula | ⑥ Cancha de compostaje | Alcantarilla |
| ③ Instalaciones complementarias | ⑦ Módulos del Relleno Sanitario | |
| ④ Playa de estacionamiento interna | ⑧ Lagunas de estabilización de lixiviados | |

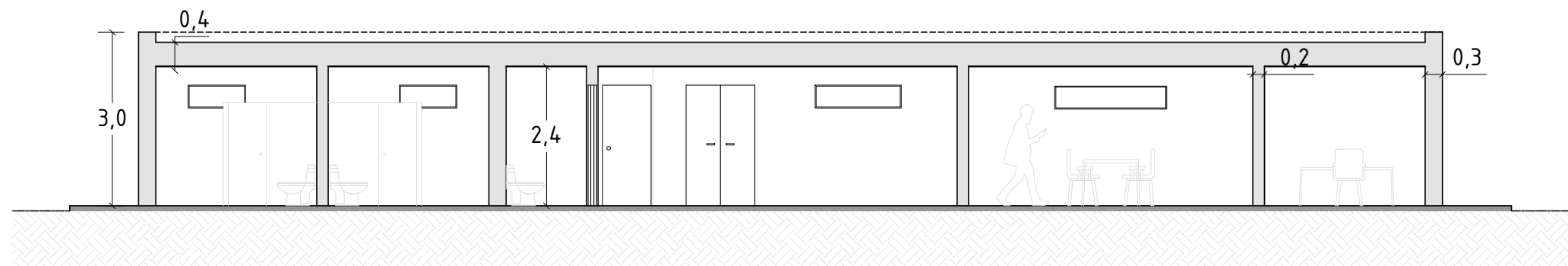




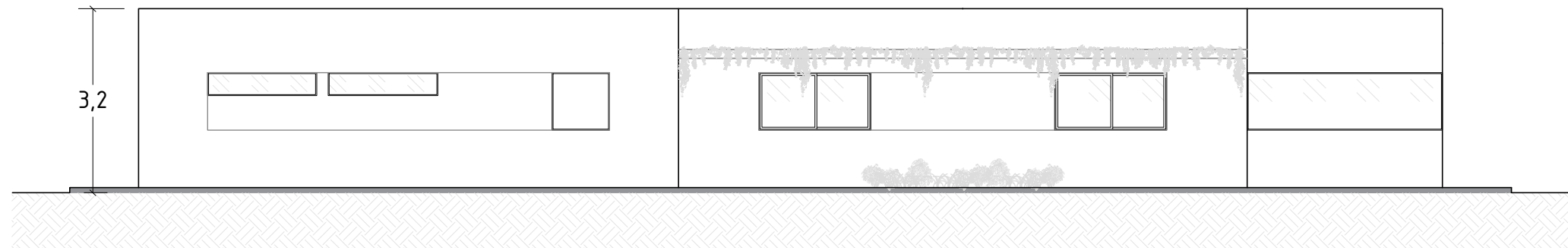
Planta de Arquitectura



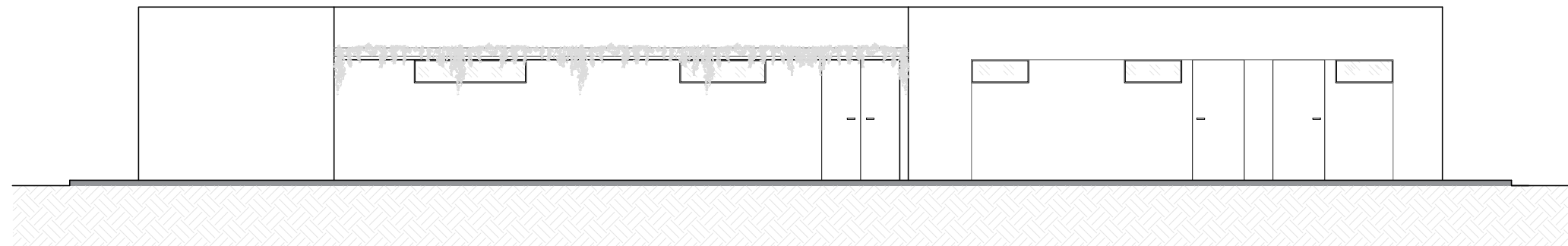
Corte B-B



Corte A-A



Fachada Este

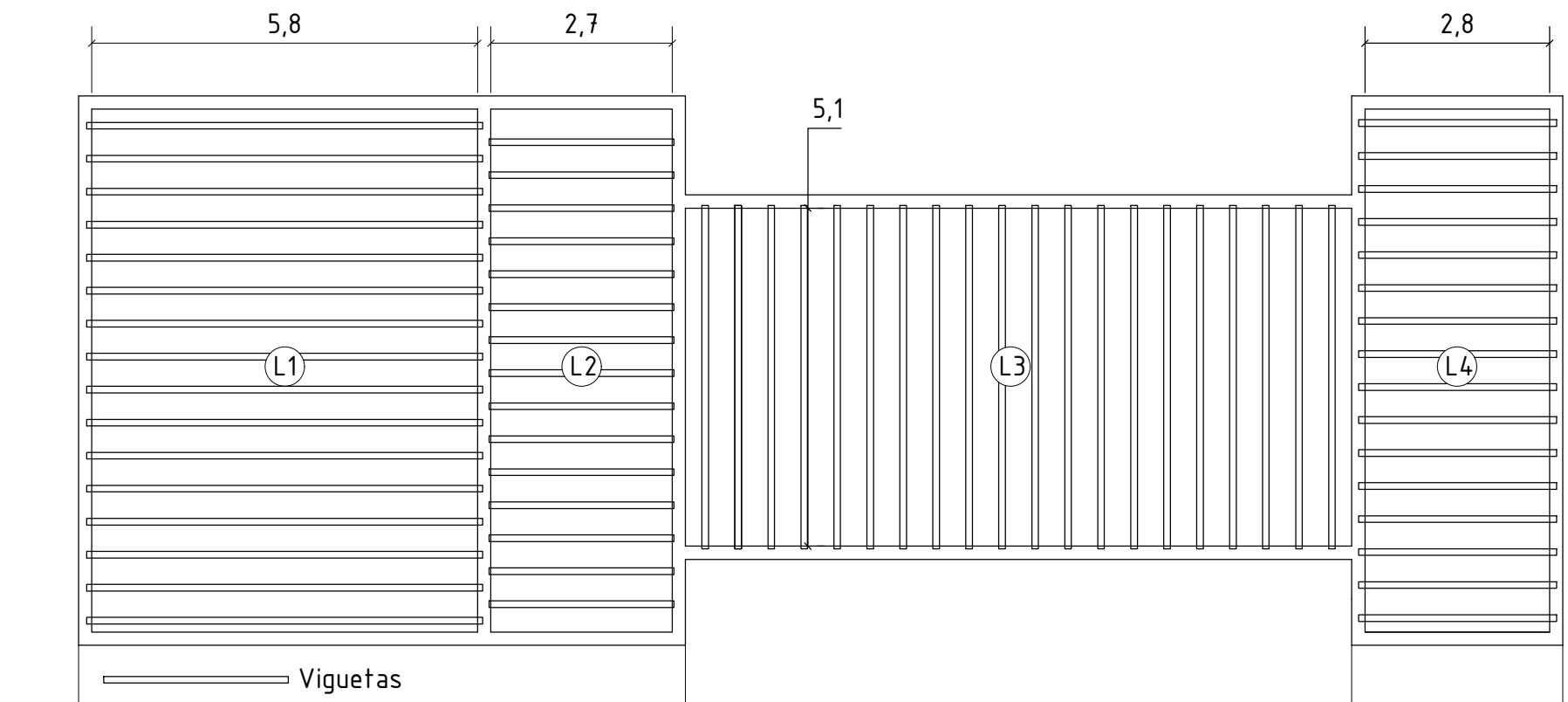


Fachada Oeste

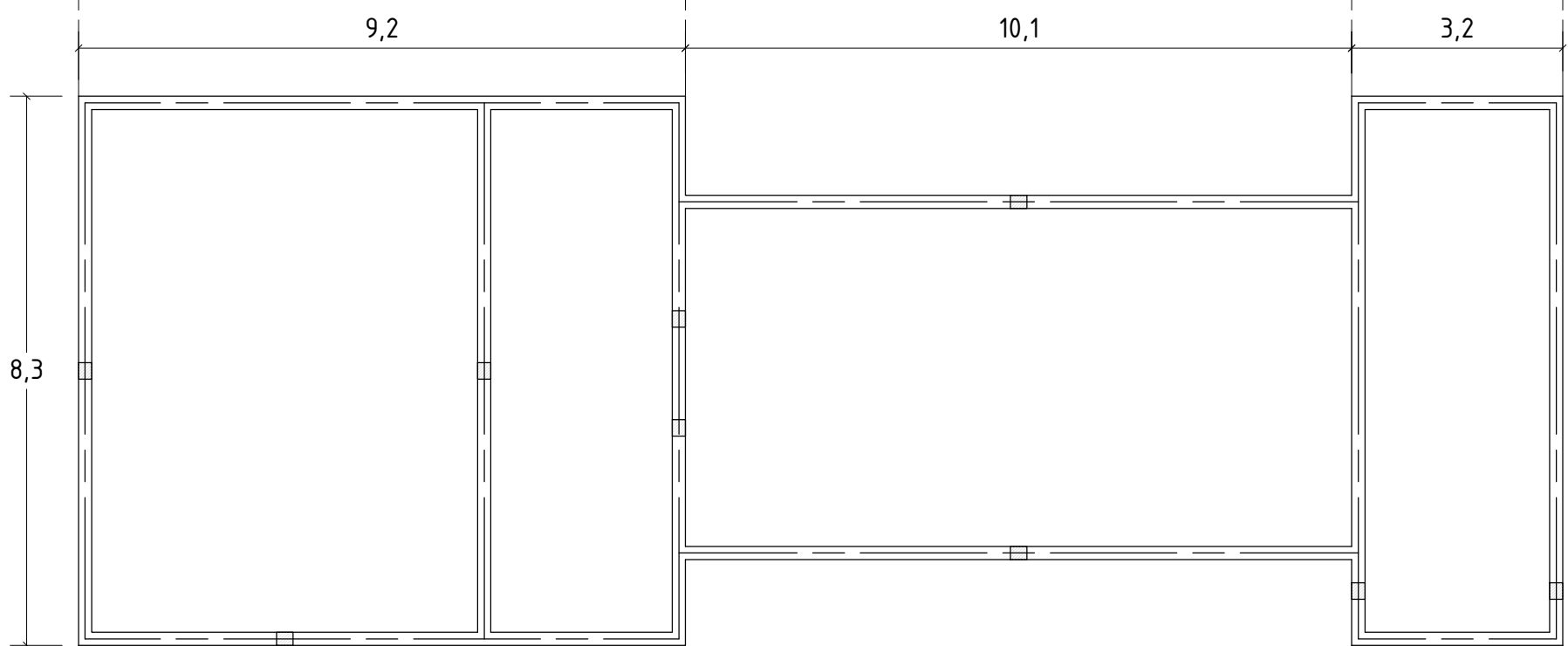
Nota: Unidades en metros

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA Escuela de Ingeniería Civil		
PROYECTO IV	PLANTA GIRSU MICROREGIÓN 2D - ZONA CENTRO SANTA FE	
Plano N°4	PLANTA ARQ. INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS	Escala 1:100
GRUPO 3 - Alumnas: BELTRAMONE, Angela - PIERONI, Sofía - RUBIOLLO, Juana		Fecha Rev1 16/02/2024

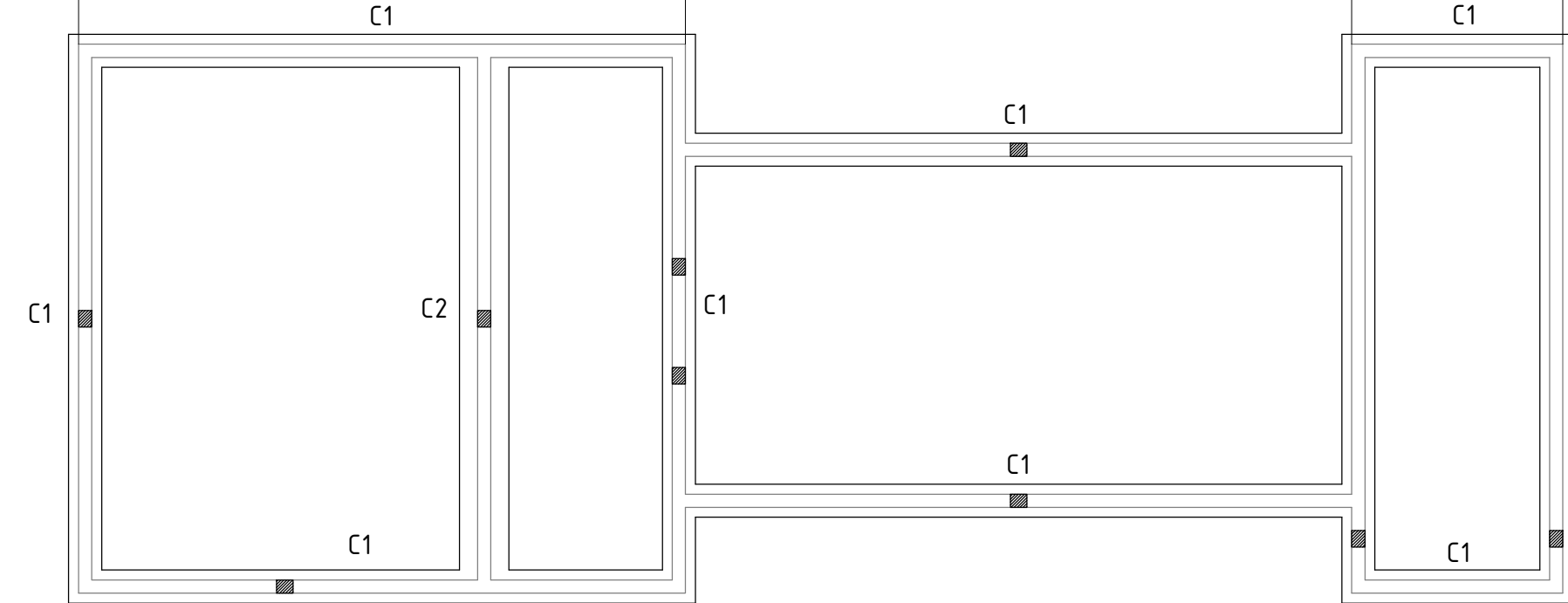
Losa de Viguetas



Encadenado y Refuerzos Verticales



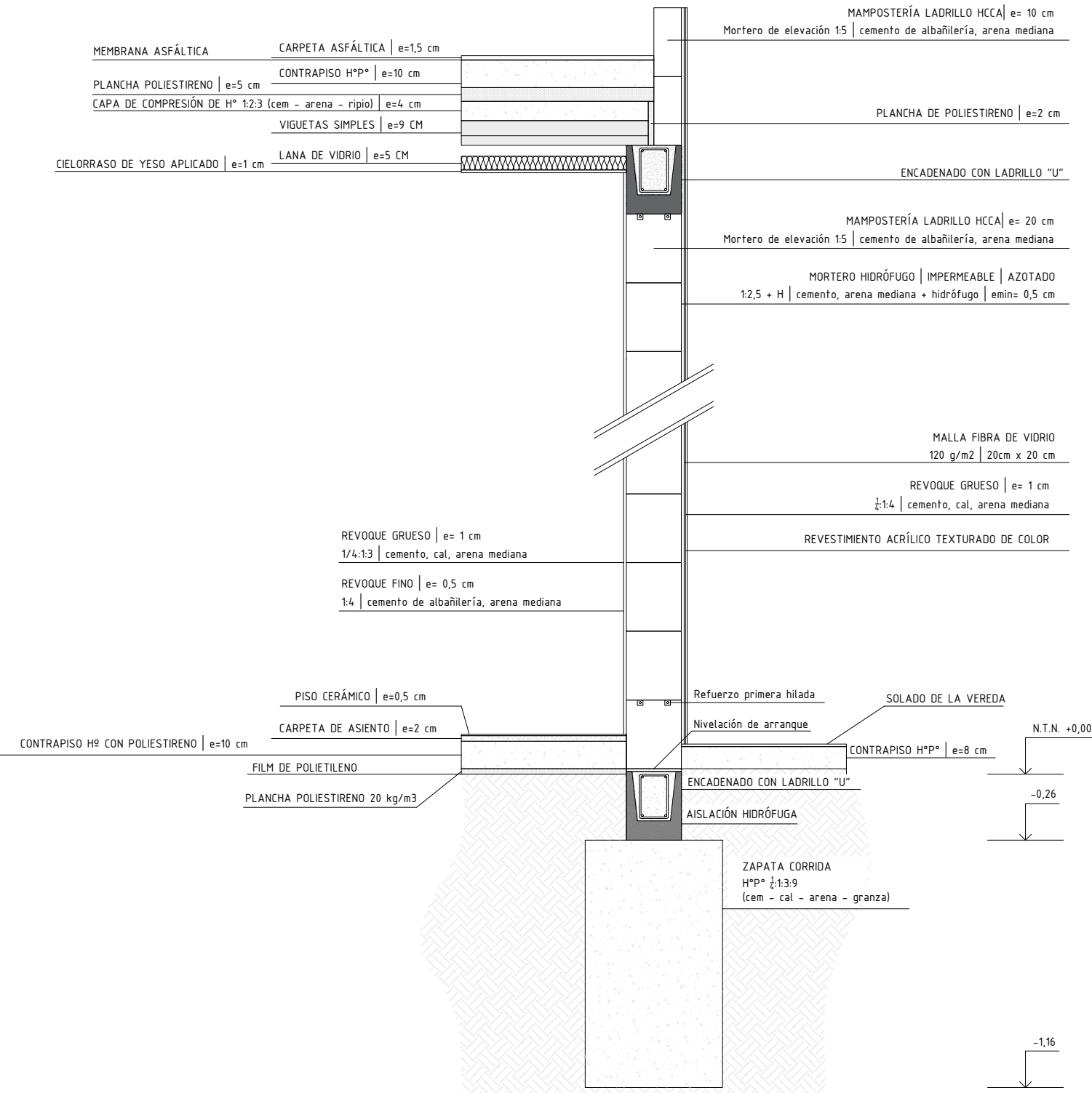
Cimentaciones



C1 - Cimentación corrida 50cm x 90 cm
C2 - Cimentación corrida 75cm x 90 cm
■ Refuerzo Vertical con ladrillo tipo "U"

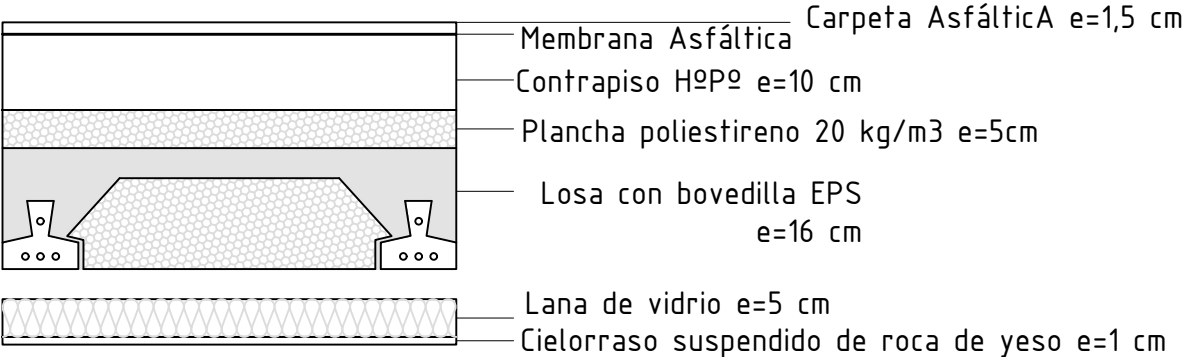
Esc.: 1:100

Nota: Unidades en metros



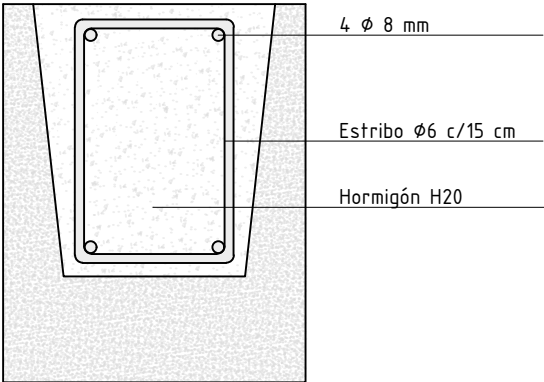
Esc.: 1:20

LOSA DE VIGUETAS
CORTE TRANSVERSAL



Esc.: 1:10

LADRILLO "U" PARA REFUERZO

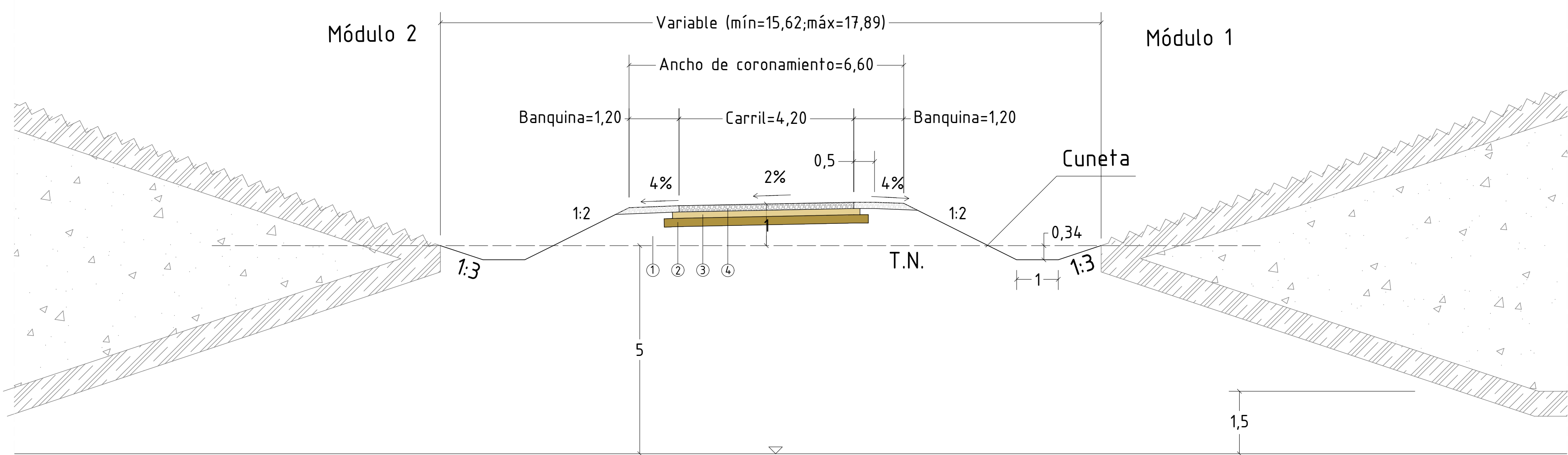


Esc.: 1:5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA Escuela de Ingeniería Civil		
PROYECTO IV	PLANTA GRSU MICROREGIÓN 2D - ZONA CENTRO SANTA FE	
Plano N°5	ESTRUCTURA DE LAS INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS	Escala Indicadas
GRUPO 3 - Alumnas: BELTRAMONE, Angela - PIERONI, Sofía - RUBIOLLO, Juana		Fecha Rev1 16/02/2024

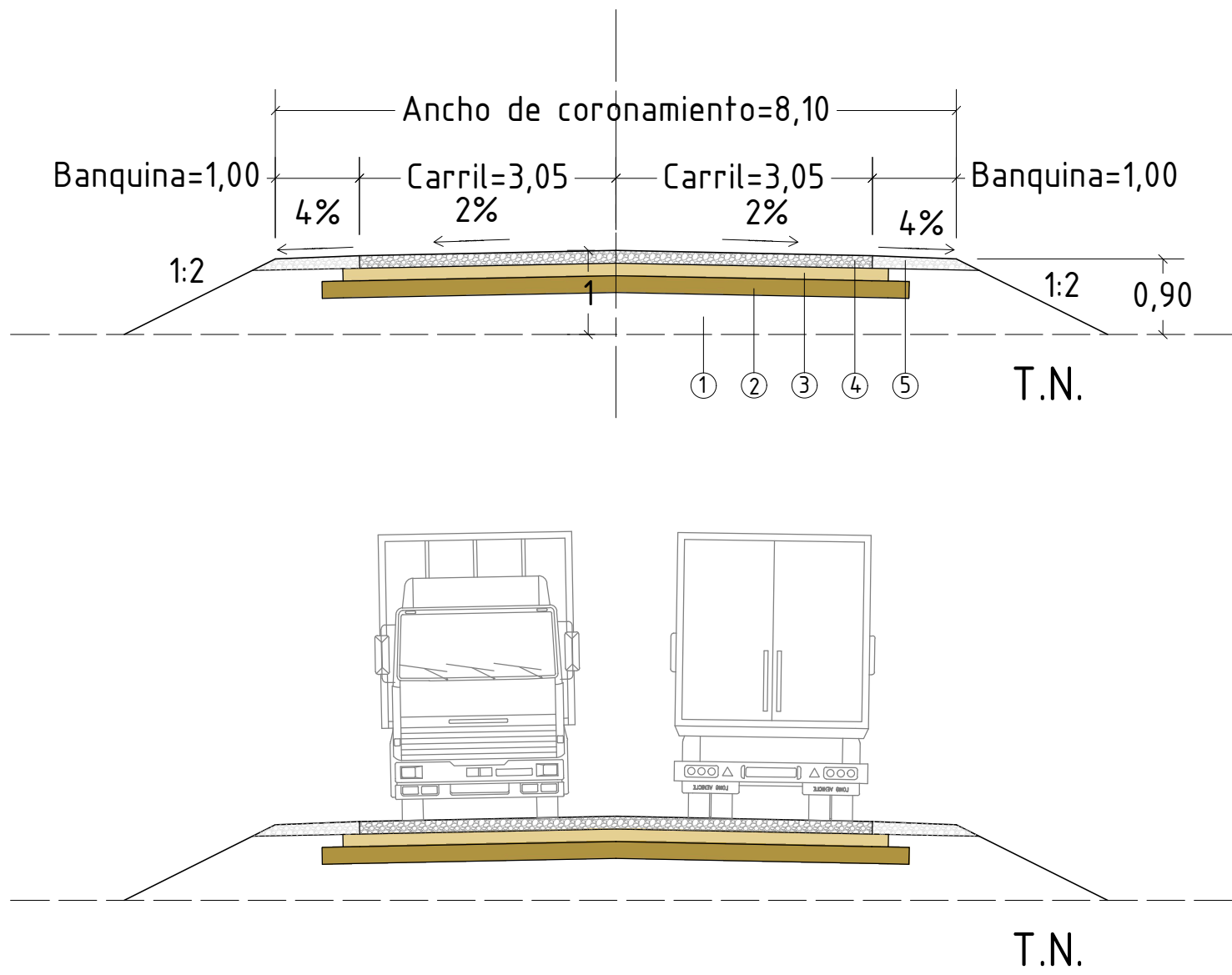
Corte A-A

Esc.: 1:75



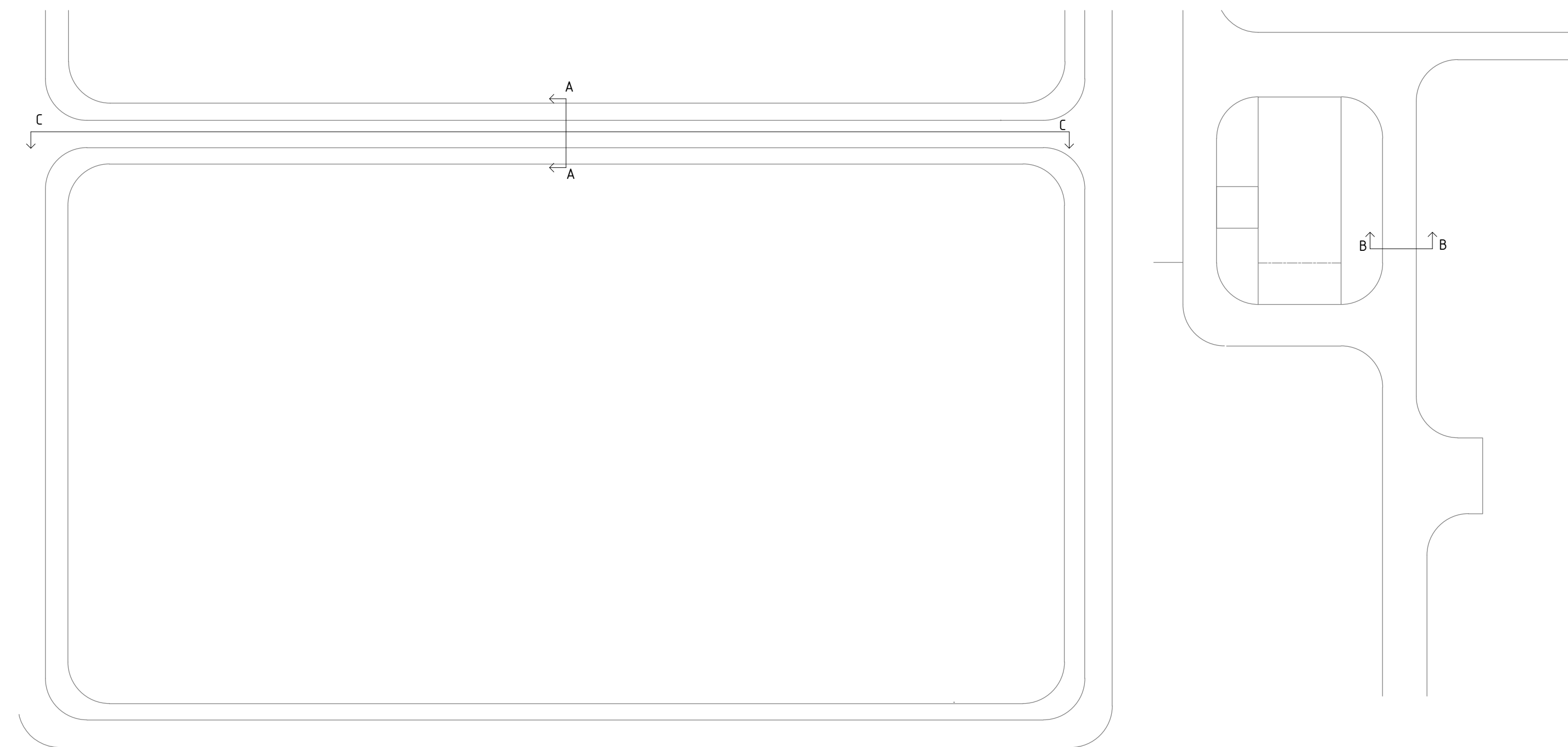
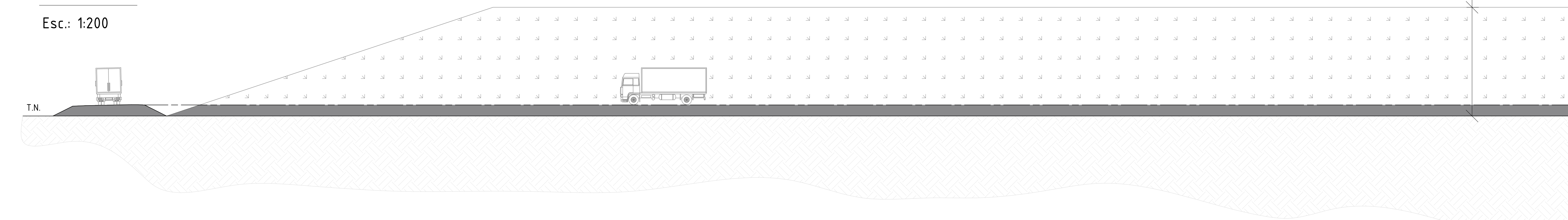
Corte B-B

Esc.: 1:75



Corte C-C

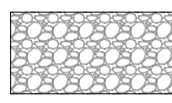
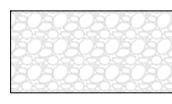
Esc.: 1:200



Nota: medidas en metros

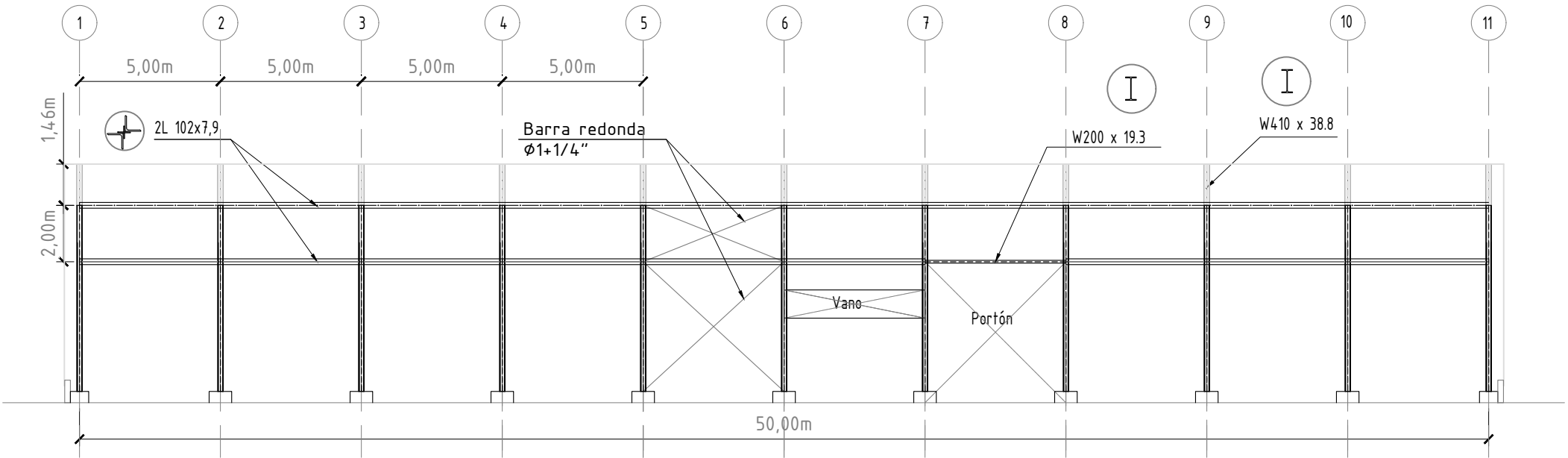
PAQUETE ESTRUCTURAL

- ① Núcleo del terraplén con compactación especial.
- ② Subrasante escarificada y compactada. e=20 cm. CBR=5%.
- ③ Subbase de suelo seleccionado. e=15 cm.
- ④ Base/Capa de rodamiento de estabilizado granular cementado. e=15cm.
- ⑤ Banquina de estabilizado granular cementado. e=15 cm.

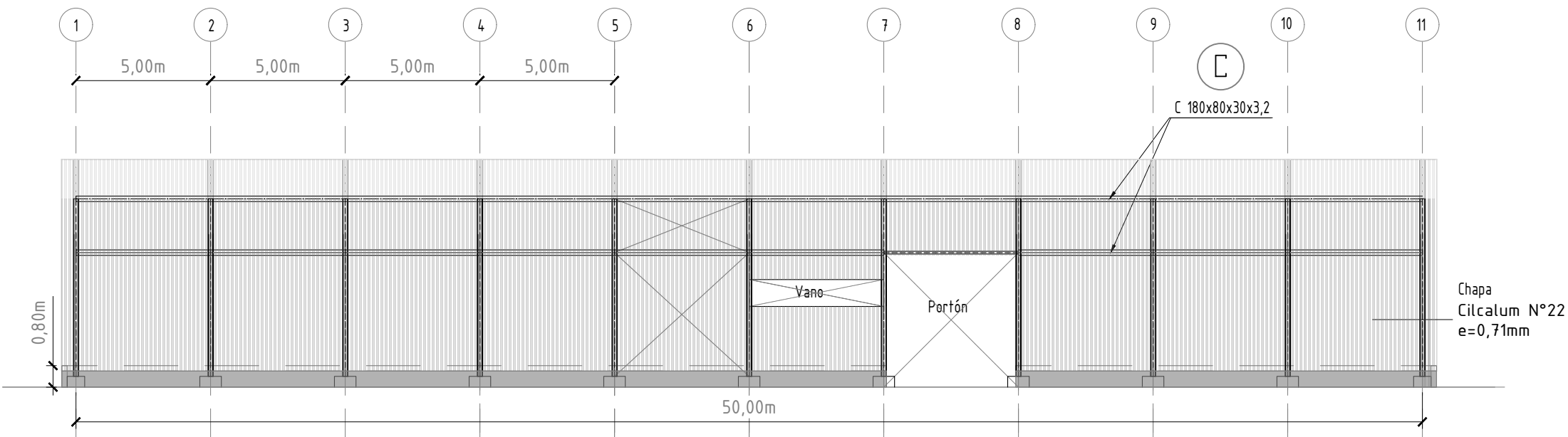
-  Estabilizado granular cementado p/capa de rodamiento.
-  Estabilizado granular cementado p/banquina.
-  Suelo seleccionado p/subbase.
-  Suelo escarificado p/subrasante.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA Escuela de Ingeniería Civil		
PROYECTO IV	PLANTA GIRSU MICROREGIÓN 2D - ZONA CENTRO SANTA FE	
Plano N°6	ANTEPROYECTO CAMINERÍA Y PERFIL TIPO DE OBRA BÁSICA Y PAVIMENTOS	Escala Indicadas
GRUPO 3 - Alumnas: BELTRAMONE, Angela - PIERONI, Sofía - RUBIOLO, Juana	Fecha Rev1 16/02/2024	

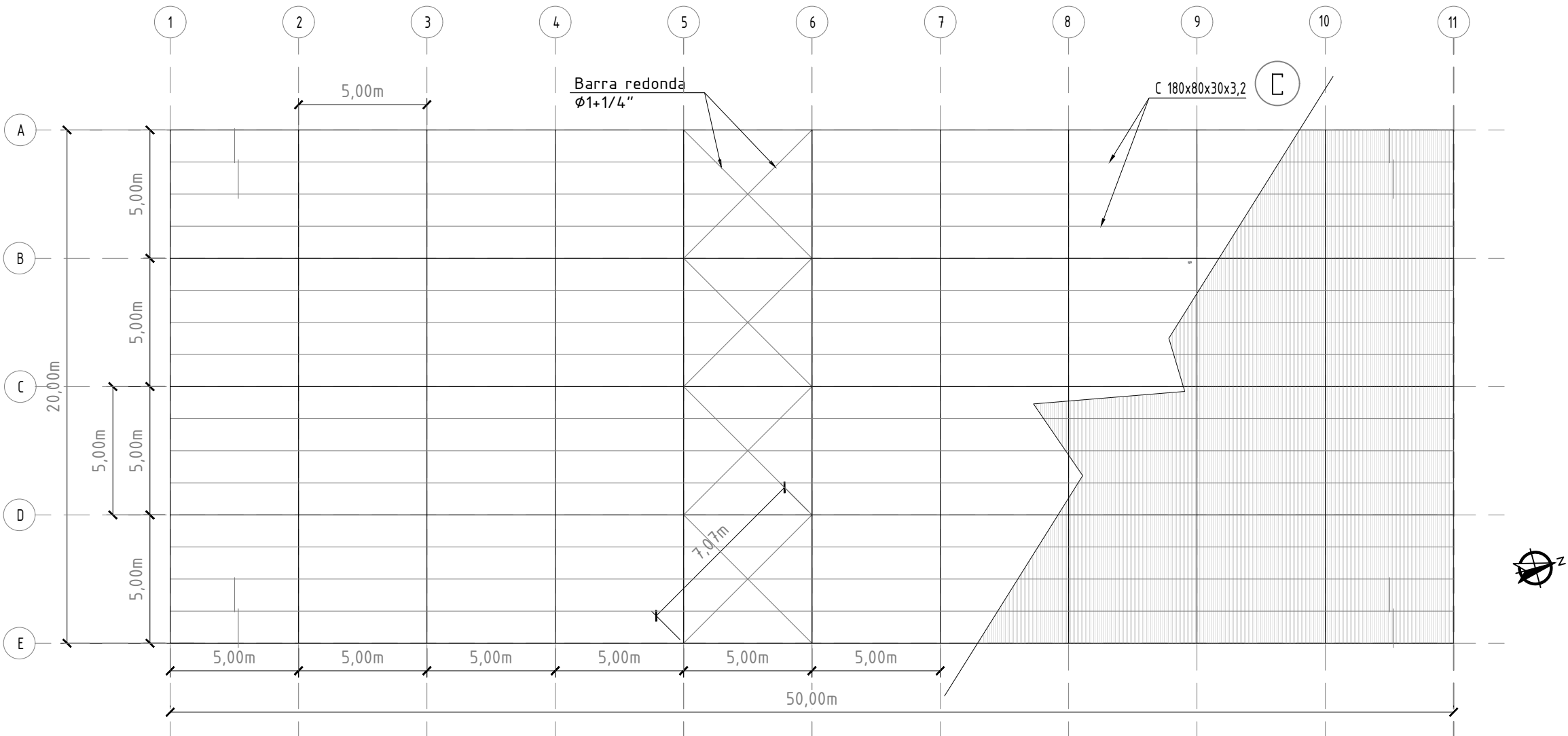
VISTA SURESTE - ESTRUCTURA PRINCIPAL
ESCALA: 1:200



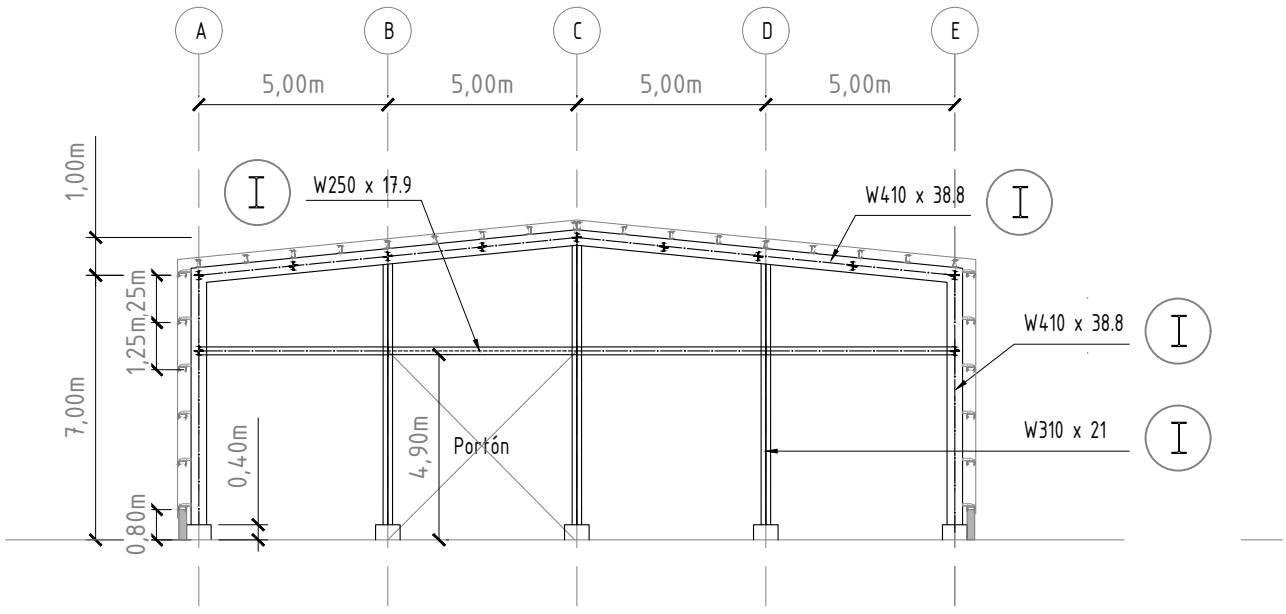
VISTA SURESTE - COMPONENTES Y REVESTIMIENTOS
ESCALA: 1:200



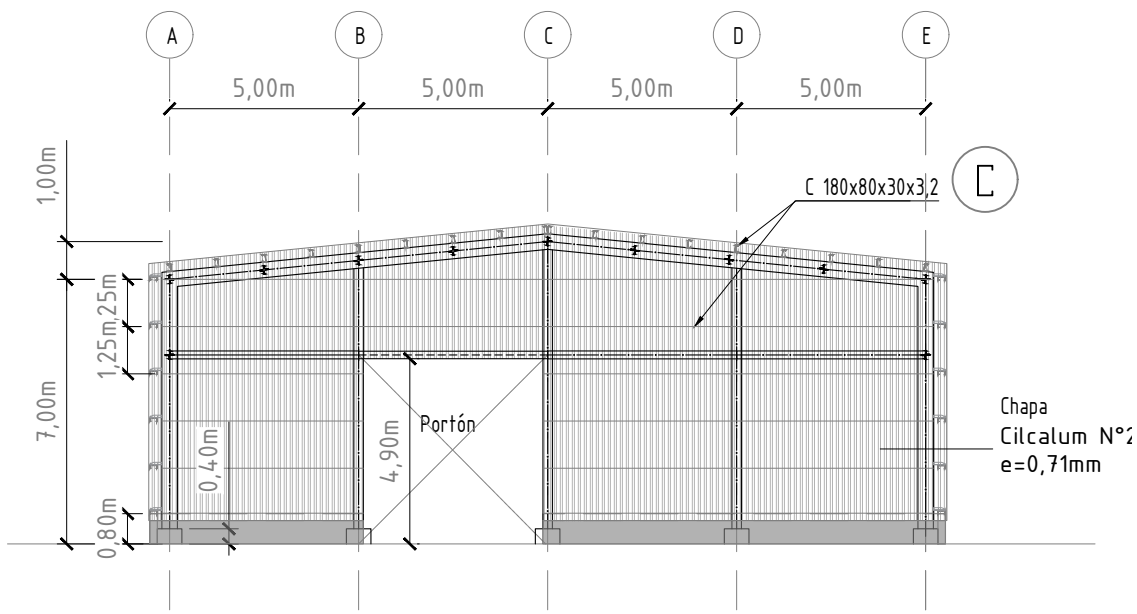
VISTA SURESTE - REVESTIMIENTOS
ESCALA: 1:200



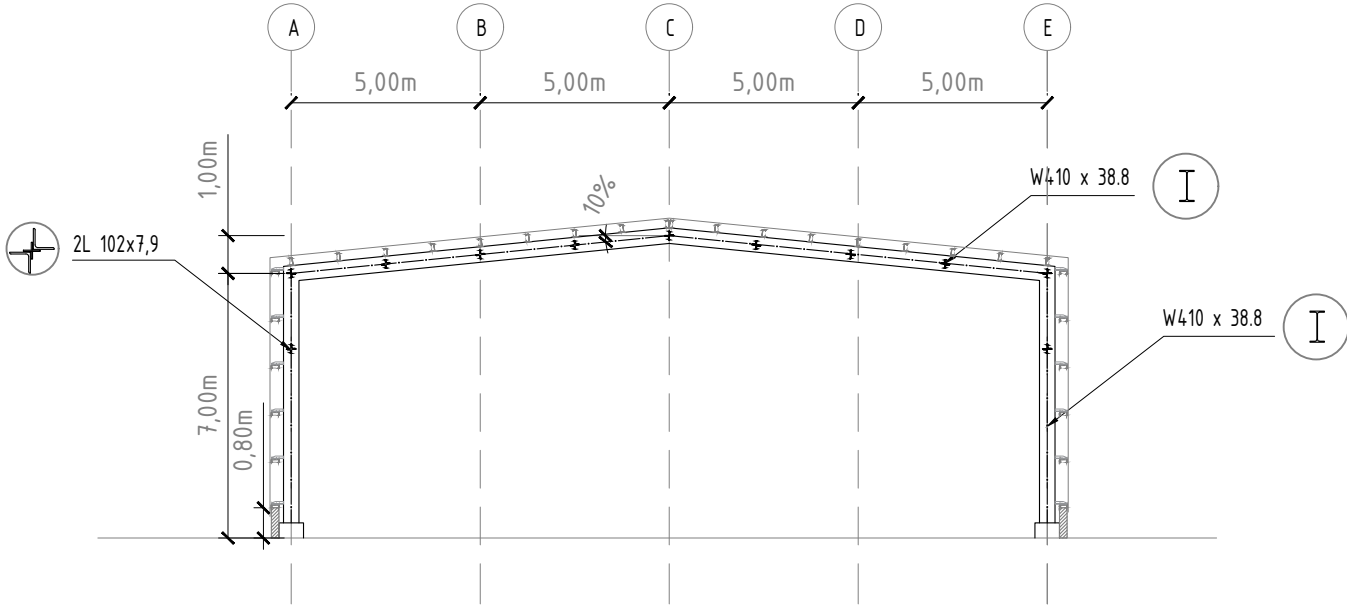
FRONTIS - ESTRUCTURA PRINCIPAL
ESCALA: 1:200



FRONTIS - COMPONENTES Y REVESTIMIENTOS
ESCALA: 1:200



PÓRTICO TÍPICO
ESCALA: 1:200



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA
Escuela de Ingeniería Civil

PROYECTO IV PLANTA GRSU MICROREGIÓN 2D - ZONA CENTRO SANTA FE

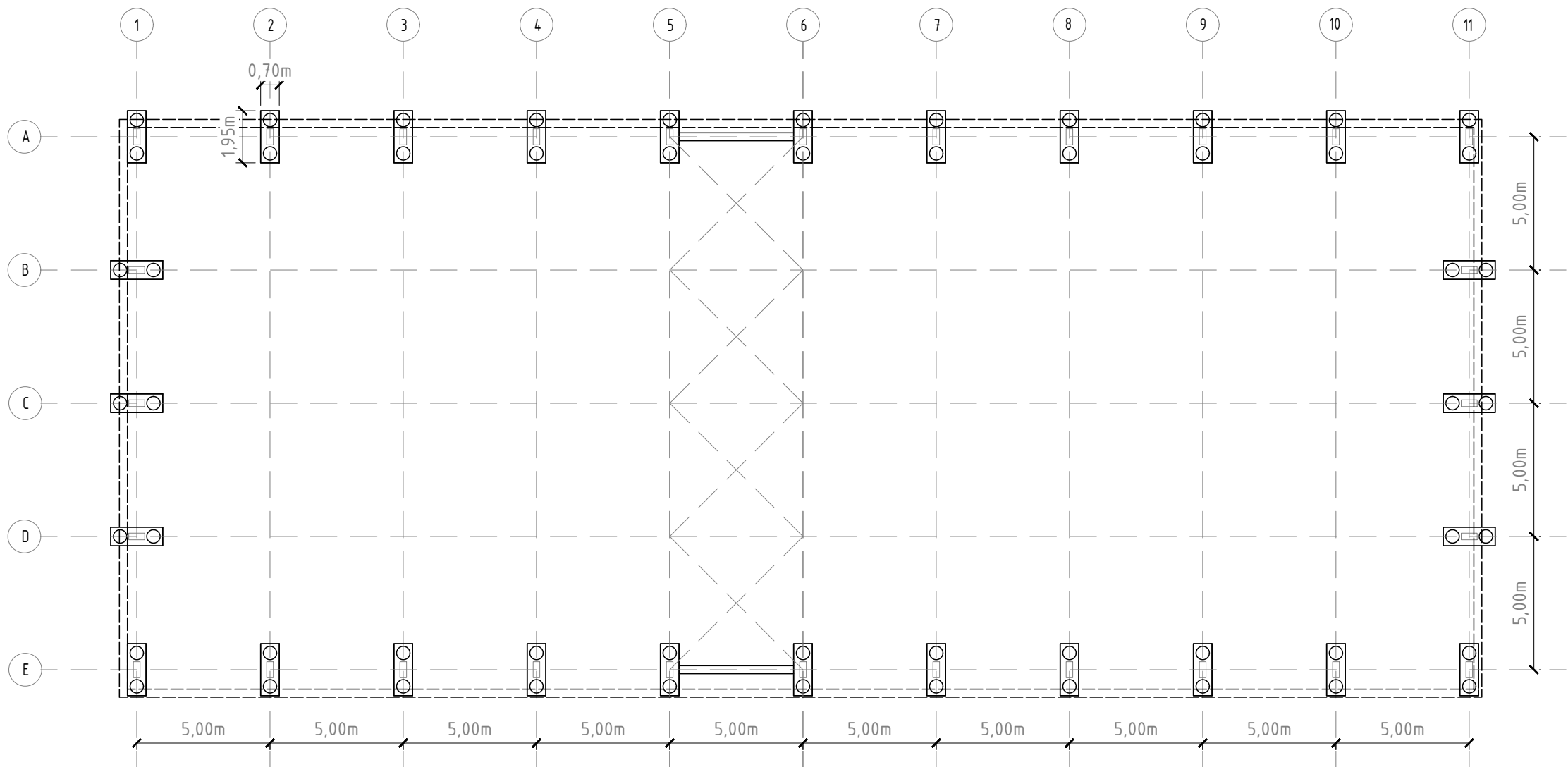
Plano N°7 PLANTA DE SEPARACIÓN DE RSU

Escala Indicadas

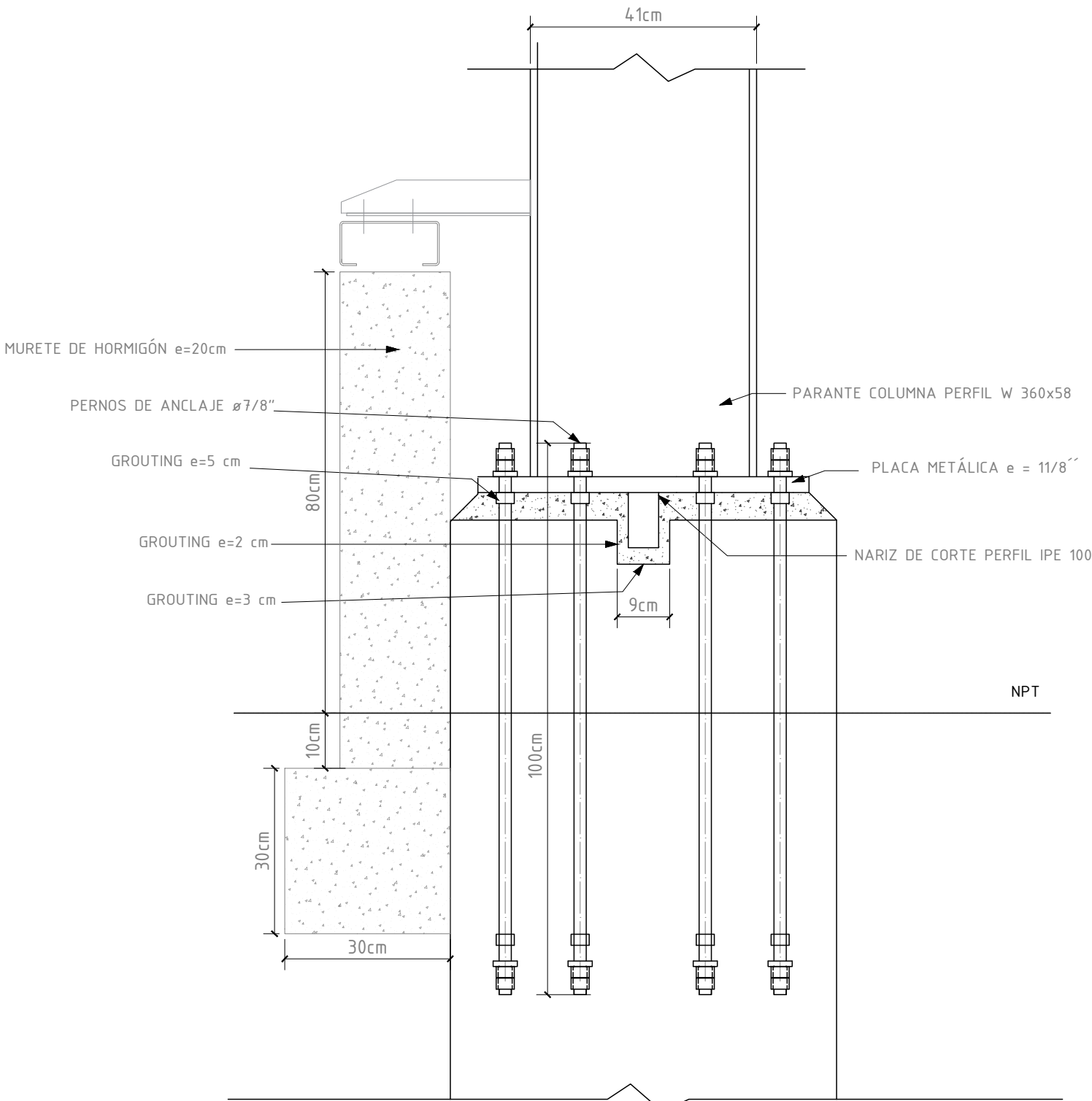
GRUPO 3 - Alumnas:
BELTRAMONE, Angela - PIERONI, Sofía - RUBIOLLO, Juana

Fecha Rev1 16/02/2024

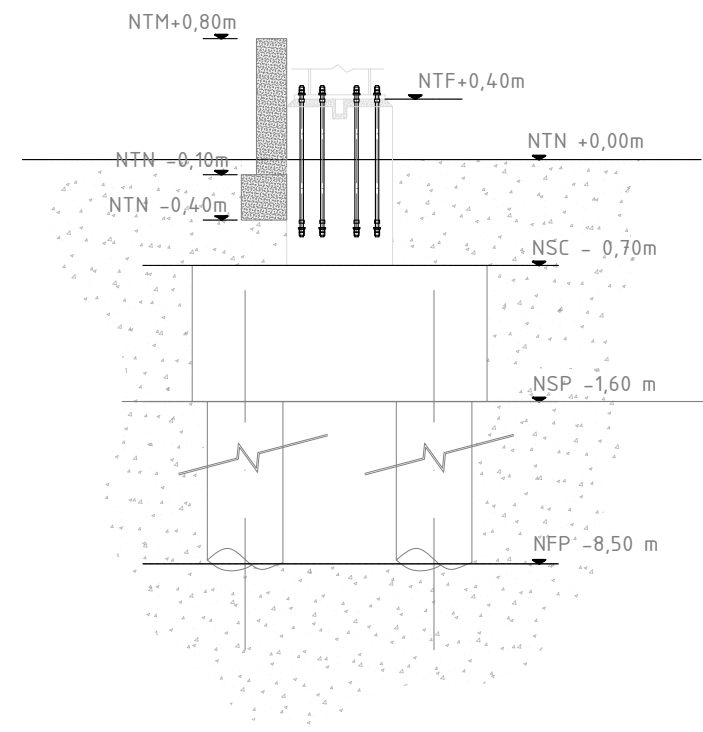
PLANTA FUNDACIONES
ESCALA 1:200



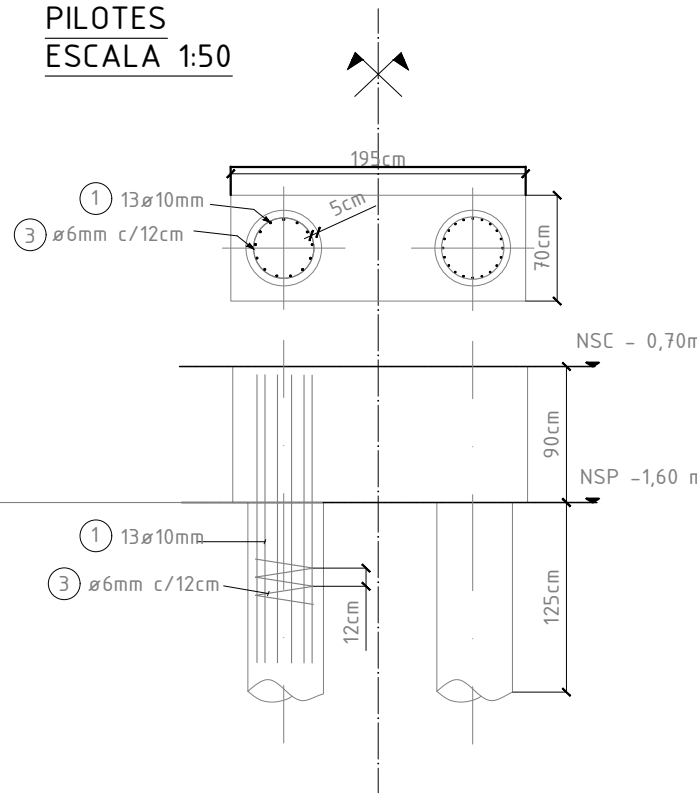
PLACA BASE
ESCALA 1:10



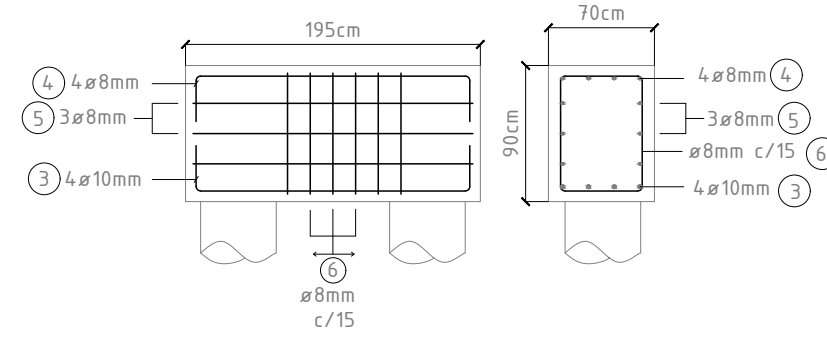
FUNDACIONES
ESCALA 1:50



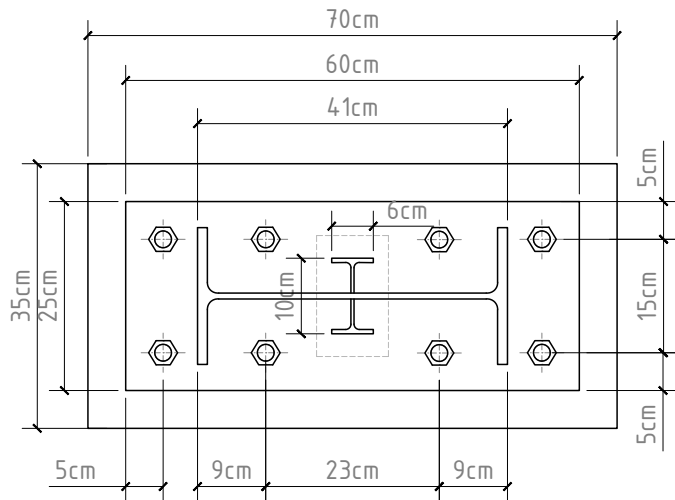
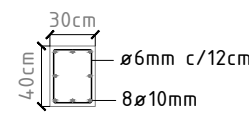
PILOTES
ESCALA 1:50



CABEZAL
ESCALA 1:50

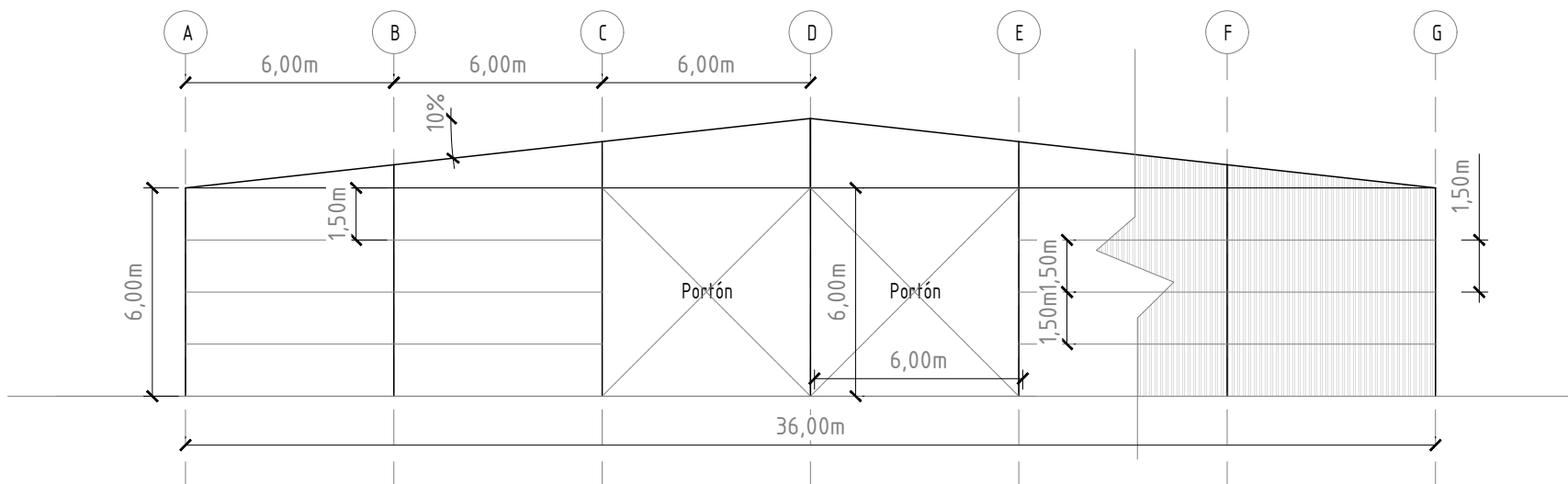
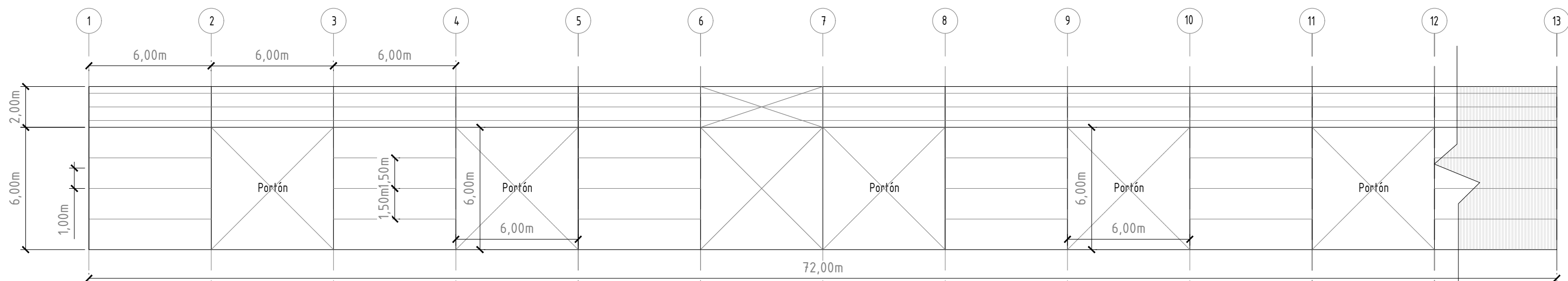
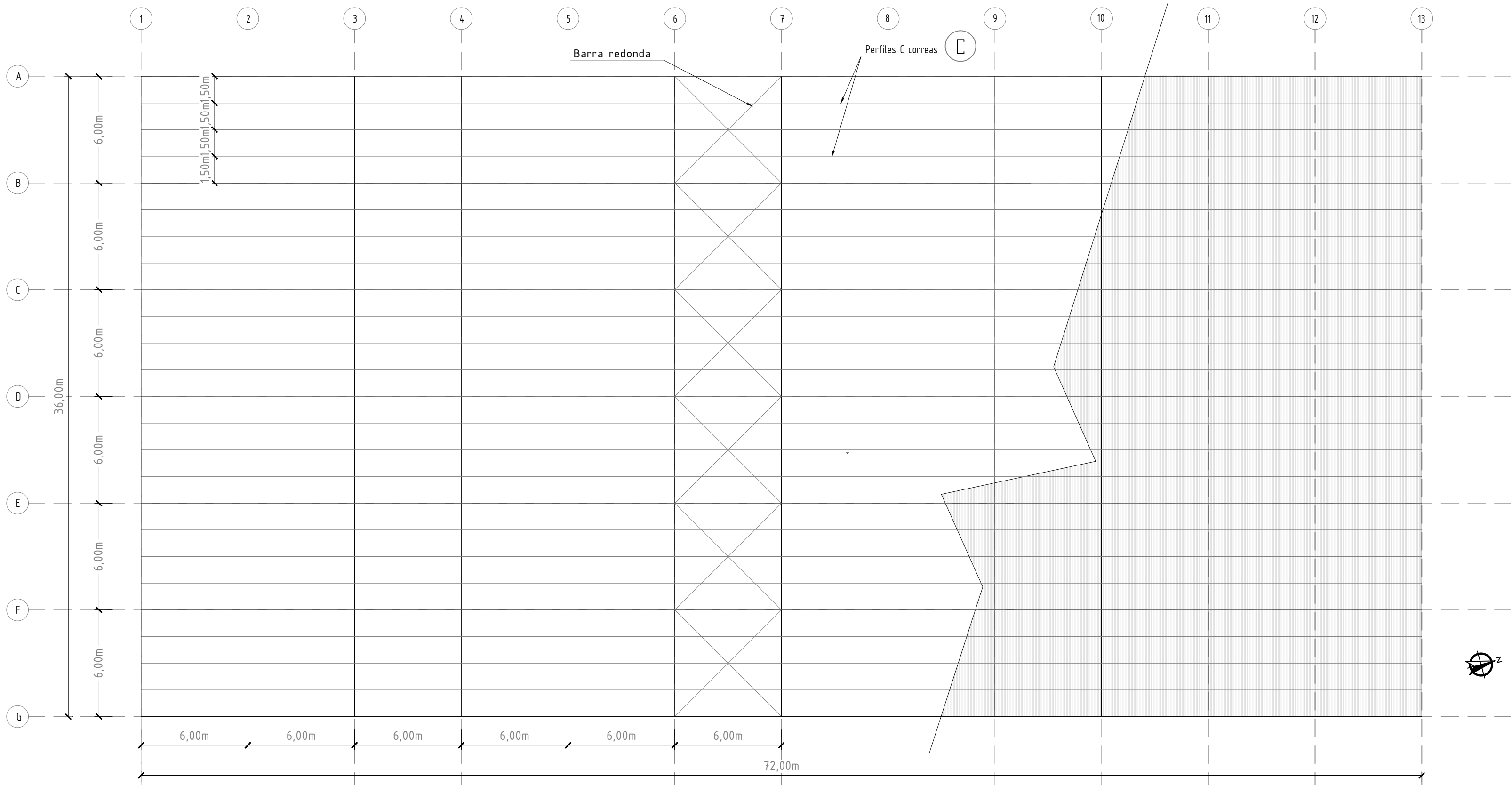


VIGA DE EQUILIBRO
ESCALA 1:50



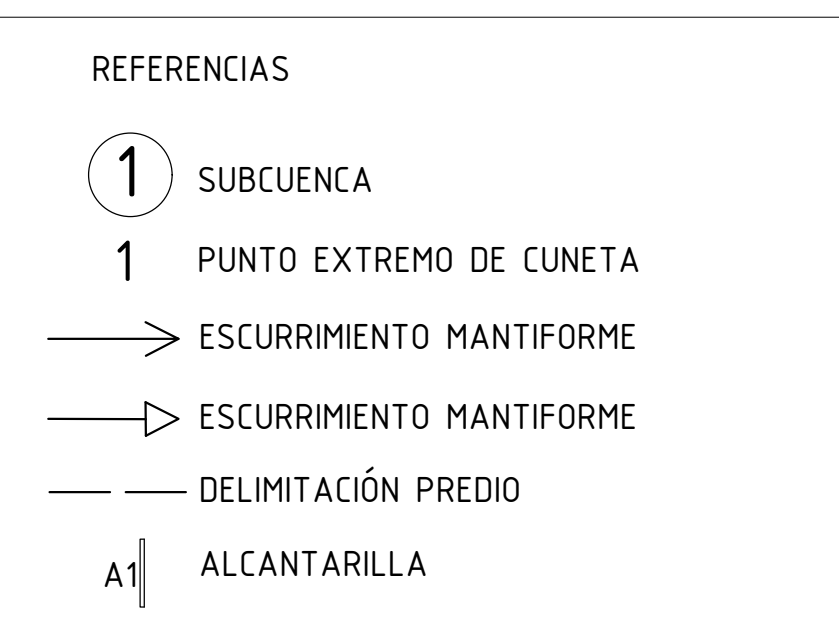
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO	
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA	
Escuela de Ingeniería Civil	
PROYECTO IV	PLANTA GIRSU MICROREGIÓN 2D - ZONA CENTRO SANTA FE
Plano N°8 FUNDACIONES PLANTA SEPARACIÓN RSU	Escala Indicadas
GRUPO 3 - Alumnas: BELTRAMONE, Angela - PIERONI, Sofía - RUBIOLLO, Juana	Fecha Rev1 16/02/2024

PLANTA
ESCALA: 1:200



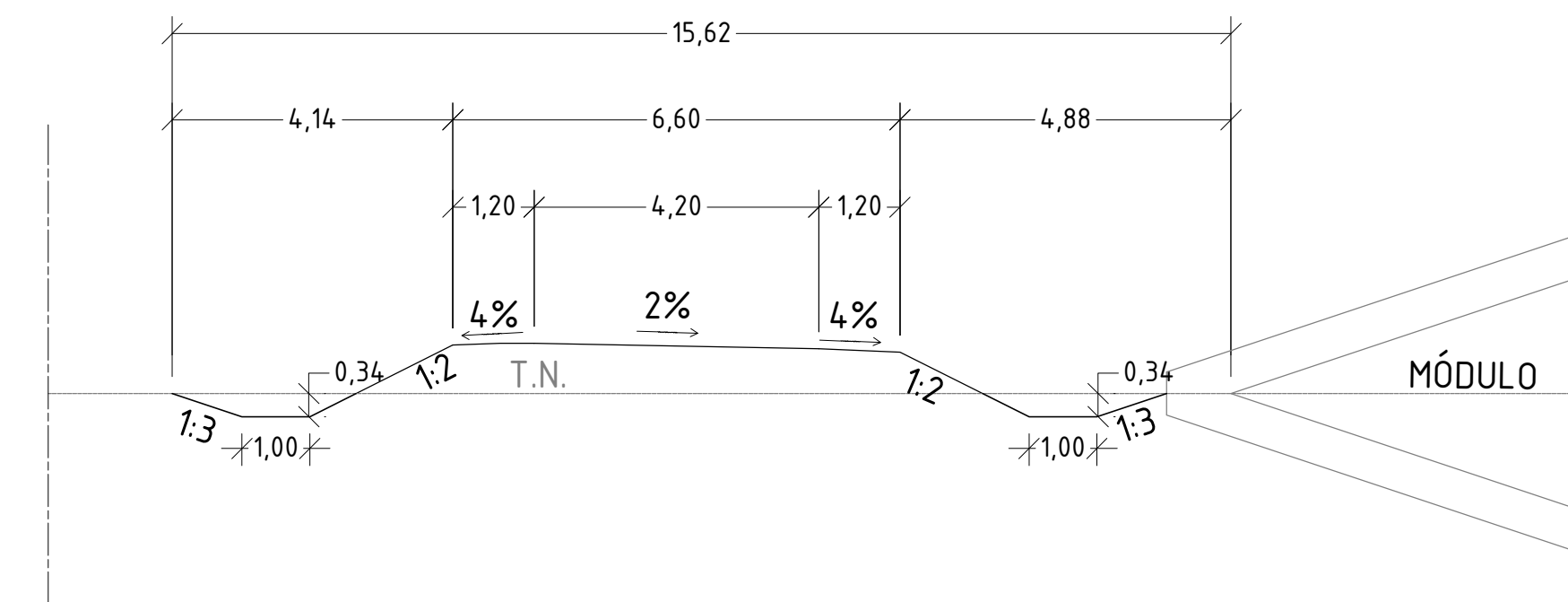
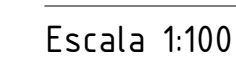
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA Escuela de Ingeniería Civil		
PROYECTO IV	PLANTA GRSU MICROREGIÓN 2D - ZONA CENTRO SANTA FE	
Plano N°9	NAVE DE COMPOSTAJE	Escala Indicadas
GRUPO 3 - Alumnas: BELTRAMONE, Angela - PIERONI, Sofía - RUBIOLLO, Juana		Fecha Rev1 16/02/2024

Escala 1:2000



Notas:
Medidas en metros.
Se muestran en corte algunas cunetas a modo de ejemplo.

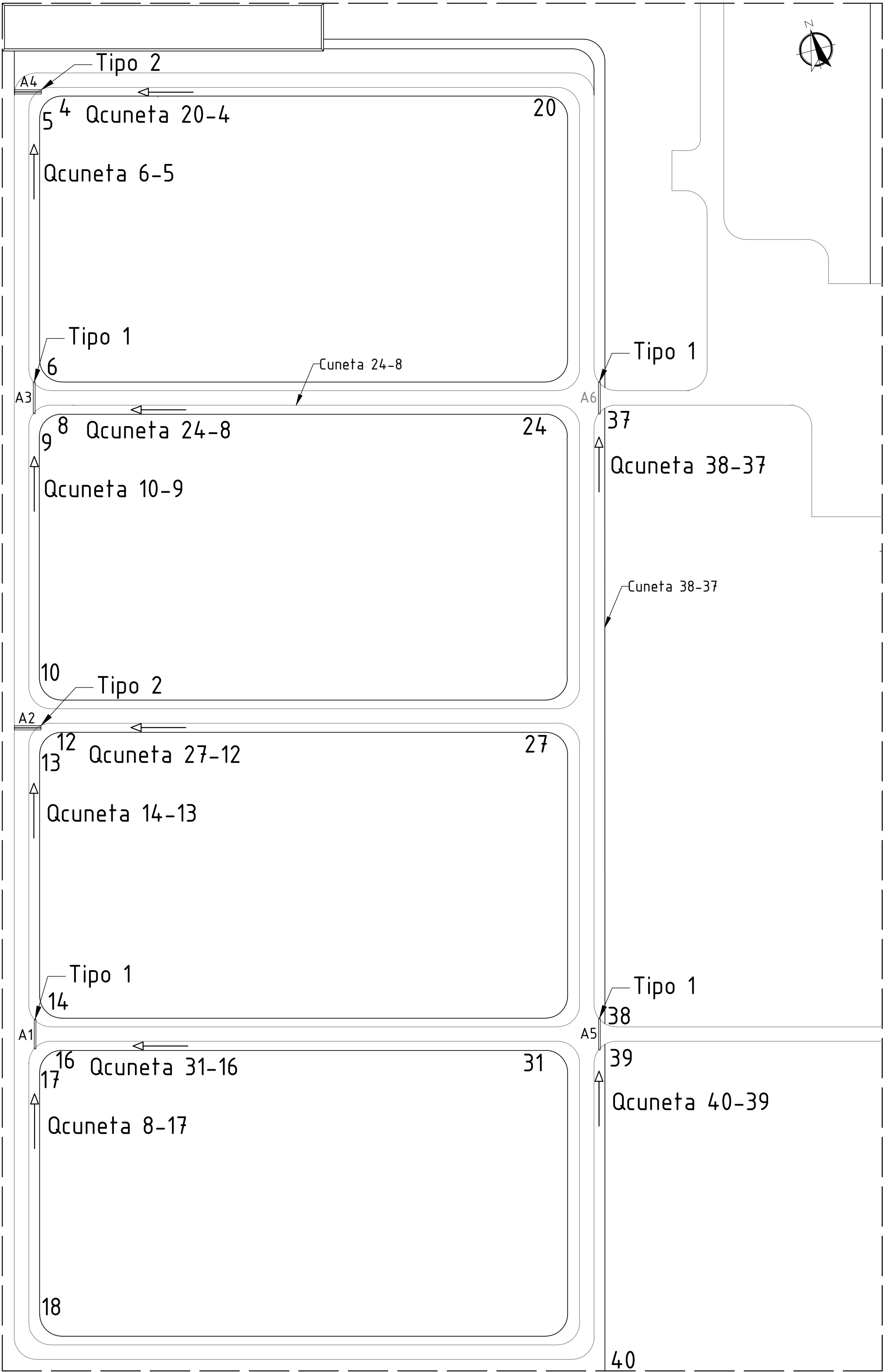
Escala 1:100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO		
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA		
Escuela de Ingeniería Civil		
PROYECTO IV	PLANTA GIRSU MICROREGIÓN 2D - ZONA CENTRO SANTA FE	
Plano N°10	OBRAS DE CONDUCCIÓN INTERNA: CUNETAS	Fecha Indicadas
GRUPO 3 - Alumnas: BELTRAMONE, Angela - PIERONI, Sofía - RUBIOLO, Juana		Fecha Rev1 16/02/2024

Planimetría

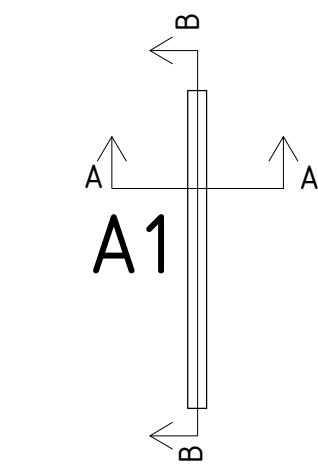
Escala 1:2000



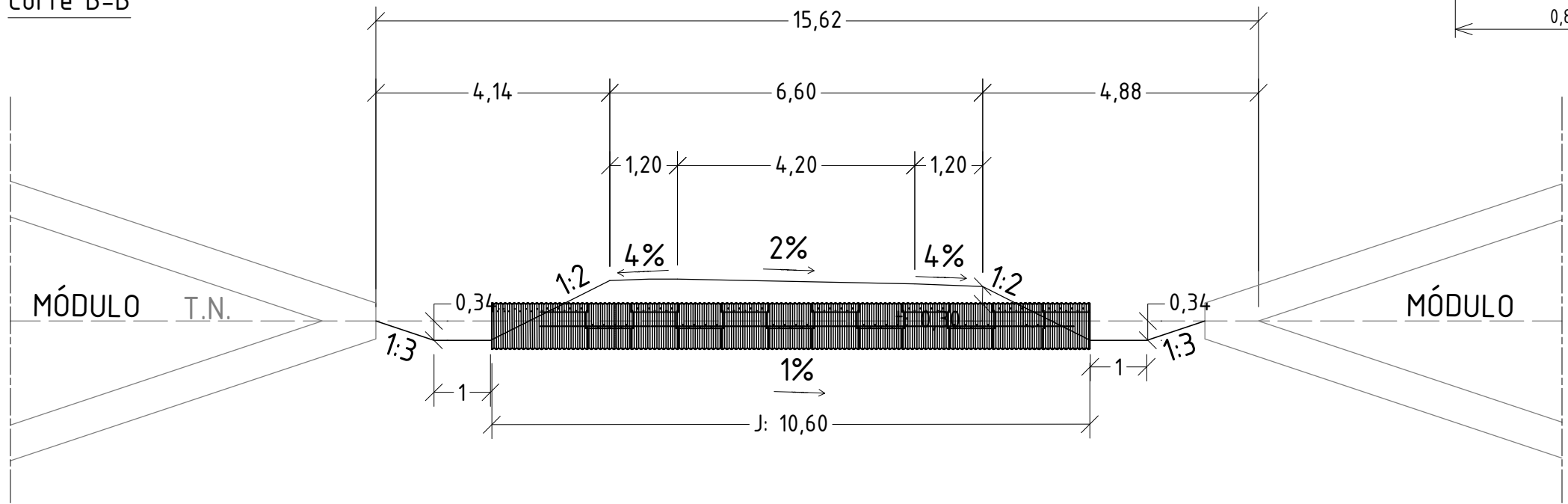
REFERENCIAS	
1	PUNTO EXTREMO DE CUNETA
	ESCURRIMIENTO MANTIFORME
	DELIMITACIÓN PREDIO
A1	ALCANTARILLA

Notas:
Medidas en metros
Se identifican los caudales de las cunetas que llegan a las alcantarillas

Alcantarilla Tipo 1



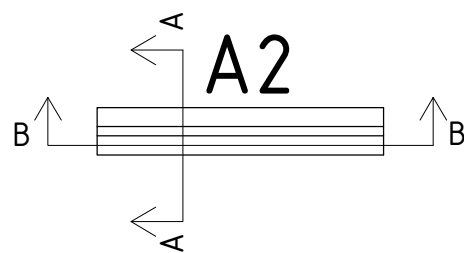
Corte B-B



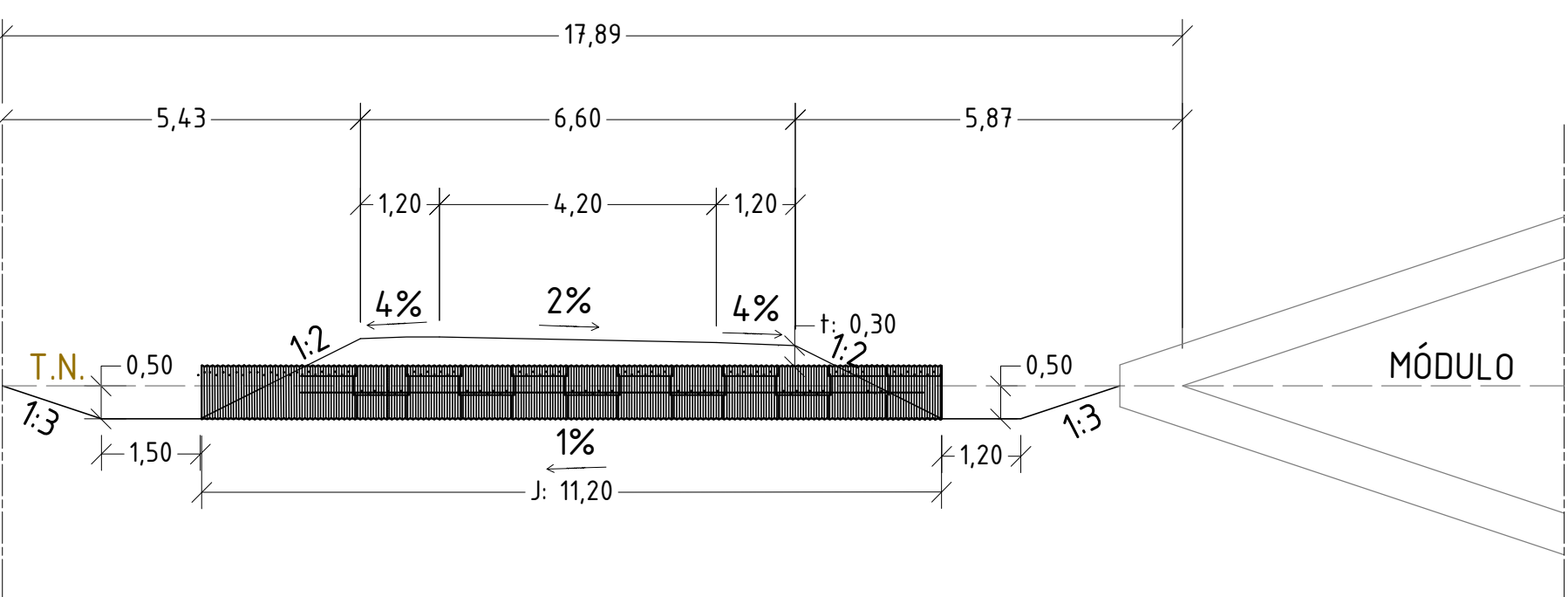
Según Plano Tipo H-10236 c/extremos rectos
Ondulación 68x13 mm
Espesor: 1,60 m
Ángulo de esviaje nulo
1 Ø 0,80 m
i: 1%
Jproyecto: 10,60 m

Aclaración: se muestran los cortes de la alcantarilla A1. Mismas consideraciones valen para el resto de las alcantarillas tipo 1.

Alcantarilla Tipo 2



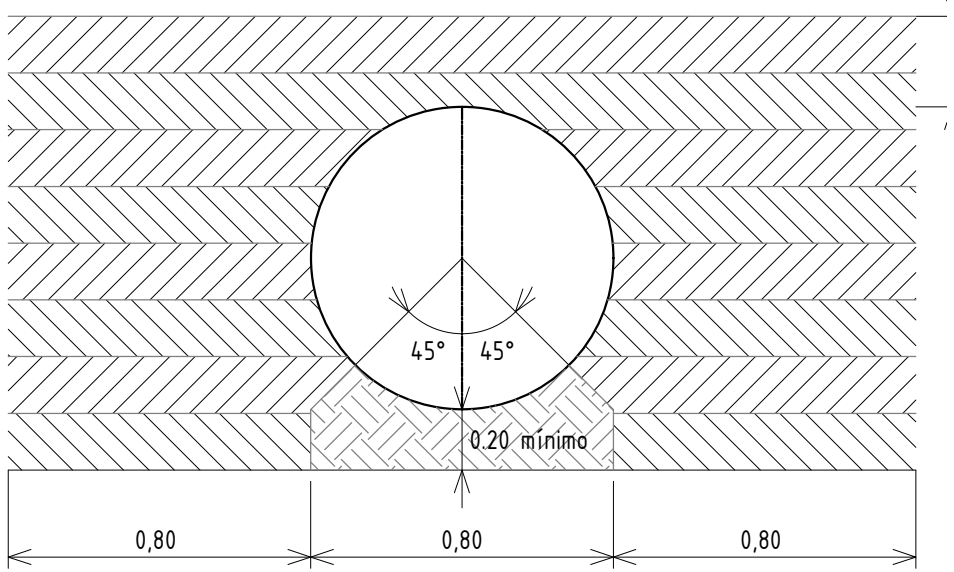
Corte B-B



Según Plano Tipo H-10236 c/extremos rectos
Ondulación 68x13 mm
Espesor: 1,60 m
Ángulo de esviaje nulo
2 Ø 0,80 m
i: 1%
Jproyecto: 11,20 m

Aclaración: se muestran los cortes de la alcantarilla A2. Mismas consideraciones valen para el resto de las alcantarillas tipo 2.

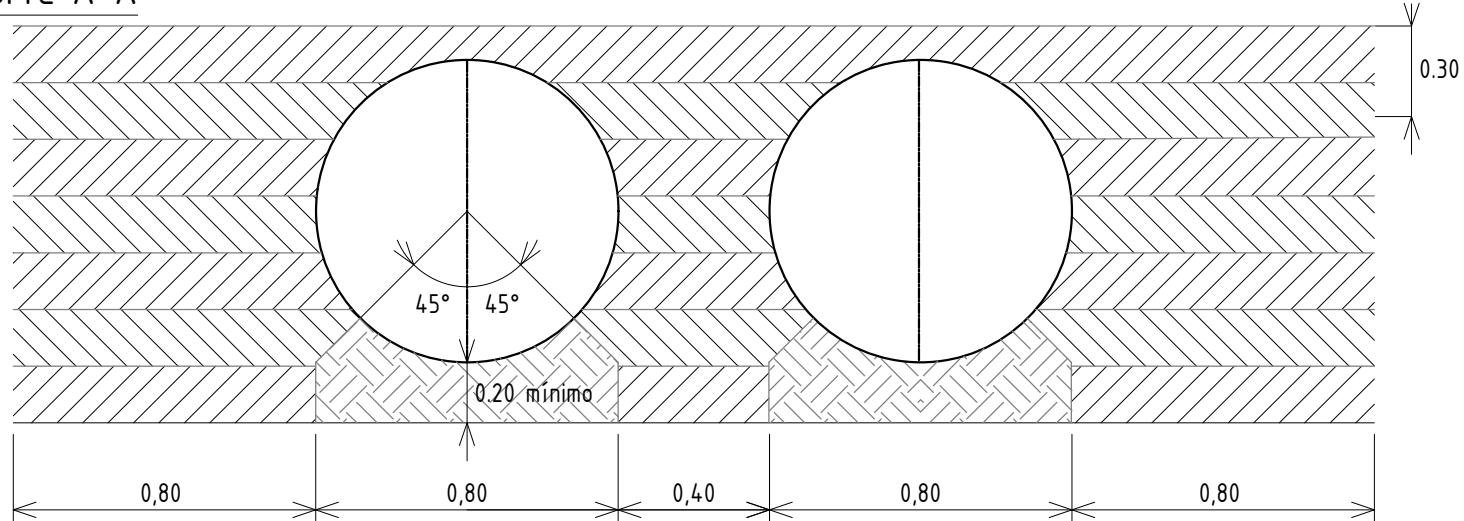
Corte A-A



Escala 1:20

Escala 1:100

Corte A-A

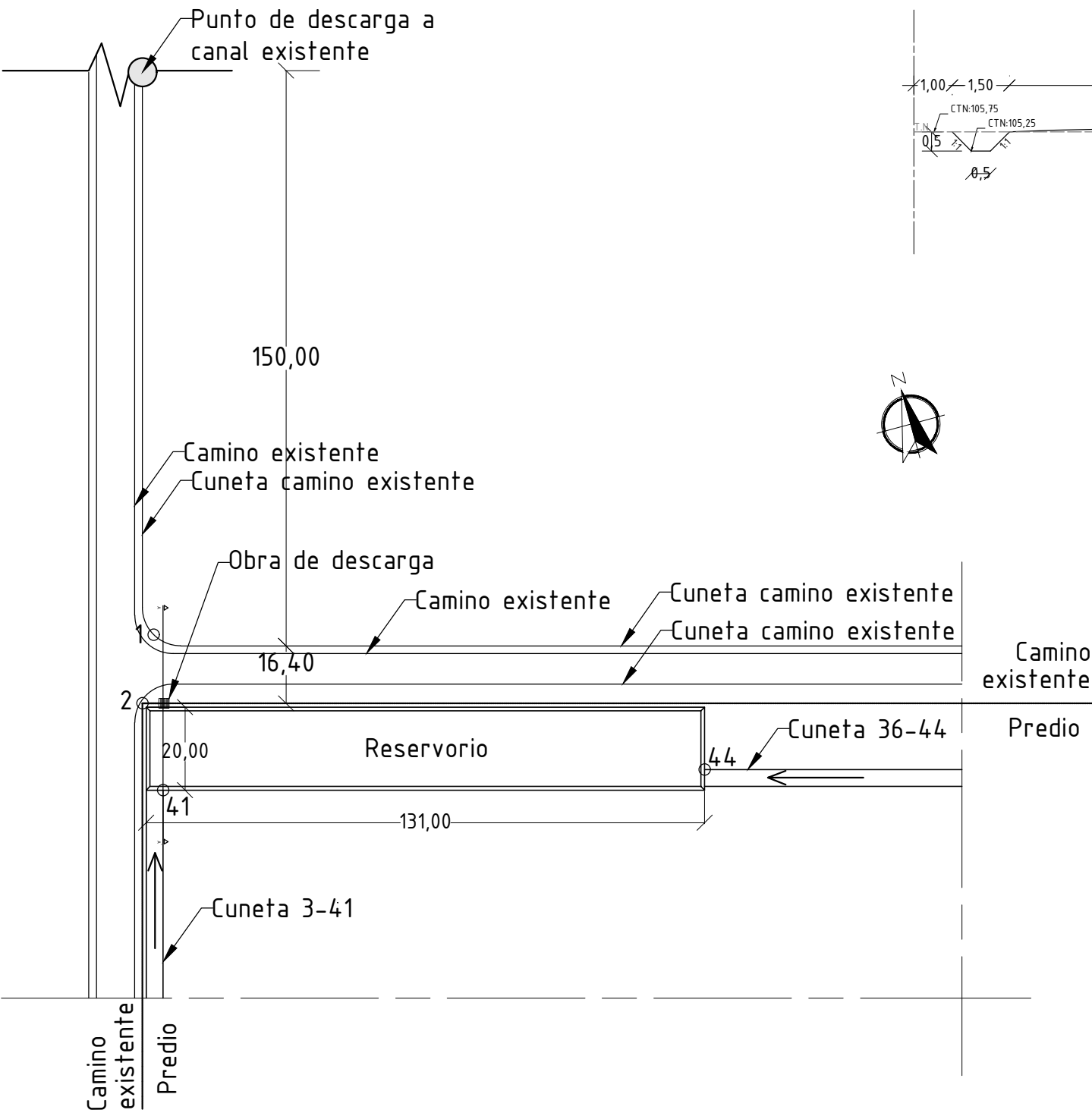


Escala 1:20

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA Escuela de Ingeniería Civil		
PROYECTO IV	PLANTA GRSU MICROREGIÓN 2D - ZONA CENTRO SANTA FE	
Plano N°11	OBRAS DE CONDUCCIÓN INTERNA: ALCANTARILLAS	Escala Indicadas
GRUPO 3 - Alumnas: BELTRAMONE, Angela - PIERONI, Sofía - RUBIOLO, Juana	Fecha Rev1 16/02/2024	

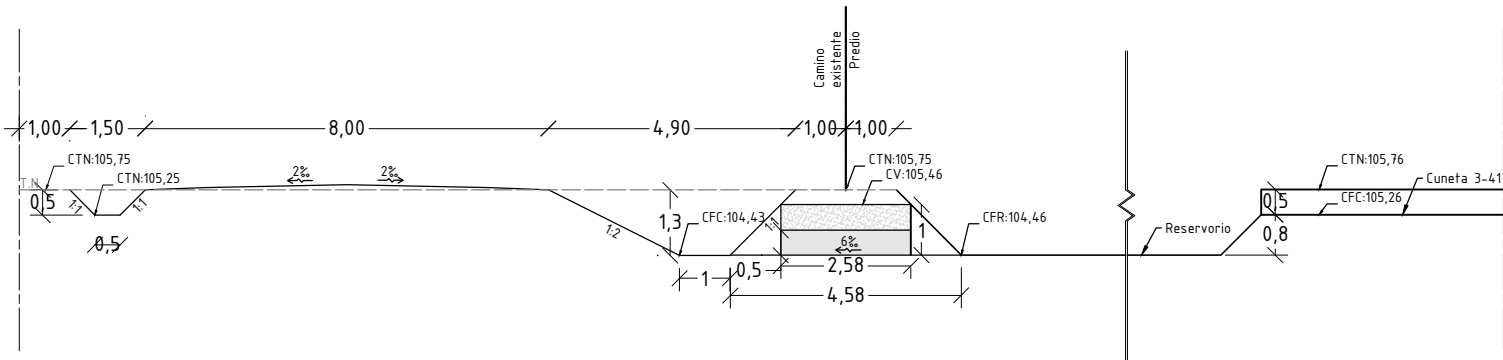
Detalle Planimetría

Escala 1:1500



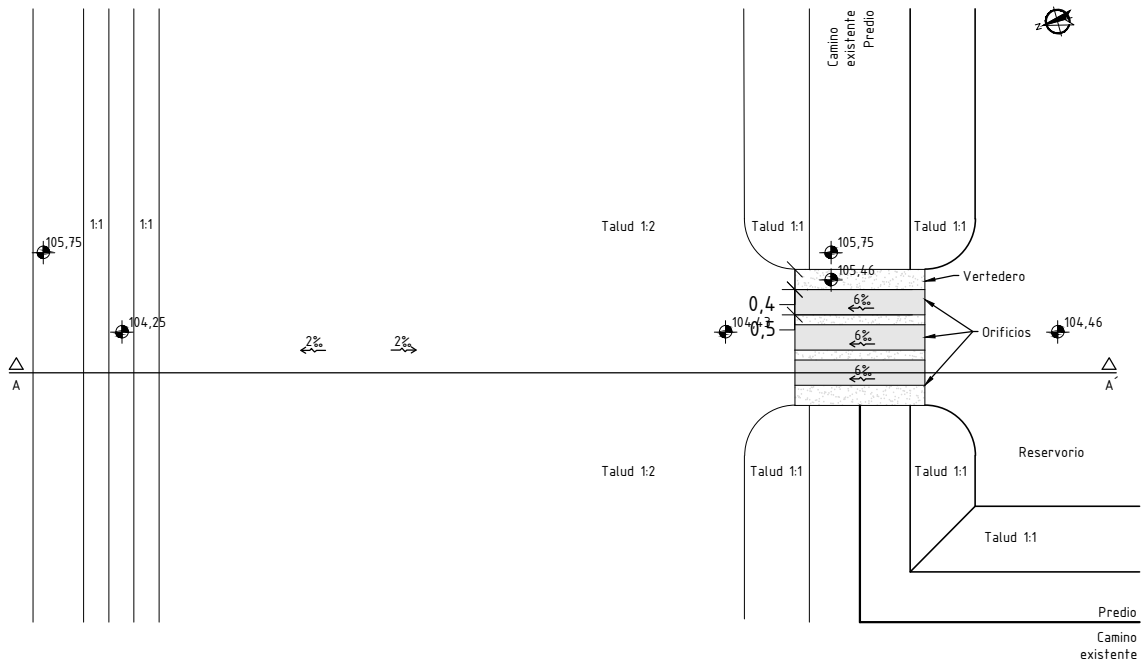
Corte A-A

Escala 1:150



Detalle Planta

Escala 1:150



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO		
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA		
Escuela de Ingeniería Civil		
PROYECTO IV	PLANTA GRSU MICROREGIÓN 2D - ZONA CENTRO SANTA FE	
Plano N°12	OBRAS DE DESCARGA Y REGULACIÓN	Escala Indicadas
GRUPO 3 - Alumnas:		Fecha
BELTRAMONE, Angela - PIERONI, Sofía - RUBIOLLO, Juana		Rev1 16/02/2024

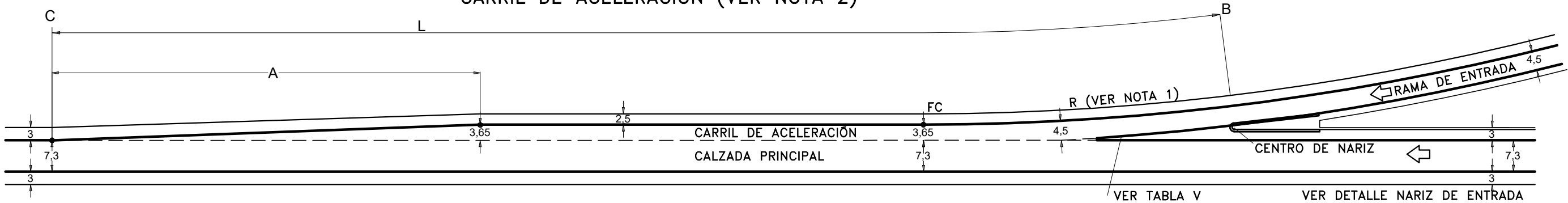
ANEXO N° 11

“PLANOS TIPO Y CARTAS TOPOGRÁFICAS”

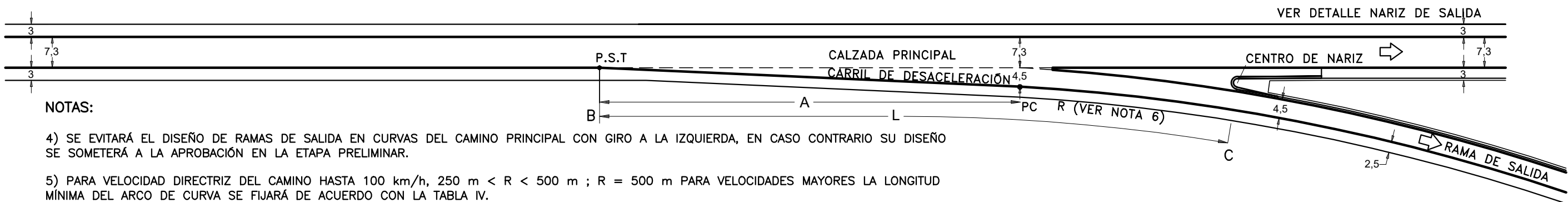
NOTAS:

- 1) $R = 300\text{ m}$ PARA VELOCIDAD DIRECTRIZ DE HASTA 80 km/h , $R = 600\text{ m}$ PARA VELOCIDADES MAYORES.
- 2) CUANDO EL CAMINO ESTA EN CURVA CON GIRO A LA DERECHA EN EL SENTIDO DEL TRÁNSITO, EL PROYECTISTA DEBERÁ SELECCIONAR EL RADIO DE ENTRADA AL CARRIL DE ACELERACIÓN CON UNA CONVERGENCIA SIMILAR A LA DADA POR EL ESQUEMA MOSTRADO.
- 3) CUANDO EL CAMINO ESTA EN CURVA CON GIRO A LA IZQUIERDA EN EL SENTIDO DEL TRÁNSITO, LA SECCIÓN DE ENTRADA AL CARRIL DE ACELERACIÓN DEBERÁ SER EN TANGENTE.

CARRIL DE ACELERACIÓN (VER NOTA 2)



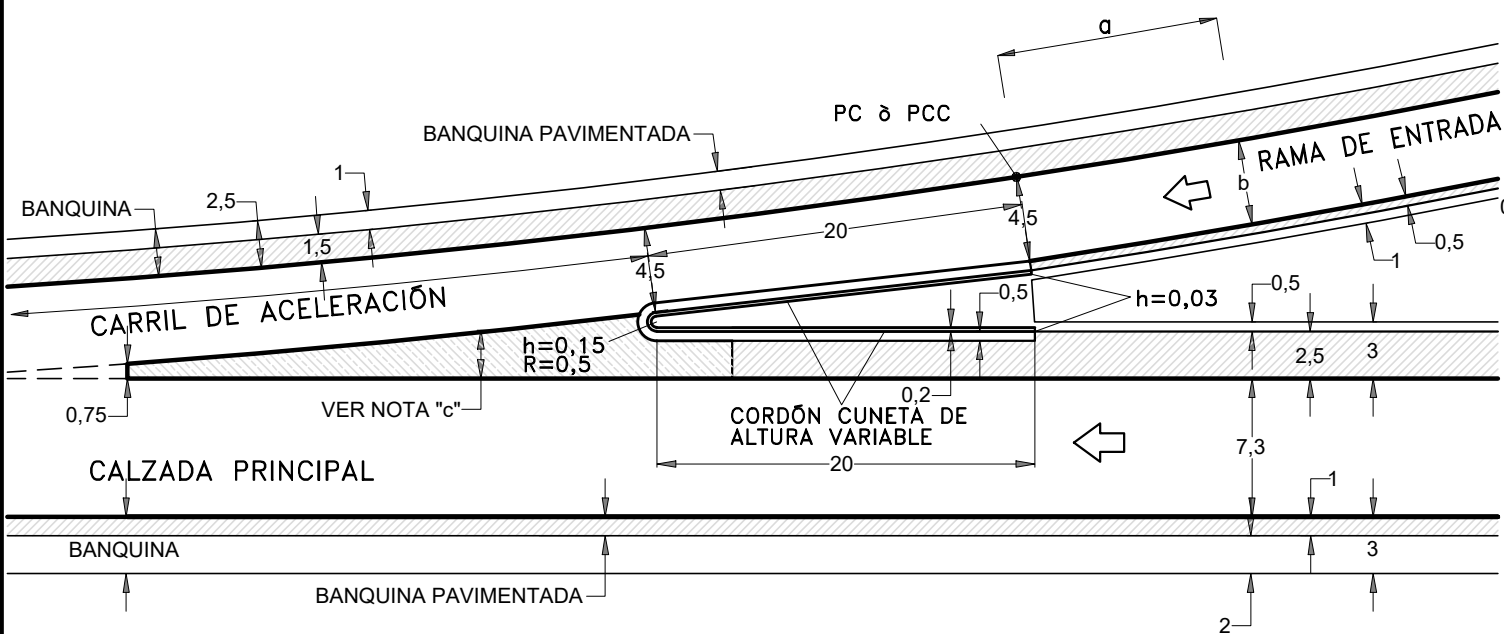
CARRIL DE DESACELERACION (VER NOTA 6)



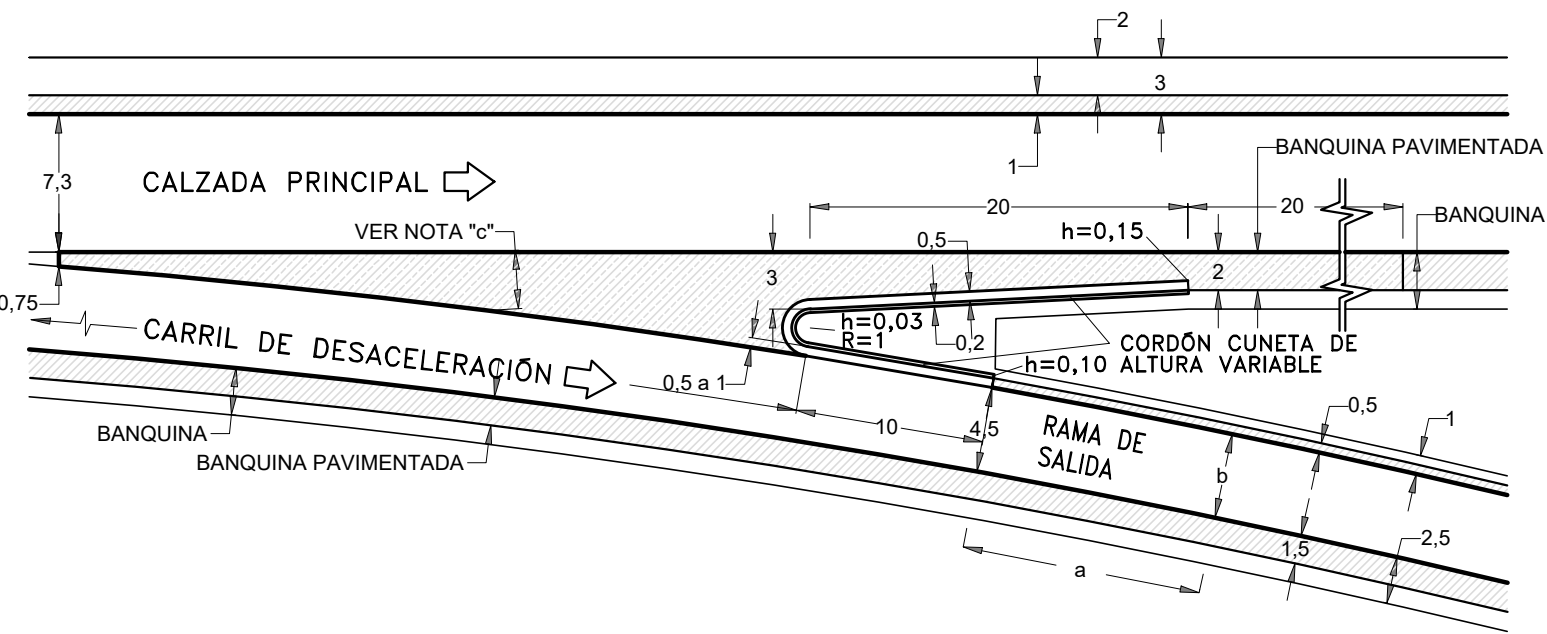
NOTAS:

- 4) SE EVITARÁ EL DISEÑO DE RAMAS DE SALIDA EN CURVAS DEL CAMINO PRINCIPAL CON GIRO A LA IZQUIERDA, EN CASO CONTRARIO SU DISEÑO SE SOMETERÁ A LA APROBACIÓN EN LA ETAPA PRELIMINAR.
- 5) PARA VELOCIDAD DIRECTRIZ DEL CAMINO HASTA 100 km/h , $250\text{ m} < R < 500\text{ m}$; $R = 500\text{ m}$ PARA VELOCIDADES MAYORES LA LONGITUD MÍNIMA DEL ARCO DE CURVA SE FIJARÁ DE ACUERDO CON LA TABLA IV.
- 6) CUANDO EL CAMINO ES EN CURVA CON GIRO A LA DERECHA EN EL SENTIDO DEL TRÁNSITO, DEBERÁ SELECCIONARSE UN RADIO PARA EL CARRIL DE DESACELERACIÓN CON UNA DIVERGENCIA CON RESPECTO A LA RUTA, SIMILAR A LA INDICADA EN EL ESQUEMA.

DETALLE DE NARIZ DE ENTRADA



DETALLE DE NARIZ DE SALIDA



NOTAS:

- a = TRANSICIÓN DE ANCHO DE CARRIL EN RAMA 1:15
- b = ANCHO DE CARRIL EN RAMA SEGÚN TABLA I, CASO 1 - 2 ó 3
- c = PAQUETE ESTRUCTURAL SIMILAR AL DE LA RAMA; SUPERFICIE CONTRASTANTE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO	
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA	
Escuela de Ingeniería Civil	
PROYECTO IV	PLANTA GIRSU MICROREGIÓN 2D - ZONA CENTRO SANTA FE
PLANO TIPO OB-2	
GRUPO 3 - Alumnas: BELTRAMONE, Angela - PIERONI, Sofía - RUBIOLLO, Juana	Fecha Rev1 14/02/2024

TABLA I :
ANCHOS DE PAVIMENTO DE RAMAS Y/O CAMINOS DE ENLACE

RADIO DEL BORDE INTERNO	CASO 1 : 1 CARRIL 1 SENTIDO DE MARCHA S/ADELANTAMIENTO DE VEHICULO DETENIDO			CASO 2 : 1 CARRIL 1 SENTIDO DE MARCHA C/ ADELANTAMIENTO DE VEHICULO DETENIDO			CASO 3 : 2 CARRILES 1 O 2 SENTIDOS DE MARCHA		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5,4	5,5	7,2	6,0	7,8	9,2	9,4	11,0	13,6
25	4,8	5,0	5,9	5,6	6,9	7,9	8,6	9,7	11,1
30	4,5	4,9	5,7	5,5	6,7	7,6	8,4	9,4	10,6
50	4,2	4,6	5,2	5,3	6,3	7,0	7,9	8,8	9,5
75	3,9	4,5	4,9	5,2	5,9	6,5	7,6	8,3	8,7
100	3,9	4,5	4,9	5,2	5,9	6,5	7,6	9,3	8,7
125	3,9	4,5	4,9	5,1	5,9	6,4	7,6	8,2	8,5
150	3,6	4,5	4,9	5,1	5,8	6,4	7,5	8,2	8,4
RECTA	3,6	4,2	4,4	5,0	5,5	6,1	7,3	7,9	7,9
MODIFICACIÓN DEL ANCHO SEGÚN EL TRATAMIENTO LATERAL USADO									
BANQUINA NO ESTABILIZADA	NINGUNA			NINGUNA			NINGUNA		
CORDÓN MONTABLE	NINGUNA			NINGUNA			NINGUNA		
CORDÓN NO MONTABLE 1 LADO	AUMENTAR EN 0,3 m			NINGUNA			AUMENTAR EN 0,3 m		
	AUMENTAR EN 0,6 m			AUMENTAR EN 0,3 m			AUMENTAR EN 0,6 m		
BANQUINA ESTABILIZADA EN UNO O AMBOS LADOS	EN CONDICIONES B Y C EL ANCHO EN RECTA PUEDE REDUCIRSE A 3,6 m SI ANCHO DE BANQUINA PAVIMENTADA ES 1,2 m O MÁS			DEDUCIR EL ANCHO DE LA BANQUINA ESTABILIZADA ANCHO MÍNIMO COMO CASO 1			DEDUCIR 0.6 m DONDE LA BANQUINA PAVIMENTADA SEA DE 1,2 m COMO MÍNIMO		

CONDICIÓN "A" PREDOMINAN VEHÍCULOS LIVIANOS, PERO TAMBIÉN SE CONSIDERA QUE GIRAN CAMIONES SU, AUNQUE NO SON SUFICIENTES COMO PARA INFLUIR EN EL DISEÑO

CONDICIÓN "B" SUFICIENTES VEHÍCULOS SU COMO PARA GOBERNAR EL DISEÑO, PERO CON ALGUNA CONSIDERACIÓN PARA LOS SEMIRREMOLQUES

CONDICIÓN "C" SUFICIENTES VEHÍCULOS SEMIRREMOLQUES WB12 O WB15 COMO PARA GOBERNAR EL DISEÑO

MÁXIMOS VEHÍCULOS TIPO CONSIDERADOS EN LA DETERMINACIÓN DE LOS ANCHOS DE CALZADAS

CASO 1			CASO 2			CASO 3		
CONDICIÓN			CONDICIÓN			CONDICIÓN		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
P	SU	WB12 ð ICBUS* (el mayor)	P–P	P–SU	SU–SU	P–SU	SU–SU	WB12 y WB12

* ICBUS = INTERCITY BUS

MÁXIMOS VEHÍCULOS TIPO QUE PUEDEN REALIZAR MANIOBRAS EN LOS ANCHOS DE CALZADAS

CASO 1			CASO 2			CASO 3		
CONDICIÓN			CONDICIÓN			CONDICIÓN		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
WB12	WB12	WB15	P	P	SU	SU	WB12	WB15
			SU	WB12	WB12	WB12	WB12	WB15

TABLA II Desaceleración:
LONGITUDES MÍNIMAS DE LOS CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD – DESACELERACIÓN CUANDO LAS PENDIENTES LONGITUDINALES DE LOS CARRILES SON: i ± 2%

VELOCIDAD DIRECTRIZ DE LA AUTOPISTA km/h	VELOCIDAD MEDIA DE MARCHA km/h	VELOCIDAD DIRECTRIZ EN LA NARIZ DE SALIDA DE LA AUTOPISTA km/h								CUÑA A (m)
		0	20	30	40	50	60	70	80	
		LONGITUD DEL CARRIL DE DESACELERACIÓN, "L" INCLUIDA LA TRANSICIÓN A (EN m)								
60	55	105	100	90	80					80
70	63	125	115	105	95	80				80
80	70	140	135	125	110	95	80			80
90	77	160	155	145	130	120	95	80		80
100	84	190	180	170	155	140	120	95		80
110	91	205	200	190	175	160	140	115	85	80
120	98	230	225	215	200	185	165	140	110	80
130	105	255	250	240	225	210	185	160	130	80

TABLA III :
FACTORES DE CORRECCIÓN A APLICAR A LAS LONGITUDES DE DESACELERACIÓN A Y L, CUANDO LOS CARRILES DE DESACELERACIÓN SE CONSTRUYEN EN PENDIENTES i > ±2 %

CARRIL DE DESACELERACIÓN									
VELOCIDAD DIRECTRIZ DE LA AUTOPISTA km/h		LONGITUD EN PENDIENTE = FACTOR x LONGITUD DE TABLA II							
PARA CUALQUIER VELOCIDAD		3 a 5% ASCENDENTE 0,9				3 a 5% DESCENDENTE 1,2			
PARA CUALQUIER VELOCIDAD		5 a 6% ASCENDENTE 0,8				5 a 6% DESCENDENTE 1,35			
CARRIL DE ACELERACIÓN									
VELOCIDAD DIRECTRIZ DE LA AUTOPISTA km/h		LONGITUD EN PENDIENTE = FACTOR x LONGITUD DE TABLA II							
		VELOCIDAD DIRECTRIZ DE RAMPA km/h							
		30	40	50	60	70	80	Cualquier velocidad	
		3 a 5% ASCENDENTE						3 a 5% DESCENDENTE	
60		1,3	1,3					0,7	
70	1,3	1,3	1,4					0,7	
80	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5			0,65	
90	1,3	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,6	
100	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	0,6	
110	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8		0,6	
		5 a 6% ASCENDENTE						5 a 6% DESCENDENTE	
60		1,5	1,5					0,6	
70	1,5	1,5	1,6					0,6	
80	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0			0,55	
90	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,4	0,5	
100	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,6	0,5	
110	2,0	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9		0,5	

NOTA: LA PENDIENTE ES EL PROMEDIO ENTRE LAS CORRESPONDIENTES A LOS PUNTOS B Y C

TABLA II Aceelración :
LONGITUDES MÍNIMAS DE LAS CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD – ACELERACIÓN CUANDO LAS PENDIENTES LONGITUDINALES DE LOS CARRILES SON: i ± 2%

VELOCIDAD DIRECTRIZ DE LA AUTOPISTA km/h	VELOCIDAD MEDIA DE MARCHA km/h	VELOCIDAD DIRECTRIZ EN LA NARIZ DE SALIDA DE LA AUTOPISTA km/h								CUÑA A (m)
		0	20	30	40	50	60	70	80	
		LONGITUD DEL CARRIL DE DESACELERACIÓN, "L" INCLUIDA LA TRANSICIÓN A (EN m)								
60	47	185	165	140	110					110
70	55	230	210	180	145	110				110
80	62	275	255	225	190	140				110
90	69	330	305	280	240	195	130			110
100	76	390	370	345	305	260	200	125		110
110	83	445	425	400	360	310	250	115	110	110
120	90	515	490	465	425	375	315	245	160	110
130	97	575	550	525	485	440	380	305	225	110

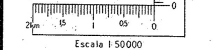
TABLA IV :
LONGITUD DEL ARCO CIRCULAR PARA CURVAS COMPUESTAS DE RAMAS (CUANDO ESTÁN SEGUIDAS POR UNA CURVA DE RADIO IGUAL A LA MITAD O PRECEDIDAS POR CURVA DE RADIO IGUAL AL DOBLE)

RADIO (m)	30	45	60	75	90	120	150 O MAS
LONGITUD DEL ARCO (m)							
MINIMA DESEABLE	20	25	30	35	40	45	50
RADIO (m)	25	30	40	45	55	65	75

TABLA V :
DIFERENCIA ALGEBRAICA EN EL QUIEBRE DE LA PENDIENTE TRANSVERSAL VELOCIDAD DE DISEÑO A LA SALIDA O ENTRADA %

30 Y 35 km/*h	5–8
40 y 45 km/h	5–6
>50 km/h	4–5

1769



EQUIDISTANCIA 125 METROS

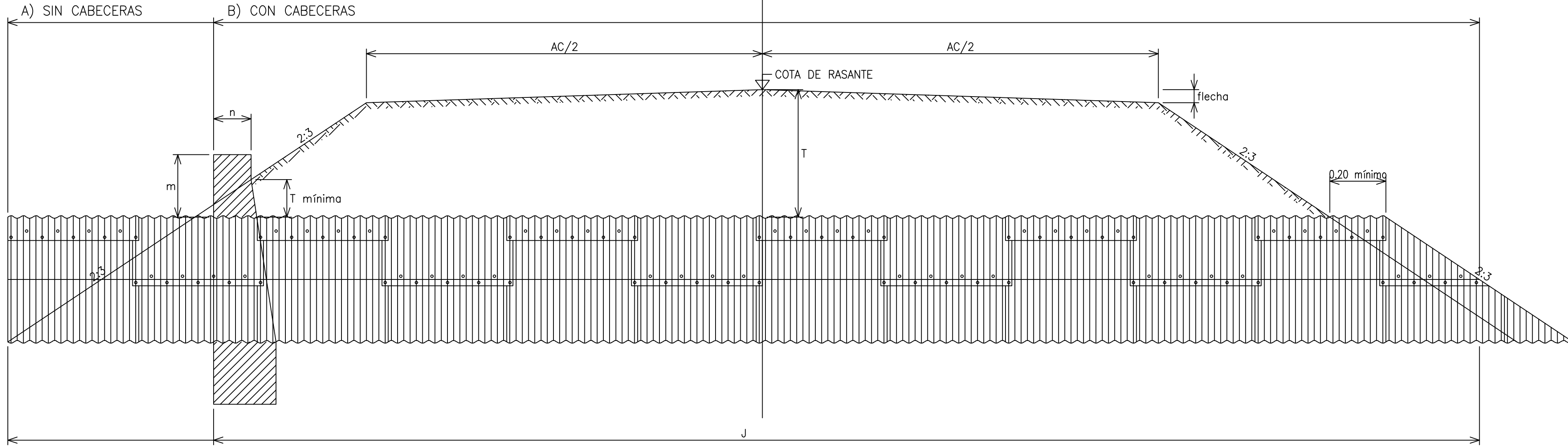
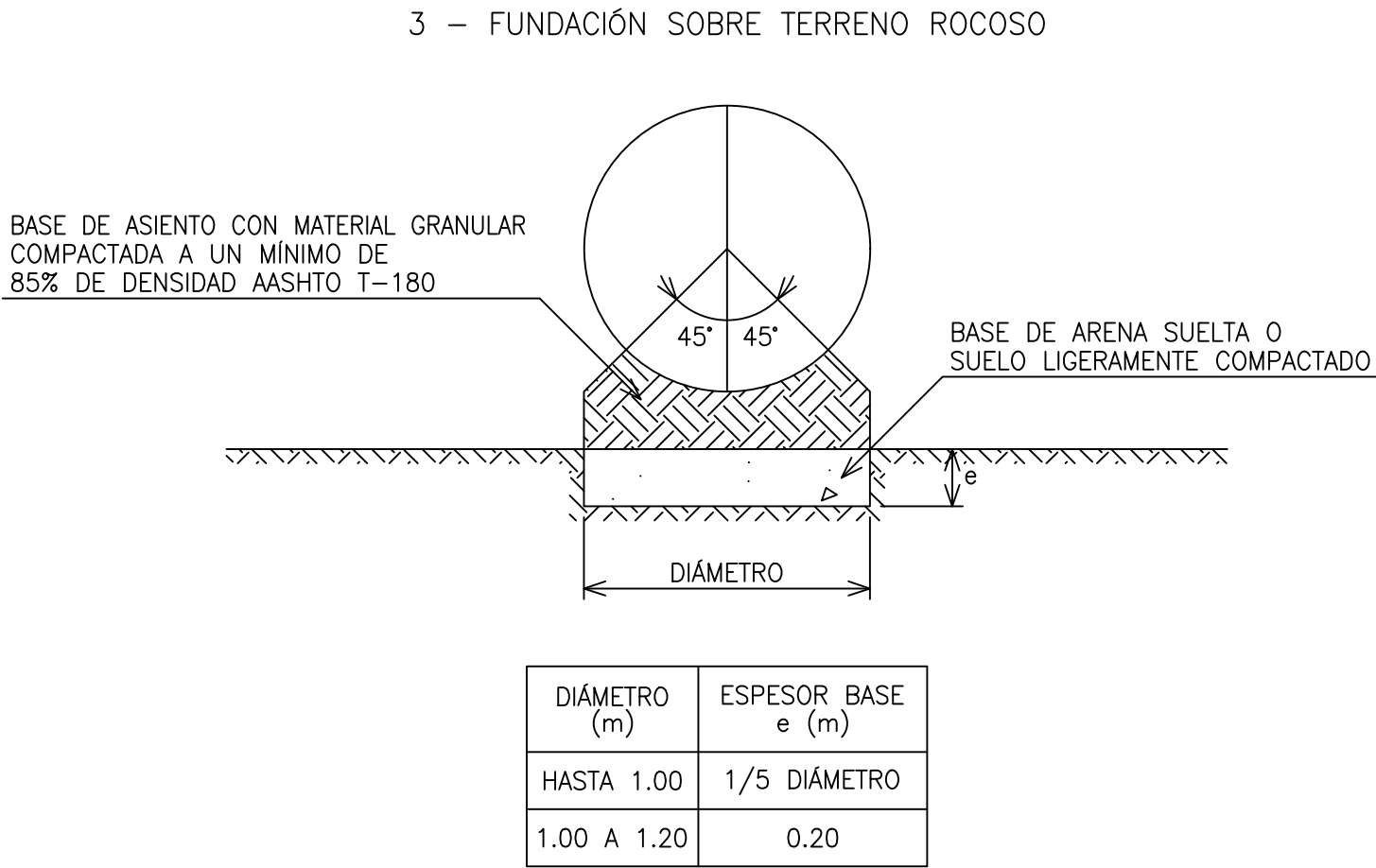
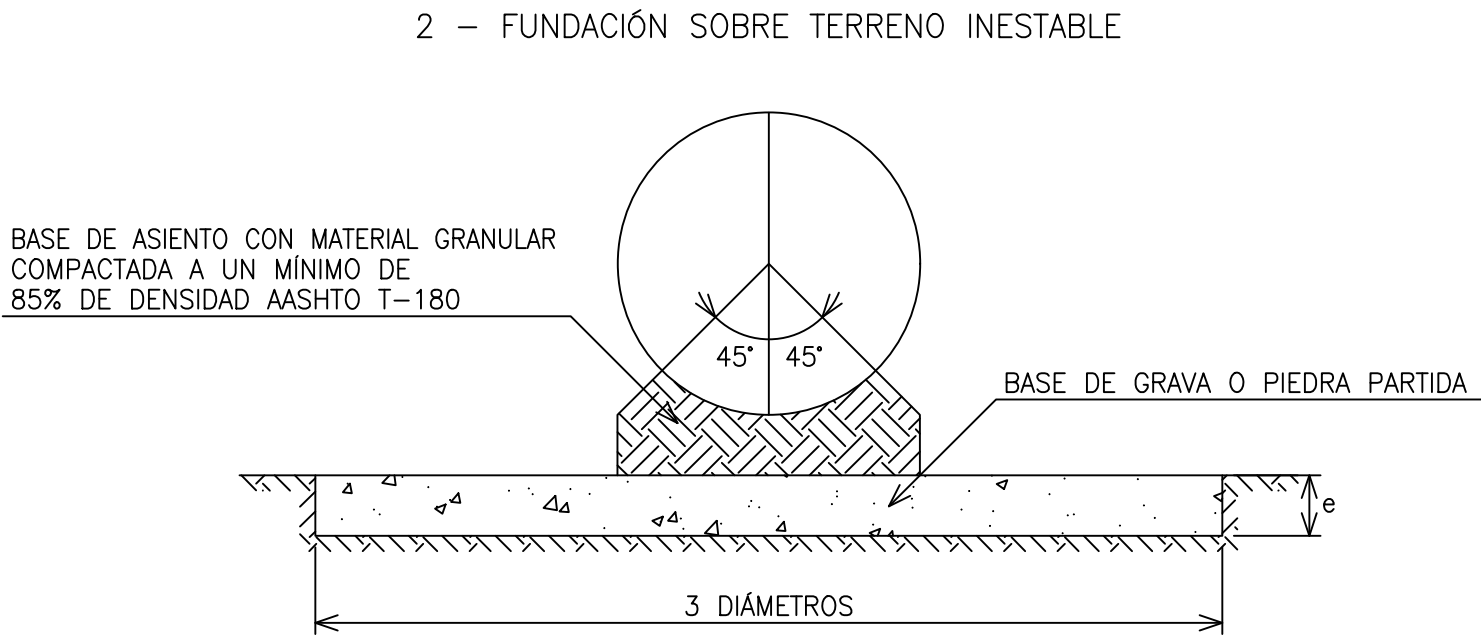
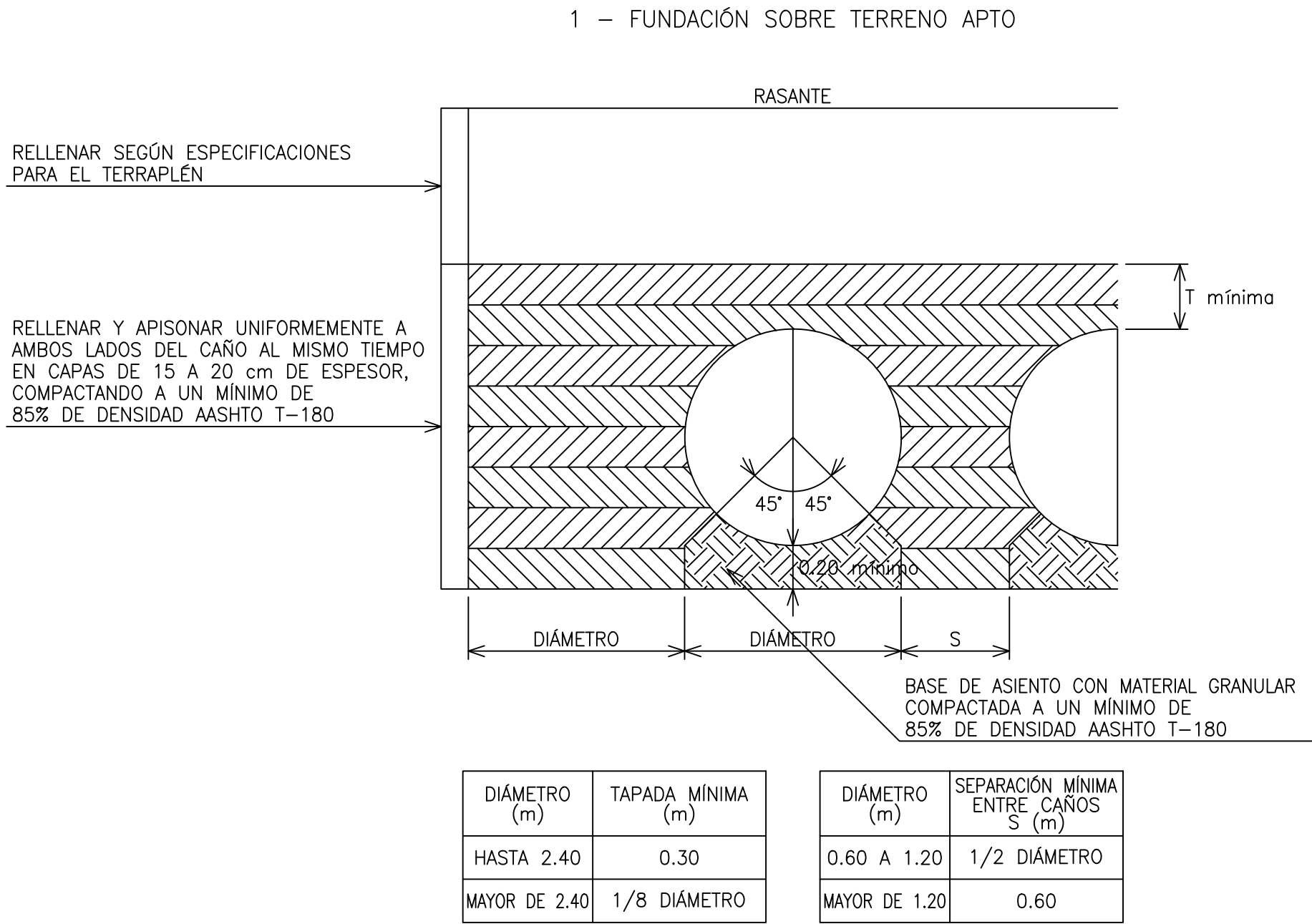
EDICIÓN MAYO 1981 (3009 EL.)

INSTRUCCIONES PARA LA INSTALACIÓN

CORTE TRANSVERSAL – INDICACIONES SOBRE LA MEDICIÓN DE J

ALTERNATIVAS CON EXTREMOS RECTOS

ALTERNATIVA CON EXTREMOS BISELADOS



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.

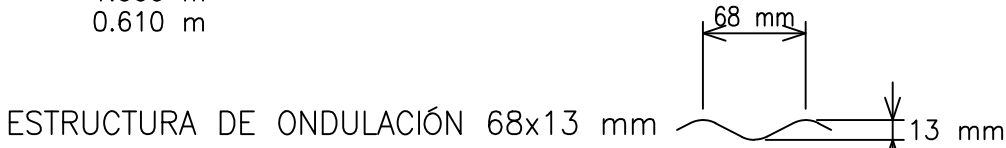
PARA PROYECTOS QUE REQUIERAN TAPADAS MAYORES A LAS MÁXIMAS INDICADAS CONSULTAR CON LA GERENCIA DE OBRAS Y SERVICIOS VIALES.

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: $J = AC + 3(T - f + \theta/2) + 0.40$ [m]
EXTREMO BISELADO CON OBLICUIDAD: $J = [AC + 3(T - f + \theta/2) + 0.40] / \text{sen } \alpha$ [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.

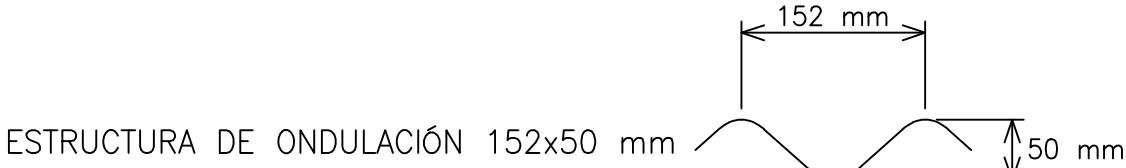
IMPORTANTE
LA LONGITUD DE LAS ESTRUCTURAS SE CALCULARÁN TENIENDO EN CUENTA LOS SIGUIENTES MÓDULOS PARA CADA UNA:
ONDULACIÓN 68x13 mm: 0.875 m
ONDULACIÓN 100x20 mm: 1.000 m
ONDULACIÓN 152x50 mm: 0.610 m



DIÁMETRO (m)	ÁREA (m ²)	PESO (kg/m)				TAPADA MÁXIMA (m)			
		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	—	88	110	139	—	10.6	10.6	23.5
1.50	1.77	—	—	117	148	—	—	9.9	21.9
1.60	2.01	—	—	125	157	—	—	9.3	20.6
1.70	2.27	—	—	—	170	—	—	—	8.7
1.80	2.54	—	—	—	179	—	—	—	8.3



DIÁMETRO (m)	ÁREA (m ²)	PESO (kg/m)				TAPADA MÁXIMA (m)			
		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	—	132	165	206	—	9.4	12.2	16.4
2.10	3.46	—	138	173	215	—	9.0	11.7	15.7
2.20	3.80	—	145	181	225	—	8.6	11.1	14.9
2.30	4.15	—	151	188	235	—	8.2	10.6	14.3
2.40	4.52	—	—	196	244	—	—	10.2	13.7
2.50	4.82	—	—	207	258	—	—	9.8	13.1
2.60	5.23	—	—	215	268	—	—	9.4	12.6
2.70	5.72	—	—	—	277	—	—	—	12.2
2.80	6.16	—	—	—	287	—	—	—	11.7
2.90	6.61	—	—	—	297	—	—	—	11.3
3.00	7.07	—	—	—	306	—	—	—	10.9



DIÁMETRO (m)	ÁREA (m ²)	PESO (kg/m)					TAPADA MÁXIMA (m)				
		2.50	3.20	4.75	6.35	6.87	2.50	3.20	4.75	6.35	6.87
1.50	1.82	147	188	271	355	390	25.7	34.6	56.6	75.8	82.9
1.75	2.69	179	229	328	431	472	22.1	29.6	48.5	64.9	71.0
2.00	3.08	191	245	353	463	508	19.3	25.9	42.4	56.8	62.2
2.25	4.11	223	286	410	538	590	17.1	23.0	37.7	50.5	55.2
2.50	5.27	249	319	459	602	661	15.4	20.7	33.9	45.4	49.7
2.75	5.91	268	343	492	646	708	14.0	18.8	30.8	41.3	45.2
3.00	7.29	294	376	541	710	779	12.9	17.3	28.3	37.9	41.4
3.25	8.04	307	393	565	742	814	11.9	15.9	26.1	34.9	38.2
3.50	9.66	338	433	623	818	897	11.0	14.8	24.2	32.4	35.5
3.75	11.43	370	474	680	893	979	10.3	13.8	22.6	30.3	33.1
4.00	12.36	383	490	705	925	1015	9.6	12.9	21.2	28.4	31.1
4.25	14.31	408	524	753	989	1085	9.1	12.2	19.9	26.7	29.2
4.50	16.44	441	564	811	1065	1168	8.6	11.5	18.8	25.2	27.6
4.75	17.55	454	581	835	1097	1203	8.1	10.9	17.8	23.9	26.1
5.00	19.88	—	621	893	1172	1286	—	10.3	16.9	22.7	24.8
5.25	21.10	—	638	917	1204	1321	—	9.8	16.1	21.6	23.6
5.50	23.67	—	668	975	1278	1404	—	9.4	15.4	20.6	22.6
5.75	26.36	—	—	1035	1344	1474	—	—	14.7	19.7	21.6
6.00	27.77	—	—	1056	1387	1522	—	—	14.1	18.9	20.7
6.25	30.70	—	—	1106	1452	1592	—	—	13.5	18.2	19.9
6.50	33.69	—	—	1163	1527	1675	—	—	13.0	17.5	19.1

ES COPIA DEL PLANO H-10236 DE LA D.N.V. ADAPTADO EN TAMAÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA
Escuela de Ingeniería Civil

PROYECTO IV | PLANTA GIRSU MICROREGIÓN 2D - ZONA CENTRO SANTA FE

PLANO TIPO ALcantarilla H - 10236

GRUPO 3 - Alumnas:
BELTRAMONE, Angela - PIERONI, Sofía - RUBIOLO, Juana

Fecha
Rev1 14/02/2024